

Die Textilfasern



Die Textilfasern

Ihre physikalischen, chemischen und
mikroskopischen Eigenschaften

Von

J. Merritt Matthews, Ph. D.

chem. Vorstand d. Abteilung Chemie u. Färberei an der Textilschule in Philadelphia
Herausgeber des „Colour Trade Journal and Textile Chemist“

Nach der vierten amerikanischen Auflage
ins Deutsche übertragen

von

Dr. Walter Anderau

Ingenieur-Chemiker, Basel

Mit einer Einführung von
Prof. Dr. H. E. Fierz-David

Mit 387 Textabbildungen



Berlin
Verlag von Julius Springer
1928

ISBN-13:978-3-642-89221-9 e-ISBN-13:978-3-642-91077-7
DOI: 10.1007/978-3-642-91077-7

Alle Rechte vorbehalten.

Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1928

Zur Einführung.

Das nunmehr in deutscher Übersetzung vorliegende Werk von J. Merritt Matthews verdankt seinen Ruf in erster Linie der großen Vielseitigkeit, mit der in ihm das Gebiet der Textilfasern dargestellt wird. Es gibt auf dem kontinentalen Büchermarkte Europas kein Buch dieses Inhaltes, welches sich mit Matthews „Textile Fibers“ vergleichen könnte. Der Unterzeichnete regte daher die Übersetzung an, mußte aber seine Absicht, die Übersetzung gemeinsam mit Dr. W. Anderau vorzunehmen, leider wegen anderseitiger Beanspruchung aufgeben. Doch hat er die ganze Arbeit aufmerksam verfolgt und glaubt, daß diese sorgfältig ausgestattete deutsche Ausgabe der amerikanisch-englischen in keiner Weise nachsteht.

Die Darstellung der zahlreichen Textilfasern ist von Merritt Matthews in wesentlich anderer Art vorgenommen worden als z. B. in dem bekannten Werke von Witt und Lehmann. Matthews' Buch wendet sich nicht nur an die engeren Fachgenossen, sondern an alle, die irgendwie sich für Textilfasern interessieren. Daher werden viele Methoden der Untersuchungen viel genauer beschrieben als wir es gewöhnt sind. Ferner finden wir hier sozusagen alle Fasern, die auf dem Markte überhaupt eine Rolle spielen, nicht nur erwähnt, sondern eingehend beschrieben und abgebildet. Eine Identifizierung ist daher leicht möglich.

Das zur Abbildung gelangende Material ist zum Teil dem Originalwerke entnommen, zum Teil aber wurden andere Druckstöcke verwendet, die entweder neu hergestellt wurden oder aus der deutschen Literatur und aus der Industrie stammen. In bezug auf bildliche Darstellungen in Lehrbüchern ist das deutsche Verlagswesen glücklicherweise noch immer führend.

Bei der überraschend schnellen Entwicklung, die sich auf dem Gebiete der Textilfasern vollzieht, kann es nicht wundernehmen, daß sich der Übersetzer veranlaßt gefühlt hat, viele Zusätze und Verbesserungen anzubringen. Auch sind manche „Amerikanismen“ ausgemerzt oder für unsere Verhältnisse umgestaltet worden. Dadurch ist jedoch der Charakter des groß angelegten Werkes in keiner Weise verändert worden.

Es ist auch überaus interessant, zu vernehmen, wie sich die amerikanische Industrie das Gebiet der Textilien zu eigen gemacht hat und wie sich dieses uralte Kulturgut in einer neuen und anpassungsfähigen Zivilisation spiegelt. Vieles scheint zuerst etwas eigenartig und ungewohnt behandelt. Manches aber regt zu neuen Versuchen an, und ich betrachte diese Übersetzung als einen wichtigen Zuwachs der deutschen textiltechnischen Wissenschaft.

Zürich, im Juli 1928.

H. E. Fierz-David.

Aus dem Vorwort des Verfassers.

Der Verfasser hofft mit vorliegendem Buch sowohl dem Praktiker wie dem Studierenden Wissenswertes über die Textilfasern zu vermitteln.

Die große wirtschaftliche Bedeutung der Textilfasern in jedem Land macht die Bearbeitung des Gebietes auf wissenschaftlicher Grundlage zur Notwendigkeit. Die Fülle der Fragen aus den Textilindustrien kann dann am ehesten beantwortet werden, wenn die Erfahrungen und Beobachtungen möglichst vieler systematisch gesammelt und übersichtlich zusammengestellt werden. Es sind deshalb die Arbeiten und Notizen der bekannten Fachleute, wie Höhnel, Hanausek, Bevan, Cross, Herzog, Heermann und vieler anderer, hier studiert und geordnet wiedergegeben und durch die Notizen des Verfassers, die er in vielen Jahren praktischer Betätigung im Textillaboratorium machte, ergänzt worden.

Das Buch orientiert uns über Herkunft, Aufbereitung und Verarbeitung der Textilfasern, insofern dadurch ihre mikroskopischen, physikalischen und chemischen Eigenschaften beeinflußt werden. Durch zahlreiche Illustrationen wird das Geschriebene leichter verständlich werden. Es liegt in der Natur einer beschreibenden Wissenschaft, daß der sorgfältige Vergleich der in Angriff genommenen Punkte untereinander am raschesten zum Ziel führt, weshalb einem umfangreichen Tabellenmaterial reiche Beachtung geschenkt wurde.

Inhaltsverzeichnis.

I. Allgemeiner Überblick.

1. Die meistverwerteten Textilfasern	1	14. Klassifikation	6
2. Historisches	1	15. Animalische und vegetabile Fasern	7
3. Ansprüche an die Textilfaser	3	16. Vegetabile Fasern	7
4. Dehnbarkeit u. Festigkeit	3	17. Mineralische Fasern	9
5. Länge der Fasern	3	18. Künstliche Fasern	9
6. Kohäsionsvermögen	4	19. Gesponnenes Glas	9
7. Biegsamkeit u. Elastizität	4	20. Metallfäden	10
8. Feinheit des Stapels	5	21. Schlackenwolle	11
9. Einheitlichkeit des Stapels	5	22. Künstliche Seiden	12
10. Porosität u. Kapillarität	5	23. Verschiedene künstliche Fasern	12
11. Glanz der Fasern	5	24. Mikroskopische Untersuchung der Fasern	13
12. Dauerhaftigkeit	5	25. Statistisches	19
13. Industrielle Verwertung	5		

II. Asbest als Textilfaser.

1. Vorkommen	20	4. Asbestgarnfabrikation	24
2. Asbestsorten	21	5. Spezielle Eigenschaften	27
3. Handelsmarken	23		

III. Wolle, Herkunft, Bedeutung, Klassifizierung.

1. Schafe	30	10. Südamerikanische Wollen	40
2. Klassifizierung der Haarfasern	31	11. Afrikanische Wollen	40
3. Herkunft	31	12. Asiatische Wollen	41
4. Schafrasen	32	13. Unterscheidung im Vlies	42
5. Hausschafe	34	14. Englische Wollen nach „runs“	45
6. Geographische Verteilung	37	15. Das Vlies	46
7. Australische Wollen	38	16. Handelsmarken	47
8. Europäische Merinowollen	38	17. Teppichwollen	47
9. Schafe in den U. S. A.	39	18. Statistiken	48

IV. Beschaffenheit der Wolle.

1. Physiologie, Struktur	53	12. Gerberwollen	72
2. Morphologie	54	13. Physikalische Eigenschaften	73
3. Mikroskopische Bilder	57	14. Festigkeit und Elastizität	73
4. Mikrochemische Reaktionen	63	15. Stapel, Länge, Feinheit	74
5. Oberhaut oder Epidermis	63	16. Test für Streichgarne	75
6. Filzvermögen	65	17. Mischen der Wollen	76
7. Rindenschicht	66	18. Verschiedene Einflüsse u. Wollqualität	78
8. Kräuselung	67	19. Veredelungsprozesse u. Wollqualität	81
9. Markzellen	68		
10. Natürliche Wollfarbe	69		
11. Wilde und kranke Wollen	71		

V. Chemische Eigenschaften der Woll- und Haarfasern.

1. Zusammensetzung der Rohwollen	83	7. Der Stickstoff der Wolle . . .	89
2. Wollfett, Cholesterol	84	8. Lanuginsäure	89
3. Wollschweiß	85	9. Lichtempfindlichkeit der Wolle	89
4. Mineralische Bestandteile der Wolle	86	10. Der Schwefel in der Wolle . .	90
5. Farbe der Wolle	86	11. Hygroskopizität	91
6. Chemische Konstitution der Wolle, Keratin	87	12. Hydratwasser	92
		13. Einfluß der Feuchtigkeit bei Veredelungsprozessen	93

VI. Chemisches Verhalten der Wolle.

1. Einfluß der Wärme	94	10. Einfluß von Metallsalzen auf Wolle	115
2. Verhalten gegen Wasser und Dampf	95	11. Die verschiedenen Beizen . . .	117
3. Die saure u. basische Natur der Wolle	97	12. Beschweren der Wolle	118
4. Einwirkung von Säuren auf Wolle	99	13. Einfluß von Rhodanaten auf Wolle	119
5. Die Wirkung von Alkalien auf Wolle	104	14. Einfluß von Zinksulfat auf Wolle	119
6. Einfluß von Reduktionsmitteln	109	15. Radiumbehandlung von Wolle	120
7. — von Oxydationsmitteln . . .	110	16. Verhalten der Farbstoffe gegen Wolle und Chloren	120
8. — von Chlor auf Wolle	111	17. Einfluß von Beizen u. Farben auf Wolle	124
9. — von Formaldehyd auf Wolle	114	18. Schimmeln der Wolle	127

VII. Regenerierte Wolle, Kunstwolle, Shoddy.

1. Regenerieren der Wolle	127	8. Karbonisieren mit Salzsäure . .	132
2. Benennung der Kunstwolle . . .	129	9. — mit Aluminiumchlorid . . .	132
3. Shoddy	129	10. — mit Magnesiumchlorid . . .	134
4. Mungo	129	11. Vergleich der Methoden	135
5. Extraktwolle	130	12. Flockwolle	136
6. Einfluß des Karbonisierens auf Wolle	130	13. Weitere Formen regenerierter Wolle	136
7. Karbonisieren mit Schwefelsäure	131	14. Bewertung von Shoddy	137
		15. Untersuchungen von Shoddy . .	138

VIII. Geringere Haarfasern.

1. Haarfasern außer Wolle	139	7. Alpakawolle	145
2. Mohair	140	8. Vicuña wolle	148
3. Klassifizierung der Mohair . . .	141	9. Lamawolle	150
4. Mohairwollen unter dem Mikroskop	144	10. Kamelhaar	152
5. Kaschmir	144	11. Kuhhaar	153
6. Ziegenhaar	145	12. Geringste Haarfasern	154
		13. Pelzfasern	157

IX. Seide, ihre Herkunft und Kultur.

1. Herkunft	160	8. Krankheiten der Seidenraupe . .	173
2. Geschichtliches	161	9. Wilde Seiden	174
3. Seidenraupe	163	10. Tussahseide	175
4. Der Kokon	166	11. Behandlung von Wildseidekokons	177
5. Der Kokonfaden	167	12. Spinnenseide	178
6. Abfallseide	169	13. Statistisches	179
7. Noils u. Shoddy	172		

X. Physikalisches über die Seide.

1. Das mikroskopische Bild . . .	183	7. Krachen der Seide	188
2. Hygroskopizität	185	8. Haspeln der Rohseide	188
3. Elektrische Eigenschaften . . .	186	9. Seidenspinnerei	190
4. Der Glanz	186	10. Klassifizierung der Garne . . .	191
5. Zugfestigkeit, Elastizität . . .	187	11. Seidentests	191
6. Dichte der Seide	187		

XI. Chemie der Seide.

1. Konstitution	192	10. Verhalten der Seide gegen Al-	
2. Das Fibroin	195	kalien	203
3. Gehalt der Rohseide an Fibroin	196	11. — — gegen Metallsalze . . .	204
4. Chemie des Fibroins	197	12. — — gegen Farbstoffe . . .	205
5. Serizin	199	13. Beschwerden der Seide . . .	206
6. Eigenfarbstoff der Seide . . .	200	14. Entbasten, Bleichen und Be-	
7. Temperatureinfluß auf Seide .	201	schweren in der Praxis . . .	207
8. Verhalten d. Seide gegen Wasser	201	15. Tussahseide	209
9. — — gegen Säuren	201	16. Byssusseide	212

XII. Die vegetabilen Fasern.

1. Über die Herkunft	213	9. Glanz	232
2. Samenhaare u. Bastfasern . . .	214	10. Elastizität	232
3. Dimensionen der Zellfasern . .	216	11. Dehnbarkeit	232
4. Klassifikationen	218	12. Hygroskopizität	233
5. Struktur der Samenhaare . . .	227	13. Chemische Eigenschaften . . .	235
6. — der Bastfasern	229	14. Lignin	236
7. Mikroskopie der Pflanzenfasern	229	15. Chemie der Pflanzenfasern . .	238
8. Farben, natürliche	232		

XIII. Baumwolle.

1. Geschichtliches	240	9. Handelsmarken	270
2. Herkunft u. Wachstum	246	10. Sea-Island-Baumwolle	271
3. Baumwollgrenierung	251	11. Ägyptische Baumwolle	273
4. Bestandteile der Baumwoll-		12. Afrikanische Baumwolle	276
pflanze	253	13. Indische Baumwolle	277
5. Baumwoll-Linters	255	14. Amerikanische Baumwolle . . .	278
6. Physiologie der Baumwoll-		15. Südamerikanische Baumwolle	281
pflanze	256	16. Chinesische Baumwolle	284
7. Qualität der Faser	258	17. Bewertung der Baumwolle . . .	284
8. Botanische Einteilung der ve-		18. Statistisches	291
getabilen Fasern	259		

XIV. Physikalische Beschaffenheit der Baumwolle.

1. Struktur	294	10. Mikrochemische Reaktionen . .	321
2. Unreife Fasern	295	11. Spinnqualitäten	322
3. Lumen	297	12. Zugfestigkeit	323
4. Dimensionen der Faser	297	13. Bestimmung der Zugfestigkeit	326
5. Messen des Stapels	299	14. — — in Fertigwaren	329
6. Stapel der Handelsbaumwolle	306	15. Hygroskopizität	335
7. Physikalische Daten der Faser	311	16. Glänzendmachen der Baum-	
8. Anatomisches	313	wollartikel	339
9. Mikroskopie	318		

XV. Bestandteile der Rohbaumwolle.

- | | | | |
|----------------------------------|-----|---------------------------------|-----|
| 1. Chemische Konstitution . . . | 341 | 5. Pektinverbindungen | 354 |
| 2. Verunreinigungen, Bäuche . . | 342 | 6. Aschegehalt | 355 |
| 3. Analysen von Baumwolle . . | 348 | 7. Stickstoffgehalt | 358 |
| 4. Farbstoffe in der Baumwolle . | 352 | | |

XVI. Zellulose, ihre chemischen Eigenschaften.

- | | | | |
|--|-----|--|-----|
| 1. Zellulose | 361 | 8. Wirkung von Zinkchlorid auf
Baumwolle | 373 |
| 2. Herstellung reiner Zellulose . | 363 | 9. Wirkung von Alkalien auf
Baumwolle | 375 |
| 3. Chemische Konstitution der
Zellulose | 364 | 10. Zelluloseester | 376 |
| 4. Reaktionen auf die Zellulose . | 368 | 11. Wirkung der Metallsalze auf
Zellulose | 378 |
| 5. Hydrozellulose | 369 | 12. Gemischte Zellulosen | 378 |
| 6. Hydratzellulose | 372 | | |
| 7. Karbonisieren | 372 | | |

XVII. Chemische Eigenschaften der Baumwolle.

- | | | | |
|---|-----|---|-----|
| 1. Einfluß der Wärme | 378 | 13. Einwirkung gegen Oxydations-
mittel | 403 |
| 2. — von Licht | 380 | 14. Zellulose-Peroxyd | 407 |
| 3. — von Wasser | 380 | 15. Einwirkung von Metallsalzen . | 408 |
| 4. — von Kupferoxydammoniak | 382 | 16. Beschwerung von Baumwolle . | 413 |
| 5. — von Säuren | 383 | 17. Verhalten gegen Farbstoffe . | 414 |
| 6. Prüfung der Baumwolle auf
Säure | 388 | 18. Einwirkung versch. chemischer
Prozesse | 416 |
| 7. Einwirkung der Salpetersäure . | 389 | 19. Fermentwirkungen auf Baum-
wolle | 417 |
| 8. — der Flußsäure | 394 | 20. Schimmeln der Baumwolle . . | 418 |
| 9. — organischer Säuren | 394 | 21. Prüfung auf Widerstandsfähig-
keit gegen Schimmeln | 421 |
| 10. — von Tannin | 398 | | |
| 11. — von Alkalien | 399 | | |
| 12. — von konz. Alkalien | 402 | | |

XVIII. Wasser- und feuerfeste Fabrikate.

- | | | | |
|--|-----|--|-----|
| 1. Wasserdichtmachen | 422 | 11. Verwendung von Zellulose-
lösungen | 433 |
| 2. Verwendung von Aluminium-
azetat | 425 | 12. Elektrolytische Verfahren für
wasserdichte Stoffe | 433 |
| 3. — von Fetten und Wachsen . | 426 | 13. Gewebe mit Kautschuk | 434 |
| 4. — von Gelatine und Kasein . | 427 | 14. Feuerfeste Baumwollgewebe . | 434 |
| 5. Wasserdichtes Segeltuch . . . | 429 | 15. Perkins Imprägnierung | 435 |
| 6. Verwendung von Metallseifen | 429 | 16. Salzwirkung auf Baumwolle . | 435 |
| 7. — von Paraffin | 430 | 17. Herabsetzung der Brennbarkeit | 436 |
| 8. Wasserdichte Duplexfabrikate | 431 | 18. Wirksamkeit der Mittel | 439 |
| 9. Kupferammoniakverfahren . . . | 432 | | |
| 10. Trockenölverfahren | 432 | | |

XIX. Merzerisierte Baumwolle.

- | | | | |
|--|-----|---|-----|
| 1. Name | 442 | 9. Wirkung auf Garne | 454 |
| 2. Erste Erfindung, Verfahren . . | 442 | 10. Theorie der Reaktionen | 454 |
| 3. Wesen der Merzerisierung . . . | 444 | 11. Bedingungen an die Chemi-
kalien | 455 |
| 4. Alkalizellulose | 445 | 12. Temperatur | 460 |
| 5. Physikalische Veränderungen
beim Merzerisieren | 449 | 13. Merzerisierungsdauer | 462 |
| 6. Veränderung der Eigenschaften | 449 | 14. Streckung | 463 |
| 7. Glanz der merzerisierten Baum-
wolle | 450 | 15. Waschprozeß | 467 |
| 8. Streckwirkung | 453 | 16. Scroopingprozeß | 469 |
| | | 17. Qualität der Faser | 471 |

18. Methoden der Merzerisierung	473	23. Zellulosehydrat, Hydrazellu-	
19. Rückgewinnung der Lauge	478	lose	487
20. Eigenschaften der merzerisier-		24. Mikroskopie	489
ten Baumwolle	481	25. Kalander-Finish	490
21. Prüfung der merzerisierten		26. Andere Glanzeffekte	493
Baumwolle	484	27. Kreppeffekte	494
22. Ultramikroskopisches Bild	487	28. Swiss-Finish	495

XX. Geringere Samenhaare.

1. Bombax-Wollen	502	4. Pflanzenseide	511
2. Kapok	504	5. Pflanzenwolle	517
3. Pflanzendaunen	510		

XXI. Die künstlichen Seiden.

1. Einteilung	517	14. Künstliches Pferdehaar	567
2. Kollodium-od.Chardonnetteide	520	15. Stapelfaser oder Fibro	567
3. Lehnnerseide	528	16. „Bandstroh“ aus Kunstseide .	567
4. Andere Nitrozellulosen	529	17. Verschiedene Verwendungsge-	
5. Kupferseide	530	biete für Zellulosesirup	567
6. Viskoseseide	540	18. Bänder u. Tülle aus Zellulose-	
7. Azetatseide	549	lösungen	569
8. Gelatineseide	552	19. Animalisierte Baumwolle	573
9. Eigenschaften der künstlichen		20. Statistisches	573
Seiden	553	21. Nachtrag	577
10. Vergleichung der Kunstseiden	557	22. Azetylieren der Zellulose	581
11. Mikroskopie der Kunstseiden .	561	23. Azetatseide	583
12. Ultramikroskopie der Kunst-		24. Färben der Azetylzellulose	584
seiden	563	25. Immungarn u. Amingarn	586
13. Anwendung der Zelluloselösun-		26. Analysen von Kunstseiden	587
gen	565		

XXII. Lein.

1. Flachspflanze	590	7. Chemische Zusammensetzung	
2. Rotten des Flachses	594	des Leins	606
3. Aufbereitung in Belgien	597	8. Leingarn	607
4. Unreinheiten im Rohflachs	598	9. Saugkräftiger Flachs (chirurg-	
5. Mikroskopie der Leinfaser	600	gischer)	609
6. Chem. u. physik. Eigenschaften	602		

XXIII. Jute, Ramie, Hanf.

1. Jutepflanze	610	13. Verwendung der Ramie	628
2. Isolieren der Faser	611	14. Mikroskopie der Ramie	630
3. Jutearten	612	15. Handelsaussichten der Ramie	631
4. Mikroskopie der Jute	613	16. Hanf	633
5. Chemische Eigenschaften der		17. Aufbereitung des Hanfes	635
Jute	614	18. Mikroskopie des Hanfes	636
6. Analysen von Jute	616	19. Eigenschaften u. Verwendung	638
7. Verwendung von Jute	617	20. Kubahanf	639
8. Statistik der Jute	618	21. Sonnenhanf	639
9. Lignozellulose	620	22. Ambari- oder Gambohanf	642
10. Ramie u. Chinagrass	621	23. Neuseelandflachs	643
11. Eigenschaften der Ramie	624	24. Marinefaser	646
12. Aufarbeitung der Ramie	625	25. Manilahanf	647

XXIV. Geringwertige vegetabile Fasern und Papierfasern.

1. Sisalhanf	653	11. Solidoniafaser	668
2. Aloefasern	656	12. Seegras	669
3. Pitafaser	656	13. Raphiafaser	669
4. Ananasfaser	659	14. Bromeliafaser	670
5. Kokosfaser	660	15. Piassava	670
6. Istle- oder Tampikofaser	663	16. Papiermaulbeerbaumfaser	671
7. Nesselfaser	664	17. Perinifaser	673
8. Urena sinuata	667	18. Couratarifaser	674
9. Sansevieriafaser	667	19. Torfwolle	674
10. Tillandsiafaser	668	20. Holzzellstoff	675

XXV. Analytische Untersuchung der Fasern.

1. Hauptteilung	682	7. Unterscheidung zwischen tierischer u. vegetabiler Faser	696
2. Mikroskopische Untersuchungen	683	8. Analytische Reaktionen	699
3. Qualitative chemische und mikrochemische Untersuchungen	685	9. Mikroanalytische Tabelle	702
4. Reagenzien dazu	685	10. Reaktionen der Bastfasern	715
5. Rutheniumrot als Reagens	693	11. Mikroskopischer Vergleich der Fasern	715
6. Allgemeine Prüfung bei Pflanzenfasern	695	12. Untersuchung v. Fasergemisch.	717
		13. Pflanzenfasern und Jodschwefelsäure	717

XXVI. Analyse von Fabrikaten und Garnen.

1. Wolle u. Baumwolle;	721	9. Manilahanf neben Sisal	744
2. Wolle m. Stapelfasergemischen	727	10. Prüfung auf Lignin	746
3. Wolle u. Seide	727	11. Nachweis von Baumwolle in Kapok	748
4. Seide u. Baumwolle	729	12. Identifizierung der Kunstseiden (587)	749
5. Wolle, Baumwolle u. Seide	729	13. Seide u. wilde Seiden (Tussah)	752
6. Baumwolle neben Lein	735	14. Wilde Seiden geringerer Bedeutung	754
7. Unterscheidung zwischen Neuseelandflachs, Jute, Hanf und Lein	740	15. Die Seiden unter polaris. Licht	755
8. Unterscheidung zwischen Lein und Hanf	741		

XXVII. Prüfung der Fabrikate.

1. Konditionieren	757	9. Prüfung von wasserdichten Fabrikaten	797
2. Konditionierapparate	762	10. Verbrennungsprobe imprägnierter Stoffe	804
3. Berechn. beim Konditionieren	764	11. Verhalten gegen Temperatureinflüsse	805
4. Analyse beschwerter Seide	773	12. Dauerhaftigkeit der Fabrikate	805
5. Berechnungen beim Beschweren der Seide	784	13. Ballontuche	805
6. Öl u. Fett in Garnen u. Tuchen	787	14. Wärmeleitfähigkeit	806
7. Appreturbestimmungen	789		
8. Analyse gebleichter Baumwolle	791		

XXVIII. Analyse von Fasern und Garnen in Fabrikaten.

1. Mikroskopie	806	6. Kammgarne, Nummern	814
2. Analyse von Garnen in Tuchen	808	7. Seidengarne, Nummern	815
3. Bestimmung der Garnnummer	809	8. Kunstseidengarne	823
4. Nummern des Baumwollgarnes	811	9. Lein, Jute	824
5. Wollgarne, Nummern	813		

Englische und amerikanische Maße, Gewichte usw.	828
Literatur	829
Sachverzeichnis	841

I. Allgemeiner Überblick.

1. **Die meistverwerteten Textilfasern.** Damit eine Faser industriell verwertet werden kann, muß sie genügende Länge haben, um verwoben werden zu können; ihre physikalische Beschaffenheit muß ein Zusammenspinnen ermöglichen, so daß ein Faden entsteht, der neben guter Dehn- und Biegsamkeit eine nicht zu geringe Zugfestigkeit besitzt. So zählen wir Fasern, wie gesponnenes Glas, Asbest, verschiedene Gräser usw., welche nur ausnahmsweise und für spezielle Zwecke in der Textilindustrie zu treffen sind, ebensogut zum Textilmaterial wie Wolle, Seide, Baumwolle und Leinen, welche als edelstes Material in bedeutenden Mengen verarbeitet werden. Alle diese letzteren Fasern besitzen die obenerwähnten physikalischen Eigenschaften und sind Naturprodukte.

2. **Historisches.** Das Studium der Textilfasern, die von verschiedenen Völkern in allen Jahrhunderten verarbeitet wurden, gibt ein gutes Bild über den Kulturfortschritt und beleuchtet auch das industrielle Leben, sowie die ökonomischen Bedingungen, denen die Völker unterworfen sind. Diejenigen Produkte, die in vergangenen Jahrhunderten den größten Textilwert zeigten, behaupten auch heute noch den Markt. Baumwolle, Flachs und Hanf werden heute wie damals verarbeitet und sind auf der ganzen Welt anzutreffen. Die animalischen Fasern, Wolle und verschiedene Haare, sind schon von den alten Völkern zu Gespinnsten oder Ähnlichem verarbeitet worden. Die allgemeine Bedeutung der Seide ist jüngeren Datums, nachdem ihre Herstellung fast ausschließlich in China eine hohe Vollkommenheit erreicht hat. Flachs oder Leinen wird allgemein für das älteste Textilmaterial gehalten. Es gilt als sicher, daß schon in der Steinzeit der Flachs verarbeitet und angebaut wurde. Überreste von solchen Flachsgeweben sind bei den Ausgrabungen der Schweizer Pfahlbaudörfer gefunden worden. Diese authentischen Funde sind in den verschiedensten Museen ausgestellt. Ebenso interessant ist die Tatsache, daß der vor 5000 Jahren von den Ägyptern angebaute Flachs zu identischen Pflanzengattungen gehört wie der in der Gegenwart angebaute.

Anbau, Gewinnung, Verspinnung und Verweben der Flachsfasern in ägyptischer Zeit sind uns in den Bildwerken ihrer Paläste, Tempel Gräber übermittlelt worden. Bei den Ausgrabungen der ägyptischen Gräber, denen ein Alter von 4500 Jahren gegeben wird, sind große Mengen Leinen gefunden worden, meist als Leinentücher. Die Leinenindustrie muß in jener Zeit schon eine große Vollendung erreicht haben; denn man fand Tücher von größter Feinheit bis zu grobem Segeltuch, teilweise roh oder gut gebleicht, sehr oft aber auch gefärbt, meist rot, gelb oder purpur.

Zweifellos hat auch im alten Babylonien die Textilindustrie auf hoher Stufe gestanden, weil wir Kenntnis haben, daß man mit der Verarbeitung von Flachs, Wolle und Baumwolle vertraut war. In frühgriechischer Zeit ist Wolle fast ausschließliches Textilgut gewesen, ebenso wie in der frührömischen Zeit. Der Aufschwung im Handel hat diese Völker auch mit andern Textilmaterialien bekannt gemacht.

Im alten Amerika waren den Azteken Flachs und Hanf gut bekannt, während bei den südamerikanischen Inkas auch die Baumwolle Verwendung fand. Es scheint, daß im alten Indien die Baumwolle eine nationale Ausnahmestellung eingenommen hat. Die Veredlung dieser Faser hat hohe Vollkommenheit erreicht. Die altindische Legende erzählt von feenhaften Gewändern von außerordentlich hohem Wert. Den Hindutüchern wird nachgerühmt, daß sie so fein seien, daß sie unsichtbar würden, wenn sie vom Tau der Wiesen berührt werden. Wir können nicht mit aller Sicherheit sagen, seit welcher Zeit Baumwolle in Indien verarbeitet wurde, doch haben wir Anhaltspunkte, daß schon ca. 800 v. Chr. von Baumwollgeweben erzählt wird, die obengenannte legendenhafte Feinheit aufweisen. In Griechenland wurde die Baumwolle erst um ca. 200 v. Chr. bekannt.

Der Hanf war den Alten in nur sehr beschränktem Maße bekannt. In ganz Indien gedeiht Hanf, doch in jener Abart, die heute noch wie damals schon als Haschisch eine geschätzte Droge gibt. Die Bibel erwähnt den Hanf noch nicht, und nur sehr wenig berichten andere Schriften des Altertums davon. Unter anderem erwähnt das Sanskritinstitut in Menu „sana“, eine Faser, welche äußerst feine Fäden liefert. Die Forscher nehmen an, daß dieses „sana“ identisch ist mit dem sich noch heute in Indien im Handel befindenden Sonnenhanf. Hanf ist auch schon bei den Skythen 500 v. Chr. zu Schnurwerk verarbeitet worden, was wiederum darauf hinweist, daß auch die Chinesen in frühester Zeit damit bekannt waren.

Einer der ältesten Textilstoffe des Orients war Chinagras oder Ramie. Die allerältesten Schriften Chinas sowohl wie Indiens beschreiben die Verarbeitung dieser Fasern, und man nimmt an, daß in Ägypten die Ramie zugleich mit dem Flachs zu den schon erwähnten Mumientüchern verwendet wurde. In Altamerika war diese Faser nicht bekannt, doch verfertigten diese Völker aus den verwandten Agaven (Sisalhanf) Schnüre und Flechtwerk.

Es ist heute noch unmöglich, festzustellen, welches Material zuerst verarbeitet wurde. Es scheint auch, daß der Mensch schon das Weben gelernt hatte, bevor er des Schreibens kundig war; doch besteht immer noch die Möglichkeit, genauere Anhaltspunkte zu finden. Wahrscheinlich steht die Erfindung des Webens im Zusammenhange mit der Korbflechterkunst. Verschiedene primitive Völker entdeckten die Fähigkeit verschiedener Pflanzen, sich zu Flechtwerk verarbeiten zu lassen, welches ihnen Schutz bietet gegen wilde Tiere und Feinde, das sie vor Witterungseinflüssen schützt und auch in Korbform mancherlei Verwendung findet. Von größter Bedeutung war die bemerkenswerte Beobachtung, daß der verwesende Hanf eine viel glänzendere Faser liefert, welche

zusammengezwirnt werden kann, so daß ein haltbarer Faden und haltbares Tuch entsteht. Fast alle Überreste prähistorischer Kultur enthielten auch Flachs, so daß man geneigt ist, diesen als ältestes Textilmaterial zu bezeichnen. Daraufhin wird die Wolle in Konkurrenz getreten sein in Form von langbehaarten Schaffellen. Anfänglich diente die Haut mit zur Bekleidung, später erst wurde nur die reine Wolle verwendet. Im Mittelalter nahm die Wolle speziell in England eine Vorzugsstelle ein, was auch in einer Erzählung, der „woolsack“, Ausdruck gefunden hat. Eduard III. vergaß nie, das Parlament auf die Wichtigkeit des Handels aufmerksam zu machen. Dabei spielte die Wolle eine so große Rolle, daß das House of Lords vorübergehend als Stapelplatz diente. Ein Lord Chancellor fand glücklich heraus, daß diese Wollsäcke eine vorzügliche Sitzgelegenheit bieten, und aus dieser Zeit stammt die gute öffentliche Meinung über den „Wollsack“.

Wahrscheinlich sind Baumwolle, Flachs und Wolle fast zu gleicher Zeit zu eigentlichem Textilgut geworden. Der Gebrauch von Baumwolle in Europa aber ist jüngeren Datums. Rohbaumwolle wird seit dem 18. Jahrhundert eingeführt und versponnen. Vorerst diente sie nur als Füllgarn in Leintüchern, und erst ums Jahr 1783 wurde in Lancashire ein Reinbaumwolltuch gewoben.

Die Seide ist in Asien seit ältester Zeit bekannt, doch erst im 12. Jahrhundert nach Europa gebracht worden. Wegen ihres ungeheuren Preises diente sie hauptsächlich zu Prunkstücken ausschließlich in gewobenem Zustand.

In neuester Zeit, während des Weltkrieges, verarbeitete man in Deutschland Papier zu Garnen. Es ist dies jedoch keine Erfindung unserer Zeit. Schon längst ist dasselbe in Japan für einige ausgewählte Textilmaterialien verarbeitet worden. Metalldrähte werden heute noch wie früher in Tücher eingewoben oder zu Stickereien verarbeitet.

3. Ansprüche an die Textilfaser. Die Verwendungsmöglichkeit einer Faser für die Textilindustrie hängt sehr stark von ihrem Verhalten in den verschiedenen Veredelungsprozessen ab. Um ein eigentliches Gewebe bilden zu können, ist es unerlässlich, daß sich aus den Fasern ein Faden herstellen läßt, von dem wiederum ganz bestimmtes Eignungsvermögen verlangt wird.

4. Dehnbarkeit und Festigkeit. Der Hauptwert einer Faser ist ihre Zugfestigkeit bzw. die Möglichkeit, daß ein daraus gesponnenes Garn genügend Zugfestigkeit erhält. Es gibt beispielsweise eine große Zahl Fasern speziell vegetabilischer Natur, welche an und für sich genügend Festigkeit besitzen, sich aber nicht zu festen Garnen verspinnen lassen. Nach der größeren oder geringeren Dehnbarkeit und Zugfestigkeit hat sich der spätere Veredelungsprozeß zu richten.

5. Die Länge der Fasern. Ein weiteres Moment für die technische Brauchbarkeit einer Faser ist ihre Länge, in Fachkreisen Stapel genannt. Es ist auch dem Laien leicht verständlich, daß eine Faser eine gewisse Länge haben muß im Verhältnis zu ihrer Dicke, damit ein Faden gebildet werden kann, der wirklich hält. Im allgemeinen, und für viele praktische Fälle genau genug, rechnet man die Zugfestigkeit direkt pro-

portional der Länge der Fasern, aus denen der Faden gemacht ist. In dieser Hinsicht ist ein Garn aus den langen Fasern von Sea-Island-Baumwolle bedeutend fester als ein solches aus den verhältnismäßig kurzen Fasern der Hochlandbaumwollen. Die unterste Grenze, mit der man noch ein technisch brauchbares Produkt erhält, ist 5 mm Faserlänge. Fasern mit einem Stapel unter dieser Länge werden meist zu Papier verarbeitet; kurzstapelige Baumwolle ist auch Ausgangsmaterial für Kunstseide und Gelatine. Bei der großen Knappheit von Material sind auch Methoden erfunden worden, solch ganz kurze Fasern, Abfälle und aufgedrehte alte Gespinste zu verarbeiten.

6. Kohäsionsvermögen. Unter dem Kohäsionsvermögen einer Faser versteht man die Eigenschaft der Fasern, aneinander zu haften, dies im verstärkten Maße, wenn sie zusammengedreht und leicht gezogen werden. In der Hauptsache ist diese ebenfalls äußerst wichtige Eigenschaft in der Oberfläche bedingt. Die Oberflächen der Fasern sollen großen Reibungswiderstand haben. So zum Beispiel ist die Oberfläche der Wollhaare schuppenförmig geraucht und die Ursache des Verfilzens. Diese Schuppen greifen beim Zusammendrehen der Wollfaser so fest ineinander, daß es schwierig hält, die einzelnen Fasern wieder unversehrt zu trennen. Bei der Baumwolle ist es mehr die unregelmäßige Beschaffenheit der Oberfläche an und für sich, welche einen hohen Grad von Kohäsionskraft ergibt. Lein (und ähnliche vegetabilische Fasern) haben eine knorrig rauhe Oberfläche, mehr in Längsrichtung der Faser orientiert, was wiederum großes Haftvermögen zur Folge hat.

Im Gegensatz zu den genannten Materialien hat die Seide eine glatte Oberfläche, doch erlaubt es ihre bedeutende Länge im Verhältnis zur Dicke, die einzelnen Fasern um sich selbst und um andere herumzudrehen, wodurch dann diese gedrehten Fäden ebenfalls bedeutendes Kohäsionsvermögen erlangen. Wird dagegen die Seide in ungedrehtem Zustand verarbeitet, so ist es nur ihre bedeutende Länge, die dem betreffenden Gewebe den Halt gibt. Das bedeutend geringere Kohäsionsvermögen geringwertigerer Fasern, wie Ramie und verschiedener Arten der sogenannten vegetabilischen Seiden, setzt ihre technische Brauchbarkeit herunter. Die letztgenannten Fasern ergeben ein Gewebe, das nur geringe Reißfestigkeit aufweist.

7. Biegsamkeit und Elastizität. Der Mangel einer rauhen Oberfläche bei einer Faser wird sehr oft wettgemacht durch eine große Biegsamkeit und Elastizität, welche erlaubt, die Fasern selbst zu drehen oder sie um eine andere herumzudrehen (Spinnprozeß), wodurch dann der entstandene Faden eine gewisse Rauheit erlangt. Je steifer und drahtähnlicher eine Faser ist, um so schwieriger gestaltet sich ihre Verarbeitung. Die gute Biegsamkeit der Wollfaser erlaubt es, mit derselben die mannigfaltigsten Prozesse vorzunehmen, die das viel steifere Pferdehaar nicht ertragen könnte. Die Biegsamkeit der Einzelfasern ist auch mitbestimmend für die Elastizität und Widerstandsfähigkeit des daraus gefertigten Fadens, und ein Fehlen von Biegsamkeit und Elastizität bewirkt oder ergibt schlechte, brüchige Gewebe. So z. B. haben Gewebe aus Glas, so fein auch der verwendete Glasfaden sein kann, nirgends Eingang gefunden.

8. Feinheit des Stapels. Die meist verwendeten Fasern haben alle einen sehr geringen Durchmesser, ja die meisten davon sind so fein, daß viele Fasern zusammen immer noch einen sehr dünnen Faden ergeben. Je feiner der Stapel, desto feiner kann das daraus gewonnene Garn gesponnen werden. Ganz gewöhnliche vegetabilische Fasern, wie Jute, Hanf, Sisalhanf, werden infolgedessen mehr für Matten oder Säcke, oder dann aber für Schnurwerk verwertet.

9. Die Einheitlichkeit des Stapels. Neben diesen obgenannten leicht verständlichen Qualitäten sind noch viele andere Bedingungen wesentlich bei der Wertbestimmung einer Faser. Die Einheit des Stapels, d. h. durchgehend gleiche Länge und Dicke der einzelnen Fasern, ist ausschlaggebend für die Güte der Faser. Ein überall gleich dicker und gleich starker Faden wird nur aus einem einheitlichen Stapel erhalten. Da also die Einheit des Stapels stark wertbestimmend ist, werden Wolle wie Baumwolle oft schon am Erzeugungsort nach Faserlängen sortiert oder gekrempelt.

10. Porosität und Kapillarität. Diese beiden Eigenschaften sind einerseits maßgebend für die Bleicherei und Färberei, andererseits für den Hersteller von Kleidungsstoffen. Damit eine Faser gebleicht und gefärbt werden kann, was in den meisten Fällen unbedingt verlangt wird, muß sie durchlässig sein für Flüssigkeiten und Lösungen (Farbstofflösungen¹). Ein Kleidungsstück muß auch angenehm im Tragen sein, was sehr stark mit der Porosität bzw. Kapillarität der Fasern im Zusammenhange steht.

11. Der Glanz der Fasern. Ein natürlicher oder künstlich erzeugter wohlgefälliger Glanz steigert den Wert einer Faser bedeutend. Seide und gewisse Wollsorten werden darum so hoch bewertet, weil sie über natürlichen Glanz verfügen. Bei der Baumwolle sind durch die Merzerisation technisch wertvolle Effekte zu erreichen, wie Glanz und größere Aufnahmefähigkeit für Farben.

12. Dauerhaftigkeit. Von der Großzahl der Textilfasern verlangt man eine gewisse Widerstandskraft, einmal schon bei der Verarbeitung sowie auch bei der Verwendung im fertigen Zustand. Bei Tuchen insbesondere verlangt man Tragechtheit, Waschbarkeit usw. So hat z. B. der Verwendung von künstlichen Seiden ihre große Wasserunechtheit stark entgegengewirkt. Mit Ausnahme der Azetatseide verlieren die Kunstseiden im Wasser schon bei gewöhnlicher Temperatur bis zu 70 % ihrer Festigkeit, in heißem Wasser zerfallen sie ganz. Von den meist verwendeten Textilmaterialien werden durch die Veredlungsprozesse die Trag- und Waschbeständigkeit noch erhöht.

13. Industrielle Verwertung. Nicht zu unterschätzende Bedingungen, die an eine Faser gestellt werden, sind folgende: sie muß in größerer Menge vorhanden sein, um rationell verarbeitet werden zu können; sie muß mit einer gewissen Konstanz in Qualität und Quantität vorhanden sein und sie muß auch wohlfeil sein. Es wäre z. B. nicht

¹ Gaidukov (Zeit. Farb. Ind. 1908, S. 251): Ultramikroskopische Untersuchungen der Textilfaser. Die Fasern verhalten sich wie Kolloide (Ultramikrophotographien von Zeiss & Co. daselbst).

unmöglich, die Fäden der Spinnen zu verarbeiten, da jedoch das Ausgangsmaterial in ungenügender Menge vorhanden ist, lohnt es sich nicht, ein praktisches Verfahren zu ihrer Verwertung aufzugreifen.

Außer dem erwähnten Beispiel finden wir noch ähnliche Fälle bei verschiedenen vegetabilischen Fasern, welche sich, wenn in genügender Menge vorhanden, rationell verarbeiten ließen.

14. Klassifikation. Obschon die Textilfasern mannigfaltiger Herkunft sind, teilen wir sie vorteilhaft in vier Klassen ein, a) tierische

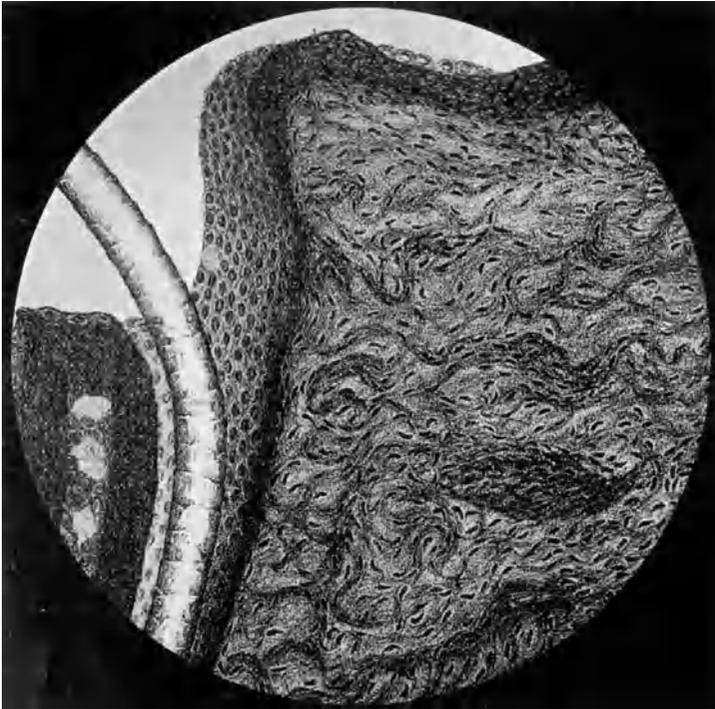


Abb. 1. Wollfaser, aus der Haut hervorbrechend.

Fasern, b) vegetabilische Fasern, c) mineralische Fasern, d) künstliche Fasern.

Nach der sehr vollständigen Beschreibung durch M. Bernardin in seiner Nomenclature uselle des fibers textiles darf die Zahl der pflanzlichen Fasern, die von den verschiedensten Völkern verwertet werden, auf 700 Spezies geschätzt werden. Eingerechnet Asbest und ähnliche Substanzen, wie verschiedene Packmaterialien, Borsten, verschiedene tierische Haare und Seiden, kommt man sicher auf mehr als 1000 verschiedene Ausgangsmaterialien. Unter diesen aufgezählten Materialien gibt es vom einzelnen Typ wieder sehr verschiedene Formen; wie z. B. von der Wolle gegen 50 verschiedene Arten gehandelt werden. Es fällt schwer, hier diese großen Verschiedenheiten genügend

zu würdigen, ohne dabei den Überblick zu verlieren. Viele Produkte, und zwar meist exotische Fasern, haben so lokale Verwendung, daß sie uns nur wenig interessieren.

15. Animalische und vegetabilische Fasern. Diejenigen Fasern, die aus einem natürlichen Lebensprozeß hervorgehen, teilen wir in tierische und vegetabilische Fasern ein.

Die tierischen Fasern sind dem Chemiker durch ihren Gehalt an Stickstoff und in einigen Fällen auch durch den Gehalt an Schwefel gekennzeichnet. Der Chemiker spricht von Proteinen, welche sich auch in jeder tierischen Haut finden. Bei Verbrennen von animalischen Fasern entwickeln die Zersetzungsprodukte einen bekannt charakteristischen Geruch, was, wie allgemein bekannt, zum raschen Entscheid über die Herkunft einer Faser orientiert. Vom physikalischen Standpunkte aus wird die kolloidale Natur diese Proteine betont, d. h. es sind Gallerten. Die Kenntnisse über die physikalische und chemische Beschaffenheit der Grundsubstanzen haben des weitern zu Theorien geführt über die Wechselwirkung zwischen der Faser einerseits und zwischen Farbstofflösungen, Metallsalzlösungen usw. andererseits.

Im Gegensatz zu den vegetabilischen Fasern werden die animalischen Fasern schon durch geringe Temperatursteigerung zerstört.

16. Vegetabilische Fasern. In den meisten Fällen ist die vegetabilische Faser ein relativ einfaches Gebilde, eine Anhäufung unter sich gleichartiger Zellen. Diese Pflanzenzellen sind im allge-

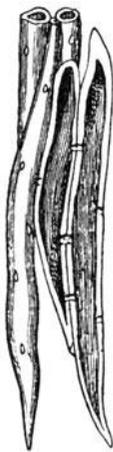


Abb. 2. Verholzte Zellhaut (500 ×).

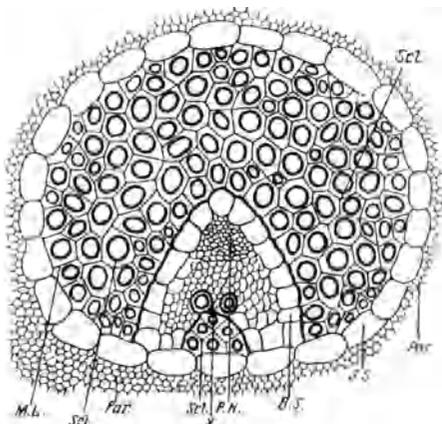


Abb. 3. Querschnitt durch Sisalhant (300 ×).

meinen längliche, beiderseitig zugespitzte Röhrcchen von 0,002—0,005 mm Durchmesser und liegen dicht aneinander (Abb. 2). Für die Festigkeit der Pflanzenfaser sind Länge, Ineinanderlagerung und Festigkeit der Zellhaut maßgebend.

Bei den Monokotyledonen bilden die Faserzellen die bekannten Faserbündel, welche in die weicheren fleischigeren Zellen eingelagert sind (s. Abb. 3).

Die vegetabilische Faser erträgt ziemlich hohe Temperaturen, ohne zerstört zu werden, ebenfalls wird sie von verdünnten Alkalien nicht angegriffen. Sie besteht in der Hauptsache aus Zellulose, oft sogar ausschließlich aus reiner Zellulose. In einigen Fällen sind auch Zellulose-derivate beobachtet worden, welche wir auf chemischem Wege aus der Zellulose nachzubilden imstande sind. Konzentriertes Alkali verändert die Faser weitgehendst. Freie Schwefel- oder Salzsäure greifen die Faser schon bei mäßiger Konzentration an. Das Material zerfällt unter Bildung von hydrolysierten Produkten. Die Salpetersäure führt die Zellulose in Zelluloseester über (sog. Nitrozellulose); daneben treten auch Oxydationsprodukte auf.

Es ist allgemein bekannt, daß Wolle und Seide, also tierische Fasern, wärmere Kleider geben als solche aus vegetabilischen Fasern, was damit übereinstimmt, daß die tierischen Fasern geringeres Wärmeleitvermögen besitzen als vegetabilische. Daneben spielt aber die Struktur des Gewebes noch eine große Rolle, ob ein Kleidungsstück wärmer oder kälter im Tragen ist.

Die spezifischen Wärmen der Fasern sind in folgender Tabelle zusammengestellt (nach Dietz):

Rohseide	0,331	Hanf	0,323
Entbastete Seide	0,331	Manillahanf	0,322
Kammgarn	0,326	Sisalhanf	0,317
Künstliche Seide	0,324	Asbest	0,251
Lein	0,321	Glaswolle	0,157
Baumwolle	0,319	Stroh	0,325
Jute	0,324	Natronholzcellulose	0,323
Kapok	0,324	Sulfitzellulose	0,319

Count Rumford machte einige interessante Versuche über die Wärmeleitfähigkeit von Tuchmaterialien. Er erhitzte große Thermometer auf 70°, stieß sie rasch in das betreffende Material und beobachtete die Zeit, in welcher sie von 70° auf 10° Reaumur fielen:

	Sekunden		Sekunden
Luft	576	Feiner Flachs	1032
Rohseide	1284	Biberpelz	1296
Schafwolle	1118	Hasenpelz	1315
Baumwolle	1046	Eiderdaunen	1305

Bei einem andern Experiment wurde dasselbe Material in verschiedener Anordnung auf sein Wärmeleitvermögen nach gleichem Prinzip geprüft:

	Sekunden		Sekunden
Schafwolle, lose	1118	Lein, lose	1032
Wollgarn, gewunden	934	Leingarn, gewunden	873
Baumwolle, lose	1046	Leintuch	786
Baumwollgarn, gewunden	852		

Aus diesen Beispielen geht klar hervor, daß die Aufmachung des Materials weitaus den größeren Einfluß auf die praktische Wärmeableitung ausübt als die spezifische Wärme des Materials. (Weitere ähnliche Beobachtungen siehe Mattieu Williams Buch: The Philosophy of Clothing.)

17. Mineralische Fasern. Als Textilmaterial in vorbesprochenem Sinn haben die mineralischen Fasern weniger Bedeutung, doch ist speziell Asbest für einige Industrien ein ganz unersetzliches Material. Der Asbest ist praktisch von viel größerer Bedeutung als seine Konkurrenten, wie gesponnenes Glas, mineralische Wollen und Schlackenwolle.

18. Die künstlichen Fasern. Unter dieser Bezeichnung findet man heute eine große Zahl teils technisch sehr wichtiger Produkte. Die in diese Klasse gehörigen Fasern unterscheiden sich wieder durch ihren Ursprung. Man zählt künstliche mineralische Fasern, wie Glaswolle und gesponnenes Glas, Schlackenwolle und Fasern aus Metallen neben organischen künstlichen Fasern, wovon die künstlichen Seiden vegetabile Ausgangsmaterialien verwerten.

19. Gesponnenes Glas. Geschmolzenes Glas läßt sich in äußerst feine zusammenhängende Fäden ausziehen. Dabei kann die Feinheit des Fadens so weit getrieben werden, daß 3000 m Glasfaden nur ein Pfund wiegen. Infolge der großen Brüchigkeit und geringen Elastizität können nur wenige brauchbare Artikel hergestellt werden, am häufigsten noch und speziell wegen der großen Lichtechtheit der farbigen Gläser wird gesponnenes Glas zu ornementalischen Zwecken verwertet. Nur vorübergehend dürfte Glas auch zusammen mit Seide zu Tuchen verarbeitet worden sein, z. B. Krawatten, wobei das Glas die Stelle der Effektfäden einzunehmen hatte. Eine spezielle Sorte gesponnenes Glas, als Glaswolle bezeichnet, wird speziell in chemischen Laboratorien als Filtermaterial gebraucht, in Fällen, wo das Lösungsmittel die gebräuchlichen Filter zerstört. Glaswolle wird nicht eigentlich gesponnen, d. h. ausgezogen, sondern es wird ein Glasballon, dessen Wand aus zwei Gläsern verschiedener Härte besteht, sog. Überfangglas, aufgeblasen bis er platzt. Ein Teil der Wandung wird dann zu dieser feinen Glaswolle zerstäubt.

Das gesponnene Glas ist eine Erfindung der Glasbläsereien Venedigs. Der nicht unbedeutende Handel mit diesen Materialien kennt drei ausgesprochene Marken: das sog. Cotone di Vetro ist das langfaserige, gezogene Glas; das sog. Lano di Vetro (Glaswolle) ist das kurzfaserige, wild durcheinanderliegende Material; das dritte Produkt besteht aus feinen, aus Formen gepreßten Fäden, welche hauptsächlich als Polstermaterial Verwertung finden. Die Hauptbedeutung der „Glaswollen“ liegt infolge der großen Dielektrizitätskonstante des Materials in der Verwertung zu Isolierkörpern. Die feineren Glaswollen finden auch hin und wieder Verwertung zu Perücken, künstlichen Bärten, Feengewändern überall da, wo Unverbrennbarkeit verlangt wird. In einigen Fällen ist auch mit Erfolg Glaswolle als hygienisches Filter benützt worden.

Die Herstellung obgenannter Produkte ist denkbar einfach. Als Ausgangsmaterial des gesponnenen Glases dienen Glasstäbe von der Dicke eines Bleistiftes aus reinem Natronglas. Die Qualität des Ausgangsmaterials ist nicht ohne Einfluß auf die Feinheit des gewünschten Produktes. Das Ende des Glasstabes wird im Bunsenbrenner zur Zähflüssigkeit erwärmt, mit einem feinen Glasstab ein Faden davon weg-

gezogen und derselbe auf einem Rad (von der Größe eines Velorades) fortwährend aufgewickelt.

Es ist nur nötig, den Glasstab langsam weiter in die Flamme zu schieben und für gleichmäßige Umdrehungszahl des Rades zu sorgen, um einen feinen Glasfaden zu bekommen. Die italienischen Glaswollen sind durch ihre gute Qualität bekannt.

20. Metallfäden. Verschiedene Metalle lassen sich zu feinen Fäden ausziehen und diese zu Garnen verspinnen, welche dann hauptsächlich dekorativen Zwecken dienen. Gold, Silber, Kupfer und verschiedene Legierungen dieser Metalle eignen sich besonders gut zur Herstellung von Metallfäden. Sehr oft dient auch starkes Leinengarn als Skelett für Metallfäden, wobei das Metall als feiner Faden um den Stützfaden gewunden wird, oder aber das Metall wird in äußerst feiner Form auf den Faden aufgespritzt. Reine Goldfäden sind kaum im Handel zu treffen; was man unter Reingoldfäden im Handel findet, ist ein feiner vergoldeter Silberfaden. Silberfaden wird öfters angetroffen, doch auch dieser ist oft nichts anderes als ein gut versilberter Kupferfaden. Die Metallfäden haben im allgemeinen eine sehr geringe Zugfestigkeit. Es wird deshalb das Metall in flache feine Bändchen ausgezogen und mit diesen Seide oder Wollgarn umwickelt. Diese letzteren Produkte zirkulieren unter dem Namen Brillantgarne im Handel. Auf alten Sticereien findet man noch oft Fäden in der Farbe von Altgold. Es sind dies Flachs- oder Seidenfäden, umspinnen mit einem äußerst feinen, vergoldeten Darm.

Ein interessantes Produkt ist das Bayko-Metallgarn. Es besitzt eine Seele aus Baumwolle, Seide oder sonst einem festen Material, welches überzogen ist mit einer Azetatseidenschicht in welcher Metalle suspendiert sind. Das Garn zeichnet sich durch außerordentlich große Festigkeit und Dauerhaftigkeit aus und erscheint dem unbewaffneten Auge als reiner Metallfaden. Die mikroskopische Untersuchung läßt den Stützfaden und die Metallkörnchen erkennen. Beispielsweise hat ein Faden einen doppelt gezwirnten Baumwollfaden als Seele mit einem Querschnitt von 0,0372 mm. Die umhüllende Schicht aus Azetatseide besitzt einen Querschnitt von 0,0133 mm oder 35,8 % des Totalquerschnittes. Ein Faden von beispielsweise 0,191 mm Dicke hat eine Zugfestigkeit von 462 g und eine Elastizität von 4,9 %.

Ein ähnliches Produkt, wie das oben beschriebene, kann hergestellt werden, wenn Garn mit einer Leimlösung imprägniert und durch feines Metallpulver gezogen wird. Diese Produkte, unter Verwendung von Kasein oder Gelatine als Bindemittel, liefern aber nicht so dauerhafte Fäden; sie sind meist hygroskopisch und unterliegen der Verschimmelung. Es ist auch vorgeschlagen worden, die Garne nachträglich mit einer transparenten Lösung von Zelluloid oder Kollodiumlösung zu überziehen, doch geht dabei der charakteristische Metallglanz verloren.

Edmond Dhunnausen hat ein Verfahren ausgearbeitet; wonach außerordentlich haltbare Metallfäden erhalten werden sollen. Der Faden, welcher als Stützgewebe dient, wird vorerst durch das Gelatine-metallbad gezogen. Darauf passiert man das Garn durch eine Lösung

von Kasein und Borax in Wasser, in welcher dasselbe Metall suspendiert ist. Es wird vorgeschlagen, das Garn zweimal durch vorgenannte Bäder zu passieren, um dem Produkt das Aussehen von echten Metallfäden zu verleihen. Das Bad 1 hat folgende Zusammensetzung:

Gelatine	25 Teile
Metallpulver	25 „
Wasser	25 „

Für das Bad 2 wird folgender Ansatz gegeben:

Kasein	15 Teile
Borax	5 „
Wasser	80 „
Metallpulver	30 „

Sehr erfolgreich zur Herstellung von Metallfäden erscheint das Verfahren, welches Metallpulver in Bakelit suspendiert und mit dieser Lösung Fäden überzieht oder sie auf Gewebe aufdruckt. Das Verfahren stammt von Zündel in Moskau. Ein anderes Verfahren ist im französischen Patent 509492 von Lang folgendermaßen beschrieben. Eine Lösung von Kautschuk in Naphtha oder einem ähnlichen Lösungsmittel wird mit dem Metallpulver versetzt und zu einer homogenen Masse verrührt. Diese Lösung kann gefärbt und gedruckt werden. Zur Erhöhung des Glanzes wird vorgeschlagen, der Lösung Amylacetat beizufügen. Das Verfahren wird durch folgendes Beispiel illustriert:

In 16 Teilen Naphtha werden 2 Teile Kautschuk und 2 Teile Metallpulver gelöst resp. suspendiert und nachträglich noch mit 0,5 Teilen Amylacetat versetzt. Die Metallfäden finden heute mannigfaltige Anwendung für Posamenterien, Brokate, dekorative Stickereien, Kirchenschmuck, Fantasiekleider usw.

21. Schlackenwolle. Schlackenwolle ist nicht eigentlich eine Textilfaser, doch findet sie so häufig als Packmaterial Verwendung, daß sie nicht unerwähnt bleiben darf. Durch Einblasen von Dampf in geschmolzene Schlacke wird Schlackenwolle erhalten, der man auch den Namen mineralische Wolle oder silikate cotton gibt. Die ungeheuren Schlackenmengen der Hochofenwerke finden so ein erwünschtes Absatzgebiet. Die Fabrikation ist denkbar einfach, indem durch Einblasen von Dampf oder komprimierter Luft oder von beiden zusammen in die eben abgestochene Schlacke diese in feine, meist längliche Partikelchen zerstäubt wird. Es ist möglich, Fäden zu erhalten von einigen 10 cm Länge, meist aber wird ein Produkt erhalten, das schmutziger Baumwolle nicht unähnlich sieht. Im Handel sind hauptsächlich zwei Produkte gangbar: Schlackenwolle, von der das Kubikmeter zwischen 7—12 kg, und solche Schlackenwolle, die weniger als 7 kg per Kubikmeter wiegt. Die Schlackenwollen, speziell die feineren Sorten davon, besitzen neben einer absoluten Feuerfestigkeit eine nicht unerhebliche Beweglichkeit, d. h. Formanpassungsvermögen. Zusammen mit dem sehr geringen Wärmeleitvermögen ist die Schlackenwolle ein ideales Packmaterial. Leider ist sie zu brüchig, um Gespinste daraus anzufertigen, so daß für feuerfeste Kleidungsstücke, Handschuhe usw. nur der Asbest in Frage kommt.

Relative Zahlen über das Wärmeleitvermögen verschiedener Materialien gibt Colemann in folgender Tabelle an:

Schlackenwolle	100
Haarfilz	117
Baumwollfilz	122
Schafwolle	136
Luft	280

Die einzelnen Fasern der Schlackenwolle sind äußerst spröde. Die harten scharfen Fäserchen dringen sehr leicht in die Haut ein. Beim Verarbeiten des Materials müssen sich die Arbeiter durch Masken und dicke Lederhandschuhe vor dem Eindringen der oft staubfeinen Fäserchen in die Haut, Augen oder die Lunge schützen. Ein weiterer Nachteil der Schlackenwolle ist ihr Gehalt an Schwefel, da derselbe leicht oxydiert wird und mit Feuchtigkeit zusammen Säure bildet, die zu schweren Korrosionen führen kann. Es wird deshalb heute schon ein großer Teil der Schlackenwolle wenigstens oberflächlich entschwefelt.

22. Künstliche Seiden. Was man heute unter künstlichen Seiden versteht, sind Produkte, welche fast ausschließlich aus Zellulose bestehen, die durch irgendeinen chemischen Prozeß in lösliche Form gebracht, durch feine Düsen in Fäden ausgezogen und wieder koaguliert wird. Vorübergehend ist auch versucht worden, aus anderen Ausgangsmaterialien, wie Kasein und Textilabfälle verschiedenster Art, ein kunstseideähnliches Produkt herzustellen.

23. Verschiedene künstliche Fasern. Die Versuche, aus Kasein sowie aus den verschiedenen Kondensationsprodukten (Formaldehyd-Phenol) künstliche Fasern herzustellen, sind nicht über das Anfangsstadium hinausgekommen. Während des Weltkrieges ist in Deutschland eine Methode ausgearbeitet worden, um die kleinsten Textilabfälle, wie Wolle, Haare, Horn usw., zu einem künstlichen Faden zu verarbeiten. Die Abfälle, die bei der Verarbeitung obengenannter Materialien in Masse entstehen, eignen sich weder für die Verspinnung noch zur Verarbeitung zu papierähnlichen Produkten, weil sie meist einen zu kurzen Stapel haben. Diese Produkte werden, in einer Kugelmühle mit Wasser befeuchtet, noch weiter zerkleinert. Darauf werden sie mit Gelatine, Leim, Azetylzellulose usw. gemischt und daraus ein filmähnliches Produkt hergestellt. Die Films werden in feine Streifen oder Fasern zerschnitten, welche dann gesponnen oder zu Schnüren verarbeitet werden können. Wenn Gelatine oder Leim als Bindemittel dient, wird ein Produkt erhalten, das Wolle nicht unähnlich sieht. Durch Zusatz von Bichromat oder Chromalaun ist es möglich, das Bindemittel wasserunlöslich zu machen; durch Zusatz von Glycerin oder höheren Fettsäureestern oder auch von Triphenylphosphat wird die Geschmeidigkeit erhöht. Der Zusatz von nicht trocknenden Ölen soll das Emulgieren der feuchten Faserteile mit dem Bindemittel erleichtern.

Zur Demonstration möge ein kleiner Film auf folgende Weise hergestellt werden:

Auf einer Glasplatte von ca. 13×18 cm, wird eine ganz dünne Wachs-schicht aufgetragen und auf diese dann folgende Mischung aufgegossen:

- 12 cm³ einer 5%igen Gelatinelösung,
- 3 cm³ einer 10%igen wässrigen Paste aus Wollabfällen,
- 0,5 cm³ Glycerin,
- 1,2 cm³ einer 5%igen Chromalaunlösung.

Bei niedriger Temperatur wird dieser Film getrocknet. Es wurde ein elastischer, nicht rollender Film von 0,07 mm Dicke erhalten, welcher sich leicht von der Wachsschicht ablösen ließ. Es ist leicht möglich, einen Film von bloß 0,03 mm Dicke zu erhalten und diesen noch in feine Fäden zu zerschneiden, welche sich außerordentlich leicht verspinnen lassen. Es ist auch möglich, den Brei irgendeiner Papiermasse zuzusetzen und das ganze auf Papier zu verarbeiten. Das Papier wird in der üblichen Weise mit Schwefelsäure oder warmer Zinkchloridlösung pergamentiert und gewaschen. Auf diese Weise resultiert ein Papier, welches einen Wollgehalt bis zu 50 % aufweist, und welches leicht wasser- und durchlässig erhalten werden kann.

24. Die mikroskopische Untersuchung der Gespinnstfasern. Die mikroskopische Untersuchung der Gespinnstfasern ist eine wichtige und grundlegende Hilfe zu deren Studium und Kenntnis.

In allen Fällen verlangt das Mikroskopieren eine feine Technik und einen gewissen Grad von Geschicklichkeit, ohne die der Beobachter nicht auskommen kann, und die er sich durch lange Übung aneignen muß. Dieses gilt noch in verstärktem Maße für die Mikroskopie der Faserstoffe. Es ist wichtig, daß man über eine genaue Kenntnis der Methoden zur Darstellung der mikroskopischen Präparate verfügt. Auch ist die Wahl der passenden Linsen von größter Bedeutung für das gute Gelingen der Untersuchungen. Die Struktur der verschiedenen Faserstoffe kann nur dann in ihren charakteristischen Eigenschaften sichtbar gemacht werden, wenn man mit äußerster Vorsicht und Geschicklichkeit vorgeht, und diese wird nur durch lange Praxis erworben und wirksam unterstützt durch eine genaue Kenntnis der Möglichkeiten des Mikroskops. Auch die Anfertigung von Mikrogrammen und Mikrographien, welche die charakteristischen Eigenschaften der Präparate zeigen sollen, verlangt große Erfahrung und ein beträchtliches Studium, wozu sich noch die Kenntnisse der Möglichkeiten und der Grenzen der Photographie gesellen.

Es ist hier nicht möglich, auf alle Einzelheiten der Mikroskopie und der ihr verwandten Gebiete einzugehen, doch wird es gut sein, den Leser mit den Hauptgrundzügen der Fasermikroskopie sowie einer kurzen Betrachtung der Apparatur und der Darstellungs- und Untersuchungsmethoden der Präparate vertraut zu machen.

Vor allem ist ein gutes Mikroskop mit bestem Linsensystem erforderlich. Übertrieben starke Vergrößerung ist nicht notwendig, so daß man also das Linsensystem so auswählen kann, daß man ein klares ebenes, achromatisches Gesichtsfeld hat, welches auch Tiefenwirkungen ohne Verzerrung zuläßt. Man muß bedenken, daß die Faserstoffe, im Gegensatz zu den sonst in der Mikroskopie verwendeten Dünnschliffen, nicht äußerst dünne flache Präparate, sondern mehr oder weniger erhabene Körper sind. Daher ist eine gute Tiefe des Fokus notwendig, weil sonst

eine Verzerrung des Faserbildes eintritt, die dann den ungeübten Beobachter zu einer falschen Vorstellung und Beurteilung der Eigenschaften des zu untersuchenden Gegenstandes führt. Eine sehr vollständige Reihe von Vergrößerungen kann man bei der Verwendung der Okulare Nr. 5 und Nr. 10 in Verbindung mit den Objektiven 16 mm, 4 mm und 1,9 mm erzielen. Das letztere Objekt kann nur mit Ölimmersion verwendet werden, und wird nur für sehr feine Arbeiten be-

nutzt, die äußerst starke Vergrößerungen erfordern, was in der Praxis jedoch selten der Fall sein wird.

Folgende Tabelle gibt Aufschluß über die verschiedenen Vergrößerungsgrade, die man durch Kombination der obenerwähnten Objektive und Okulare erhalten kann:

Objektiv	Okular	
	Nr. 5	Nr. 10
16 mm	50	100
4 mm	215	430
1,9 mm	475	950

Es ist vorteilhaft, ein mit drehbarem Objektivhalter für 2—3 Objektive versehenes Mikroskop zu wählen, da man dann das Präparat erst mit schwacher Vergrößerung untersuchen kann, um dann nach Wunsch dieselbe durch einen einfachen Handgriff zu verstärken. Ein verstellbarer Objektisch ist auch erforderlich, damit man das Präparat hin und herschieben kann, um so die gewünschte Stelle zu finden und festzuhalten.

Sehr wichtig ist das Vorhandensein eines



Abb. 4. Modernes Mikroskop von C. Zeiss, Jena.

Diaphragmas und eines Kondensors zur Erzielung günstiger Beleuchtungsverhältnisse. Dieser Punkt ist um so wichtiger, als in vielen Fällen die markantesten Eigenschaften des zu untersuchenden Präparates nur durch günstige Beleuchtung sichtbar gemacht werden können. Eine achromatische Kondensornlinse, sowie eine Irisblende befinden sich heutzutage gewöhnlich an allen besseren Mikroskopen. Abb. 4 zeigt eine gebräuchliche Mikroskopform mit

allen nötigen Zubehöerteilen, welche die mikroskopische Untersuchung der Gespinnstfasern erfordert.

Die zu untersuchenden Fasern können auf die verschiedenartigste Weise präpariert werden. Für kurze Untersuchungen und Präparate, die nicht haltbar zu sein brauchen, genügt es wohl, wenn man die Fasern in Wasser präpariert. Die Fasern müssen gut getrennt sein, und es ist zu vermeiden, daß sie einander kreuzen. Wenn nötig, muß man sie in kleine Stücke schneiden, damit sie im Bereiche des Deckglases bleiben.

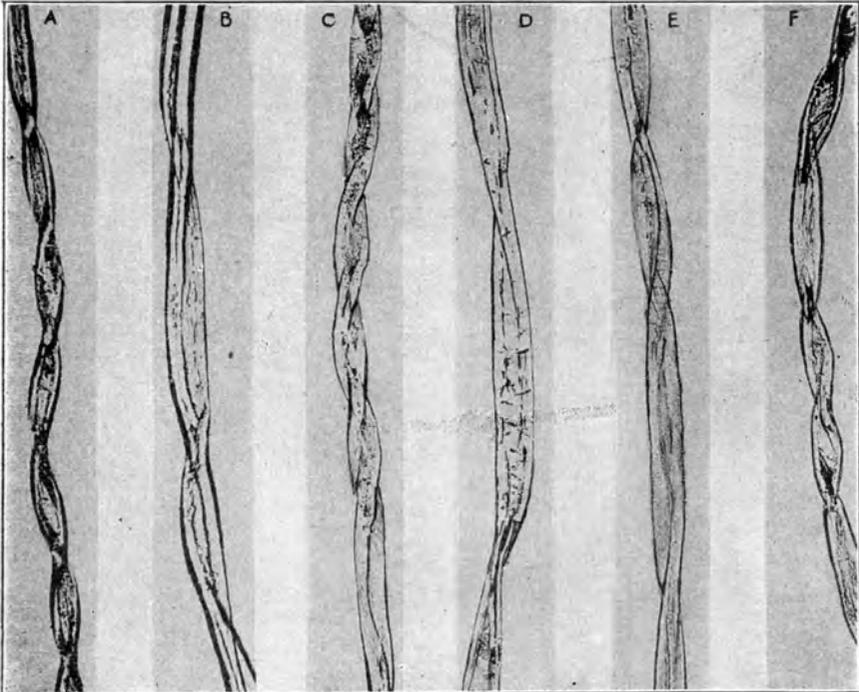


Abb. 5. Baumwollfaser, präpariert mit: (A) Luft, (B) Wasser, (C) Glycerin, (D) Zedernöl, (E) Anisol, (F) Monobromnaphthalin. (H e r z o g.)

Die so vorbereiteten Fasern werden nun auf ein Glasplättchen gelegt und ein Tropfen Wasser mittels eines Tropfers oder eines Glasstabes zugefügt. Dann wird das Deckglas darauf gelegt und schwach gepreßt, um das Präparat möglichst flach zu machen.

Macht man die Untersuchungen mit starker Vergrößerung, so ist es besonders wichtig, daß die Fasern so getrennt als möglich sind, denn sobald einige übereinanderliegen, wird das Bild verzerrt, und auch ein geübter Beobachter würde die dann entstehenden Schatten für wichtige Eigenschaften des Materials halten. Die Präparierung in Wasser empfiehlt sich nur für kurze, einmalige Beobachtungen, da das Deckglas nur lose aufliegt und infolgedessen das Wasser schnell verdunstet. Wenn man ein Dauerpräparat wünscht, oder wenn es, wie für starke

Vergrößerungen erforderlich, sehr dünn sein muß, empfiehlt es sich, die Präparation in Kanadabalsam zu machen, der wie ein Lack trocknet, und das Deckglas festleimt. Diese Art der Präparierung macht leider die Faser sehr durchsichtig und kann dadurch ihre charakteristischen Merkmale an der Oberfläche sowie im Innern stark verwischen. Um diese Charakteristika aber sichtbar zu erhalten, ist es notwendig, die zu untersuchende Substanz mit gewissen Reagenzien zu behandeln. In Betracht kommen die gebräuchlichen, in der Mikroskopie verwendeten Färbemittel, wie Silbernitrat und andere Substanzen.

Hier und da werden auch Glyzerin, Zedernöl und einige andere Flüssigkeiten mit öligen Eigenschaften zur Herstellung der Faserpräparate verwendet. Den Einfluß der verschiedenen Flüssigkeiten auf das Präparat sieht man in Abb. 5, welche eine ägyptische Baumwollfaser in

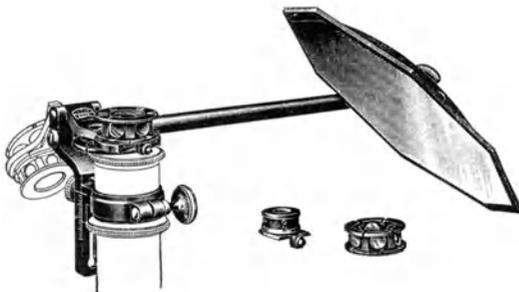


Abb. 6. Abbescher Projektionsapparat zum Zeichnen von Mikroskopbildern. (C. Zeiss, Jena.)

folgenden Präparationsmitteln zeigt: a) in Luft; b) in Wasser, c) in Glyzerin, d) in Zedernöl, e) in Anisol, f) in Monobromnaphthalin.

Oft ist es wünschenswert, das mikroskopische Bild der Faser zu zeichnen, damit man ein bleibendes Bild davon hat. Zu diesem Zwecke kann man ver-

schiedene Arten von Projektionsansätzen benutzen, z. B. denjenigen von Abbe, Abb. 6, oder den in Abb. 7 gezeigten. Beide Instrumente

projizieren das Bild auf ein Blatt Papier, auf dem man dann die Umrisse nachzeichnet. Eine bessere, aber auch teurere Apparatur wird in Abb. 8 gezeigt. Zur Herstellung dieser Mikrogramm genannten Zeichnungen ist natürlich ein gewisses Talent und Geschicklichkeit zum Zeichnen unentbehrlich, doch kann man beide durch stetige Übung entwickeln.

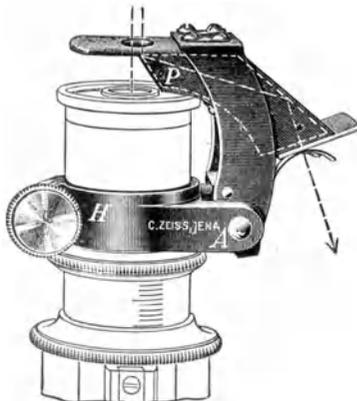


Abb. 7. Projektionsaufsatz für Mikrogramme. (C. Zeiss, Jena.)

Die Verwendung eines Polarisationsansatzes in der Fasermikroskopie ist sehr nützlich, da er die innere Struktur der Faser deutlich sichtbar macht, was hauptsächlich wichtig ist, wenn man gute Mikrophotographien erhalten will, welche die Strukturmerkmale zeigen sollen (Abb. 9).

Will man bleibende Mikrobilder haben, die alle Einzelheiten des Faserbildes wiedergeben und die naturtreu sind, was sehr vorteilhaft ist, wenn man die Eigenschaften des Präparates mit Muße studieren

will, so ist es nötig, mit Hilfe einer zu diesem Zwecke besonders eingerichteten Apparatur eine Mikrophotographie zu machen. Einen sehr

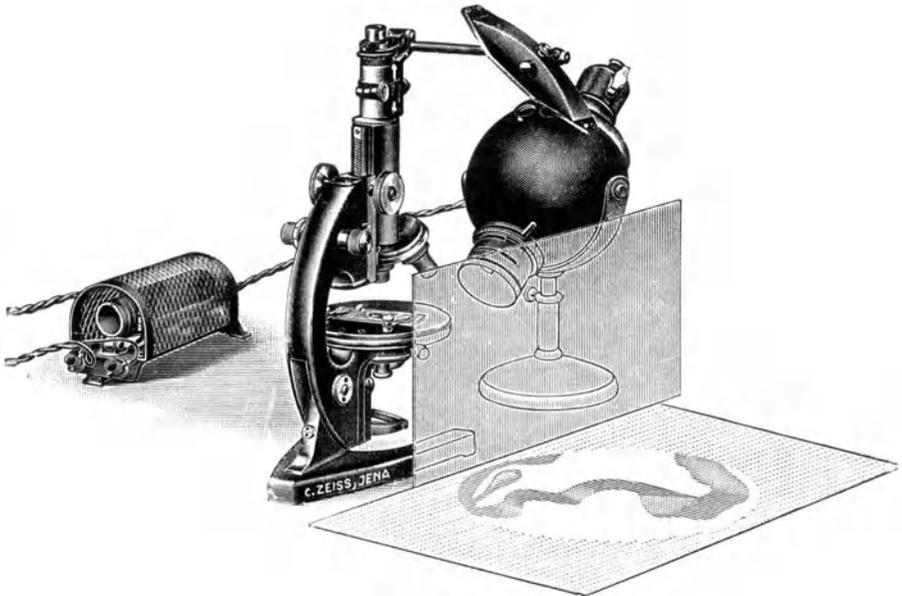


Abb. 8. Mikroprojektions- und Zeichenapparat. (C. Zeiss, Jena.)

guten solchen Apparat zeigt Abb. 10. Es empfiehlt sich, hier eine spezielle elektrische Beleuchtung zu verwenden, da man dann ein klares Negativ in viel kürzerer Zeit erhält als es bei der Anwendung von Tageslicht möglich ist.

Wünscht man für die Präparate Faserquerschnitte, so werden diese folgendermaßen hergestellt: Die Fasern werden so parallel als irgendwie möglich zu einem kleinen Bündel geordnet, das man dann in eine zu diesem Zwecke geeignete geschmolzene Wachsmasse taucht, und nachdem es damit durchtränkt ist, erkalten läßt. Das so vorbereitete Faserbündel wird dann mit einem besonders zu diesem Zwecke dienenden Apparat in dünne Querschnitte zerlegt (Abb. 11). Die weiteren Einzelheiten dieser Präparate werden bei der mikroskopischen Untersuchung der verschiedenen Fasern besprochen werden.

Um Messungen an der Faser auszuführen, benützt man das Mikrometerokular, welches sowohl zur gewöhnlichen Beobachtung des Präparates als auch zu dessen Messung verwendet werden kann. Zu diesem Zwecke ist im Okularsystem zwischen der Kondensorlinse und dem

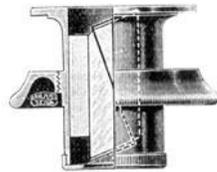


Abb. 9 a.

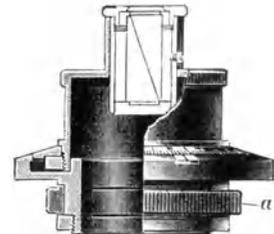


Abb. 9 b.
Polarisationsansatz.
(C. Zeiss, Jena.)

Okular eine kleine Glasskala angebracht. Diese ist manchmal auf ein Glasplättchen photographiert, meistens aber eingeritzt. Sie ist meist 1 cm

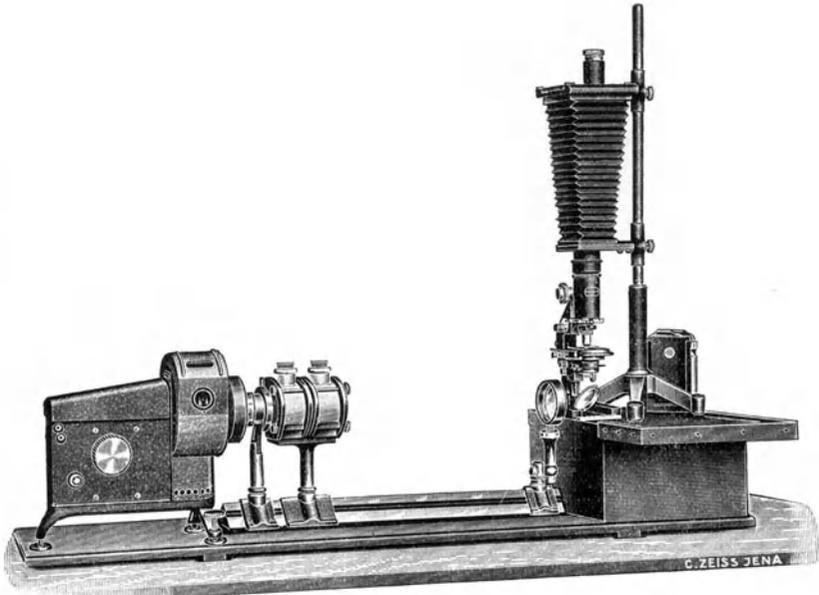


Abb. 10. Apparatur zur Mikrophotographie der Gespinnstfasern. (C. Zeiss, Jena.)

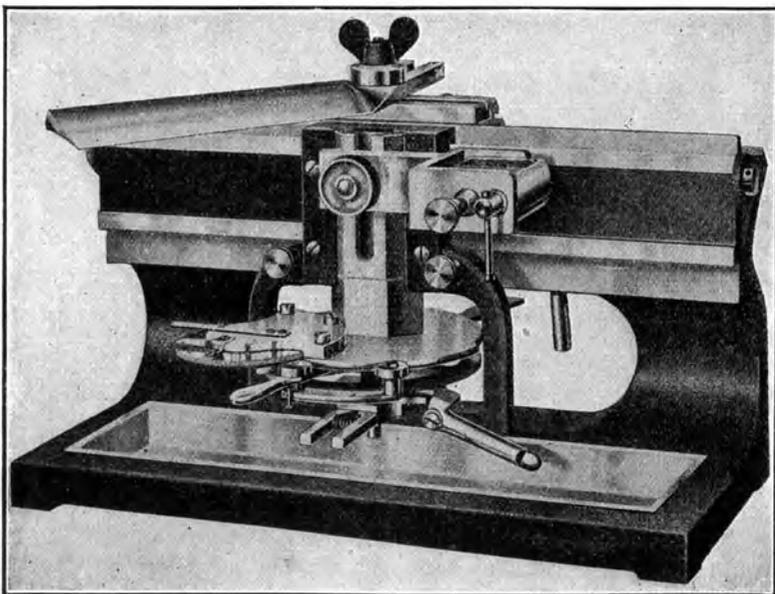


Abb. 11. Mikrotom zur Herstellung von Faserquerschnitten. (Bausch & Lomb.)

groß und in 100 Teile eingeteilt, oder 0,5 cm und in 50 Teile eingeteilt. Beobachtet man nun eine Faser von bestimmter Dicke nacheinander mit diesem Mikrometerokular, indem man verschiedene Objektive einschaltet, so wird man sehen, daß die Skalenteilung immer dieselbe Größe beibehält, während die Faser je nach der Stärke des verwendeten Objektivs dünner oder dicker erscheinen wird. Es ist also offensichtlich, daß die Mikrometerskala je nach dem angewandten Linsensystem verschiedene Werte annehmen kann. Daher ist nun das Okularmikrometer für jedes System auf ein Objektivmikrometer geeicht, welches ebenfalls eine feine Glasskala ist, die im Objektiv angebracht wird.

Statistik über die Textilindustrie in den Vereinigten Staaten aus dem Jahr 1919.

Industriezweig	Zahl d. Betriebe	Anlagekapital \$	Ausbezahlte Löhne \$	Wert des Ausgangsmaterials \$	Wert des Endprodukts \$	Höh. Angestellte	Lohnarbeiter	Pferdekkräfte
Baumwolle	1288	1853099816	392839415	1277785597	2125272193	14218	430966	1840201
Wollen	560	273973670	79736922	212189028	364896590	3805	62957	172947
Kammgarn	292	557721078	119353515	438007587	700537482	5415	103830	295533
Seidenwaren	1396	532732163	134597292	388469022	688459523	8982	126782	176825
Lein	10	7527596	1964967	4190187	6998046	180	1890	6069
Färberei u. Appretur	628	229948486	73441533	174742815	323967683	6240	55985	160430
Filz	49	35024373	6970832	22780775	39229540	690	5236	16411
Federn, Daunen	216	6514809	4429729	6694596	15377953	481	3504	273
Pelzwaren	1815	80700925	32142358	105596605	173137739	3668	13639	5327
Haartücher	18	2999150	569059	2259142	3315113	67	425	1153
Zeltdecken	895	26727621	8860670	26961140	45690390	1514	6028	4589
Segeltücher	379	27208200	10761795	19598133	39005607	1643	7968	7384
Bürstenwaren	75	119196461	28965905	67118039	123253828	1268	22933	38170
Teppiche und Läufer	120	100248987	18715562	89705282	133366476	1581	17622	66643
Schnüre, Seilerei	44	32260216	8110998	13075994	29396853	698	6490	9078
Baumwollitzen	164	29559474	9537260	24039951	40896835	759	9396	14263
Verschiedene kleine Baumwollartikel:								
Haarfilzhüte	176	58127770	24274203	40158019	82745308	1660	18510	20389
Wollfilzhüte	40	3831376	1746028	3699822	6739652	157	1448	2696
Jute	26	41335845	7550301	17708834	34442698	436	7138	32135
Strickwaren	2050	516457991	157526402	427095560	713139689	12613	172572	151601
Binsen, Stroh u. Bast	12	7190675	1040251	2102580	4860855	93	1073	1670
Netze und Schnüre	19	4155531	770487	3648206	5114414	79	859	959
Elastische Gewebe	196	39676879	12861203	36369218	60774652	1430	10857	9028
Gerberwolle	24	8853437	1192996	12809592	17361231	111	705	2162
Putzwolle	33	10049960	3623627	7228350	13679584	221	2177	9790
Kunstwolle (shoddy)	78	16990722	3670392	16076315	23254398	326	2566	16694

25. Statistisches. Die mit der Bearbeitung und Nutzbarmachung der Textilfasern beschäftigten Industrien gehören zu den wichtigsten im industriellen Leben aller Nationen. In den Vereinigten Staaten ist die Baumwoll-, Woll- und Seidenindustrie überaus weitverbreitet, und das nicht nur in bezug auf die Fabrikation, sondern auch der Handel mit den fertigen Produkten ist von riesigem Umfang. In England ist die Baumwoll- und Wollindustrie eine der hauptsächlichsten Quellen des Reichtums des Landes. Man kann sagen, daß in den Vereinigten Staaten die Baumwollindustrie den ersten Platz unter allen einnimmt, ist doch ein Kapital von ungefähr zwei Milliarden Dollar darin investiert, und der Wert der jährlich hergestellten fertigen Produkte überschreitet diese Summe bei weitem. An zweiter Stelle kommen die sich mit der Woll-

faser beschäftigenden Industrien, inklusive die Herstellung der Woll- und Kammgarnespinnstoffe. Fast im dritten Range steht die Seidenindustrie mit einem Kapital von über einer halben Milliarde Dollar und mit einem gegenwärtigen Produktionswert von über drei viertel Billion Dollar an fertigen Gütern.

Zu den Industrien, die sich rein mit der Bearbeitung der Gespinnstfasern beschäftigen, muß man auch die Fabrikation der Kunstseide rechnen, obschon sie eigentlich zu den chemischen Industrien gehört. Sie ist in den Vereinigten Staaten in konstantem Wachstum begriffen und wird die Naturseidenindustrie wohl bald an Ausdehnung erreichen, wenn nicht gar übertreffen.

Die obenstehende Tabelle zeigt die Ausdehnung der Gespinnstfaserindustrien in den Vereinigten Staaten im Jahr 1919 (Census Reports).

II. Asbest als Textilfaser.

1. Vorkommen. Der Asbest ist die einzige mineralische Faser, die in der Textilindustrie verarbeitet wird. Der Name Asbest stammt aus dem Griechischen, ist aber dort von Dioscorides und einigen anderen Griechen als Bezeichnung für den gebrannten ungelöschten Kalk gebraucht worden. Erst Plinius bezeichnet mit dem Namen Asbest das bekannte faserige Kalzium-Magnesium-Silikat. Der Asbest enthält aber immer noch Aluminium und Eisen, letzteres speziell in den dunklen Sorten. Unter Asbest versteht man heute die faserigen Varietäten sowohl von Serpentin wie von Hornblende. Der Serpentin ist Kalzium-Magnesium-Silikat, welches immer Eisen enthält, manchmal auch Mangan, Hornblende ist einfacher in der Zusammensetzung, neben Kalzium und Magnesium findet sich meist nur Aluminium silikatisch gebunden.

Die Zusammensetzung des Asbestes, der an verschiedenen Orten der Welt gebrochen wird, geht aus folgender Tabelle hervor:

Herkunft	Zypern %	Italien %	Kanada Thetford %	Templite %
Kieselsäure (SiO ₂) . .	40,50	40,30	40,57	40,52
Aluminium als Al ₂ O ₃ .	1,09	2,27	0,90	2,10
Eisenoxyd (Fe ₂ O ₃) . .	4,87	0,87	2,81	1,97
Magnesiumoxyd . . .	39,02	43,37	41,50	42,05
Wasser	13,47	13,72	13,55	13,46

Der kanadische Asbest gilt als der beste und deckt ca. 75 % des Weltbedarfs.

Der Asbest findet sich in der Natur in Form von Adern im übrigen Gestein eingeschlossen. Das mineralische Stück besitzt eine Dichte von 2,5—2,8 und eine Härte zwischen 3 und 5. Dieses Asbestmineral läßt sich von Hand leicht in mikroskopisch feine Fäserchen zerzupfen. Es ist aber kein Grund vorhanden sich die Spaltung der ungefähr 0,0005 mm starken Fasern physikalisch noch weitergetrieben zu denken (man vgl. Abb. 12).

Die einzelne Asbestfaser ist ein Kristall mit eckigem Querschnitt. Es ist nicht leicht die genaue Form des Kristalles zu messen, weil bei der Zerteilung in die feinen Fasern die Form des einzelnen Kristalles leidet.

2. Die Asbestsorten.

Nicht jeder Asbest eignet sich gleich gut für die Verspinnung. In Italien wurde erstmals das Mineral für Textilizwecke verwertet. Durch Napoleon I. wurde in der Lombardei der Versuch zur Verwertung des Asbestes als Textilmaterial zuerst angeregt, doch wurde erst um 1866 ein handelswertiges Papier und Tuch daraus fabriziert.

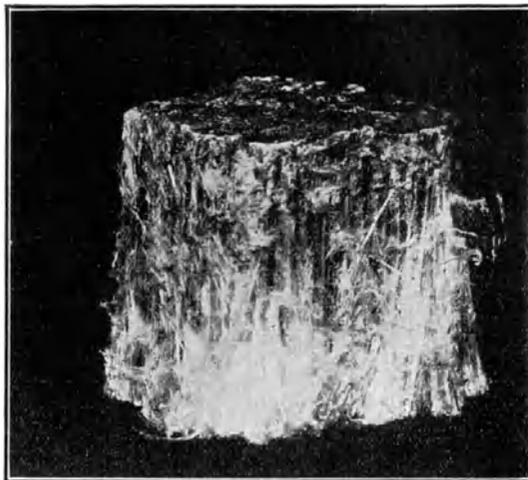


Abb. 12. Stück eines Asbestminerals.
(Johns-Manville Comp.)

In Kanada war die Entdeckung der Asbestlagerstätten in Thetford und Blacklake in Quebec der Anstoß zur industriellen Verwertung. Den langstapeligsten Asbest gewinnt man heute immer noch in Italien. Im Museum des Vatikans wird ein Stück Asbesttuch gezeigt, das aus römischer Zeit stammen soll und von ausgezeichneter Feinheit ist. Marco Polo (13. Jahrhundert) erwähnt Asbesttuch in seinen Reisebeschreibungen in China. Von Plutarch wissen wir, daß die ewigen Lichter der Vestalinnen aus Asbest bestanden. Ebenso berichtet Pausanias, daß aus karpasischem Linnen Dochte hergestellt werden, wobei nichts anderes gemeint ist als der Asbest von Karpasien in Cypern. In Deutschland findet man noch oft den Ausdruck „Steinflachs“, in Italien die Bezeichnung „amiantho“ und im Französischen den Namen „pierre à coton“ für Asbest.

Vom mineralogischen Standpunkt aus unterscheidet sich der italienische Asbest (Abb. 13) vom kanadischen Chrysotil. Physikalisch und chemisch aber sind sie wenig voneinander verschieden und für die Praxis identisch.

Der blaue Asbest, welcher in Südafrika gewonnen wird, hat mineralogisch den Namen Crocidolit. Diese Varietät läßt sich äußerst leicht zerzupfen. Die Fasern sind seidenglänzend, lavendelblau infolge des größeren Gehaltes an Eisenoxyd. Die Fasern des blauen Asbestes zeichnen sich auch durch außerordentliche Länge und große Elastizität aus. Vom chemischen Standpunkt aus unterscheidet er sich nicht unwesentlich von der italienischen Hornblende und vom kanadischen Chrysotil, wie folgende Analyse zeigt:

Kieselsäure	49,6 %
Eisensesquioxyd	22,0 „
Eisenoxyd	19,8 „
Natrium	8,6 „

Des tieferen Schmelzpunktes wegen ist heute blauer Asbest sehr begehrt zwecks Herstellung der Schweißstäbe bei der elektrischen Lichtbogenschweißung.

Mineralogisch unterscheidet man: 1. Hornblendeasbest und 2. Serpentin-asbest. Der Hornblendeasbest, auch Amphibolasbest, Tremolith, Aktinolith hat die Zusammensetzung $MgSiO_3$, wobei das Ma-

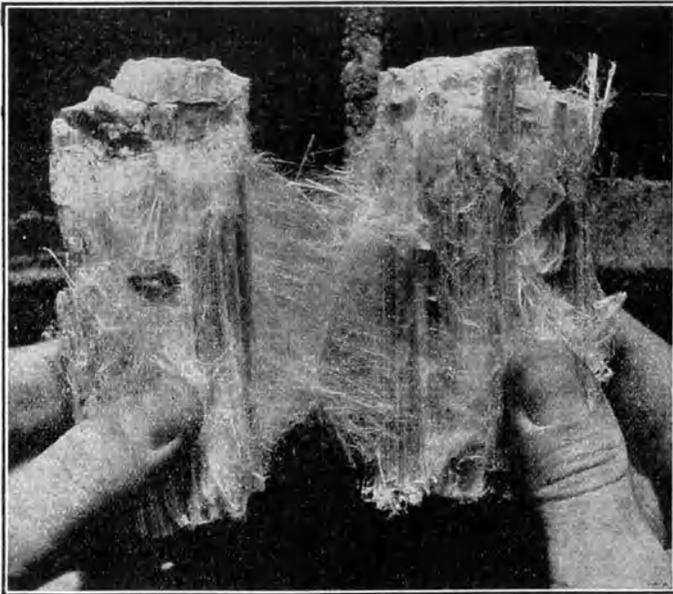


Abb. 13. Asbeststück, auseinandergebrochen, um die feine Faserstruktur zu zeigen. (Johns-Manville Comp.)

gnesium durch äquivalente Mengen von Calcium, zweiwertigem Eisen u. dgl. vertreten¹ sein kann. Charakteristisch für diesen Asbest ist das Verhältnis der Basis: Säure = 1 : 1, womit die hohe Widerstandsfähigkeit gegen Säuren auch bei höherer Temperatur erklärt wird. Das spezifische Gewicht des Hornblendeasbestes ist rund 3; der Schmelzpunkt liegt bei 1150° . Die Fasern werden als unendlich dünne monokline Kristalle aufgefaßt. Der italienische Asbest (Valtellina und Val d'Aosta) ist fast ausschließlich Hornblendeasbest, weiß, grau, grünlich, bräunlich, glas- oder seidenglänzend. In die gleiche Gruppe gehört der Kapasbest, welcher in Südafrika gebrochen wird. Seine schöne blaue Farbe verdankt er dem hohen Gehalt an Ferrosilikaten. Wegen seiner geringen Widerstandsfähigkeit gegen Hitze und Atmosphärrillen genoß er früher wenig Beachtung, ist aber heute sehr geschätzt.

Der Serpentin-asbest oder Chrysotil gleicht chemisch dem Serpentin $H_4Mg_3Si_2O_9$. Wassergehalt (chemisch gebunden) 13,04 %. Das Magnesium kann durch Eisenoxyd ersetzt werden bis zu einem Gehalt von ca. 13 %. Im Serpentin-asbest ist das Verhältnis Basis : Säure = 3 : 2. Weiterhin ist der erhebliche Gehalt chemisch gebundenen Wassers, welches sich nur bei hellster Glut entfernen läßt, charakteristisch. Das spezifische Gewicht beträgt 2,3—2,8; die Struktur ist vermutlich rhombisch; der Schmelzpunkt liegt bei ca. 1550°. Selbst schwache Säuren, wie Weinsäure, greifen ihn bei längerer Dauer der Einwirkung an und zerstören ihn vollständig. 5 %ige Salzsäure zersetzt ihn schon bei viertelstündigem Kochen. Wichtige Lager von Serpentin-asbest finden sich in der Provinz Quebeck, dann im Ural, in den Pyrenäen, auf Korsika, Zypern. Technisch wird hauptsächlich der kanadische und dann der russische Asbest, beides Serpentin-asbeste, verarbeitet.

Zusammensetzung einiger typischer Asbestproben.

	Kanadischer Asbest %	Sibirischer Asbest %	Hornblende- asbest %	Blauer Asbest %
SiO ₂	41,84	41,80	54,60	51,10
MgO	41,99	35,18	27,85	2,30
FeOFe ₂ O ₃ . .	2,23	6,63	11,15	35,80
Al ₂ O ₃	—	—	2,85	—
Na ₂ O	—	—	—	6,90
H ₂ O	14,28	16,39	3,55	3,90

3. Handelsmarken. Der Asbest wird im Handel nach seiner Faserlänge, dem Stapel, qualifiziert. Die erste Qualität ist langstapeliger Asbest, welcher versponnen werden kann. Die Qualitäten 2 und 3 eignen sich nur zur Herstellung von Asbestpapieren und Packmaterial. Die Ausscheidung des Rohmaterials in diese drei Klassen wird fast ausschließlich maschinell durchgeführt durch sog. Blaswerke.

Der Glanz und die Verspinnbarkeit sind im großen Maße abhängig vom Wassergehalt des Materials. Ein Asbest mit schönem Seidenglanz und guter Verspinnbarkeit enthielt 14,38 % Wasser, während ein harter, brüchiger Asbest nur 11,7 % enthielt.

Das erklärt auch warum der Amphibolasbest nur in harter nicht verspinnbarer Qualität gefunden wird, da er einen Wassergehalt von nur



Abb. 14. Asbestfasern (5 ×).

5,45 % im Mittel besitzt. Wenn ein Asbest längere Zeit auf hohe Temperatur erhitzt wird, verliert er einen großen Teil des Wassers, dabei wird er brüchig und büßt die Verspinnbarkeit ein. Es ist deshalb anzunehmen, daß ursprünglich der Asbest in nur wenig verschiedener Form in der Erdrinde eingelagert war und erst in jüngerer Zeit und je nach Standort verschieden stark hydratisiert wurde.

Der Weltkonsum an Asbest betrug im Jahre 1912 ungefähr 100000 t, wovon Kanada allein ca. 75000 t produzierte. Im Jahre 1918 erreichte die Produktion in Kanada rund 143000 t und im Jahre 1920 174521 t. Die Vereinigten Staaten produzierten im Jahre 1918 800 t. Über 50000 t kurzstapeliger Asbest in Form von Papier und Füllmaterial werden im Häuserbau gebraucht.

Bis zum Jahre 1875 wurde ausschließlich italienischer Asbest verarbeitet und nur langsam hat sich der kanadische Asbest den Markt



Abb. 15. Langfaseriger Pikrolith (Serpentinasbest).

erobert. Trotzdem in den relativ kleinen Lagern Italiens keine großen einheitlichen Quantitäten gebrochen werden ist der italienische Asbestmarkt nicht unbedeutend. Quebeck ist das kanadische Asbestzentrum. Die Lager dehnen sich bis in die Vereinigten Staaten hinüber aus. Der Asbest, der an verschiedenen Orten der Welt, z. B. in Port Bag, Neufundland, Schweiz, noch anzutreffen ist, hat infolge seiner uneinheitlichen Beschaffenheit nur geringen Handelswert. Einige größere Asbestbrüche finden sich in den Vereinigten Staaten, in Rußland, Finnland, Queensland, Australien, Neuseeland, Rhodesia, China und auf der Insel Zypern. In Südafrika sind in neuerer Zeit einige Gruben bekannt geworden wegen ihres lavendelblauen Asbestes, der sich durch große Reißfestigkeit auszeichnet. Er hat, wie schon einmal bemerkt, dadurch einige Bedeutung erlangt, daß er zur Herstellung der Schweißstäbe bei der elektrischen Lichtbogenschweißung ausgezeichnet Verwendung findet. In jüngster Zeit wird auch auf Spitzbergen ein Amphibolasbest von hervorragender Qualität gebrochen.

4. Die Asbestgarnfabrikation. Es ist äußerst schwierig, aus dem glasigen Asbest einen guten Faden zu spinnen. Um die Verspinnbarkeit zu verbessern, wird sehr oft Baumwolle beigemischt und diese im fertigen Faden durch nachträgliches Erhitzen wieder entfernt. Die technische

Vervollkommnung der Apparate erlaubt jedoch heute den Asbest ohne Zusatz von Hilfsstoffen zu verspinnen.

Die Asbeststücke werden in Brechmaschinen (s. Abb. 16 u. 17) in die feinen Fasern zerrissen. In sog. Windseparatoren wird die Rohasbestfaser nach dem Stapel geordnet. In Amerika wird das Asbestgarn qualifiziert nach dem Gewicht pro 100 Yards. Das Asbestgarn Nr. 2 z. B. hat ein Gewicht von einem halben englischen Pfund pro 100 Yards. Das Arbeitsgarn des Handels ist fast ausschließlich aus sechs bis acht Fäden gezwirnt. Von Fachleuten wird behauptet, daß es möglich ist, einen Asbestfaden zu spinnen, von dem 100 g nur 1 Unze (1 Unze = 28,3 g) wiegen sollen. (1 Yard = 91,4 cm.) Aus diesem feinen Faden kann sogar ein ziemlich gutes Tuch gewoben werden. Solche Produkte aber dürften eher der Kuriosität halber hergestellt werden. Verglichen mit anderen Textilmaterialien ergibt der Asbest ein äußerst rohes Gewebe, das nur für Spezialzwecke Verwendung findet. Sehr beliebt ist in Amerika ein Gewebe, dem als Stützmaterial feiner Messingfaden eingewoben ist.

Die technische Vervollkommnung der Asbestverarbeitungs-
maschinen zeitigte auch ein hochqualifiziertes Asbest-
Textilgut. Natürlich wird nur dort Asbest verwendet, wo er wegen seiner enormen Feuerfestigkeit und der sehr großen Wärmeisolation geschätzt wird, wie z. B. für Handschuhe und Schürzen in Gießereien,

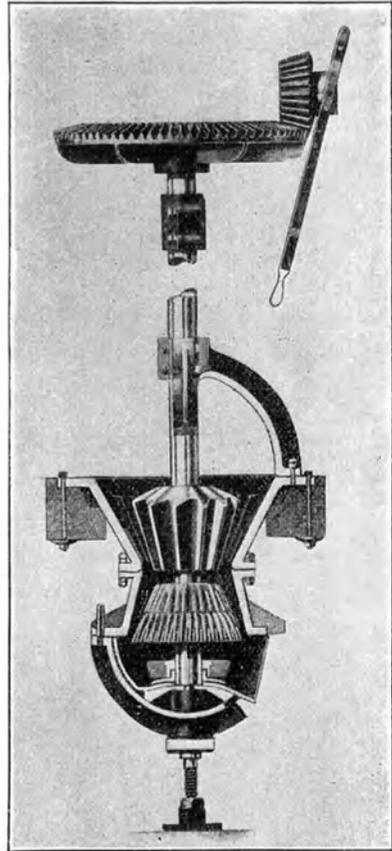


Abb. 16. Rotationsbrechwerk für Asbest.
(Butterworth & Lowe.)

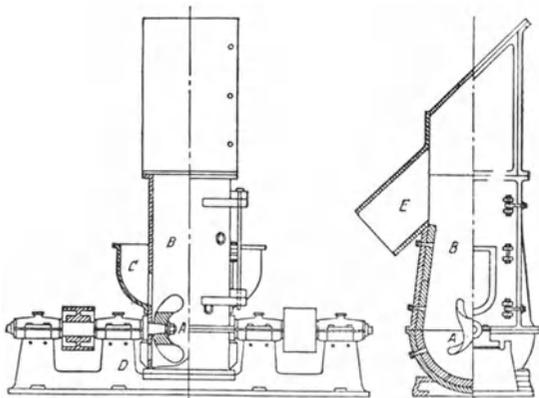


Abb. 17. Zyklonzerfaserer für Asbest. (Laurie.)

für die verschiedensten Packmaterialien, spezielle Theaterszenarien, Lampenschirme und verschiedenes andere. Die Verwendung des Asbestes zu Lampenschirmen wird schon bei den Alten angetroffen, z. B. bei den ewigen Lichtern der Tempel. Ebenso ist bei Völkern, die ihre Toten kremierten in einigen Fällen Asbest als Totengewand verwendet worden. Man glaubt allgemein, daß er auch daher den Namen Asbestos, d. h. unzerstörbar erhalten hat. In China soll Asbest als Salamanderwolle bis zum Jahre 1600 für Taschentücher verarbeitet worden sein. Vom hygienischen Standpunkte aus ist dies eine wertvolle Idee, weil die Taschentücher zur Reinigung ausgeglüht werden können.

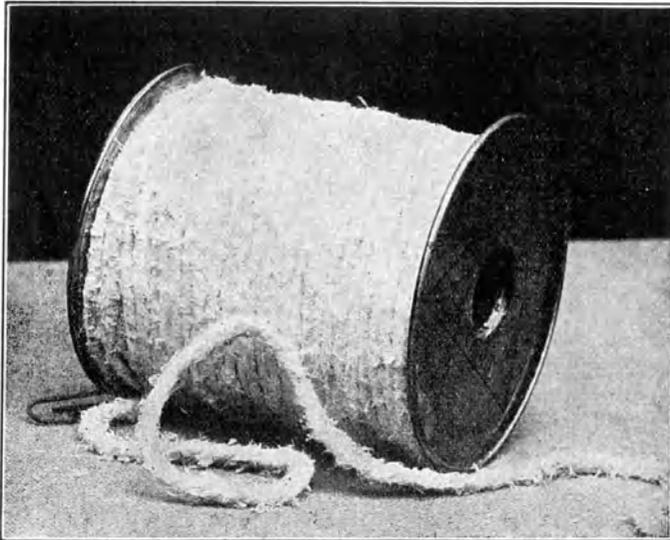


Abb. 18. Asbest-Garnspule.

Für chemische Zwecke wird sehr oft Asbest in seiner feinsten Form und mit ausgesucht bestimmten chemischen Eigenschaften für Filtration und als Absorptionsmittel verwendet.

In Form von Papier, Pappe und Garn findet Asbest als Isolationsmaterial in der elektrischen Industrie immer weitere Verbreitung.

Die Verarbeitung des Asbestes, die Spinnerei, Pappfabrikation.

Die erste Arbeit ist die Aufbereitung, welche in zwei Stadien erfolgt, durch Schlagen oder Quetschen erreicht man eine Loslösung der Fasern voneinander und vom Gestein, und in einem zweiten Stadium erfolgt die räumliche Trennung der Fasern von den Gesteinstrümmern. Die erste Stufe erreicht man in Kollergängen mit Steinläufern, wobei das taube Gestein zermalmt wird und die faserigen Teile ohne großen Schaden zu nehmen gelockert werden. Bei sehr steinreichen Asbesten kann durch diese Methode leicht eine Schädigung der Faser eintreten.

Der zweite Teil der Aufbereitung, die mechanische Entfernung des Staubes wird in einem Öffner vorgenommen, das ist ein spezieller Reißwolf. Heute wird jedoch diese Arbeit durch den sog. Vertikalöffner bewerkstelligt. Es ist ein Apparat mit hohlkegelförmigem Rost, in welchem Schlagflügel rotieren. Der Sand und die kürzesten Fasern werden durch den Rost hindurch geschleudert, während die langen Fasern unter Zuhilfenahme von Wind nach oben geschleudert, auf ein Transportband aus dem Apparat gelangen. Es sind dem verschiedenen Ausgangsmaterial gemäß noch einige andere wichtige Zerfaserer und Sortierapparate geschaffen worden, deren Besprechung hier zu weit führen würde.

Solange für die Asbestspinnerei die Apparate der Baumwollspinnerei entlehnt wurden, gelang es nicht einen gleichmäßigen Faden herzustellen. Mit einem modernen Doppelflorkrempel mit Speiser und Florsteiler erreicht man einen äußerst feinen gleichmäßigen Asbestfaden. Der Apparat zeichnet sich vor allem aus durch eine automatische Speisevorrichtung; die einzelnen Chargen werden automatisch gewogen. Durch Einstellung des Gewichtes hat man es in der Hand, die Garnnummer einzustellen, da jede Schalenfüllung auf einen stets gleichbleibenden Teil der Krempelfläche übernommen wird. Das Material passiert darauf einen Vorreißer aus verschiedenen Trommeln. Dann wird die Haupttrommel passiert. Durch zwei verschiedene Abnehmer wird der Flor halbiert und nachträglich wieder vereinigt, um eine größere Gleichmäßigkeit in der Schichtdicke zu erreichen. Darauf wird der ganze Flor in etwa 20—40 Streifen durch den Florsteiler zerlegt. Jeder dieser Streifen wird durch seitliches Hin- und Herrollen, das sog. Nitscheln, gerundet und liefert so das Vorgarn. Dieses Vorgarn wird durch Drehen und Strecken in das Feingarn übergeführt. Es ist üblich, die Feinheit des Garnes anzugeben durch diejenige Zahl Hundert Meter welche 1 kg wiegen. Die feineren Garne erhalten meist einen Zuschlag von Baumwollfasern, um ihre Festigkeit zu erhöhen.

Die Asbestpappeherstellung geht vom geschleuderten Material aus. Die Asbestfasern werden im Holländer zu einem gleichmäßigen Brei zerfasert, unter Zusatz von Wasser und dem nötigen Klebstoff. Als Klebstoff verwendet man meist sog. Kollodin aus Kartoffelmehl, Wasser und Natronlauge. Man verdünnt die Masse mit Wasser im Rührbottich und führt sie mit Schöpfrädern den Pappemaschinen zu, welche sich nicht wesentlich von denen der Papierfabrikation unterscheiden. Zur Aufhellung der Farbe setzt man dem Asbest sehr oft weißen Ton zu, sog. Chinaclay.

5. **Spezielle Eigenschaften einiger Asbesttextilien.** Das Wärmeschutzvermögen des Asbestes selbst ist nicht so bedeutend wie allgemein angenommen wird. Die schlechte Wärmeleitfähigkeit muß vielmehr seiner Struktur zugeschrieben werden; Asbest verhält sich demgemäß ähnlich wie Wolle und Baumwolle. Um ein Bild vom Zusammenhang der Faserfeinheit und der Wärmeleitfähigkeit zu bekommen, bestimmte Professor Ordway (Eng. and Minig Journal, 1890, S. 651) diese nachfolgenden Zahlen:

Substanz	Gewicht des Wassers für den Temperaturanstieg 10°	Festmaterialien pro Kubikmeter in Promillen	Anteil der Luft in Promillen
Lose Wolle	8,1	56	944
Gänsefedern	9,6	50	950
Kardierte Baumwolle . .	10,4	20	980
Haarfilz	10,3	185	815
Feinasbest	49,0	81	919
Luft allein	48,0	0	1000

Der Versuch wurde folgenderweise vorgenommen: Das zu untersuchende Material wird auf eine Eisenplatte von 310° F ausgebreitet. Über dem Isoliermaterial wird ein Wasserbassin angebracht und der

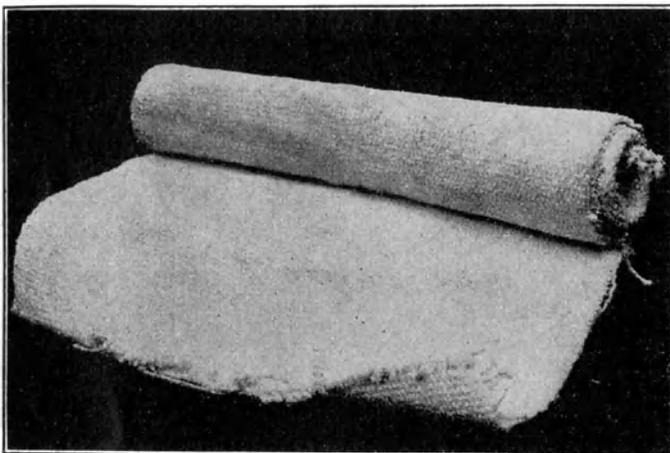


Abb. 19. Grobes, reines Asbesttuch.

Temperaturanstieg dieses Wassers innerhalb einer Stunde gemessen und die Resultate aus obiger Tabelle umgerechnet.

Ein wichtiger Faktor, besonders für die chemische Industrie, ist die Säureempfindlichkeit des Asbestes. Die verschiedenen Asbestsorten unterscheiden sich durch ihre Löslichkeit in Schwefelsäure usw. Von Heermann und Sommers ist die Löslichkeit in 80 %iger Schwefelsäure bestimmt worden, resp. der lösliche Anteil:

	Löslicher Anteil in %
Afrikanischer blauer Asbest	2,1
Südafrikanischer weißer Asbest	12,3
Russischer Uralasbest	2,4
Kanadischer Asbest	8,3
Deutscher Asbest (Nadeln)	0,9

Die oben angeführte Tabelle gibt leider keine Auskunft über den Feinheitsgrad des untersuchten Asbestes und verliert dadurch an Wert, was daraus hervorgeht, daß von anderer Seite oft ganz andere Resultate gefunden wurden; so z. B. zeigt die folgende Tabelle, welche die Löslich-

keit von bauwollfeinem Asbest in konzentrierter Schwefelsäure enthält, nicht geringe Unterschiede gegenüber der vorgenannten.

	Löslicher Anteil in %
Afrikanischer Asbest (blauer)	1,6
Südafrikanischer weißer Asbest	23,8
Russischer Asbest	6,3
Kanadischer Asbest	17,2
Deutscher Asbest	3,7

Aus dem Vergleich obiger beiden Tabellen geht eindeutig die Abhängigkeit der Löslichkeit in Schwefelsäure aus dem Verteilungsgrad hervor und man geht wohl nicht fehl, wenn man die chemische Wider-



Abb. 20. Handschuhe aus Asbest.

standsfähigkeit im allgemeinen für Asbestmaterial von gleicher Herkunft, in Funktion des Verteilungsgrades setzt.

Der Kuriosität halber mag erwähnt werden, daß Asbest in einigen Fällen auch gefärbt wird, wobei meistens Albuminfarben verwendet werden.

Zur Bestimmung des Baumwollgehaltes von Asbest wird nach Heermann und Sommers das zu untersuchende Material mit Kupferoxydammoniaklösung behandelt und der Gewichtsverlust bestimmt. Die fein verteilte Masse wird vorerst mit Alkohol und Äther gewaschen, um fettige Bestandteile zu entfernen und daraufhin mit einer frisch zubereiteten kalten Kupferoxydammoniaklösung extrahiert.

III. Wolle; ihre Herkunft, Bedeutung und Klassifizierung.

1. Die Schafe. Die Haare der Schafe, allgemein als Wolle bezeichnet, sind das Ausgangsmaterial der bedeutendsten und typischen Textilgüter. Die Haare der verschiedensten Tiere werden technisch verarbeitet, doch dominiert die Wolle, d. h. die Haare der verschiedenen Schafe.

Die Haare einer einzigen Rasse differieren unter sich wieder je nach Alter, Ernährungszustand, Geschlecht des Tieres sowohl, wie auch nach der Jahreszeit und dem Klima der Gegend. Man unterscheidet am Haar die Wurzel und das eigentliche Haar. Beim typischen Haar unterscheidet man die Epidermis oder Oberhaut, den Kortex oder die Stützfaser und die

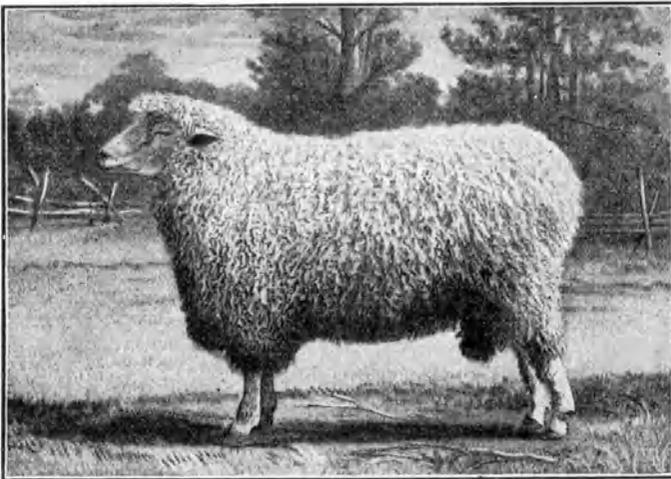


Abb. 21. Cotswold Hammel U. S. A.

Medulla oder das Mark. Je nach Länge und Steifheit usw. bezeichnet man die Haare als Borsten, borstige Haare, Grannen und Wolle. Die langen, steifen, elastischen Haare des Schweins sind typische Borsten. Zu den borstigen Haaren zählt man die kurzen, steifen Deckhaare des Pferdes, im allgemeinen mit deutlichem Mark ausgerüstet. Die Haare der meisten Pelztiere mit deutlichem Mark bezeichnet man als Grannen, in welche Klasse im allgemeinen auch das menschliche Haar eingerechnet wird. Nur die Schafe, das Lama und das Kamel haben ausgesprochen wollige Haare.

Die verschiedenen Übergänge von feineren zu gröberen Haaren, ihre Elastizität, der Griff usw. erschweren sehr oft die Klassifikation. Neben dem feinen seidenweichen Merinovlies der australischen Schafe scheint die lange feste Wolle der Neuseelandschafe die Bezeichnung Wolle kaum zu verdienen. Ebenso ist man oft im Zweifel, ob die Haare des Kamels und der Kaschmirziege als Wolle oder als Haare zu bezeichnen sind.

Aus diesem Grunde sind dann sehr oft weitere spezifische Eigenschaften und die technische Verwendbarkeit maßgebend für die Bezeichnung des Materials. Als Hauptforderung für die technische Verarbeitung werden verlangt genügende Länge, Festigkeit und Elastizität, zusammen mit einer gewissen Haftfestigkeit für die Verspinnoperationen. Daneben ist nicht außer acht zu lassen, daß in vielen Fällen das Material auch gefärbt und gebleicht werden soll, ohne welche Eigenschaften es an Bedeutung einbüßen kann. Die Schafwollen entsprechen in hohem Maße obengenannten Eigenschaften und die daraus gefertigten Produkte sind angenehm zu tragen.

Für den Chemiker ist es interessant zu wissen, daß die Wolle und Haare als einziges natürliches Textilmaterial Schwefel chemisch gebunden enthalten, welche Eigenschaft sie sofort von Seide unterscheiden läßt.

2. Klassifizierung der Haarfasern. Der unmodifizierte Ausdruck Wolle wird allgemein den Haaren der verschiedensten Schafe zugelegt. Man kann die Wolle unter sich sehr gut nach den verschiedensten Rassen bezeichnen: als Mohair und Alpaka für die Tibetziege und für das Lama, als Merino für die australischen Schafe usw.

Die Bezeichnung Wollhaar, Granne, Borste usw. nach Höhnel muß noch

vervollständigt werden durch Angabe der Dicke, Festigkeit, Länge, Querschnitt, Griff usw., um ein nur einigermaßen vollständiges Bild zu liefern. Um dies zu verdeutlichen, greifen wir folgende Beispiele heraus: Die Bauchhaare eines Kaninchens dürften kaum von echter Wolle zu unterscheiden sein. Ebenso dürfte es schwer halten, die feinen Barthaare der Newcastle-Schafe zu unterscheiden von der Wolle einiger grobhaariger Schafe oder von gewissen Pelzen. Insbesondere ist es in diesen Fällen die rein physikalische Betrachtungsweise, die versagt, so daß wir gezwungen sind, nach verschiedensten anderweitigen Unterscheidungsmerkmalen zu suchen. Es liegt nicht im Rahmen dieses Buches, praktische Anleitung zur Unterscheidung der Herkunft der Haare zu geben, da diese Kenntnisse nur durch lange Praxis erworben werden können.

3. Herkunft. Die Wolle tragenden Tiere gehören alle in die Klasse oder Ordnung Ruminantia, in welche Klasse alle Wiederkäuer eingerechnet werden. Die Hauptvertreter dieser Ordnung sind Schafe, Ziegen und Kamele, die typische Wollträger sind. Die Schafe rechnet



Abb. 22. Heidschnucke. (B r e h m s Tierleben.)

man zur Klasse Ovidoe, es ist der Sammelname für die verschiedenen Spezies nach Form, Rasse, Behaarung usw.

Das Vlies der Schafe differiert oft bedeutend nach der Jahreszeit. Das Sommerfell ist weniger dicht, einheitlicher, meist mehr oder weniger verklebt. Das Winterfell ist in den weitaus meisten Fällen viel dichter und besteht aus einer äußern Haarschicht, die viel Ähnlichkeit mit dem Sommerfell zeigt und einer tieferliegenden, feingelockten Wolle. Daneben hat das Tier noch an verschiedenen Körperstellen viel größere Haare, sog. Grannen. Bei primitiven Rassen unterscheidet sich die Wolle stark von den Haaren oder Grannen und ein Übergang von einem zum andern ist nicht zu finden. Bei kultivierten Schafen dagegen findet man einen kontinuierlichen Übergang von der Granne zum Wollhaar.

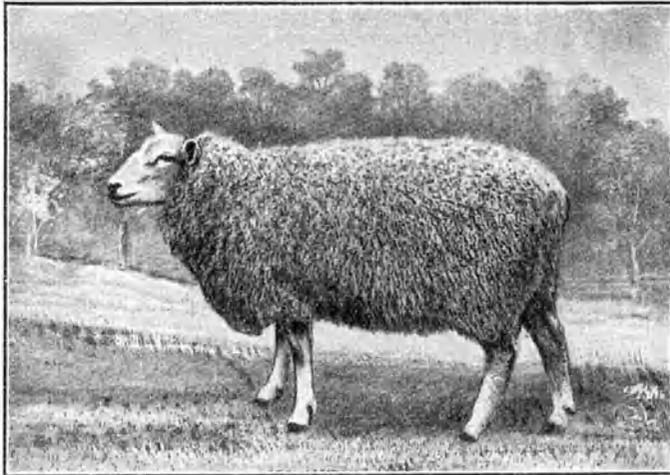


Abb. 23. Lincoln-Mutterschaf (Amerika).

Die Frage, ob die verschiedenen Schafrassen zurück zu führen sind auf ein Urschaf oder auf verschiedene Urschaftypen, ebenso wie die Frage, ob die Differenzierung der Behaarung eine ursprüngliche oder eine entwickelte ist, kann heute mit Sicherheit noch nicht beantwortet werden¹.

4. Die Schafrassen. Etwas oberflächlich betrachtet, kann man drei große Schafklassen unterscheiden:

a) *Ovis Aries*, das sog. Hausschaf, welches fast überall auf der Welt als Haustier anzutreffen ist.

b) *Ovis Musmon*; dieses Schaf, auch bekannt unter dem Namen Mufflon, ist in Europa und Afrika, speziell um das Mittelmeer herum, heimisch und besitzt ein kurzes, braunes pelzähnliches Vlies, das mit kurzer, feiner, grauer Wolle grundiert ist.

c) *Ovis Ammon*; zu dieser Klasse zählt man die wilden Bergschafe Asiens und Amerikas, oft Argali genannt. Im Vergleich zu den Hausschafen sind die Argali, zu welchen man auch die kleingehörnten Schafe

¹ Crew, Ann. Appl. Biol. 1921, p. 164.

der Rocky Mountains zählt, recht große Tiere, meist mit einem rotbraunen Sommerpelz und einem braungrauen Winterdeckpelz und einem weißen Untervließ.

In bezug auf die Länge, Feinheit usw. der Wolle teilt Bowman die Schafe in drei Klassen:

1. Schafe mit kurzer, feiner und ausschließlicher Wolle. Hierher gehören die Merino oder Southdown.

2. Schafe mit gutstapeliger Wolle, Wolle und Grannen gemischt, wie sie die australischen Schafe aufweisen.

3. Typisch langwollige Schafe, wie Leicester- und Lincoln-Schafe.

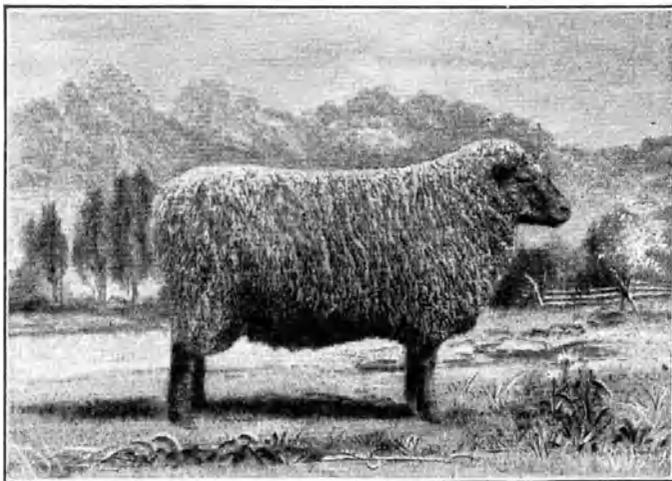


Abb. 24. Southdown-Bock (Amerika).

Eine sehr detaillierte Einteilung finden wir bei Archer, der 32 Varietäten zählt.

1. Spanier oder Merinoschafe (*Ovis Hispaniöe*).
2. Hausschafe (*Ovis Rusticus*).
3. Kreter (*Ovis Strepsiceros*).
4. Krimschafe (*Ovis Longicaudatus*).
5. Hooniah, schwarzfleckige Tibetschafe.
6. Cago oder zahme Kabulschafe (*Ovis Cagia*).
7. Nepalschafe (*Ovis Selingia*).
8. Curumbar- oder Mysoreschafe.
9. Garar- oder indische Schafe.
10. Tukhun- oder Dekanschafe.
11. Morvant de la Chine.
12. Shaymbliar- oder auch Mysoreschafe.
13. Das hochgewachsene Schaf (*Ovis laticaudatus*).
14. Das vielgehörnte Schaf (*Ovis policeratus*).
15. Pucha- oder Hindostanschaf.
16. Tartarschafe.

17. Javanische Schafe.
18. Parwalschafe.
19. Das kleine Nordrussische Schaf (*Ovis previcaudatus*).
20. Unbehaarte Schafe (*Ovis ethiopia*).
21. Afrikanische Schafe (*Ovis grienensis*).
22. Guineaschafe.
23. Ceylonschafe.
24. Schafe von Fez.
25. Kongoschafe.
26. Angoraschafe.
27. Jenu- oder das Kropfschaf.
28. Madagaskarschafe.
29. Bartschafe Westafrikas.
30. Marokkanisches Schaf.
31. Westindische Schafe oder Jamaika.
32. Brasilianer.

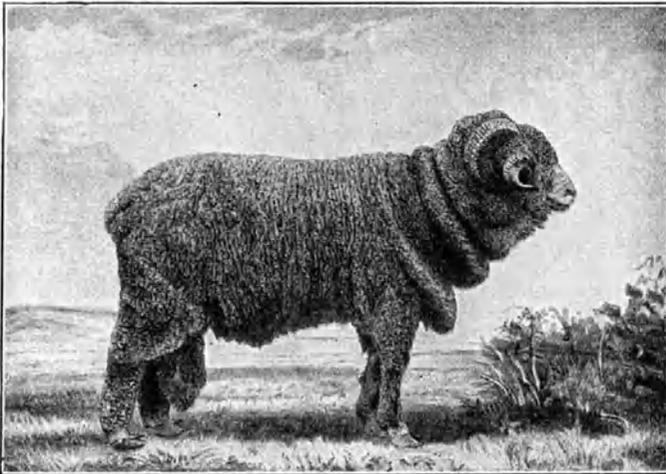


Abb. 25. Merinobock (Amerika).

Es sind dies Schafrassen, wie sie nach der Gegend, in der sie jahrelang sich aufhalten, differenziert worden sind. Viele davon sind durch Menschenhand oder aus einem andern Grunde nach einem andern Orte versetzt worden, wobei sie sich in kürzerer oder längerer Frist den neuen Lebensbedingungen angepaßt und dementsprechend hauptsächlich in der Wolle wieder verändert haben, was uns die Unmasse der verschiedenen Spezies erklärt.

5. Das Hausschaf. Die Hausschafe sind mehr oder weniger überall auf der Welt anzutreffen, ohne ausgesprochene Rasseeigentümlichkeit und sind nach Zahl und Wollproduktion die bedeutendsten. Diese Schafe, einschließlich den ungarischen Steppen- oder Zigeunerschafen, sowie der Moorlandschafe haben ein Vließ aus Wolle und Grannen. Das Schaf ist schon in frühester Zeit als Haustier gehalten

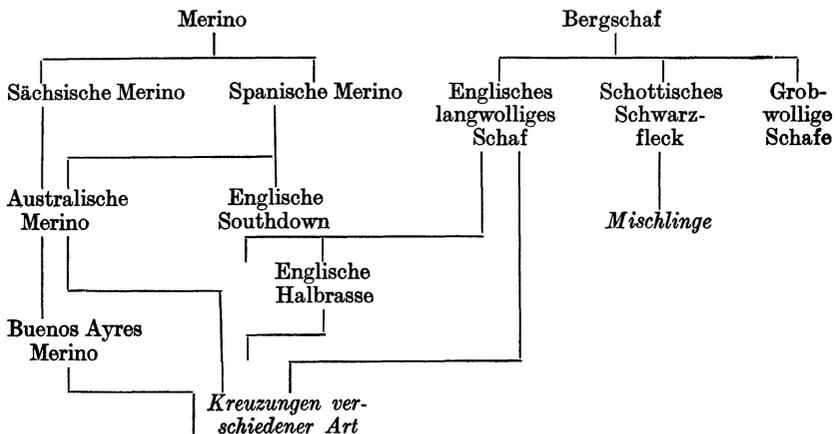
worden und ist mit fortschreitender Kultur als solches überallhin gebracht worden. Eine der ältesten Urkunden ist eine englische aus dem Jahr 712, wo der Preis eines 14tägigen Schafes auf 1 Schilling festgesetzt wurde.

Klima, Bodeneigentümlichkeiten, Weide und Pflege haben einen großen Einfluß auf das Schaf, sowohl in bezug auf das Fleisch, wie vor allem auf den Charakter der Wolle. Eine Schafrasse, die in Australien an einen bestimmten Boden gewöhnt, eine gute Wolle liefert, kann, wenn sie nach Europa verplanzt wird, innerhalb kürzester Zeit die Wolle ganz ungünstig ändern. Durch wohlüberlegte Zuchtwahl und durch Rassekreuzung kann in vielen Fällen die Qualität der Wolle ganz bedeutend gesteigert werden.



Abb. 26. Schottischer Schwarzkopfbock.

Beim Hausschaf sind durch Kreuzung und Verpflanzung in andere Gegenden folgende Spezies entstanden:



Nach Barker werden in Fachkreisen die Schafe auf englischem Boden in folgende Klassen eingeteilt:

1. Langwollschafe: Lincoln Leicester, Border Leicester, Cotswold, Romney March, Wensleydale, Devon.

Die Wollen dieser Schafe zeichnen sich aus durch ihren Glanz und die Länge des Stapels. Die daraus hergestellten Tuche besitzen große Haltbarkeit. Es wird fast ausschließlich Kammgarnzeug daraus gefertigt, Tuche, die beim Tragen ihren satten Glanz und ihre Festigkeit nicht verlieren.

2. Kurz wollige Schafe: Southdown Shropshiredown, Hamshiredown, Oxforddown, Suffolddown, Dorset, Ryeland.

Die Wollen dieser Schafe sind derb und fein gekräuselt. Man fabriziert daraus fast ausschließlich Strumpfwaren und Trikotagen. Die



Abb. 27. Merinobock (Deutschland).

Stoffe, bzw. die Strickwaren füllen gut und zeichnen sich durch ihre Weichheit aus. Die Farbe und der Stapel stellen der Verarbeitung keine großen Schwierigkeiten entgegen, um auch zu Sportkleidertuchen verarbeitet zu werden. In den Tuchen ist diese Wolle aber doch bedeutend weniger fest und tragecht, doch wird dieser Nachteil durch die große Elastizität teilweise wett gemacht.

3. Bergschafe (sog. Mountains): Blackface, Herdwick, Cheviot, Louk, Dartmoor, Exmoor, Penistone.

Man läßt diesen Schafen keine große Sorgfalt angedeihen, so daß sie eine Mittelstufe bilden zwischen wohlgepflegten Hausschafen und wilden Schafen. Dementsprechend ist ihre Wolle unregelmäßig im Stapel und in der Zusammensetzung und die eigentliche Wolle ist ohne Glanz und häufig mit Grannen durchsetzt. Die Verarbeitung stellt deshalb größere Anforderungen und die resultierenden Garne und Gewebe erreichen nie die Festigkeit und die Schönheit oben aufgezählter Tuche. Diese Wollen setzen auch bei der Färberei große Vorsicht voraus, weil die Uneinheitlichkeit unegales Anfärben zur Folge hat. Dennoch werden heute aus diesen Wollen bedeutende Mengen Woll- und Kammgarnartikel hergestellt, von denen der sog. Cheviot der bedeutendste ist und der ganzen Klasse auch den Namen gegeben hat.

4. Hochlandschafe: Welsh, Irish.

Mit Ausnahme der Irish Wolle, welche die beste der Klasse ist, sind diese Wollen sehr unregelmäßig in Stapel und Faserdicke. Die Verarbeitung zu Kammgarn wäre nicht lohnenswert und auch beim Spinnen

entstehen bedeutende Abfälle. Man verfertigt daraus grobe Arbeitskleider, Filtertücher usw.

6. Die geographische Verteilung der Schafe. Das Merinoschaf, das, wie allgemein bekannt, die feinste Qualität Wolle liefert, war ursprünglich in Spanien beheimatet und höchstwahrscheinlich erstmals von den Mauren gezüchtet und veredelt worden. In England ist das Schaf schon vor der romanischen Invasion als Haustier bekannt gewesen und es sind damals schon die Felle und Wollen verarbeitet worden. Größeren Umfang hat die Schafzucht jedoch erst dann angenommen, als Rom seine Soldaten in diesen nördlichen Gegenden mit warmen Kleidern versehen mußte. Das spanische Merino zählt zwei Klassen, nämlich das kurzbeinige Nigretti, später als Infantado bekannt, welches durch seine stark ausgeprägten Nackenwülste und Wammen auffällt, und das langbeinige eskurische Schaf. Diese beiden Rassen sind mit der Zeit nach fast jeder Gegend der Welt wegen ihrer feinen Wolle verpflanzt worden. Das sächsische Elektoral-schaf soll ein direkter Nachkomme des eskurischen Schafes sein, während die australischen Imperial und die französischen Rambouillet Abkömmlinge der Infantados sind.

Spanien trug seinerzeit große Sorge, diese edlen Schafrassen nicht zur Ausfuhr gelangen zu lassen; es war bei Androhung der Todesstrafe verboten, ein lebendiges Schaf aus Spanien zu exportieren. Später jedoch ist dieses Schaf überall hingekommen und durch Kreuzung mit andern Rassen mannigfaltig differenziert worden. Dadurch ist selbst die ursprünglich hohe Qualität der spanischen Merinos noch verbessert worden, und momentan gilt das sächsische Elektoralmerino (Deutschland) als der Träger der feinsten Wolle. Die bedeutendsten australischen Schafrassen sind ebenfalls Abkömmlinge der Merino und liefern eine erstklassige Wolle. In den Vereinigten Staaten und anstoßenden Gebieten werden ebenfalls hochwertige Schafe eingeführt. Pflege, Kreuzung, Klima und Bodenverhältnisse in Amerika sind die Ursache, daß dort nur eine gute Mittelklasse erzeugt werden kann. Im Jahre 1609 sind durch Jamesdown in Virginia erstmals Schafe eingeführt worden, und im Jahre 1633 sind die ersten Schafe bis nach Boston hinauf verpflanzt worden. Weitere 10 Jahre später in Rowley, Mass., die erste Walke erstellt wurde. Dennoch dauerte es noch mehr als ein Jahrhundert, bis in Amerika von einer eigentlichen Wollindustrie gesprochen werden konnte, denn der Bau der ersten Karde fällt in



Abb. 28. Merinoschafe.

das Jahr 1794, unter der Aufsicht von John und Arthur Scheffeld.

7. Australische Wolle. Australien deckt heute den Hauptbedarf an Wolle. Es ist dies um so bemerkenswerter, weil ursprünglich Australien keine Schafe aufwies. Nirgends ist in der Kulturgeschichte ein ähnliches Beispiel zu finden, wie durch sorgfältige Pflege, allerdings mit Berücksichtigung örtlich bedingter Begünstigungen, eine Industrie solchen Aufschwung genommen hat. Der Einfluß von Klima und Bodenverhältnissen auf die Wollqualität ist hier ein offensichtlicher und mag durch folgendes Beispiel noch weiter erläutert werden:

Die ersten in Australien eingeführten Schafe stammten aus Indien und zeigten eine sehr geringe Wollqualität. Das Haarvlies dieser Schafe war so grob, daß man eher von Haaren als von Wolle sprechen konnte. In wenigen Jahren jedoch machte sich der Einfluß des milden Klimas und der Weide geltend, so daß die Schafe ein sehr feines Haarvlies bekamen, die Grannen verschwanden fast ganz und der Stapel zeigte bemerkenswerte Einheitlichkeit.

Eine ebensolche Verfeinerung im Kleide machen Schafe durch, welche aus England oder anderswoher eingeführt sind. Den größten Aufschwung nahm die australische Wollindustrie durch Einführung von spanischen Merino und heute wird daselbst von den vielen Millionen Schafen in Neu-Südwest, Victoria, Queensland, Neuseeland und Tasmanien eine erstklassige Wolle geliefert, welche nur noch von den schon zitierten sächsischen Schafen übertroffen wird. Würde diesen australischen Schafen eine Pflege zuteil wie den sächsischen Schafen, so könnte die Qualität mindestens ebenbürtig werden. Die Wollen einiger Neuseelandschafe haben in der Tat die Qualität sächsischer Wolle erreicht in bezug auf Festigkeit, Glanz usw. Dabei ist zu bemerken, daß diese Wolle nicht von den direkten Nachkommen der Merino stammt, sondern aus der Kreuzung von früher eingeführten Rassen und Merinos, sog. Cross. Momentan setzt sich der Bestand zusammen aus 75 % Merino und 25 % Cross. Die Tendenz geht nun dahin, die Cross zu Ungunsten der Merinos zu vermehren, weil die Cross neben ausgezeichneter Wolle bedeutend besser sind im Fleisch. Die Schaffleischproduktion Australiens hat besonders im verflossenen Weltkrieg größere Bedeutung erlangt. Die schon erwähnten Neuseelandcross liefern eine nicht zu überbietende Qualität und stellen dort 95 % aller vorhandenen Schafe.

8. Europäische Merinos. Die europäischen Merino liefern eine hochqualifizierte Wolle, die, wie Barker angibt, in folgenden Typen auf S. 39 allgemein als Standard bezeichnet wird.

Es muß bemerkt werden, daß alle Merinos in Europa spanischen Ursprungs sind, wo immer sie sich befinden. Damit soll nicht gesagt werden, daß an andern Orten diese Merinos nicht eine bessere Wolle als die Merinos in ihrer Heimat liefern.

Die Historiker berichten uns daß die ursprünglich spanischen Merinos meist gefleckt, braun oder schwarz waren. Durch sorgfältige Zuchtwahl und Farbauslese können sehr oft fast ausschließlich weiße Schafe erhalten werden. Die Erzielung weißer Wolle gelingt nicht nur bei den

Merinos in Spanien oder bei verpflanzten Merinos, sondern auch bei andern Rassen, welche ursprünglich dunkel gefärbt waren. Die im Jahre 1723 in Schweden eingeführten Merinos ertrugen das rauhe Klima nicht und lieferten zudem nur grobe Wolle. Die anfänglich in Frankreich eingeführten Merinos verschlechterten sich ebenfalls zusehends, wohl infolge schlechter Pflege. Die Verpflanzung der Merinos nach Deutschland und nach Australien fällt in die Jahre 1765—1775 und hat an beiden Orten außergewöhnlichen Erfolg zu verzeichnen. In England sind die ersten Merinos im Jahre 1791 eingeführt worden. Das rauhe Klima war jedoch nicht dazu angetan, die Qualität der Wolle zu verbessern. Erst durch sorgfältige Zuchtwahl und Kreuzung mit einheimischen Schafen sind die gutqualifizierten englischen Schafe entstanden. Die im Jahre 1789 nach Holland und Belgien verpflanzten Merinos haben bis heute noch keine großen Erfolge zu verzeichnen. Die feine britische Wolle erreicht die 56's Qualität. Daneben aber wird noch Wolle jeder Qualität, bis zur gröbsten schottischen Wolle, fabriziert. Lincoln- und Leicesterwolle haben durch ihre Langstapeligkeit eine gewisse Berühmtheit erlangt. Das beste Schafgelände ist das südliche schottische Hochland, in welcher Gegend pro Flächeneinheit die größte Zahl an Schafen erreicht wird.

	Fein	Mittel	Grob
Qualität	70's—90's	60's—64's	58's
Stapel (Länge)	2 ³ / ₄	3 ¹ / ₂	4
Feinheit, in	1/1600	1/1200	1/1000 u. weniger
Weichheit	sehr weich	weich	—
Farbe	ausschließl. weiß	weiß	meist weiß
Welligkeit, Drehung, per inch.	26	20	16
Verunreinigung in %	48—52	50—54	52—56
Aspekt	feines Vlies, große Einheitlichkeit	Einheitlichkeit, robust im Griff	offenes gemisch- tes Vlies
Verwertung	Kaschmir, feine Kammgarne, feine Wollaschen, Billardtücher	Alltagskleider, Ärmelkleider	Strumpfwaren, billige Konfek- tionskleider

Rußland zählt verschiedene Schafrassen, welche in den meisten Fällen die Durchschnittsqualität kaum erreichen, da die Haarvliese sehr oft mit Grannen durchsetzt sind. Dasselbe gilt auch für die meistbekanntesten Walachenschafe, welche Wolle als die feinste russische bekannt ist. Im nördlichen Europa, Norwegen, Schweden, Dänemark und Island haben die Schafe, dem Klima entsprechend, meist ein langes, dichtes Haarvlies, stark grannig. Man verarbeitet diese Wollen zu groben Flanellen, Filzunterlagen, Pferddecken.

9. Schafe in den Vereinigten Staaten. In den verflossenen Jahrhunderten sind die verschiedensten Schafrassen nach Amerika eingeführt worden und die Schafzucht hat heute einen bedeutenden Umfang angenommen. Gegenwärtig wird in verschiedenen Gegenden von Abkömmlingen der Merinos eine gute Mittelqualität erzeugt. Spezielle Erwähnung findet das Vermontschaf, welches sich durch sein sehr

weiches seidenglänzendes Vlies auszeichnet. In Berücksichtigung dieser Tatsache haben einige australische Züchter das Vermontschaf mit ihren Schafen gekreuzt und die besten Resultate gezeitigt, indem die Kreuzung Australier—Vermont in der Tat die Vorzüge beider Rassen vereinigt. Im Staate Wyoming werden Schafe gezüchtet, die sich vorteilhaft durch ihre weiße Farbe von den andern unterscheiden. In Texas und Arkansas finden sich auch Schafe mit ausgezeichneter Wolle, welche heute noch den höchsten Preis erzielen. Trotzdem auch in den Staaten Oregon, Nevada und Ohio nicht zu vernachlässigende Quantitäten Wolle produziert werden, sind die Vereinigten Staaten darauf angewiesen, eine große Menge Wolle einzuführen. Es ist aber vorauszusehen, daß Amerika seine Wollproduktion noch um ein bedeutendes steigern wird, weil unbegrenzte, und in den meisten Fällen kräftigere Weiden als irgendwo anders auf der Welt der Schafzucht offen stehen.

10. Südamerikanische Wollen. Die Mehrzahl der südamerikanischen Schafe sind direkte Nachkommen spanischer Schafe, eingeführt zur Zeit der spanischen Herrschaft in Südamerika. Die Hauptrassen sind heute die Buenos Aires und die Montevideomerinos. Die Wollen dieser Schafe sind sehr fein, leider jedoch sehr stark verknötet. Die River-Plate-Cross sind am ehesten zu vergleichen mit den Neuseelandschafen, sowohl in Fleisch wie in Wolle. Die argentinische Wolle findet sich im Handel unter dem Namen B. A. (Buenos Aires) oder Riverplate. Die Wolle aus Uruguay mit M. V. wird in Montevideo gehandelt. Im Griff sind die südamerikanischen Wollen viel näher den vegetabilischen Fasern; die Feinheit wird zu 58's—64's angegeben. Sie werden meist zu Strumpfwaren und leichten Kleidern verarbeitet; der Stapel ist lose, kurz aber gut einheitlich. Sehr oft wird auch australische Wolle mit südamerikanischer gemischt. Die Verarbeitung zu Kammgarnartikeln nimmt immer mehr überhand, weil diese südamerikanischen Wollen gut füllen; bei den Veredelungsprozessen, Färberei, Walke usw. verlangen sie aber mehr Aufmerksamkeit als andere Wollen.

Argentinien ist des weiteren bekannt für seine Alpaka wolle¹. Es ist dies das Wollhaar einer Ziege gleichen Namens. Die Fasern sind äußerst seidig und von guter Länge und gutem Glanz. Die Stapellänge erreicht 8 Ins, die Farbe variiert von weiß über grau nach gelbbraun. Titus Salt war der erste, der daraus in größerem Maßstabe Textilgüter fabrizierte.

11. Afrikanische Wolle. Allgemein bekannt sind die Wollen aus Kapland, Natal, Transvaal und Oranje River. Die Wolle ist von guter Mittelqualität, weich aber schlecht verfilzend. Als Rohmaterial für Strumpf- und Strickwaren ist sie sehr geeignet und allgemein geschätzt.

Nach Barker liefern die Kapkolonie und Natal ausgezeichnet feine Wollen. Doch werden die Schafe unregelmäßig und zu oft geschoren, so daß die Qualität geschmälert wird und ausschließlich oben erwähnte Verwendung findet. Die feine seidige Kappwolle wird auf 60's—70's qualifiziert und ist als kurzstapelig bekannt. Die Rohwolle ist oft kaum

¹ Alpaka und Vicuña, direkte Nachkommen der von den Inkas als Haustier gehaltenen Schafe (Westabhänge der Anden).

30 %ig, doch, wenn sie gut gewaschen ist, erscheint sie rein weiß. Nach dieser Hinsicht gilt der Kapkämmling mehr als der australische. Wie schon erwähnt, eignet sich die Kapwolle durchaus nicht für Walckstoffe; für die Teppichweberei und Posamenterie jedoch ist sie das ideale Material.

Die Wolle der östlichen Kapkolonie ist ganz unbedeutend in Qualität; und weil stark grannig, bloß zu grobem Material, wie Pferddecken usw. zu verwenden.

In Nordwestafrika läßt man den Schafen nur geringe oder gar keine Pflege angedeihen und die erhaltenen Wollen sind roh und unvollkommen. In Oberägypten wird eine mittlere Qualität erzielt, die aber nur den Bedarf der Bevölkerung deckt. Die einheimischen Schafe in Marokko, Algier, Tunis sind äußerst gering in Wolle und Fleisch. Durch bessere Pflege könnte das Schaf bedeutend veredelt werden, was daraus hervorgeht, daß sie nach Spanien und Amerika verpflanzt und teilweise mit Merinos gekreuzt, sich sehr günstig entwickeln.

12. Asiatische Wolle. Die asiatischen Schafe gehören alle zu der Familie der Argali, das sind die wilden Bergschafe Asiens. Das niedere fette Bergschaf gibt eine schlechte, matte Wolle. Nicht viel besser sind die einheimischen Hausschafe in Palästina und Syrien.

Die gut gepflegten Schafe Zentralasiens, sog. Perser, haben ein äußerst feines regelmäßiges Vließ; die Wolle eignet sich vorzüglich zur Herstellung feiner Schals und Teppiche. Folgende verschiedene Klassen von Wolle zählt man in Persien Aserbaidshen:

1. Khoiwolle, herrührend aus dem Nordwesten von Aserbaidshen (die Distrikte rund um Khoi und Maku).
2. Urumiahwolle aus den Gegenden des Urumiahsees und Ushnu.
3. Soujbulakwolle aus den gleichen Gegenden wie die Urumiah.
4. Sakizwolle aus dem südlichen Urumiah.
5. Salmaswolle aus dem westlichen Urumiah.
6. Karadagh- und Ardabilwollen aus dem nordöstlichen Aserbaidshen und aus den Distrikten zwischen Tabriz und der Kaspischen See.

Khoi-, Urumiah-, Soujbulak- und Sakizwollen sind ausgezeichnete Teppichwollen, wovon Khoi die beste und Sakiz die geringste Qualität ist. Die beste Khoi stammt aus Maku, ist äußerst lang im Stapel und von ausgesprochenem Seidenglanz. Die Urumiah kommt der Khoi am nächsten, etwas geringer ist die Soujbulak. Die Soujbulak und Sakiz stehen besonders deshalb hinter den andern beiden zurück, weil sie sehr viel schmutziger sind. Nach dem Waschen ist der Preisunterschied der vier genannten Produkte bedeutend geringer.

Die Salmaswolle ist grob und kurz und meist rotstichig. Sie eignet sich gar nicht zur Teppichweberei und wird von der einheimischen Bevölkerung zu Tüchern und Decken verarbeitet. Ebenso wenig wie die Salmas wird Karadagh und Ardebil ausgeführt, sondern ausschließlich von den Einheimischen für ihren eigenen Bedarf verarbeitet.

In Mesopotamien ist die Wolle ein bedeutendes Roh- und Handelsprodukt. Nach Aussage des Direktors für Landwirtschaft in Bagdad zählt man dort drei Varietäten mesopotamischer Wolle:

Arabi, Awassi und Karradi.

Die Arabi als die edelste der drei genannten stammt von den Schafen der Araber des Irak. Ihre Qualität konkurriert mit den besten Wollen Indiens, Chinas und Ägyptens. Sie wird in größeren Mengen nach England exportiert und dort auf Tuche verarbeitet. Die braunen, schwarzgefärbten Wollen zeichnen sich durch größte Einheitlichkeit in Stapel und Glanz, sowie durch große Feinheit und Festigkeit aus. Die weißen Wollen unter den Arabi stehen den schwarzen und braunen bedeutend an Qualität nach und bilden den Übergang zu den Awassi, welche Wolle hauptsächlich von den Schafen stammt, die die Araber in den Gegenden von Mossul und Aleppo züchten. Sie bildet in der Qualität ein Mittel zwischen der Arabi und der Karradi oder der kurdischen Wolle. Die Awassi ist meist weiß, langstapelig, aber grob. Karradi ist der Handels-

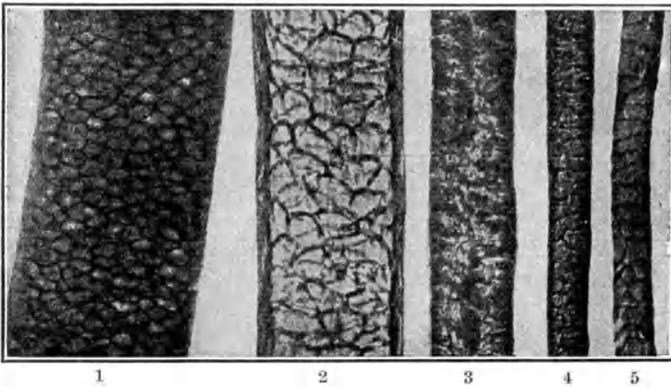


Abb. 29. Struktur verschiedener Wollen. 1. Marco-Polo-Schaf. 2 u. 3. Black-faced-Schaf. 4. Holländisches Haar. 5. Gute Wolle.

name für die kurdische Wolle. Meist weiß, wie die Awassi, hat sie einen langen Stapel, ist aber sehr grob und wenig gekräuselt. Dennoch wird Awassi und Karradi über Bagdad nach Amerika exportiert, um dort zu Teppichen verarbeitet zu werden.

Die Tibetschafe Nordindiens liefern Wolle mittlerer Qualität, von welchen nach Auslese die feineren auf Schals verarbeitet werden. Ostindische Schafe, oft auch als Madras bezeichnet, liefern eine minderwertige Qualität. Man verfertigt daraus grobe Teppiche, Pferdedecken usw.

Im vergangenen Jahrzehnt hat China einen bedeutenden Aufschwung in der Wollerzeugung erfahren. Es wird dort Wolle aller Qualitäten gehandelt und bedeutende Mengen der besseren Sorten werden nach Amerika verschifft, während im Lande die gröberen, aber auch große Mengen der feinsten Wolle selbst verarbeitet werden.

13. Die Unterscheidung der Wolle im Vlies. Sortieren. Die Schur erfolgt mittels passend konstruierter Scheren, so daß das Vlies als Ganzes abgehoben werden kann. Es wird sorgfältig verpackt und in die Spinnerei verschickt.

Das Vlies ist nun keineswegs einheitlich in der Wolle. Die Schultern und die Flanken geben die feinste Qualität; von mittlerer Qualität sind die Bauchhaare, während die Haare der Kopfparte und unteren Extremitäten nur kurzstapelige Fasern sind. Das Vlies wird vom Sortierer auf einem Tisch, oder besser auf einem grobmaschigen Sieb verlesen. Der grobe Schmutz fällt durch das Sieb, wenn die einzelnen Partien von Hand ausgelesen werden. Sehr oft wird das Vlies leicht aufgedämpft, damit es besser auseinander geht, besonders wenn dasselbe feucht verpackt und stark gepreßt war.

Das Sortieren benötigt große Fertigkeit und langjährige Erfahrung. Vorerst wird meist der Länge nach in zwei gleiche Teile getrennt, von an-

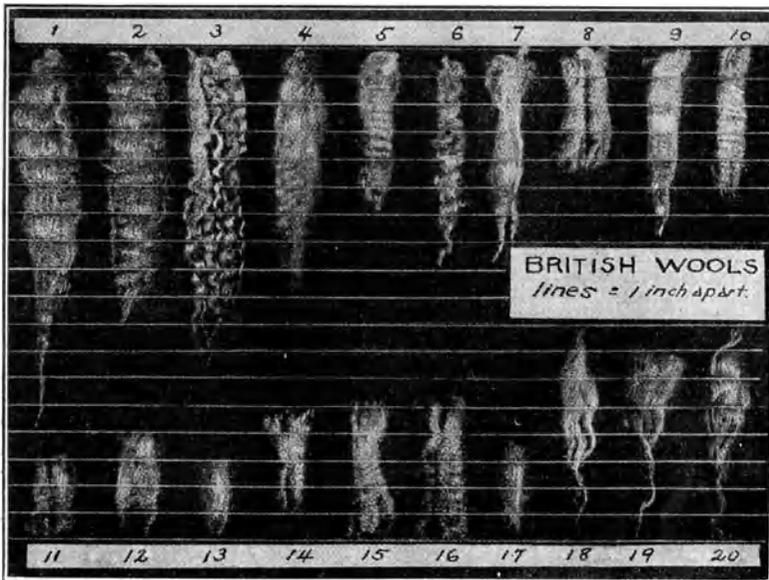


Abb. 30. Englische Wollen. 1. Nottingham. 2. Lincoln. 3. Yorkshire. 4. Notts Forest (Lamm). 5. do. (Widder). 6. Gloucester. 7. Lincoln (Lamm). 8. Lincoln (Widder). 9. Grische (Lamm). 10. Lorische (Widder). 11. Southdown (Widder). 12. Southdown (Mutterschaf). 13. Shropshire (Lincoln). 14. Lamm desselben. 15. Super Stafford (Widder). 16. do. (Lamm). 17. Welsche (Widder). 18. Welsche (Lamm). 19. Schottische Blackface. 20. Schottische.

haftenden Unreinigkeiten wie Stroh, Holz und Schmutz befreit. Darauf wird die gleichwertige Wolle des Vlieses ausgesucht und auf den zugehörigen Haufen geworfen. Die Auslese kann z. B. nach folgendem Schema erfolgen:

- a) Schultern und Flanken mit den feinsten, längsten und einheitlichsten Fasern.
- b) Hinterer, Rücken und Übergangsstellen zu den Extremitäten mit gutstapeligen, festeren Haaren.
- c) Rückenmitte mit feiner, gutstapeliger Wolle, meist gleichwertig mit der Schulterwolle.
- d) Bauchwolle und die Wolle der Extremitäten hat geringere Festigkeit und ist sehr kurzstapelig.

e) Der Schweif liefert kurze, feste, glänzende Wolle, welche aber meist Stichelhaare oder Grannen enthält.

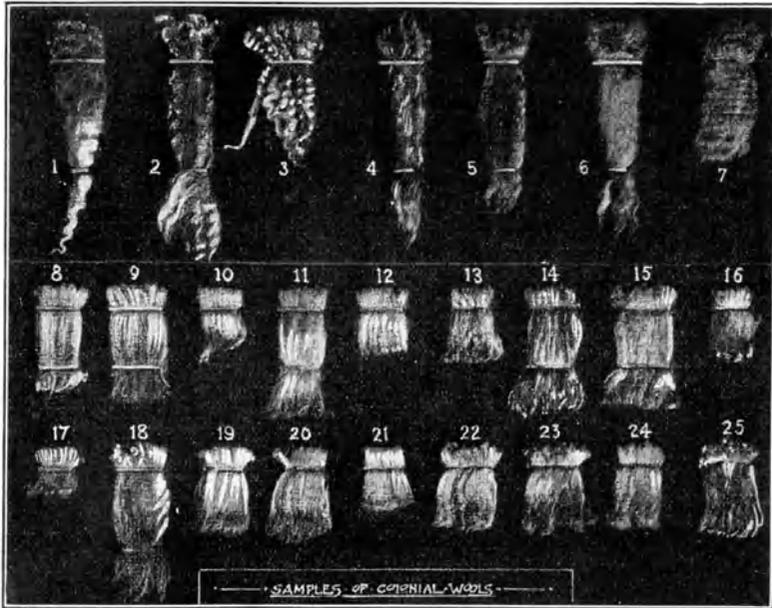


Abb. 31. Britische Kolonialwollen. 1. Donskoij. 2. Ägyptische. 3. Marokko. 4. Indische. 5. Georgien. 6. Chinesische. 7. Bogelod. 8. Choice New South Wales. 9. Coolimbl New South Wales. 10. Sydney lambs' edges. 11. Geelong super combing. 12. Geelong lambs' extra super. 13. Geelong good stylish clean. 14. Swan River. 15. Swan River good ordinary combing. 16. Swan River dark growth. 17. Adelaide lambs. 18. Adelaide greasy. 19. Cape Colony Steynburg. 20. Cape Colony Graf Reinnet. 21. Cape Colony Adelaide. 22. Orange River Colony Winburg. 23. Orange River Winburg. 24. O. B. C. Dewetsdorp. 25. O. R. C. Harrismith. (Tetley.)



Abb. 32. Asiatische u. afrikanische Wollen. 1. Donskoij. 2. Ägyptische. 3. Marokko. 4. Indische. 5. Georgien. 6. China. 7. Bogelod. (Alle haarähnlich.) (Tetley.)

f) Kopf, Brust und Läufe ergeben kurze, steife, milchigscheinende Fasern.

g) Die oberen Partien der Läufe sind die bekannten lockigen, festen Wollen, die nur den Nachteil besitzen, daß sie meist äußerst schmutzig sind und dadurch an Wert einbüßen.

h) Nackenhaare, meist sehr unregelmäßig.

Die englische Praxis, nach der allgemein die Wolle testiert wird, teilt diese ein nach „runs“ pro Pfund (1 Pfund = 453,59 g). Ein 40's Wollgarn (lies 40 runs) ist ein Garn mit 40 Strängen, der Strang zu 560 Yards (1 Yard = 91,43 cm) oder im ganzen 22400 Yards (siehe auch im Anhang).

14. Englische Wollen nach „runs“.

28's—32's: Mountains. — Schottische J*¹, irische Bergschafe, Herdwick.

32's—36's: Mountains. — Irische, bessere Schottische J*. Lusters. — Lincoln J*, Nottingham J*, Yorkshire-Widder. Demi. — Rodnors.

36's—40's: Lusters.—Nottingham J*, Leicester J*, Ripon, Devon, Yorkshire J*. Demi Luster. — Ausgewählte Irische, Stafford.

40's—44's: Lusters. — Ripon J*, North-Widder. Demilusters. — Irische super, Kent, Staffordshire J*. Demi. — Cheviot, Welsche, Lonk.

44's—46's: Demi. — North J*; Irische J* super, Kent Tegs², Norfolk J*, Rodnors J*, Cheviot J*.

46's—50's: Demi. — Shropshire J*, ausgewählte Welsche, Tiefland Tegs + M¹ ³, Hampshire und Oxford J* + Tegs + M¹.

50's—58's: Demi. — Wiltshire und Dorset J* + M¹, Southdown Tegs + M¹.

Nach Qualitäten werden die Wollen in der englischen Industrie wie folgt eingeteilt:

Mountains Wollen: Länge 8 ins bis 1½ ins⁴ ohne Glanz; stark unreinigt; nicht filzend; 55—70 % Wollgehalt; 28's—50's Feinheit.

Luster Wollen: Länge bis 16 ins; sehr starke Wolle; gut füllend; hoher Glanz; Farbe wechselt; nicht filzend; 60—75 % Wollgehalt; 28's bis 44's Feinheit.

Demi-Luster: Gemisch von Lincoln (mit Glanz) und Shropshire (ohne Glanz). Länge 8 ins bis 10 ins; feste, gut füllende Wolle; Verfilzung variabel; 60—70 % Wollgehalt. Feinheit bis 48's.

Half-breds: Analog wie Demi-Luster.

Demi (im Sinne: glanzlose Wolle): Länge 4 ins bis 5 ins, feste, weiche Wolle; ziemliche Filzfähigkeit. 60—68 % Gehalt. Feinheit bis 54's und sogar 58's für Southdowns.

Die Diagramme, Abb. 33 und 34, zeigen uns, wie die Vliese je nach Qualität der Rohwolle und der zu erhaltenen Gewebe ausgewählt werden.

Ein weiterer Faktor bei der Wollauslese ist das Alter des Schafes bei der Schur: Lämmchen, bis sieben Monate alt, werden unterschieden in Hog und Tegs, das sind Schafe in erster Schur von ungefähr einem Jahr. Widder heißen die Schafe nach der ersten Schur, wovon die Böcke gröbere Wolle tragen als die Mutterschafe.

¹ J* bedeutet bis zu einem Jahr alte Schafe. Hogs! Jährlinge.

² Tegs = extra feinwollige Jährlinge.

³ M¹ = Mutterschafe.

⁴ ins = inches. 1 inch = 2,54 cm.

Die Vliese der verschiedenen Schafrassen verhalten sich sehr unterschiedlich bei der Auslese. Man sortiert ein Vlies z. B. in 14 Qualitäten, während ein anderes nur zwei bis drei Qualitäten aufweist. Bei gewissen Merinos wird bei der Schur eine Auswahl der betreffenden Vliese

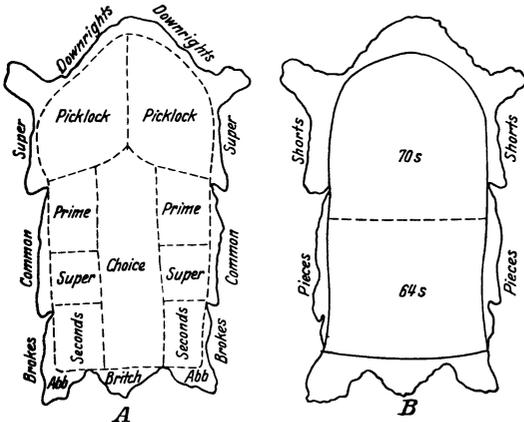


Abb. 33. A. Diagramm einer sorgfältigen Auslese. B. Merinovlies mit großer Einheitlichkeit, 64's bis 70's Feinheit.

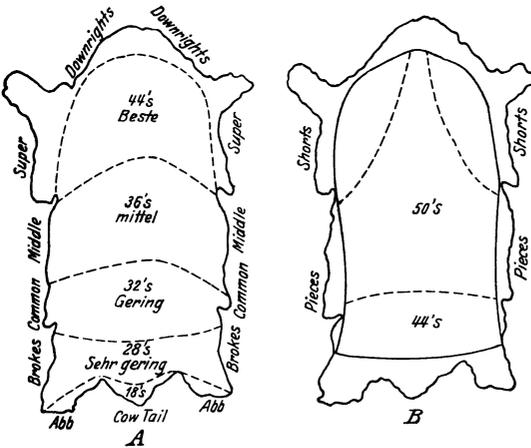


Abb. 34. A. Lincoln-Schaf, erste Schur 18's—44's. B. Neuseeländ. Cross.

Nach Barker zeigt das Vlies der ausgewachsenen Schafe einer Rasse im Mittel folgendes Gewicht:

Australische Merino	6	Pfund	1 Pfund = 453,59 Gramm
Südamerikanische Merino	6,5	„	
Lincoln Merino	8—10	„	
Southdown	6	„	
Lincoln	12	„	
Shetland	4	„	
Kaschmir	4	„	

vorgenommen, die dann überhaupt nicht weiter sortiert werden, weil sozusagen das ganze Vlies nur aus einer Qualität besteht. Fast überall werden die Vliese erster Schur von der Schur der Widder getrennt, weil die ersteren meist bedeutend feinere Qualitäten aufweisen. Es ist nicht schwer, Wolle erster Schur von anderer zu unterscheiden, da das Haar ersterer ein natürliches Ende, letzterer ein geschnittenes Ende zeigt.

In England bezeichnet man das Schaf bis zur ersten Schur (bis zu zwei Jahren) als hog oder hogget, solche mit ganz feiner Wolle auch als teg. Später nennt man sie Widder.

15. Das Vlies. Die Vliese sind sehr unterschiedlich nach Rasse, Alter, Geschlecht, Pflege usw. Im Mittel wiegt das Vlies eines Mutter-schafes 1—2 kg, das Vlies der Böcke 1,5—3,8 kg.

Daß durch sorgfältigere Pflege die Schafe ein schwereres Vlies erhalten, zeigt folgender Vergleich: im Jahr 1885 war das Mittel der Vliesgewichte 2,5 kg, während das Mittel im Jahr 1911 4 kg erreicht hatte.

Der größte Teil der Wolle wird durch die Schur am lebenden Schaf gewonnen. Auf der nördlichen Hemisphäre fällt die Schur auf Ende Mai bis Mitte Juni bei einschürigen Schafen, auf Ende Mai und Mitte September bei zweischürigen Schafen. Die Wolle der ersten Schur am 8—12monatigen Schaf ist wegen ihrer Feinheit besonders geschätzt. Das Vlies wird in überwiegendem Maß am ungewaschenen Schaf, also mit dem gesamten Gehalt an Wollschweiß und Schmutz entfernt und führt den Namen Schmutzwolle. Das Waschen des Schafes, zwecks Reinigung der Wolle vor der Schnur, ist den Schafen nicht zuträglich, so daß die Züchter heute immer mehr von der Pelz- und Rückenwäsche abkommen, um so mehr, da die Reinigung nur eine oberflächliche ist. Beim Scheren wird streng darauf geachtet, daß das Vlies nicht zerrissen wird. Die Schur- oder Mutterwolle mit einem Stapel von 18—23 cm zählt als Kammwolle, die kurzstapelige, bis 4 cm, als Tuchwolle, während die mittleren Stapel als Stoffwollen im Handel sind. Die Schurwolle enthält Verunreinigungen von 20—80 %, nämlich Wollfett und Salze vom Schaf ausgeschwitzt, neben Verunreinigungen, Feuchtigkeit und Emballagen.

Die Entfernung der Wolle vom Pelz toter Tiere liefert die sog. Sterblingswolle. Sie stammt von gefallenem, meist kranken Tieren oder von Schafen, die des Fleisches wegen gezüchtet werden. Wird die Wolle vor dem Gerben mittels Kalken entfernt, so erhält man die sehr geringwertige Gerberwolle, welche eben durch die Behandlung mit Kalk ihren Griff und das Aufnahmevermögen für Farbstoffe, die Verfilz- und Verspinnbarkeit teilweise eingebüßt hat. Man hat deshalb auch in Gerbereien die Wolle durch Scheren zu entfernen gelernt, neuerdings auch durch Abbrennen mit einem elektrisch zum Glühen gebrachten Draht. Dadurch steht die Gerberwolle in Qualität nur noch wenig hinter der Schurwolle zurück, doch scheinen sich diese Methoden nicht so recht einzuleben. Neueren Datums zur Entfernung der Wolle von Pelzen sind der Schwitzprozeß und die Sulfidmethode. Beim ersteren Verfahren wird der Pelz bei mäßig erhöhter Temperatur in feuchten Räumen liegen gelassen, wobei durch Bakterien das Gewebe der Haarwurzeln zerstört wird. Die letztere Methode beruht auf der zerstörenden Wirkung des Natriumsulfides auf die Wollfaser. Man läßt Natriumsulfid von der inneren Seite her durch die Haut dringen, bis die Haarwurzeln gelockert sind, die Haut bleibt unbeschädigt.

16. Handelsmarken. Die Tabelle auf S. 68 über die Handelsbezeichnungen der Wollen dürfte eine der maßgebendsten sein.

17. Teppichwolle. In einigen Gegenden werden Schafe gezüchtet, die eine feste, lange, haarähnliche Wolle tragen, welche sich speziell zur Herstellung von Teppichen eignet. In Argentinien sind es die einheimischen Schafe oder criollo (Kreolen), in Nordamerika die Cordova. Die Bestände an den genannten Schafrassen gehen aber immer mehr zurück, weil die Züchter eingesehen haben, daß durch Kreuzung mit

Merinos diese einheimischen Schafe zu einem wertvollen Wollschaf entwickelt werden können. Von den übrigen russischen, asiatischen Minor, chinesischen und anderen ausgesprochenen Teppichwollen verdienen die persischen besonderer Erwähnung.

18. Statistiken der Wollindustrie. Da während der Kriegsjahre keine zuverlässigen europäischen Statistiken erschienen sind und die Verhältnisse auch ganz abnormal sich gestalteten, werden wir uns mit den Zahlen der Vorkriegszeit und in überwiegend amerikanischer Auffassung begnügen.

Nach dem Market Reporter (U. S. A.) 1920 beträgt die totale Weltproduktion ca. 3000000000 Pfunde (1 Pfund = 453,59 g). Auf die drei Hauptklassen: Merino, Mittelqualitäten und geringe Wollen verteilen sich die Anteile wie folgt:

Merino	869000000	Pfund
Mittelwollen	1,135000000	„
Geringe Wollen	890000000	„
	<hr/>	
	Total 2 894000000	Pfund.

Von den Merinowollen liefert das Britische Reich gegen 60 %, Südamerika nicht ganz 10 %. Auf Nordamerika schätzt man den Anteil auf 15—20 %. Die Mittelwollen stammen zu 40 % aus dem Britischen Reich und zu 30 % aus Südamerika. Rußland und China sind die Hauptproduzenten der Wollen geringerer Qualität.

Im Jahre 1920 betrug die Zahl der Schafe auf der gesamten Welt ca. 592000000 gegenüber 522000000 im Jahre 1895 und die Verteilung auf die verschiedenen Länder gestaltete sich wie folgt:

Großbritannien	29000000
Übriges Europa	151000000
	<hr/>
	Total 180000000
Australien	103000000
Asien	93000000
Nordamerika	55000000
Südamerika	96000000
Afrika	65000000
	<hr/>
	Total 592000000

Die Weltproduktion betrug im Jahre 1919 1270000000 kg Rohwolle und wird den Produktionsländern wie folgt angerechnet:

Australien	742000000	Pfund (englisch)
Südamerika	470000000	„
Nordamerika	318000000	„
Europa :		
Großbritannien	125000000	„
Europ. Rußland	320000000	„
Frankreich	65000000	„
Deutschland	26000000	„
Italien	22000000	„
Übriges Europa	240000000	„
	<hr/>	
	Total 798000000	„
Asien	273000000	„
Afrika	208000000	„
	<hr/>	
	Weltproduktion 2809000000 Pfund.	

Interessant ist das Studium folgender Tabelle, aus der klar hervorgeht, daß trotz Rückgang des Schafbestandes bei besserer Pflege die Wollproduktion bedeutend gesteigert werden kann.

Produktion in den Vereinigten Staaten. 1919.

Jahr	Zahl der Schafe	Produzierte Wolle	Eingeführte Wolle	Totalproduktion
1910	52448000	321000000	180000000	501000000
1911	53633000	319000000	156000000	475000000
1912	52362000	304000000	238000000	542000000
1913	51482000	296000000	152000000	448000000
1914	49719000	290000000	260000000	550000000
1915	49956000	286000000	413000000	699000000
1916	48625000	288000000	449000000	737000000
1917	47616000	282000000	421000000	703000000
1918	48603000	299000000	454000000	753000000
1919	48866000	314000000	446000000	760000000
1920	48615000			

Argentinien — Zahl der Schafe und exportierte Wolle.

Jahr	Zahl der Schafe	Export in Pfund (engl.)
1895	74000000	
1908	67000000	387200000
1910	. . . .	332000000
1914	43000000	258500000
1915	44000000	259400000
1917	45000000	298773000
1918	. . . .	256613000

Nach den Commerce Reports sind in den Vereinigten Staaten für 212848568 Dollar Rohwolle eingeführt worden, gegenüber einer Eigenproduktion im Werte von 43537552 Dollar. Der Export erreichte daselbst eine Summe von 56223360 Dollar und im Jahre 1919 wird der Eigenbedarf auf 6,8 Pfund oder rund 3 kg pro Kopf geschätzt.

Die nachfolgenden Tabellen sind vom Agrikulturdepartement und Handelsdepartement U. S. A. in den Jahren 1921—1922 zusammengestellt worden.

Weltproduktion an Wolle.

Länder	Produktion in den Vorjahren	Produktion im Jahre		
		1920	1921	1922
Nordamerika	Pfund	Pfund	Pfund	Pfund
U.S.A. Vereinigte Staaten .	314110000	302207000	224564000	261095000
Britisch Nordamerika . . .	11210000	24422531	24050000	19125000
Mexiko	7000000	750000	500000	792000
Total	332320000	327379531	249114000	281012000
Zentralamerika u. Westindien	1000000	750000	750000	750000

Weltproduktion an Wolle.

Länder	Produktion in den Vorjahren	Produktion im Jahre		
		1920	1921	1922
Südamerika				
	Pfund	Pfund	Pfund	Pfund
Argentinien	358 688 000	308 560 000	286 000 000	231 483 000
Brasilien	35 000 000	27 000 000	27 000 000	27 000 000
Chile	17 430 000	33 069 000	33 069 000	31 500 000
Peru	9 940 000	9 420 000	12 000 000	15 000 000
Falkland-Inseln	4 324 000	3 200 000	3 200 000	3 200 000
Uruguay	156 968 000	100 000 000	95 000 000	80 000 000
Alle übrigen	5 000 000	5 000 000	5 000 000	5 000 000
Total	587 350 000	486 249 000	461 269 000	383 183 000
Europa				
Österreich	15 360 000	—	—	1 250 000
Belgien	1 060 000	825 000	1 205 000	825 000
Bulgarien	23 700 000	17 802 000	17 636 000	17 637 000
Tschecho-Slowakei	—	5 952 420	5 952 420	4 303 000
Dänemark	3 508 000	3 508 000	3 508 000	1 323 000
Finnland	—	3 250 000	3 250 000	8 300 000
Frankreich	80 688 000	39 400 000	39 400 000	38 220 000
Deutschland	25 600 000	37 278 242	42 975 000	51 809 000
Griechenland	14 000 000	16 000 000	16 000 000	13 420 000
Ungarn	26 240 000	25 516 000	25 516 000	9 370 000
Island	1 980 000	1 980 000	1 980 000	1 980 000
Italien	35 000 000	50 000 000	50 000 000	50 000 000
Niederlande	3 556 000	5 500 000	5 500 000	4 400 000
Norwegen	8 160 000	7 247 000	7 247 000	4 409 000
Polen	—	6 724 000	6 724 000	6 725 000
Portugal	10 000 000	6 232 000	6 232 000	7 717 000
Rumänien	13 228 000	13 228 000	14 000 000	18 032 000
Rußland und Estland	320 000 000	150 000 000	150 000 000	163 224 000
Spanien	52 000 000	142 000 000	165 347 000	165 347 000
Schweden	6 060 000	5 354 000	5 354 000	6 613 000
Schweiz	1 049 000	1 049 000	800 000	800 000
Türkei	28 000 000	—	—	—
England	150 000 000	100 000 000	101 100 000	103 217 000
Jugoslawien	25 446 000	48 859 000	23 800 000	24 251 000
Übriges Europa	—	—	—	15 000 000
Europa, total	844 635 000	687 705 057	693 527 250	712 345 000
Asien				
British Indien	60 000 000	60 000 000	60 000 000	60 000 000
China	50 000 000	50 000 000	50 000 000	61 320 000
Persien	12 146 000	12 146 000	12 146 000	12 146 000
Asiatisches Rußland	60 000 000	45 000 000	45 000 000	45 000 000
Asiatische Türkei	90 000 000	60 000 000	60 000 000	60 000 000
Übriges Asien	1 000 000	1 000 000	1 000 000	1 000 000
Total	273 146 000	228 146 000	228 146 000	239 466 000
Afrika				
Algerien	35 221 000	33 184 000	33 184 000	35 155 000
British Südafrika	157 761 470	127 176 800	127 176 800	187 000 000
Tunesien	3 735 000	3 735 000	3 735 000	6 765 000
Übriges Afrika	13 000 000	13 000 000	13 000 000	19 175 000
Total	209 717 470	177 095 800	177 095 800	248 095 000

Weltproduktion an Wolle.

Länder	Produktion in den Vorjahren	Produktion im Jahre		
		1920	1921	1922
Ozeanien	Pfund	Pfund	Pfund	Pfund
Australien und Tasmanien	705 146 000	536 541 757	631 290 000	618 475 000
Neuseeland	198 474 000	181 480 000	167 153 000	175 000 000
Hinterindisches Archipel	903 620 000	718 021 757	798 443 000	793 475 000
Übriges Ozeanien	100 000	100 000	100 000	—
Total	903 720 000	718 121 757	798 543 000	—
Weltproduktion	3 151 888 470	2 625 447 145	2 608 445 050	2 684 153 000

Die nachfolgenden Tabellen, aus den U. S. Census Reports (1922) entnommen, geben ein Bild über den Umfang der Wollindustrie in den Vereinigten Staaten.

Verteilung der Werte auf die verschiedenen Zweige der Wollindustrie.

Produkt	Total	Kammgarn	Streichgarn
	\$	\$	\$
Totalwert	1 234 657 092	364 896 590	700 537 482
Tuche	710 466 849	287 030 146	422 131 592
Teppiche, Decken	110 151 089	7 591	27 520
Verschiedene Tuche und tuchähnliche Produkte	31 338 008	28 765 972	1 352 085
Filzwaren	37 843 349	1 321 234	—
Wollfilz, Hüte	5 574 974	—	—
Garne	237 971 867	31 337 200	205 697 251
Abfallwolle, Kämmlinge	25 040 863	940 381	23 859 344
Verschiedene kleine Produkte	57 494 082	10 235 571	33 841 352
Vertragsgelder, Kontrakte, Stempel- gelder	18 776 011	4 758 495	13 628 338

Produkt	Teppiche, Decken	Filzartikel	Wollfilz, Hüte
	\$	\$	\$
Totalwert	123 253 828	39 229 540	6 739 652
Tuche	1 143 826	161 285	—
Teppiche, Decken	110 116 978	—	—
Verschiedene Tuche und tuchähnliche Produkte	505 939	714 012	—
Filzwaren	—	36 522 115	—
Wollfilz, Hüte	—	—	5 574 974
Garne	394 109	43 307	—
Abfallwolle, Kämmlinge	209 521	31 617	—
Verschiedene kleine Produkte	10 681 168	1 733 578	1 002 413
Vertragsgelder, Kontrakte, Stempel- gelder	203 287	23 626	162 265

Wollverarbeitung in den Vereinigten Staaten.

Art der Maschine	Tuche, Stoffe		Wollzeug		Wollgarne		Teppiche, Decken		Filzwaren, Hüte usw.	
	1919	1914	1919	1914	1919	1914	1919	1914	1919	1914
	Karden, Anzahl	8203	7800	4618	3811	2457	2521	592	760	536	708
Streichgarn	5835	5382	4503	3753	333	469	463	465	536	695
Kammgarn	2143	2153	20	6	2041	1959	82	179	—	9
Baumwolle	225	255	95	52	83	93	47	116	—	4
Spindeln	5242613	5006286	1888213	1604881	3087916	3117151	233226	246762	33258	37492
Streichgarn	2201666	1914691	1853014	1545195	179536	229822	135898	103948	33218	35726
Kammgarn	2988855	3010145	20371	46792	2883132	2838801	85312	122786	40	1766
Baumwolle	52092	81450	14828	12894	25248	48528	12016	20028	—	—
Mulespinnerei ¹	2761180	2485790	1764133	1476095	837312	872626	126788	102238	32947	34831
Streichgarn	2079628	1815698	1761433	1470489	166420	208140	118868	102238	32907	34831
Kammgarn	681552	669926	2700	5440	670892	664486	7920	—	40	—
Baumwolle	—	166	—	166	—	—	—	—	—	—
Spinnmaschinen	1676139	1643583	48432	46792	1555135	1485070	72572	110090	—	1631
Streichgarn	31305	9771	23513	8304	—	864	7792	300	—	303
Kammgarn	1601602	1555228	12311	27560	1531551	1435678	57740	90662	—	1328
Baumwolle	43232	78584	12608	10928	23584	48528	7040	19128	—	—
Duplieren, Zwirnen	805294	876913	75648	81994	694469	759455	33866	34434	311	1030
Streichgarn	90733	89222	68068	66402	13116	20818	9238	1410	311	592
Kammgarn	705701	784991	5360	13792	680689	738637	19652	32124	—	438
Baumwolle	8860	2700	2220	1800	1664	—	4976	900	—	—
Webstühle	85495	86641	29894	26366	45835	49462	9256	10341	510	472
Krempel	2294	2425	26	20	2171	2285	85	114	12	6
Sortiermaschinen	1223	1392	954	1061	103	140	66	89	100	102
Feinspinnmaschinen	211	221	126	127	29	38	21	30	35	26

¹ Mule garne = schwachgedrehte Schußgarne.

Fasern, die in der Wollindustrie verarbeitet werden.

Material	Pfund		Anteil in % Total		Effektiver Anteil in %	
	Strichgarn- industrie	Kammgarn- industrie	Strich- garn- industrie	Kamm- garn- industrie	Strich- garn- industrie	Kamm- garn- industrie
Total	203 133 831	201 403 010	100,0	100,0	50,2	49,8
Reinwolle	86 547 717	177 288 745	42,6	88,0	32,8	67,2
Schmutzwolle und Kämmlinge	38 522 138	3 300 640	19,0	1,6	92,1	7,9
Regenerierte Wolle .	49 081 630	2 224 011	24,2	1,1	95,7	4,3
Verwendungsfähige Nicht zu verwenden	31 416 145	1 747 551	15,5	0,9	94,7	5,3
17 665 485	476 460	8,7	0,2	97,4	2,6	
Andere tierische Fa- sern	12 613 937	15 667 157	6,2	7,8	44,6	55,4
Mohair, Kamel und Alpaka	1 738 489	176 974	0,8	0,1	90,8	9,2
Baumwolle	14 629 920	2 745 483	7,2	1,4	84,2	15,8

IV. Beschaffenheit der Wolle.

1. Physiologie, Struktur. Das Haar, genauer als Wollhaar bezeichnet, ist ein Gebilde der Haut, und ist allen Wirbeltieren mehr oder weniger eigen; Ursprung und Zusammensetzung sind aufs engste verwandt mit

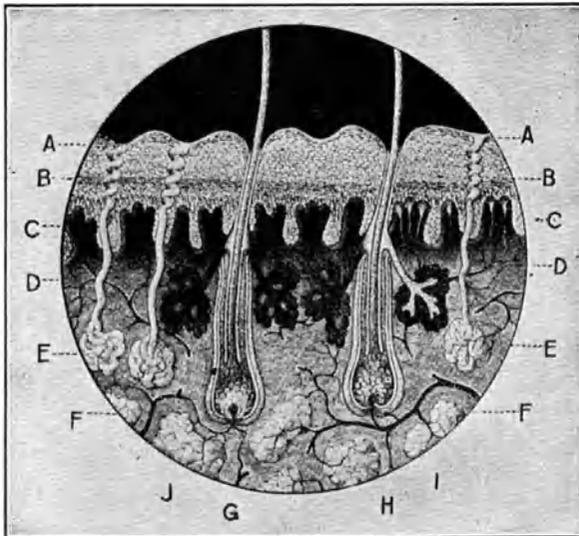


Abb. 35. Hautquerschnitt: A Oberhaut, B Körnerschicht, C Stachelzellenschicht, D Lederhaut-faseriges Bindegewebe, E Schweißdrüse, F Talgdrüse, G, H Haarzwiebel, I, J Öldrüsen.

anderen Schutzgebilden der Haut, den Nägeln, Federn, Fischschuppen und dem Horn. Die Wollfaser besteht aus einer großen Zahl von Zellen, zum Unterschied von der Seide, welche kein Zellgebilde ist. Bowman zählte im Querschnitt über 1500 Zellen. In den meisten

Fällen kann man deutlich drei Arten von Zellen unterscheiden, nämlich Markzellen, Zellen der Rindenschicht und Hornschuppen. Die Unterhaut ist der Boden, auf welchem das Haar wächst; in derselben sitzt der Haarbalg oder die Haarzwiebel, durchsetzt mit einer reichen

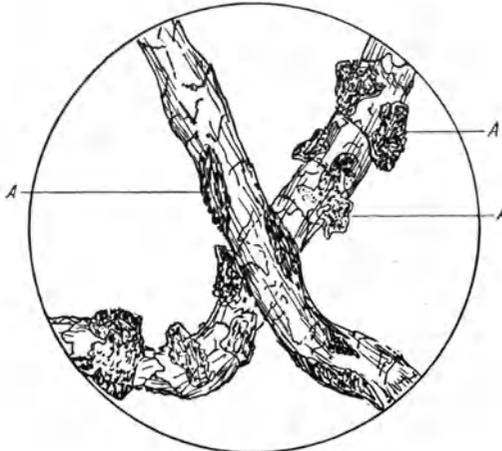


Abb. 36. Wollfaser mit Talg und Schmutz bedeckt (500 ×). A Talgklümpchen.

Zahl von Blutäderchen, die das Haar ernähren. Noch innerhalb der schlauchartigen Verlängerung der Haarzwiebel wird eine ölige Substanz abgeschieden, die das Haar vor äußeren Einflüssen, wie Feuchtigkeit, schützt und ihm Elastizität erteilt.

Die Haut hat aber noch weitere Talgdrüsen geschaffen, die ebenfalls Haut und Haar mit Fett bedecken. Abb. 36 zeigt uns ein mikroskopisches Bild von Haaren mit anhaftenden Talgklümpchen. Bei der Schafwolle sind dem Talg noch anorganische Salze beigemischt und bilden mit demselben den sog. Wollschweiß. Der Fettgehalt von Rohschafwolle schwankt zwischen 12 und 30 %.

Der Wollschweiß, abgesondert durch die Talgdrüsen der Haut, wird in der Wollwäsche entfernt und es resultiert ein reines Haar wie Abb. 37 zeigt. Das Öl, das dem Haar schon in der Haarzwiebel mitgegeben wurde, soll daher nicht entfernt werden, weil sonst das Haar brüchig und glanzlos wird. Das Öl beansprucht ungefähr 1 % vom Wollgewicht, während der Wollschweiß folgende Normalien zeigen soll:

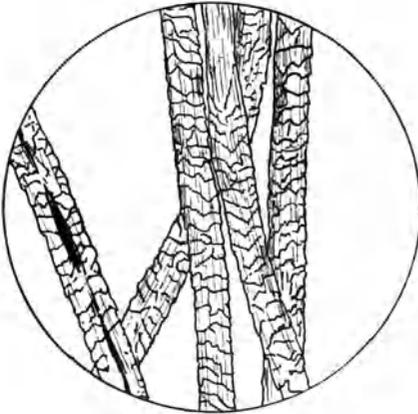


Abb. 37. Wollfaser nach der Wäsche (350 ×).

3" Kammwolle bei 1 5/8" Tuchwolle

Hygroskopische Feuchtigkeit	16,3	12,9
Waschverlust mit reinem Wasser	27,3	27,8
Fett	14,5	26,2
Haarsubstanz	42,0	32,9

2. Morphologie der Wollfaser. Bei mittlerer Verstärkung unterscheidet man beim Haar unter dem Mikroskop drei verschiedene Teile: 1. Das Mark, d. h. große Markzellen mit Luft gefüllt; unter dem Mikro-

skop dunkel; bei feinen Wollen (Merino) oft nicht nachweisbar oder nur als Markinseln ausgebildet (Leicesterwollen). Die Markzellen enthalten die Farbpigmente, welche der Faser die Färbung verleihen. Wollen mit stark entwickeltem Mark sind von geringerer Festigkeit und nähern sich den Haaren. 2. Die Rindenschicht, welche von hornartigen, röhrenförmigen, sich verjüngenden Zellen gebildet wird und beim Fehlen des Markes das Innere der Faser ausfüllt. Diese Zellen tragen in noch gesteigertem Maße die Pigmentfarbkörperchen und nehmen beim Färben den Farbstoff auf, im Gegensatz zu dem Oberhäutchen, welches aus Hornschuppen besteht, die sich meist dachziegelartig überdecken (Abb. 39).

Wie die Abbildungen auf S. 55/56 zeigen, ist das Mark bei den Haaren in vier Hauptformen ausgebildet: das regelmäßig diskontinuierliche Mark, Abb. 39; das kontinuierliche Mark in Abb. 40, 1, 2, 3; das unregelmäßig unterbrochene Mark, Abb. 40, 4 und die nur andeutungsweise Ausbildung des Markes.

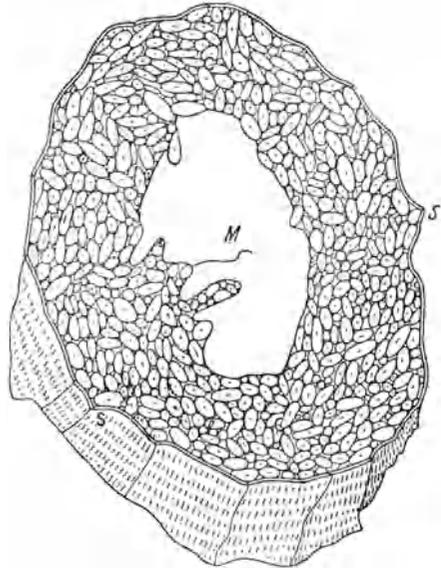


Abb. 38. Wollquerschnitt. M Mark, Medulla; C Rindenzellen, Cortis; S Schuppenzellen.

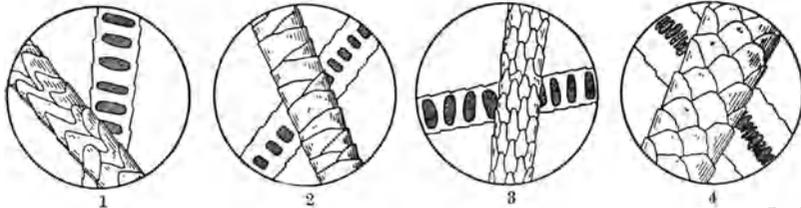


Abb. 39. Verschiedene Haare. 1 Haar des Menschen; 2 Eichhörnchen (Am.); 3 Hauskatze; 4 Dach.

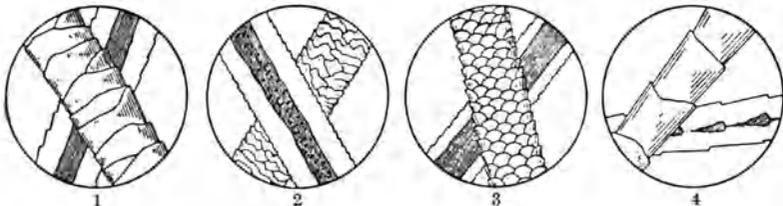


Abb. 40. Verschiedene Haare. 1 Kuh; 2 Pferd; 3 Reh; 4 Biber.

Die Oberhaut der Wollen repräsentiert sich uns in 2 extremen Typen und den verschiedenen Übergängen vom einen zum andern. Sie besteht entweder aus einzelnen Schuppen, die sich dachziegelartig überein-

ander schichten und deren Spitzen mehr oder weniger vom Haar ab-
stehen; oder aus kürzeren oder längeren Zylinderchen, die ineinander
geschoben sind und deren jeweilig freier Rand glatt oder ausgezähnt ist
(vgl. Abb. 41, 3). Die Ausbildung der Oberhaut bestimmt im weite-

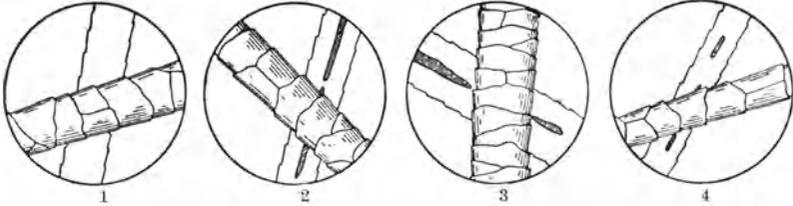


Abb. 41. Verschiedene Haare. 1 Kamel; 2 Guanako (Art Lama, Amerika); 3 Alpaka; 4 Vicuña (Südamerika).

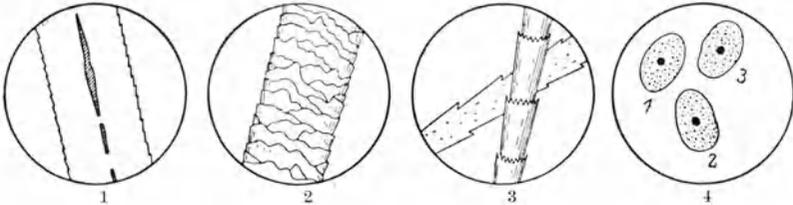


Abb. 42. Verschiedene Haare. 1, 2 Femal (Kaukasus, Hirschähnlich); 3 Fledermaus; 4 Menschenhaar im Querschnitt (mit Pigmentzellen).

sten Maß den Griff der Wolle und meist sind beim Vlies der Schafe die tiefersitzenden Haare, die sog. Unterwollen hauptsächlich in der Oberhaut des Haares von den Deckhaaren verschieden.

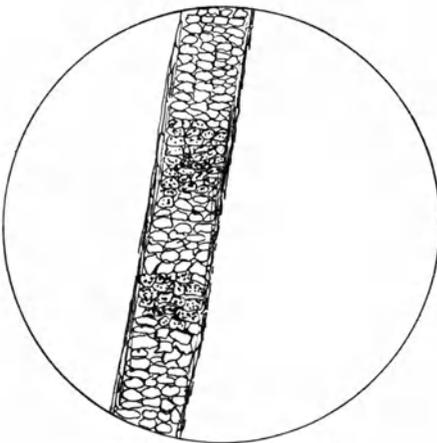


Abb. 43. Barthaar vom Reh (350×). Man sieht ein stark ausgeprägtes Mark und eine äußerst dünne Rinde.

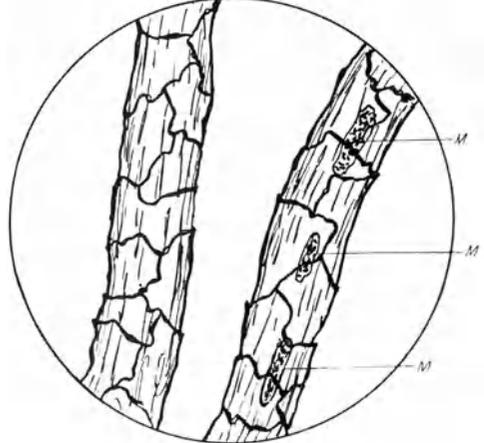


Abb. 44. Wollfasern (500×). A eine Faser ohne Markzellen; B einer Faser mit isolierten Markzellen; M (Mikrographie vom Autor).

Es kann auch vorkommen, daß einem Haar die Oberhaut ganz oder teilweise fehlt. Bei langen Haaren, speziell Deckhaaren und Grannen, wird die Oberhaut durch ständiges Reiben beschädigt; sehr oft be-

obachtet man auch das teilweise oder gänzliche Fehlen der Oberhaut bei Fasern mit stark ausgebildetem Mark (Abb. 43).

Die Wollhaare verdanken ihre Elastizität und Festigkeit nicht zuletzt dem teilweisen oder gänzlichen Fehlen der Markzellen. Man findet aber auch Deck-, Bart- und Grannenhaare ohne jede Markbildung. Am ausgeprägtesten sind diese Ausnahmen bei Barthaaren der ungarischen Zigeunerschafe. Abb. 43 zeigt hingegen ein Barthaar mit stark ausgeprägtem Mark, so daß die Rindenschicht und die Oberhaut den geringsten Anteil am Aufbau der Faser ausmachen.

3. Mikroskopie der Wollfaser.

Unter dem Mikroskop ist die Wolle leicht von jeder andern Faser zu unterscheiden. Mehr oder weniger deutlich ausgeprägt ist bei der Wollfaser immer die schuppige Oberfläche, wie Abb. 45 sie besonders schön zeigt. Seide oder Baumwolle dagegen besitzen eine ziemlich glatte Oberfläche im Vergleich zu Wolle (Abb. 46). Diese oberste Zellschicht, die Kutikula, ist bei der Wolle ziemlich durchsichtig und erlaubt uns das Innere der Faser zu sehen. Der Gesamtaufbau der Faser schwankt stark je nach der Herkunft der Wolle; so ist z. B. bei Merinowollen die Deckhaut aus einzelnen Zylindern gebildet, die ineinander gesteckt sind (Abb. 47 M). Die gleiche Abbildung (47 T) zeigt bei T eine Wolle anderer Herkunft, bei der 3—4 Schuppen den Ring schließen.

Bei ganz feinen Wollhaaren sind die Schuppen der Oberhaut oft nicht einmal gezähnt, während bei groben Wollen die Auszahnungen weit abstehen können und meist sind die Zellen dann breiter als lang und sehr dünn. Man beobachtet oft, daß mehr als ein Drittel der Zelle von der Oberfläche absteht, und diese Wollen sind dann die für den Verfilzungs-

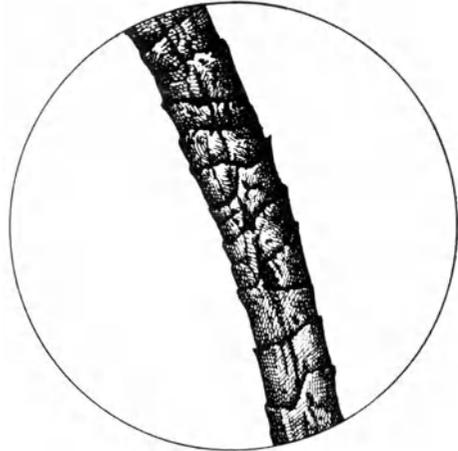


Abb. 45. Typische Wollfaser (500 ×).

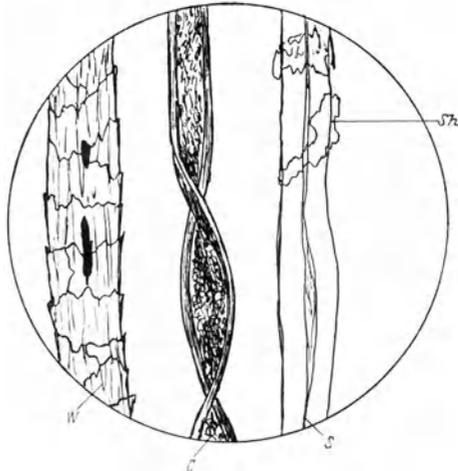


Abb. 46. Vergleich zwischen Woll-, Baumwoll- und Seidenfaser (500 ×). W Wollfaser mit schuppiger Oberfläche; C Baumwollfaser; S Seide, mit Bastresten Sh.

prozeß geeigneten. Stehen aber die Enden kaum oder gar nicht ab, so erhält die Faser mehr das Aussehen eines Haares, die Stoffe daraus sind weniger schmiegsam und das Filzvermögen ist wenig ausgeprägt (Abb. 48).

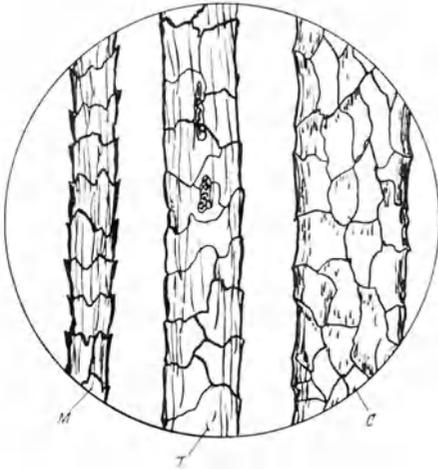


Fig. 47. Vergleich verschiedener Wollarten (500×). M Merino-Wolle mit die ganze Faser umfassenden Schuppen; T englische Wolle mit zwei oder mehr Schuppen; C schlechte Wolle, mit zahlreichen Schuppen.

Das Verfilzvermögen wird stark beeinflusst, und zwar meist in günstigem Sinne durch Behandeln der Wollen mit Säuren, Alkali oder warmem Wasser. Man kann unter dem Mikroskop beobachten, wie diese Reagenzien die freien Enden der Deckschuppen vom Grunde ablösen, die Wolle öffnen. Ganz allgemein wird heute die Fähigkeit des Verfilzens in engsten Zusammenhang gebracht mit der Oberflächenbeschaffenheit der Wolle, denn man stellt sich vor, daß diese Auszahnungen der Deck-

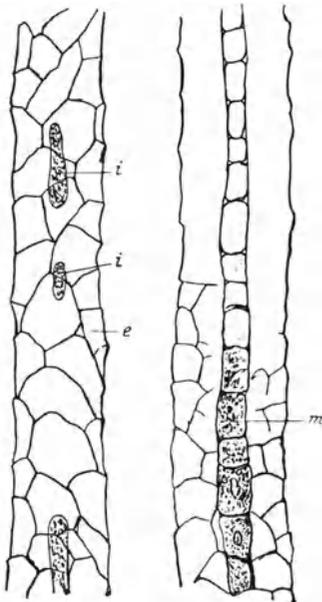


Abb. 48.

Erklärung zu Abb. 48.
Woolfaser mit glatter Oberfläche (340×)
(H ö h n e l).
A Faser mit isolierten Markzellen. Deckschuppen stoßen glatt aneinander. B Faser mit zylindrischen Markzellen.

Erklärung zu Abb. 49.
Woolfaser mit konkaven Deckzellen (340×)
(H ö h n e l).
m Das Mark ist zylindrisch und besteht aus mehreren Zellen nebeneinander. Deckschuppen stoßen fest aneinander an, ohne sich zu überlappen.

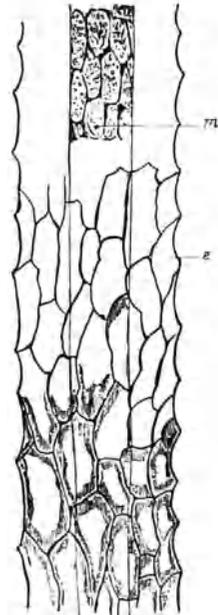


Abb. 49.

haut verschiedener Fasern ineinander greifen, besonders wenn sie mechanisch beansprucht werden.

Es gibt auch Wollfasern mit konkaven Deckzellen, die fest aneinander schließen, ohne Überlappungen (Abb. 49). Diese Struktur findet sich meist nur bei groben, dicken Wollen. Bei Wollen erster Schur, also bei Wollen, wo das natürliche Ende der Faser noch vorhanden ist, kann an der Faserspitze die Deckhaut ganz oder teilweise fehlen, so daß die Rindenschicht ausfasert (Abb. 50 P). Diese Erscheinung ist sehr charakteristisch für Erstlingswolle.

Krankhafte Wollen zeigen manchmal die Erscheinung, daß in ihren mittleren Partien die Deckzellen fehlen, welche Stellen dann leicht brüchig werden (Abb. 50 D).

Bei Rohwollen lassen sich die einzelnen Deckzellen fast immer unterscheiden, weil sie alle mehr oder weniger wie Schindeln übereinander liegen und an den freien

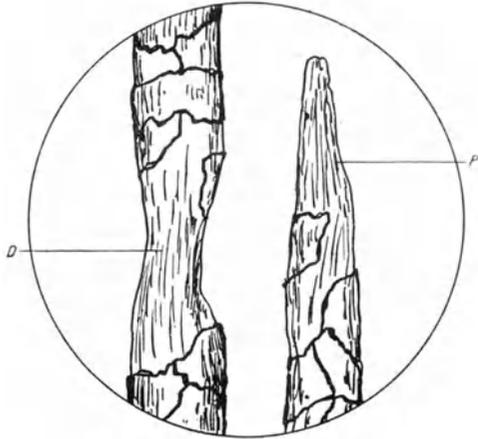


Abb. 50. Vollfaser ohne Epidermis (500×). D Wahrscheinlich durch Krankheit hervorgerufene schwache Stelle. P Spitze von Lammwolle.

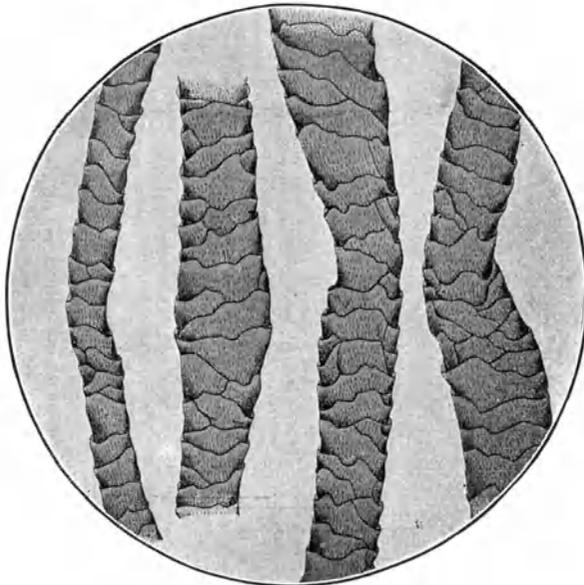


Abb. 51. Abnormale Wollfasern, bedingt durch Krankheit, schwankende Ernährung.

Enden erkannt werden. Dagegen ist bei den mehr haarähnlichen Mohair-, Alpaka- und Kamelwollen die Unterscheidung einzelner Zellen

schwieriger. Etwas deutlicher kann man dann die Deckzellen sichtbar machen, wenn man die Wolle mit Kupferoxydammoniak versetzt. Mit diesen Reagens wird vorerst die Rindenschicht der Wolle aufgelöst, während die Deckschicht der Lösung mehr Widerstand entgegengesetzt und erhalten bleibt.

Unter dem Mikroskop wird das Haar oder die Wollfaser am besten im Wasser beobachtet, weil die Faser damit meist leicht „geöffnet“ wird. Da alle natürlichen Wollfasern oder Haare fettig sind, benetzen

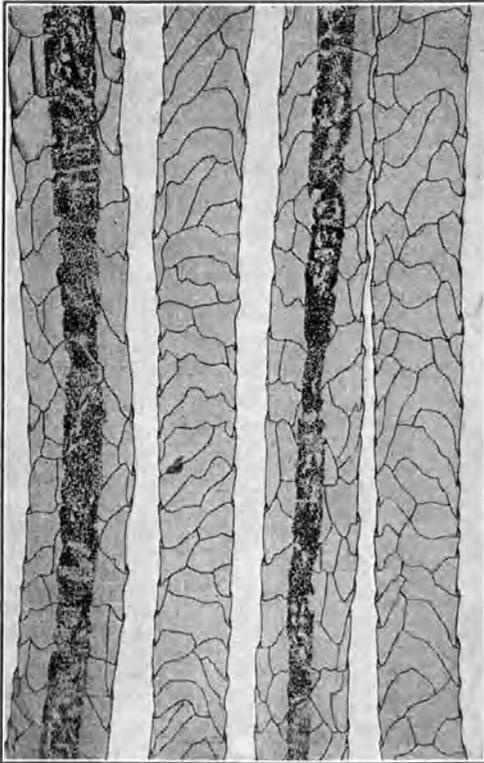


Abb. 52. Amerikanische Cotswoldwolle.

sie sich erst, nachdem man sie mit Alkohol oder Äther gewaschen hat. Darauf befeuchtet man am besten mit warmem Wasser, wobei nach Höhnel das markfreie Menschenhaar um 10 % im Durchmesser aufschwillt. Das Alpakahaar schwillt 13 % auf, ein Angoraziegenhaar 10 % und ein Kuhhaar ca. 16 %. Im Mittel schwellen markfreie Haare im warmen Wasser um 10—12 % und Haare mit Mark 15 bis 16 % auf. Diese Beobachtungen beziehen sich auf lufttrockene Haare nach Entfettung.

Bei der Bestimmung des Durchmessers der Textilfasern müssen wir in Betracht ziehen, daß die wenigsten derselben genau kreisrund sind. Nur in den wenigsten Fällen erhalten wir ein genaues Bild über die Dicke und Gestaltung des Querschnittes der Faser,

ohne einen mikroskopisch einwandfreien „Querschnitt“ vorzunehmen, obwohl gelegentlich Bruchstücke von Fasern auch bildgerecht unserem Auge sich zeigen. Da nicht jedermann über geeignete Apparate (Mikrotom) verfügt, sei eine von Höhnel angegebene Methode beschrieben die den meisten Anforderungen genügt. An den Enden eines gewöhnlichen Objektglases werden 2 Korke aufgeklebt. Durch jeden Kork stößt man einen festen Draht, der an dem äußeren Enden zwecks bequemer Handhabung zu einem Ring ausgedreht ist. Unter dem Mikroskop stellt man nun mit Hilfe der 2 Drähte eine Faser in die richtige Lage. Festere Haare kann man mit einem Rasiermesser zwischen 2 Korkplatten, oder in Paraffin eingegossen, zu dünnen Scheibchen

schneiden, und diese in Wasser oder einer anderen Flüssigkeit unter dem Mikroskop beobachten.

Will man die verschiedenen Teile des Haares voneinander gelöst beobachten, so empfiehlt sich eine Behandlung der Faser mit Schwefelsäure, Ammoniak oder Natronlauge unter dem Mikroskop. Bei der Behandlung der Haare mit Schwefelsäure werden die Deckschuppen einzeln oder in Gruppen weggelöst, doch schwellen sie dabei meist so stark auf, daß ihre wahre Form zerstört wird. Auch beim Benetzen der Faser

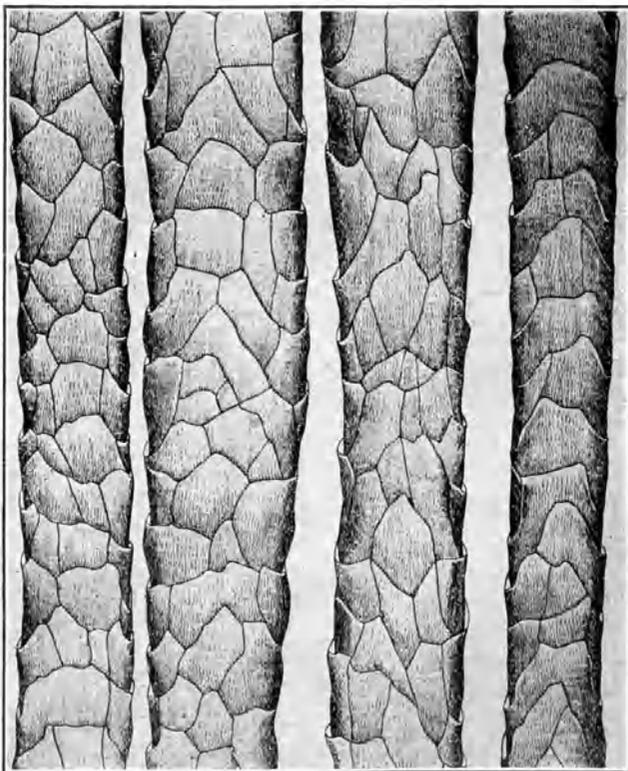


Abb. 53. Amerikanische Lincolnwolle.

mit Lauge und geringer mechanischer Bearbeitung lösen sich die einzelnen Schuppen der Deckhaut weg, wobei sie ebenfalls unter Aufschwellung leicht deformiert werden. Nach Nathusius ist die Behandlung mit konzentriertem Ammoniak zu empfehlen, weil bei einer allerdings etwas länger dauernden Einwirkung die Deckschuppen ohne Deformation sich weglösen. Von andern Textilpraktikern wird noch der Gebrauch von Chromsäure, Kupferoxydammoniak ebenfalls zur Aufspaltung der Wollfasern anempfohlen.

Die bei den Untersuchungen von pflanzlichen Fasern oft gebrauchte Salpetersäure versagt bei der Aufspaltung der Wolle, da alle Hornsubstanzen mit dieser intensive Gelb- bis Braunfärbung ergeben.

Nach Höhnel gelten folgende mikroskopische Daten für Wollfasern: Länge zwischen 2 und 50 cm, straff bis fein gekräuselt, Kräuselung regelmäßig bis sehr unregelmäßig; grob, fahl bis seidenglänzend; 5 bis 100 Mikron dick; mit Mark, Markinseln oder markfrei. Ist ein Mark vorhanden, so setzt es sich zusammen aus 1—4 Markzellen, welche meist rund, langgestreckt, seltener flach sind; immer enthalten die Markzellen feine Pigmentkörperchen und Luft. Die Markzellen sind in den

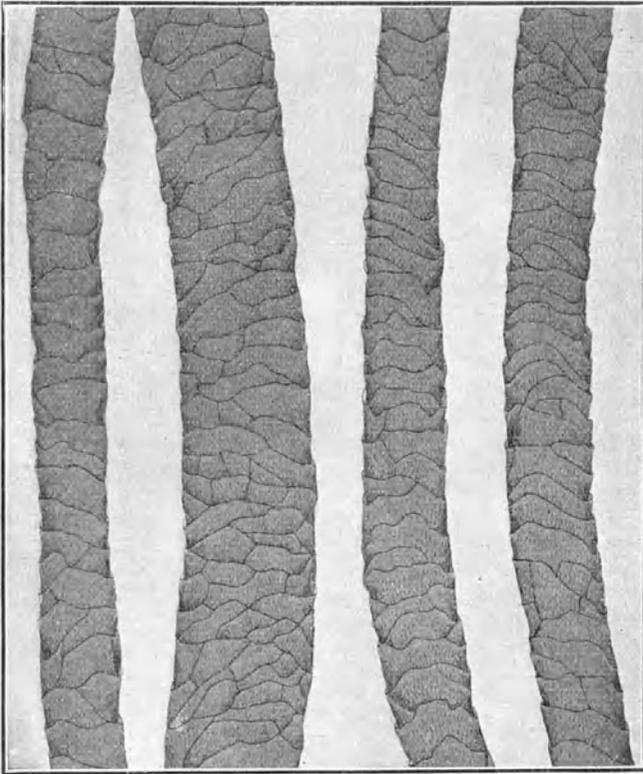


Abb. 54. Amerikanische Merinowolle.

wenigsten Fällen alle unter sich gleichartig. Der Anteil der Markzellen am Aufbau der Faser schwankt zwischen den extremsten Werten. Die Deckhaut setzt sich zusammen aus flachen oder schwach konkaven Zellen von verschiedenster Form. Unregelmäßige Schuppen mit oder ohne Zähnung finden sich neben Zylinderchen bei einer anderen Faser. Die Deckzellen können sich aneinander reihen wie Platten oder sich überlappen; glatte oder gezähnte, oft verdickte Enden wechseln unter sich. Die wenigsten Wollen haben ein natürliches Ende. Bei der sog. Erstlingswolle, das ist Wolle der ersten Schur, beobachtet man diese natürlichen Enden, wo sich dann die Deckzellen meist zu Zylinderchen auswachsen und oft Längsstreifung aufweisen.

Im wesentlichen findet man auch keine Haarwurzeln in guter Wolle; sind solche vorhanden, so ist die Wolle ausgefallen oder ausgerauft worden. Die Anwesenheit von Haarwurzeln ist ein Charakteristikum der Gerberwolle; wo die Haare nach Behandeln mit Kalkmilch vom Felle abgezogen werden. Die Haarwurzeln oder Follikel erkennt man leicht an ihrer Eiform und der stärkeren Färbung.

4. Mikrochemische Reaktionen. Weit weniger charakteristisch sind die chemischen Reaktionen der Wolle unter dem Mikroskop als ihre physikalischen Merkmale. Durch konzentrierte Salz- oder Schwefelsäure wird die Faser zerstört, unter schwacher Dunkelfärbung; Salpetersäure gibt die charakteristische Gelbfärbung, welche allen Hornsubstanzen eigen ist; Bildung der sog. Xanthoproteinsäuren. Ammoniakalische Kupferoxydlösung desintegriert die Wolle sehr langsam unter anfänglich geringer Deformation der Zellen, während Kupfer- und Eisensalze die Faser dunkel färben.

In Gegenwart von Zucker färbt Schwefelsäure die Wolle rot. Oft kann man auch das Anfärbvermögen, unter dem Mikroskop beobachtet, als Kennzeichen für die Wollfaser bei entsprechender Farbstoffauswahl zu Hilfe ziehen.

Kochende Chromsäure und warme Alkalilaugen zerstören die Fasern ohne charakteristische Merkmale hervorzubringen, während kochende verdünnte Salzsäure die Faser kaum angreift. Pikrinsäure färbt die Wolle an und gibt ziemlich waschechte Färbungen. Das Millonische Reagens, frisch hergestelltes Merkurinitrat färbt beim Kochen die Faser ziegelrot. Mischsäure-Salpeterschwefelsäure zerstört Seide und Ziegenhaare, während Schafwolle mit wenigen Ausnahmen nur gelb gefärbt wird. Leicht gelingt der Nachweis des chemisch gebundenen Schwefels, der in allen tierischen Fasern vorhanden ist. Schon beim Kochen der Wollen mit Kalilauge kann der Schwefel mittels Nitroprussidnatrium nachgewiesen werden. Noch einfacher von Fasern anderer Herkunft ist die Wolle zu unterscheiden, wenn wir ein wenig davon verbrennen, wobei der typisch widerliche Geruch nach verbrannter Hornsubstanz (Hufschmiede, verbranntes Leder) auftritt.

5. Die Oberhaut oder Epidermis. Die Gestaltung der Oberhaut bestimmt direkt den geringeren oder größeren Glanz, Lustre, der Wolle, je nachdem eine grobe oder glatte Oberfläche vorliegt, da nur die letztere das Licht regelmäßig reflektiert. Im allgemeinen sind straffe, feste Wollen mit mehr Glanz behaftet als weiche, da sie haarähnlicher, seidenähnlicher wirken.

Die Behandlung mit verschiedenen Agenzien, speziell mit alkalisch wirkenden, erhöht den Glanz der Wolle. Der Aspekt der Wolle ist auch

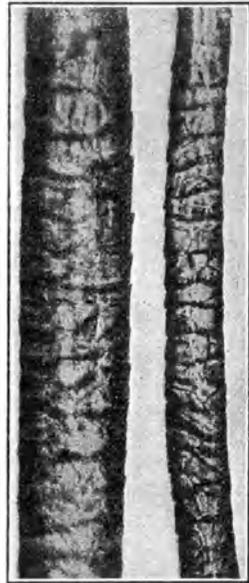


Abb. 55. Wolle von ein und demselben Vlies mit groben und feinen Deckschuppen.

in hohem Maße abhängig von ihrem Wassergehalt. Wird Wolle auf höhere Temperatur erwärmt, besonders mit trockener Luft, so verliert sie viel von ihrem Glanz, der allerdings langsam zurückkehrt, wenn die Wolle längere Zeit wieder normalen Verhältnissen ausgesetzt ist. Von eminenter Bedeutung ist ferner der natürliche Fettgehalt der Wolle für ihr Aussehen. Man kann nur dann die verschiedenen Veredlungsprozesse mit der Wolle vornehmen, ohne sie zu schädigen, wenn beim Waschen der Wolle darauf geachtet wird, daß ihr nicht zu viel Fett entzogen wird, oder wenn nach der Wäsche der Rohwolle ein Teil des abgezogenen Fettes wieder ersetzt wird.

Bowman zeigt uns in den nachfolgenden Tabellen, wie die Oberflächen der verschiedenen Wollsorten voneinander abweichen.

Wolle	Schuppen per inch.	Durchmesser der Faser in inch.
Ost-Indische	1000	0,00143
China	1200	0,00133
Lincoln	1400	0,00091
Leicester	1450	0,00077
Southdown	1500	0,00080
Merino	2000	0,00055
Sächsische	2200	0,00050

Faser	Zahl der Deckschuppen per Millimeter Faserlänge
Schafwolle, gewöhnliche	105
„ prima	97
„ Merino	114
„ elektoral	100
„ sächsische	121
Angora-Wolle	53
Weißer Alpaka	90
Brauner Alpaka	150
Vienna-Wolle	100
Kamelwolle	90

Nach Hanausek ist die Zahl der Deckschuppen für ein und dieselbe Wollsorte ziemlich konstant, so daß die Zählung pro Längeneinheit zur Identifizierung der Wolle herangezogen werden kann. Die Zahl der Deckschuppen pro Längeneinheit erreicht bei den Haaren der Angoraziege die größte Konstanz.

Bowman hat die Schafe nach der Oberflächenbeschaffenheit ihrer Wollen in folgende 3 Klassen unterschieden:

1. Schafe, deren Wolle mehr den Charakter von Haaren zeigen. Die Epidermis ist stark hornig und an die Rindenhaut fest angeschlossen. Es sind mit Ausschluß von Mohair und Alpaka ausgesprochene Glanzwollen.

2. Schafe, deren Wollen im Vergleich mit der vorhergehenden Klasse zahlreichere Deckschuppen aufweisen. Die Schuppen sind weniger hornig und loser auf der Rindenhaut sitzend. Bei Kreuzungen solcher Wollträger erhalten die Nachkommen oft sehr uneinheitliche Vliese, „Crossbred“-Schafe.

3. Schafe mit ausgesprochener Feinwolle. Die sehr zahlreichen Deckschuppen liegen mit ihrem kleinsten Teil fest an der Rindenschicht. Es sind Merinoschafe und hochgezüchtete Kreuzungen mit denselben.

Die Steifheit oder Biegsamkeit, oder wie der Fachausdruck lautet, der Griff der Wolle ist abhängig davon, wie weit die Deckschuppen von der Rindenschicht abstehen, ob sie gegenseitig ineinandergreifen, ob

sie noch Bewegungsfreiheit haben usw. Abb. 56 zeigt die Schematisierung des Verfilzprozesses. Die Deckschuppen der einzelnen Fasern greifen ineinander und die einzelne Faser sitzt hernach fest verankert im Gewirr der übrigen Fasern, es ist die verfilzte Wolle.

6. Das Filzvermögen. Das Filzvermögen einer Wolle ist also in allererster Linie abhängig von ihrer Oberflächenbeschaffenheit; abstehende Deckschuppen machen die Wolle leichter verfilzend. Man muß nun

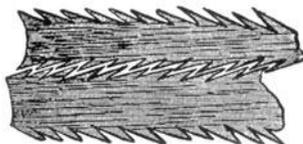


Abb. 56. Schematisierung des Verfilzens der Wolle.

aber nicht zu dem falschen Schluß kommen, daß die einzelnen Fasern zuerst gerichtet sein müssen, um sich gegenseitig zu verankern. Im Gegenteil ist eine Wolle mit feiner Kräuselung geeigneter zur Verfilzung als eine solche mit grober Kräuselung. Der Filzprozeß besteht vielmehr darin, daß die Wolle, deren Fasern wild durcheinanderliegen, mechanisch so bearbeitet wird, daß an allen Berührungsstellen der Fasern unter sich das gegenseitige Verankern der Deckschuppen stattfindet. Es ist leicht verständlich, daß eine natürliche Kräuselung diesem Prozeß im weitesten Maße Vorschub leistet. Durch Wärme, Feuchtigkeit, Dampf und chemische Agenzien, welche die Faser öffnen, d. h. die Schuppen weiter abstehend machen, wird der Filzprozeß noch beschleunigt. Aus dem anfangs offenen Gewebe, wie Abb. 57 zeigt, wird durch das Pressen und Reiben ein gelatineähnlicher Stoff, der Filz (siehe Abb. 58).



Abb. 57. Fasern, nicht verfilzt.

Aus dem letzteren geht hervor, daß eine haarähnliche Faser, deren Deckschuppen fest anliegen, sich nicht verfilzen läßt. Durch bestimmte

Verfahren gelingt es, auch diese Deckschuppen von der Rindenschicht leicht wegzulösen und dem Haar eine etwas schleimige Beschaffenheit zu verleihen und darauf diese Haarwollen zu verfilzen. Burgess kommt durch das Studium einiger russischer Wollen zu der Ansicht, daß ausschließlich die Kräuselung die Verfilzbarkeit zu bestimmen vermag, während es die Oberflächenbeschaffenheit der Faser im geringsten Maße tut. Seine russischen Wollen haben deutlich stark abstehende Deckschuppen, die Filzkraft ist aber gar nicht vorhanden. Dagegen vertritt Bowman die Ansicht, daß die Oberflächenbeschaffenheit den Hauptanteil am Filzvermögen besitzt. In Anbetracht der verschiedenen Meinungen und aus eigener Beobachtung kommt der Verfasser zu der Ansicht, daß

zur Ausbildung des Filzvermögens mindestens diese 2 Faktoren, offene Deckschuppen und natürliche Kräuselung wenigstens in geringem Maße vorhanden sein müssen, damit Verfilzung stattfindet. Es ist nicht nötig, daß die Wolle in Tuch oder Garnform vorliegt, um sie zu verfilzen; auch lose Wolle kann ein eminentes Filzvermögen aufweisen.

7. Die Rinden- oder Kortikalzellen. Den Hauptanteil am Bau des Haares nehmen die Rindenzellen ein; mehr oder weniger langgestreckte Zellen und meist mit Längsstreifung versehen, sind sie 0,0014—0,0025 inch lang und zeigen einen Durchmesser von 0,0005—0,00066 inch Querschnitt. Oft sind sie auch von elliptischem Querschnitt. Durch sorgfältiges Aufschließen der Wolle mit Alkalien können die Rindenzellen isoliert



Abb. 58. Fasern, in einem verfilzten Tuch.

werden (Abb. 59). Die Festigkeit und Elastizität der Faser ist hauptsächlich durch den Bau und Zusammenbau dieser Zellen bestimmt.

8. Die Kräuselung. Bei feineren Wollen ist sehr oft das Wachstum auf einer Haarhälfte größer als auf der andern, so daß eine natürliche Kräuselung der Wolle zustande kommt. Man spricht sehr oft auch von gewellten Haaren, insbesondere bei größeren Vertretern. Während bei groben Haaren die Kräuselung nicht oder nur an-

deutungsweise vorhanden ist, findet sie sich bei edleren Sorten in großer Regelmäßigkeit. Die Verspinnbarkeit nimmt in der Regel mit der Kräuselung erheblich zu. Die erhaltenen Tuche sind bei gekräuselter Wolle als Ausgangsmaterial bedeutend elastischer und weniger leicht deformierbar.

Der Zusammenhang zwischen dem Durchmesser der Faser und ihrer Kräuselung ist offensichtlich. Man vergleiche nachfolgende Tabelle nach Lafoun, woraus ersichtlich ist, daß innerhalb der angegebenen Durchmesserdifferenzen die Windungszahlen um mehr als das Doppelte steigen.

Nr.	Qualität	Windungen per inch	Durchmesser der Faser
1	Super Electa	27—29	$\frac{1}{840}$ inch
2	Electa	24—28	$\frac{1}{735}$ „
3	Prima	20—23	$\frac{1}{660}$ „
4	Secunda Prima	19—20	$\frac{1}{588}$ „
5	Secunda	16—17	$\frac{1}{534}$ „
6	Tertia	14—15	$\frac{1}{510}$ „
7	Quarta	12—13	$\frac{1}{470}$ „

Je haarähnlicher eine Faser ist, um so weniger neigt sie zur Kräuselung. Von den als Wollen bezeichneten Textilmaterialien besitzt die Schafwolle die ausgesprochenste Kräuselung, die Wollen vom Kamel, der Angoraziege usw. stehen weit hinter ihr zurück. Die bekannten Mohairwollen zeigen ohne Ausnahme keine Kräuselung. Die Kräuselung ist nun aber noch nicht durch den Zusammenhang mit der Faserdicke allein festgelegt, sondern es ist die Anzahl der Deckschuppen ein weiterer

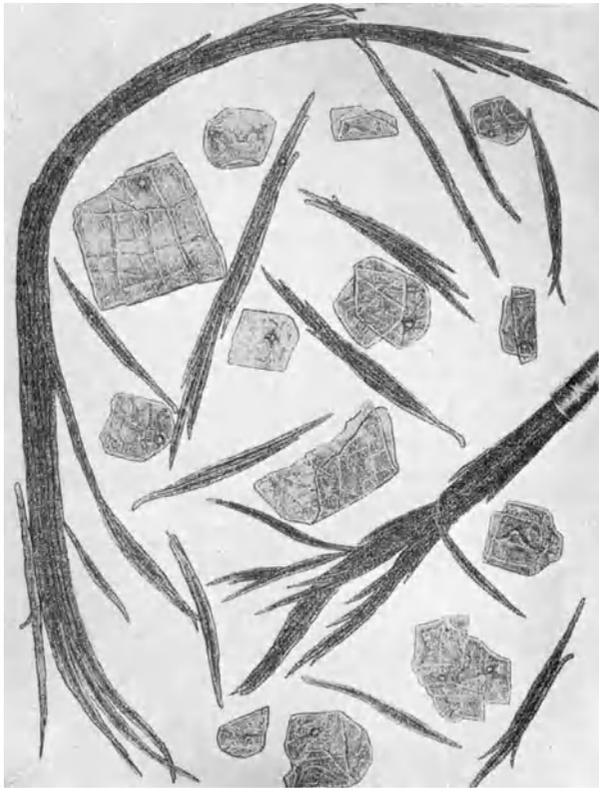


Abb. 59. Bruchstücke einer Wollfaser mit Alkali behandelt. Aggregate und einzelne Deckzellen, langgestreckte Markzellen oder Fibrillen. (L ö b n e r.)

mitbestimmender Faktor. Es sollten also nur Fasern mit annähernd gleicher Oberflächenbeschaffenheit miteinander verglichen werden. Nachfolgend ist eine weitere Tabelle, zusammengestellt von Bowman, über den Zusammenhang zwischen Faserdicke und Kräuselung angeführt. Man kann nun umgekehrt aus der Kräuselung einer Wolle auf ihre Feinheit schließen, was praktisch einfacher ist als eine Bestimmung des wahren Durchmessers. Das hat unter Fachkreisen in Europa zur Aufstellung einer Wollskala geführt, wo die Feinheit, der Durchmesser der Faser, ausgedrückt wird durch ihren Kräuselungsgrad.

Wolle	Windungen per inch	Durchmesser der Faser, inch
Englische Merino	24—30	0,00064
Southdown	13—18	0,00078
„	11—16	0,00100
Irische	7—11	0,00120
Lincoln	3—5	0,00154
Northumberland	2—4	0,00172

Es bedeutet die Bezeichnung: Super electa eine Wolle mit über 11 Windungen pro Zentimeter Länge; Electa zählt 9—10 Windungen; Prima 7—9, Secunda 6—7; Tertia 5—6 und Quarta 4—5. Dieser Vergleich ist aber nicht ein absolut sicherer Maßstab für die Feinheit, weil die einzelnen Windungen bei einer Wollfaser ganz verschiedene Abstände voneinander haben können bei gleicher Faserdicke.

Bohm (Schafzucht, Bd. I, S. 182) führt eine Tabelle an, wo noch bedeutend mehr Feinheitsgrade angegeben sind und die nachfolgend wiedergegeben sei. Bei all diesen Untersuchungen ist auch noch zu beachten, daß die Kräuselung in hohem Maße abhängt vom Feuchtigkeitsgehalt der betreffenden Wolle und leicht zu falschem Urteil führen kann, wie überhaupt durch jeden Prozeß, den die Wolle durchzumachen hat, ihr Bild geändert wird.

Qualität	Zahl der Kräuselungen (Bogen) per inch	Maße der Feinheiten		
		In Zenti- millimeter	In tausendstel inch	In Bruchteilen inch
Super Electa plus plus . . .	32	1,25 —1,50	0,4921—0,5905	$\frac{1}{2031}$ — $\frac{1}{1693}$
Super Electa plus	30—32	1,50 —1,60	0,5905—0,6496	$\frac{1}{1693}$ — $\frac{1}{1587}$
Super Electa	28—30	1,65 —1,775	0,6496—0,6988	$\frac{1}{1587}$ — $\frac{1}{1430}$
Prima Electa	26—28	1,775—1,90	0,6988—0,7480	$\frac{1}{1430}$ — $\frac{1}{1336}$
Secunda Electa	24—26	1,90 —2,03	0,7480—0,7885	$\frac{1}{1336}$ — $\frac{1}{1267}$
Hohe Prima	23—24	2,03 —2,225	0,7885—0,8759	$\frac{1}{1267}$ — $\frac{1}{1141}$
Prima	21—23	2,225—2,40	0,8759—0,9448	$\frac{1}{1141}$ — $\frac{1}{1058}$
Geringe Prima	20—21	2,40 —2,54	0,9448—0,9999	$\frac{1}{1058}$ — $\frac{1}{999}$
Hohe Secunda	19—20	2,54 —2,666	0,9999—1,0496	$\frac{1}{999}$ — $\frac{1}{952}$
Secunda	17—19	2,666—2,90	1,0496—1,1417	$\frac{1}{952}$ — $\frac{1}{875}$
Geringe Secunda	16—17	2,90 —3,175	1,1417—1,2499	$\frac{1}{875}$ — $\frac{1}{799}$
Tertia	13—16	3,175—3,70	1,2499—1,4566	$\frac{1}{799}$ — $\frac{1}{686}$
Quarta	0—13	3,70	1,4566	$\frac{1}{686}$

9. Die Markzellen. Die Markzellen sind meist rundliche langgestreckte, oft auch ein wenig flache Zellen und immer etwas größer als die sie umgebenden Zellen der Rindenschicht. Der Anteil, den die Markzellen am Aufbau der Faser nehmen, schwankt zwischen den extremen Werten sogar innerhalb der Wolle desselben Vließes. Die Abb. 52 zeigt uns Wolle desselben Tieres mit Fasern, mit kräftig ausgebildetem Mark und markfreien Fasern. Haarähnliche Fasern zeigen das Mark deutlicher unter dem Mikroskop als feine Wollen; doch sind letztere meist nur so durchsichtig, daß es schwerer fällt das Mark zu identifizieren als bei Haaren. Bei Kamelhaaren ist das Mark entweder ein zusammenhängendes Band von oft stark pigmentierten Zellen, oder aber die Zellen des Marks sind

wie Körner in die Rindenschicht eingelagert. Nur wenige Haare, z. B. die der Hauskatze, haben in allen Fällen immer ein gleichartig ausgebildetes Mark (siehe Nr. 3, Abb. 39), so daß man daraus die Zugehörigkeit zum Tier beweisen kann.

Die Zellwände der Markzellen sind meist sehr dünn und leicht gekörnt, mit eingelagerten Pigmentkörperchen durchzogen. In vielen Fällen ist die Markzelle mit Luft gefüllt, insbesondere deutlich nachweisbar bei Kuhhaaren. Die Grannenhaare, Stichelhaare enthalten in der Regel mehr Mark als die Wollen. Im allgemeinen gilt die Regel, daß eine Wolle mit gesteigerten Feinheiten immer mehr an Markzellen verliert; doch sind die Zusammenhänge, wie sie sicherlich in bezug auf Rasse, Pflege der Tiere und dem Aufbau der Haare bestehen, noch sehr wenig studiert. Das Studium wird noch dadurch erheblich erschwert, daß die Beobachtung unter dem Mikroskop nicht immer den Entscheid sicher treffen läßt, ob und wieweit die Medulla als solche anzusprechen ist, da eine große Reihe Fasern kontinuierlichen Übergang zeigen von der Cuticula zur Medulla. Wenn die Markzellen deutlich ausgeprägt und voneinandergetrennt sind, spricht man von Markinseln. Die Markzellen sollen nach einigen Forschern die Aufgabe übernehmen, dem Haar aus der Haarwurzel die Nahrung zum Wachstum zuzuführen.

Für den Praktiker bietet das Mark andere Interessen, die da sind: Zusammenhang mit der Porosität, dem Färbevermögen, d. h. dem Festhalten von Farbe oder Farblösung in den hohlen Zellen. Auch Salze, Säuren und Alkalien werden vom Mark festgehalten. Während Deckschicht und Rindenhaut als festes Zellgefüge meist sehr einheitlich vorliegen, gibt ein unregelmäßiges Mark oft Anstoß bei den Veredlungsprozessen. Es muß auch hervorgehoben werden, daß die Deckzellen in den wenigsten Fällen angefärbt werden, sondern daß sie durchscheinend, fast farblos bleiben. Daraus geht hervor, daß zur Beurteilung der Färbungen verschiedener Wollen diese in ihrem Rohzustand ebenfalls verglichen werden müssen und daß dem Färber durch verschiedene Wollqualitäten oft große Aufgaben gestellt werden. Auf dem verschiedenen Anfärbevermögen von Deckschicht und Rindenschicht beziehungsweise Mark beruht auch das verschiedene Aussehen bei auffallendem und überscheinendem Licht. Ebenfalls erscheint die quergeschnittene Faser stärker angefärbt, als wenn wir sie von der Seite her betrachten. Daher rührt der volle Ton von Plüsch und Sammettuchen.

Es kann auch vorkommen, daß die Deckschicht so wenig angefärbt wird, daß bei ihrer großen Oberfläche und dem hohen Glanz eine Färbung immer fade und leer erscheint.

10. Die natürliche Farbe der Wollen. Die eigentlichen Farbkörperchen liegen bei der Wolle größtenteils im Mark eingelagert als zusammenhängende oder einzelne Körnchen. Gänzlichliches Fehlen der Farbkörperchen gibt die rein „weiße Wolle“. Nach Bowman (Structure of Wool Fibre, S. 267) haben die Farbkörperchen der Wolle folgende Zusammensetzung:

Kohlenstoff	55,40 %	Stickstoff	8,50 %
Wasserstoff	4,25 „	Sauerstoff	31,85 „

Wenn die Farbkörperchen auch in der Rindenschicht stark vertreten sind, erscheinen die Wollen ebenfalls kräftig gefärbt: meist braun bis

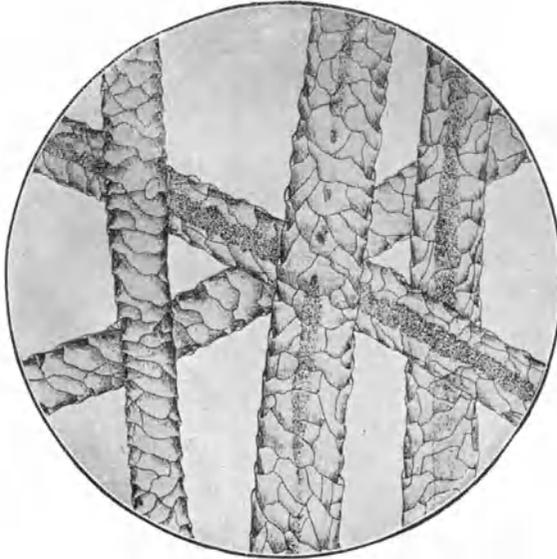


Abb. 60. Wollfasern mit pigmentiertem Mark.

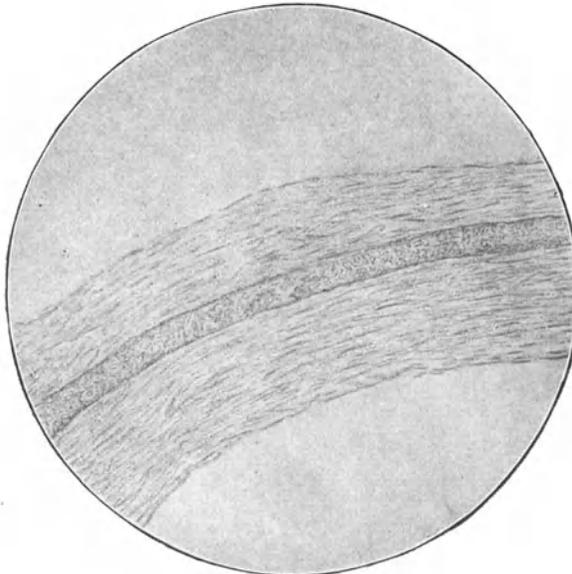


Abb. 61. Pigmentstrang von Cotswoldwolle. Aufeinanderfolgende Einwirkung von Ammoniak und Schwefelsäure.

kräftig schwarz. Im Mark liegen die Farbkörperchen meist dicht aneinander, während sie in der Rindenschicht meist zu Fäden aufgereiht sind

und der Faser eine natürliche Streifung erteilen. Schwach gefärbte Wollen haben die Pigmentkörner nur im Zellinnern; bei kräftig gefärbten Wollen dagegen sind auch die Zellwände dicht pigmentiert.

Die künstlich angefärbte Wolle nimmt den Farbstoff in der Hauptsache in den Zellwänden auf. Bei Wollen mit natürlicher Färbung erkennt man noch die luftgefüllten Markzellen, die bei angefärbter Wolle ganz verschwinden. Die schon erwähnte Streifung bei natürlich gefärbter Wolle tritt bei künstlich angefärbter Wolle nie auf, was ebenfalls zur Unterscheidung herangezogen werden kann. Die Ansicht, daß zwischen Festigkeit, Elastizität und anderen physikalischen Eigen-

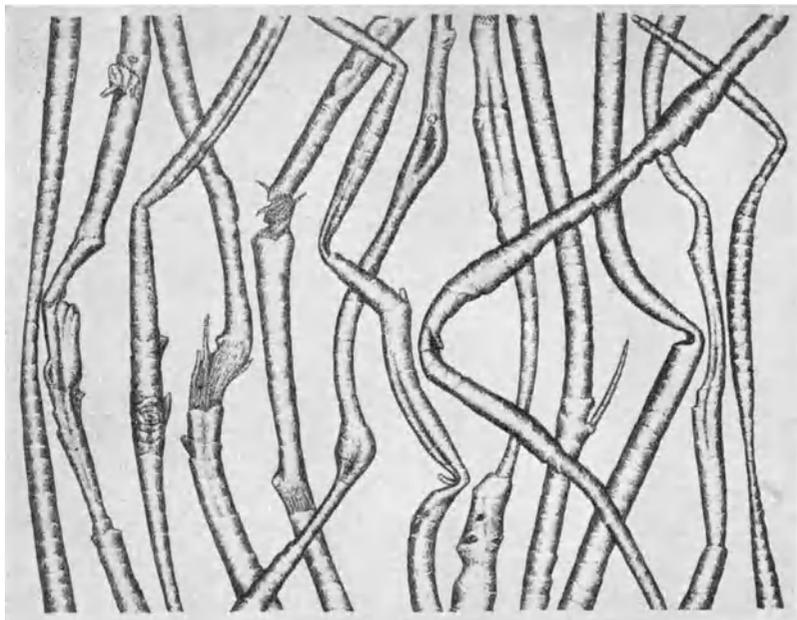


Abb. 62. Wilde oder kranke Wollen.

schaften einerseits und der natürlichen Färbung andererseits ein Zusammenhang bestehe, hat sich nicht bestätigt, trotzdem verschiedene Forscher diese Annahme vertraten. Die genauen Messungen zur Klärung dieser Frage machte McMurttrie (*Examination of Wools*). Es ist nämlich möglich, bei der Behandlung von Wolle mit Natrium- oder Kaliumhydroxyd die Pigmentstränge einer gestreiften Wolle aus den Bruchteilen der Faser herauszubekommen; doch berechtigt diese Tatsache nicht zur Annahme größerer Festigkeit natürlich gefärbter gegenüber weißen Wollen.

11. Wilde oder kranke Wollen. Gelegentlich sind die Wollen ganz abnormal ausgebildet; es fehlt das Mark, die Faser ist nicht gleichmäßig dick; die Deckschuppen sind stark verkittet oder das Haar ist geknickt oder verzweigt. Alle diese Abnormitäten treten bei den Veredlungsprozessen hindernd in den Weg, so daß man solche Wolle womöglich ganz

von der Verarbeitung ausschließt. Die Ursachen, die zur Bildung solcher wilden Wollen führen, sind mannigfaltig. Als Gründe können genannt werden: Krankheit der Tiere, stark wechselnde Ernährung, Überzüchtung oder Inzucht usw.

12. Gerberwolle, Sterblingswolle, Raufwolle. In gewissen Fällen, z. B. Massensterben oder Notschlachtung, trägt das Fell noch das volle Vlies, und es ist die Arbeit des Gerbers, das Fell zu enthaaren. Dabei ist



Abb. 63. Extreme Durchmesser von Wollfasern
($\times 550$).

diese Gerberwolle nur ein Abfallprodukt, und die rationelle Entfernung der Wolle von der Haut liegt im Vordergrund des Interesses ohne Rücksicht, ob beim Enthaaren die Faser leidet.

Zur Entfernung der Wolle vom Fell werden verschiedene Wege eingeschlagen. Das Grünkalken dürfte die allgemeinere Methode sein. Man imprägniert das Fell von der Fleischseite her mit einem Gemisch von Kalkmilch und Schwefelnatrium und läßt diese Agenzien einige Zeit einwirken, worauf sich das Vlies auf der anderen Seite ziemlich glatt abheben läßt. Da, wo jedoch die Kalk-Natriumsulfid-Lösung die Wolle berührt hat, wird diese unter Grünkalken (daher der Name Grünkalken) zerstört. Die Behandlung mit Kalk allein liefert nicht so gute Resultate. Immerhin ist bei beiden Prozessen ein Beschmutzen mit den Agenzien nicht zu vermeiden. Der Prozeß beruht überhaupt darauf, daß die Lösung langsam durch die Haut dringt,

bis die Haarwurzeln ebenfalls mit ihr durchtränkt sind, worauf dort das Haar durch Zerstörung abgelöst wird. Diese Enden werden unter dem Mikroskop immer von solchen Haarenden einer geschorenen Wolle unterschieden werden können. Die Gerberwolle ist aus diesem Grunde auch nicht so leicht egal anzufärben, weil immer in diesen Enden noch Spuren von den Kalk-Schwefelnatrium-Solventien anhaften.

Eine andere Methode zur Entfernung der Wolle von der Haut bietet das Dämpfen unter Luftausschluß in Kammern. Dabei verliert die Wolle viel weniger an Festigkeit. Heute noch sind die Gerberwollen nicht geschätzt, so daß es Schwierigkeiten bietet, dieselbe als solche zu verkaufen und andererseits zu unloyalem Geschäftsverkehr verleitet; denn speziell

in Amerika werden große Mengen ungeschorener Schafe geschlachtet und die Felle dort und in Europa verarbeitet; über die Verarbeitung dieser Gerberwolle aber verlautet sehr wenig. Sie dürfte heute fast immer zu billigeren Sorten und zu Shoddy zugemischt werden.

13. Physikalische Eigenschaften. Die Kenntnisse der physikalischen Beschaffenheit der Wolle ist von großer Bedeutung für denjenigen, der sie verarbeiten und veredeln muß. Die physikalischen Eigenschaften, wie Dehnbarkeit, Reißfähigkeit, Kräuselungsvermögen, Formbarkeit und Formfestigkeit, schwanken in weiten Grenzen und stehen sehr oft in direktem Zusammenhang mit der Struktur, dem innern Bau der Faser.

14. Festigkeit und Elastizität. Vor allem interessiert uns der Zusammenhang zwischen Reißfestigkeit und Elastizität bei Wollen verschiedenen Durchmessers. Eine diesbezügliche Tabelle nach Bowman sei angeführt:

Wolle	Festigkeit in Gramm	Elastizität in %	Durchmesser der Faser
Menschenhaar	106,0	36,6	0,00332
Lincolnwolle	33,0	28,4	0,00181
Leicester-Wolle	31,0	27,3	0,00164
Northumberlandwolle	28,0	27,0	0,00149
Southdownwolle	5,9	26,8	0,00099
Australische Wolle	3,2	33,5	0,00052
Sächsische Wolle	2,5	27,5	0,00034
Mohair	38,0	29,9	0,00170
Alpaka	9,7	24,2	0,00053

Die Tabelle gibt ein deutliches Bild der Festigkeit der Fasern, wenn diese auf den gleichen bzw. äquivalenten Durchmesser bezogen werden. Man erhält diese Zahlen, wenn man die Festigkeit multipliziert mit dem reziproken Durchmesser. Für das Menschenhaar ist die erhaltene Zahl als Typ = 100 gesetzt worden, wobei die verschiedenen Haare folgende vergleichbare Festigkeiten erhalten:

Menschenhaar	100,0	Northumberland-	Mohair	136,2
Lincolnwolle	96,4	wolle	Alpaka	358,5
Leicester-Wolle	119,9	Australische Wolle	Baumwolle (ägypt-	
Southdownwolle	62,3	Sächsische Wolle .	tische)	201,8
				122,8
				224,6

Es ist bemerkenswert, daß die sächsische Wolle unter allen aufgezählten die größte Festigkeit erreicht, und ebenso interessant ist die Tatsache, daß die Baumwolle die mittlere Wollfestigkeit stark überschreitet.

Werte nach der gleichen Meß- und Vergleichsmethode für die, aus den verschiedensten Fasern zugestellten Garne zeigt folgende Tabelle von Barker¹:

Garn	Bruchgewicht in Unzen	
	1 inch Test	27 inches Test
Seide, Trame (4)	45,0	40,0
Ramie (12)	34,5	24,5
Lein (15)	29,5	18,0
Baumwolle Amerika (14)	17,0	13,5
Viskose (2)	11,0	11,0
Kupferseide (9)	9,0	5,0
Botanische Faser? (9)	7,5	3,5

¹ Journ. Soc. Dyers & Col. 1905, S. 36.

Streckung in Millimeter Widerstand in Pfund pro Einheit Querschnitt Totale Streckung in Millimeter Zugehöriger Streckwiderstand	5,00	41,300
	4,50	36,524
	4,00	35,065 9,00 43,157
	3,50	32,439 8,00 34,804
	3,00	29,416 7,00 34,736
	2,50	27,911 6,00 31,024
	2,00	26,677 5,00 38,285
	1,50	25,805 4,00 26,723
	1,00	24,527 3,00 25,465
	0,50	22,659 2,00 24,018
0,25	21,720 1,00 21,233	

Die Zahl nach der Garnbenennung bedeutet die Drehungen per inch. Der äquivalente Durchmesser ist $\frac{1}{30}$'s. Die Zahlen in der ersten Kolonne kommen der Reißfestigkeit näher, während diese der zweiten Kolonne den Vergleich der Fäden im Webstuhl veranschaulichen.

Einen ausführlicheren Vergleich der Wollen unter sich hat McMurtrie zusammengestellt, und die Resultate sollen nachfolgend wiedergegeben werden:

	Festigkeit in Gramm		
	höchste	tiefste	Mittel
Cotswold	44,54	16,10	30,44
Leicester	30,00	15,50	23,70
Lincoln	36,72	15,79	25,66
Southdown	21,29	6,48	12,78
Oxford	45,15	19,15	30,43
Merino	11,92	3,86	7,35

Eine Zusammenstellung über eine größere Zahl von Wollausmaßen ist in nebenstehender Tabelle gegeben:

Die beiden angeführten Diagramme der Elastizitäten der verschiedenen Wollen und ihr Vergleich mit Eisen und Stahl sind von McMurtrie ausgearbeitet worden.

15. Länge und Feinheit des Wollhaares. Stapel. Die Länge der Wollhaare schwankt zwischen den verschiedensten Werten, nicht nur bei Wolle verschiedener Schafe, sondern auch in ein und demselben Vlies. Die praktischen Grenzwerte dürften 2—20 cm Länge bilden, während die Dicke der Faser zu 0,01 und 0,05 mm angenommen wird. Bowman gibt von einigen Wollsorten die mittleren Durchmesser wie folgt an:

Leicesterwolle	0,00181
Southdownwolle	0,00099
Australische Merino	0,000517
Sächsische Merino	0,000338
Mohair	0,00170
Alpaka	0,000528 .

Aber auch innerhalb eines Vlieses sind nach Höhnel Schwankungen des Faserdurchmessers zwischen 12 und 85 Mikron gemessen worden. Nach Barker hat das feinste Wollhaar einen Durchmesser von $\frac{1}{3000}$ inch, während ein grobes Wollhaar der algerischen Schafe einen solchen von $\frac{1}{275}$ inch aufweist (vgl. auch Abb. 63).

Je nach der Länge wird die Wolle unterschieden in Streichgarn bis 100 mm und in Kammgarn über 100 bis 300 mm Länge, und die so ausgelesene Wolle macht je nach ihrer Zugehörigkeit bei der Verarbeitung die verschiedensten Prozesse durch. Die Herstellung der Gespinste aus den kürzeren Fasern ist die Aufgabe der

Streichgarnspinnerei. Die natürliche Kräuselung wird soviel wie möglich belassen, so daß der wollige Aspekt erhalten bleibt. Auf parallele Lagerung der Haare wird nicht allzu großer Wert gelegt. Beim Kammgarn hingegen, hergestellt aus längeren Fasern, wird vorsichtig parallelisiert, die Kräuselung durch Ausplätten aufgehoben und die zu kurzen Fasern durch Auskämmen entfernt.

Bei der Streichgarnspinnerei wird die Wolle nach dem Waschen geöffnet durch den sog. Wolf oder Reißwolf. Darauf wird die Wolle gefettet, um dann gekrempelt zu werden. Es wird auf einer Walze die mit Zähnen versehen ist, mehrere Male gekratzt, auf andere Reißwalzen übertragen, um zu egalisieren. Die Wolle verläßt die Walzen als feiner Flor, welcher darauf geteilt wird. Die Florbändchen werden durch Ösen, sog. Nitschelapparate, gezogen und dabei um sich selbst gedreht. Auf der Feinspinnmaschine wird der Faden weiter gedreht unter gleichzeitiger Streckung (Sel-faktor). Bei der Kammgarnspinnerei wird

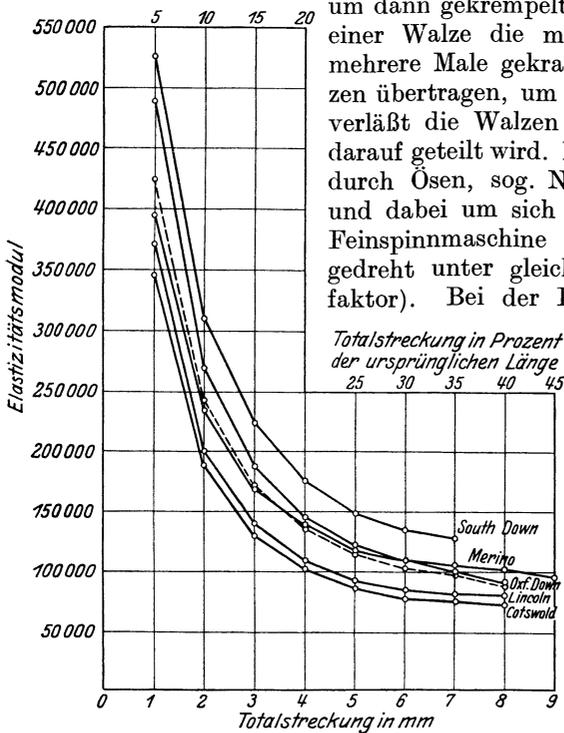


Abb. 64. Vergleich des Elastizitätsmoduls verschiedener Wollen.

auf heißen Walzen unter leichter Streckung getrocknet und poliert. Je nach Garnnummer wird erneut dupliert, 5—15mal passiert und endlich feingezwirnt.

16. Streichgarn Tests. Das Hauptaugenmerk wird bei der Einschätzung der Wollqualität dem Stapel geschenkt. Man will möglichst gleich lange Fasern. Nach Tetley (Textile Manufacturer) verfährt man bei der Testierung am besten wie folgt:

Zwischen Finger und Daumen der rechten Hand wird ein Probe-stück festgehalten und mit der linken Handfläche glatt gestrichen. Mit der linken Hand werden die Fransenenden festgehalten und die Probe auseinander gemacht. Die längsten Fasern bleiben in der linken Hand und werden auf die Seite gelegt. Die Operation wird wiederholt. Man erhält dann die Proben wie sie Abb. 68 zeigt.

die Wolle ebenfalls nach dem Waschen im Wolf geöffnet und darauf gefettet. Dann wird diese gekrempelt, gestreckt, aufs neue gekrempelt und dupliert, d. h. es werden die Florbändchen vereinigt und aufs neue gekrempelt und wieder getrennt, daraufhin ausgeplättet (Lisseuse). In einem Seifenbad wird die Wolle teilweise entfettet, die Florbändchen gequetscht,

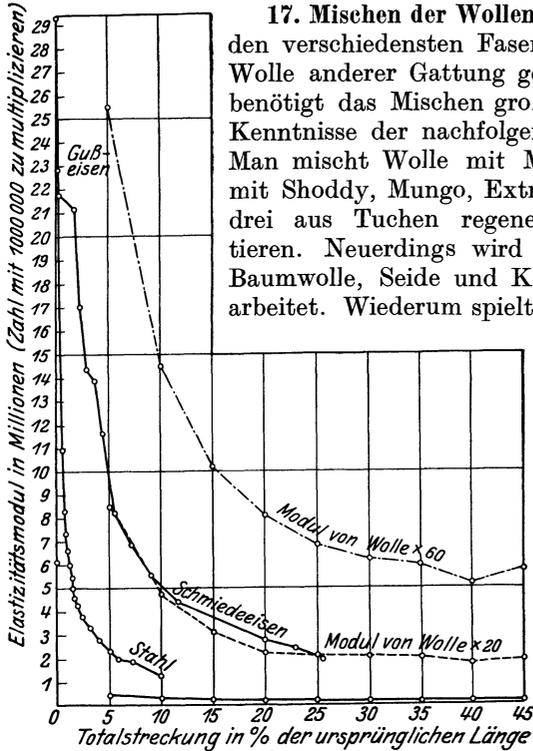


Abb. 65. Vergleich des Elastizitätsmoduls von Wolle, Eisen und Stahl.

17. Mischen der Wollen. Wolle wird häufig mit den verschiedensten Fasern anderer Herkunft oder Wolle anderer Gattung gemischt. In allen Fällen benötigt das Mischen große Erfahrung und genaue Kenntnisse der nachfolgenden Veredlungsprozesse. Man mischt Wolle mit Mohair-, Kamelhaarwolle, mit Shoddy, Mungo, Extraktwollen, welche letztere drei aus Tuchen regenerierte Wollen repräsentieren. Neuerdings wird die Wolle auch viel mit Baumwolle, Seide und Kunstseide zusammen verarbeitet. Wiederum spielt auch hier die Stapellänge eine bedeutende Rolle bei der Auswahl. Im allgemeinen dürfte das Vermischen kürzerer Wolle weniger schwierig sein, als das Verarbeiten langfaseriger Wolle. Je näher die zu mischenden Fasern einander im Stapel sind, desto einfacher gestaltet sich das Verarbeiten.

Eine Regel zum Mischen der Wolle kann füglich nicht aufgestellt werden, da es immerhin

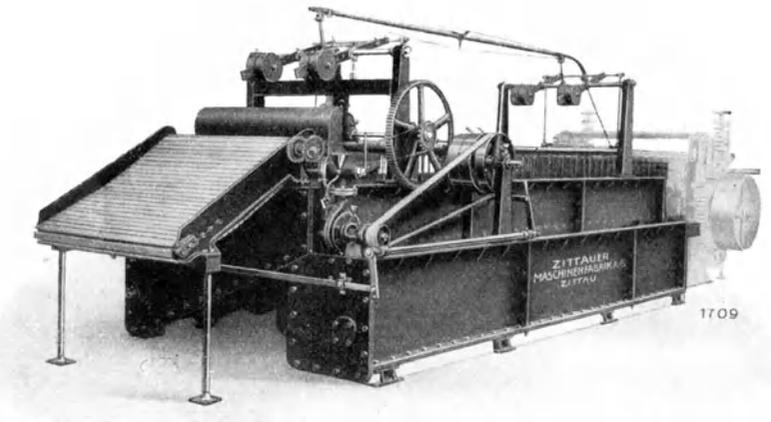


Abb. 66. Leviathan. (Zittauer Masch.-Fabr.)

auch Modesache sein wird, die richtigen Kombinationen zu treffen. Mit einigen Worten sollen noch die drei oft als Kunstwollen bezeich-

neten, aus alten Tuchen gewonnenen Wollfasern: Shoddy, Mungo und Extraktwolle beschrieben werden.

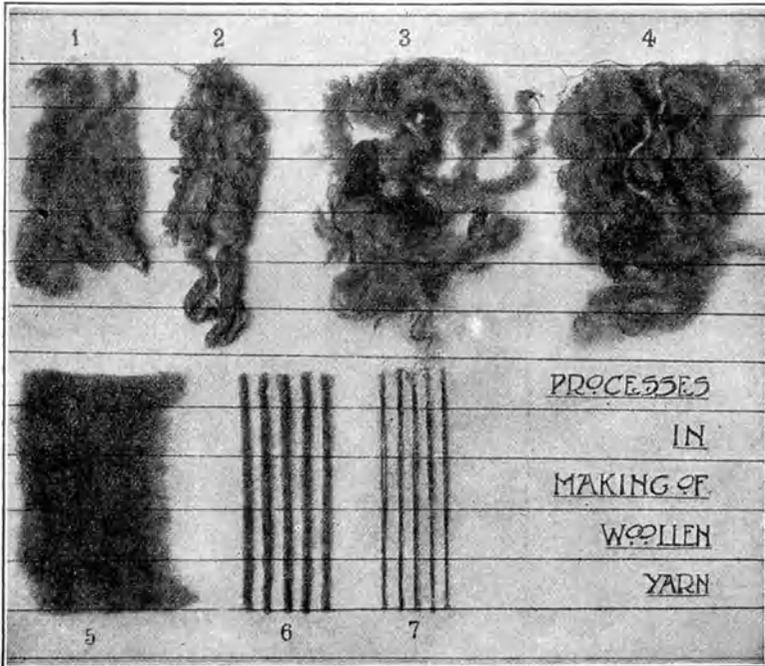


Abb. 67. Streichgarn. Fabrikationsstufen.

1 Rohe Cross-breed-Wolle; 2 gewaschen und lose gefärbt; 3 melierte Wolle; 4 geöffnete Wolle; 5 gekrempelte Wolle; 6 vorgesponnen oder kardierte; 7 Mule-Garn oder Streichgarn.

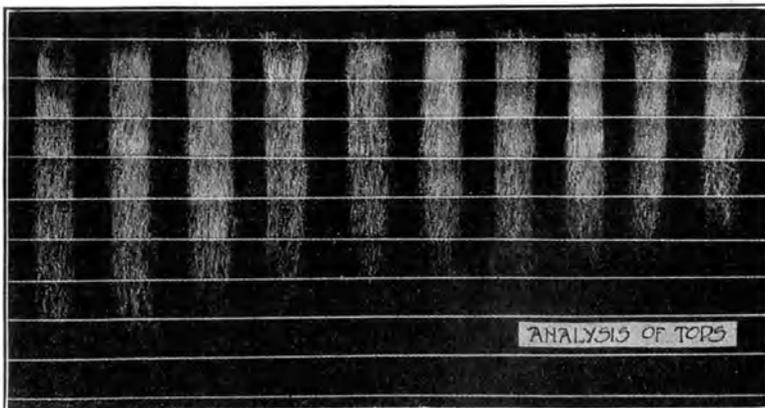


Abb. 68. Wollanalyse, zeigt die Zusammensetzung des Stapels.

Shoddy wird aus langstapeligen Tuchen und Stoffen zurückgewonnen. Die Tuche oder Stoffe dürfen nicht verfilzt und gewalkt sein.

Mungo ist das regenerierte Fasermaterial von gewalkten und verfilzten Stoffen. Extraktwolle stammt aus Geweben gemischter Fasern, also aus Halbwolle (Seide, Baumwolle). Durch den Karbonisierungsprozeß wird die Fremdfaser entfernt. (Behandeln mit Säure und leichtes Trocknen und Ausklopfen der zerstörten Baumwolle.)

Die grobe Peruviabaumwolle gilt wegen ihrem langen Stapel, der Kräuselung und groben Oberfläche als eine der besten zur Mischung mit Wolle. Man kann ihr mit gutem Recht den Namen vegetabile Wolle beilegen. Die damit erzielten Halbwolltüche sind wegen ihrem gediegenen Glanz und ihrer Festigkeit geschätzt. Die eingemischte Baumwolle verhindert auch bis zu einem gewissen Grad das Eingehen der Wolle und verbilligt das Tuch ganz bedeutend.

Die Abfälle der Kammgarnspinnerei liefern die beste Mischwolle, da es reine, noch unversponnene Fasern sind. — Die Kamelhaare sind wenig einheitlich im Stapel. Die feinen gelblichen Wollen sind häufig durchsetzt mit stark braun gefärbten Grannen, welche eine Länge von 2 inches erreichen. Die Mohairwollezusätze sind die feinen Haare der Angoraziege. Die Bezeichnung Mohairwollen kommt einer großen Zahl von Vliesen zu, die von Angoraziegen und deren Kreuzungen stammen. Meist sind ihre Wollen weiß, weniger häufig grau. Die Faserlänge erreicht 5—6 inches, und der Glanz und die feine Kräuselung sind sehr ausgeprägt.

Alpakazuschläge stammen von der Alpakafabrikation; es sind die abgekämmten Fasern der Alpakawollen, der Wollen vom Lama, dem Vicuña und des Guanako, welche letztere in der Bedeutung hinter dem Alpaka ziemlich zurückstehen. Für Phantasiegewebe wird auch Seide zugeschlagen, und zwar ist die verwendete Seide ebenfalls das Nebenprodukt der Seidenspinnerei.

Alle Zuschläge zu der Wolle müssen erst nach dem Ölen der Wolle zugesetzt werden, weil sonst Baumwolle und Seide stark angeschmutzt würden, und weil gefettete Seiden und Baumwollen nicht mehr gewirnt werden können, da sie sich wieder aufdrehen. In ganz großem Maße wird auch Gerberwolle zu der Streichwolle zugesetzt, wodurch bei richtiger Behandlung derselben das Gewebe qualitativ keine Einbuße erleidet.

Das Mischen der Wolle mit den Zuschlägen wird meist wie folgt vorgenommen: auf der Mischbühne wird ein dünner Flor Wolle gleichmäßig auf dem Boden ausgebreitet. Darüber wird nun z. B. ein dünner Flor Baumwolle gebreitet und darüber noch ein Flor Shoddy, worauf wieder Wolle folgt usw. Der Stock wird bis zu mehr als einem Meter aufgebäut, um möglichst einheitliche Streichgarne zu bekommen. Wenn sehr kurze und sehr lange Fasern gemischt werden sollen, ist auch darauf zu achten, daß genügend Fasern mittlerer Länge die Bindung und den Ausgleich bewerkstelligen. Wenn drei verschiedene Stapel vorliegen, werden oft auch vorerst der kurze und der lange Anteil vermischt, worauf das Gemisch der beiden aufs neue mit der mittleren Faser durch abwechselndes Florlegen gemischt wird.

18. Verschiedene Einflüsse auf die Wollqualität. Die Rohwolle ist in ihren Qualitäten stark beeinflusst durch die Rasse, die Pflege, Ernährungs-

und Putzzustand der Schafe. Das Klima, die Witterung bei der Schur, der Transport variieren des weiteren die Qualität.

Allgemein als günstig bezeichnet wird ein gemäßigtes Klima in Gegenden mit ausgeprägtem Heideland, mit regelmäßigem, aber nicht starkem Regenfall. Heftige Regengüsse sollen die Wolle granniger werden lassen, während andauernde Hitze ebenfalls die Qualität und die Faserlänge stark heruntersetzt. Australien mit seinem gemäßigten, halb ozeanischen Klima, milden Sonnenschein und einem gleichmäßig verteilten Regenfall von 2—3 inches Höhe pro Jahr gilt als ideales Land für die rationelle Schafzucht. Man hat ferner beobachtet, daß kalkhaltiger Boden ein weniger geeignetes Futter liefert als lehmiger Boden. Auf

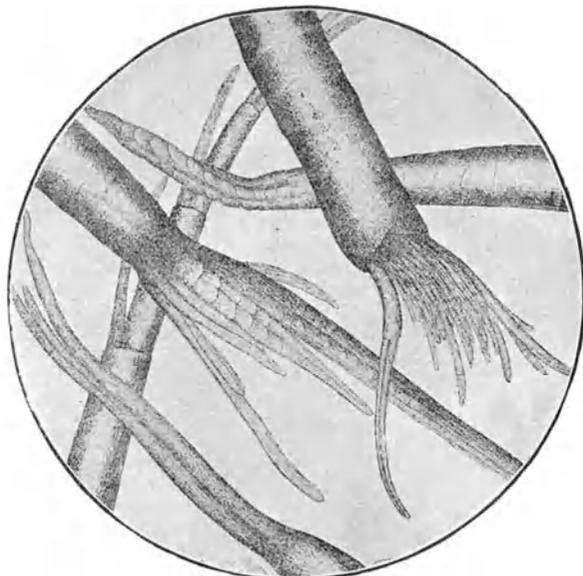


Abb. 69. Wolle mit anormalen Enden.

ersterem wird die Wolle desselben Schafes viel gröber, als wenn das Schaf Futter auf Lehmboden genießt. Ganz allgemein bekannt ist auch die Regel, daß ein Schaf, das die besten Wollen liefert, in bezug auf Fleisch ganz wertlos ist und umgekehrt.

Die Wolle der Utahschafe ist sehr grob und brüchig, also ziemlich wertlos. Man spricht dem stark alkalihaltigen Boden und dem trockenen Klima die Schuld dafür zu. Das Eingehen der Wolle steht ebenfalls in engem Zusammenhang mit den klimatischen Verhältnissen. Nach lang anhaltendem Regen wird eine eben geschorene Wolle ein nur geringes Eingehen zeigen. Man kann am Vlies ganz gut die Beschaffenheit des Bodens, wo das Tier gelebt hat, erkennen. Eine sandige Gegend hinterläßt im Vlies immer Sandkörnchen usw. Das Einschrumpfen schwankt im allgemeinen zwischen 55 und 35%. Am meisten schrumpft die südkalifornische Wolle ein, sie enthält auch sehr viel Sand und Schmutz. Etwas weniger, doch immer noch über 65—74% Schrump-

Die verschiedenen Prozesse und ihre schädigende Wirkung.
Färbung Indigo, Vicuña-Finish.

	Art der Kette	Zwirntouren per inch	Länge der Kette in Yard	Breite	Art des Ein- schlags (Schuß)	Zahl der Nocken per inch	Gewicht von Kette und Einschlag in Pfund	Total- gewicht	Relative Festigkeit und Elastizität			
									Kette	Schuß		
									Festig- keit in Pfund	Elasti- zität in inch	Festig- keit in Pfund	Elasti- zität in inch
0	Webstuhlensatz . . .	104	70	69 ³ / ₄	40	100						
1	Fertiggewoben . . .	111	{ 62 ¹ / ₂ } { (d.Tuches) }	66	36	101	{ 32 ¹ / ₂ Kette 45 ¹ / ₂ Einschl. }	78	141	1 ³ / ₄	95	1 ³ / ₈
2	Gerauh	122	60	60	35	107	{ 30 Kette 43 Einschl. }	73	134	1 ³ / ₄	77	1 ³ / ₄
3	Gewalkt	124	60	59	35	107	{ 29 Kette 42 ¹ / ₂ Einschl. }	71 ¹ / ₂	142	1 ³ / ₅	72	1 ³ / ₄
4	Geformt	124	60 ¹ / ₂	59	36	106	{ 29 ¹ / ₂ Kette 41 Einschl. }	70	137	1 ¹ / ₂	66	1 ⁵ / ₈
5	Gefärbt	126	60	58	35	107	{ 30 ¹ / ₂ Kette 42 Einschl. }	72 ¹ / ₂	140	1 ¹ / ₃	72	1 ⁵ / ₈
6	Zugeschnitten . . .	126	60	58	35,5	107	{ 30 ¹ / ₂ Kette 41 ¹ / ₄ Einschl. }	71 ³ / ₄	132	1 ¹ / ₃	69	1 ¹ / ₂
7	Gepreßt	126	61 ¹ / ₂	58	35	104	{ 30 ¹ / ₂ Kette 41 ¹ / ₄ Einschl. }	71 ³ / ₄	137	1 ¹ / ₄	68	1 ¹ / ₂

Schrumpfung { Breite: 17 %
Länge: 12 „

Totaler Breitereverlust = 8 % { 6 % Kammgarn
8 „ Streichgarn

fung zeigt die Texaswolle. Die größeren amerikanischen Wollen zeigen alle ein ziemlich großes Einschrumpfen; 60% dürfte das Mittel sein. Die kurzen Amerikawollen aus Kalifornien und Texas werden auch hauptsächlich auf Filz verarbeitet, oder dienen höchstens als Zuschläge zu billigen Streichgarnen. Infolgedessen wird auch die Schafzucht in diesen Gegenden sehr oberflächlich betrieben und der Export dieser Wolle beträgt kaum 1% der Gesamtproduktion.

Jede Schwankung in der Ernährung und in dem körperlichen Wohlbefinden des Schafes teilt sich der Wolle mit, so daß dann die unregelmäßigen Fasern (Abb. 62 und 51) entstehen. Dadurch wird oft eine an sich gute Wolle qualitativ stark heruntersetzt, so daß sie für die Kammgarnspinnerei nicht mehr in Frage kommt und dem Schafzüchter oft großen Schaden bringen kann.

Die Krätze der Schafe beeinflusst die Wolle ganz erheblich. Die Haut schwitzt bei dieser Krankheit einen Saft aus, der die Wolle trocken und brüchig macht und sie stark entwertet. Verschiedenes Ungeziefer auf dem Schaf verursacht eine Verfärbung der Fasern, die durch keinen Veredelungsprozeß ausgeglichen werden kann; diese Wolle muß jedenfalls auch bedeutend unter dem Preis abgestoßen werden¹.

Breiteverluste bei der Fabrikation der Wolltuche.

Art des Tuches	Finish	Kette	Schuß	Gewicht	Breiteverlust in %
1 Vicuña	stark gewalkt	Streichgarn, geringe Qualität	Mittel	Unzen 21 ¹ / ₂	24
2 Hosentuche	Rein	Meliert und Baumwolle	Schwarz, geringe Qualität	16	17
3 „	„	„	„	—	16 ¹ / ₂
4 Halbwolle	Sommerkleider	24 Gala; 44 gezwirnt per inch	Mittel	17	10
5 „	„	2/24 Gala, 30 gezwirnt	„	18	10
6 Hosentuche	gering gewalkt	30 sk., 68 gezwirnt per inch	Mittel, 64 Hocken per inch	17	10
7 Melton	stark gewalkt	2/40 Baumwolle 40 gezwirnt	6 sk., gering, 60 gezwirnt	18	27
8 Schwere Tuche	Velvet; weich	2/20 Baumwolle 18 gezwirnt	5 sk., mittel	Pfund 3 ¹ / ₂	20
9 „	„ „	Wolle, gering	Mittel	4	22
10 Damentuche	Walke dekat. dekatiert	1/36 Mule 72 gezwirnt	40 sk., gute Qualität, 36 Hocken per Inch	—	13

19. Einfluß der Veredelungsprozesse auf die Wollqualität. Bis jetzt haben wir uns interessiert für die Qualitäten der Faser und ihre Eignung

¹ Zur Bekämpfung der Schafparasiten werden mannigfaltige Mittel verwendet, wie Kalkschwefelverbindungen, Tabaksaft, Holzteepräparate, Arsenpräparate und Karbolsäuren. Nicht alle diese Mittel sind ohne Einfluß auf die Wollqualität, so daß vor der endgültigen Wahl eines dieser Mittel durch Vorversuche entschieden werden muß.

zu den verschiedenen Produkten. Im weiteren sollen nun die Einflüsse der Verarbeitung auf die Wollerzeugnisse behandelt werden, weil letzten Endes die Festigkeit, Dauerhaftigkeit des Endproduktes den Käufer am meisten interessiert. Durch das Waschen, Verspinnen, Walken, Färben und Appretieren erleidet nämlich, wie wir sehen werden, die Faser eine größere oder kleinere Schwächung, welche unter Umständen so enorm ausfallen kann, daß es gleichgültig war, was für Qualitäten die Rohwolle aufwies. Im allgemeinen werden die Streichgarne stärker beansprucht und geschädigt bei ihren Arbeitsprozessen als Kammgarn.

Das Diagramm (Abb. 70) von Prof. F. Midgley (Textile Manufacturer) veranschaulicht die Schwächung der Faser bei den einzelnen Prozessen aufs beste. Ebenso

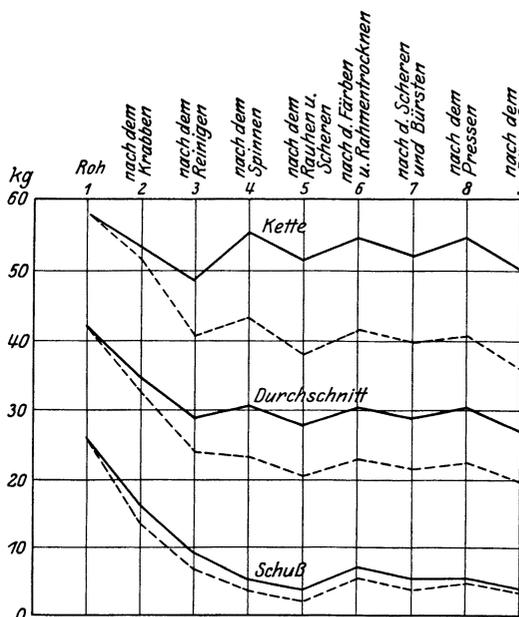


Abb. 70. Einfluß der Veredelungsprozesse auf die Festigkeit der Wolle.

interessant ist der Vergleich der Tuche untereinander in ihrem Werdegang zu verfolgen, was in den beiden vorhergehenden Tabellen ohne viele Worte zu machen deutlich hervorgeht. Die Operationen, die die Faser am meisten schwächen, sollen nachfolgend näher besprochen werden.

Beim Färben, Plätten, Bügeln, Glänzen, Walken usw. wird die Wollfaser auf höhere Temperatur gebracht, einesteils weil die Temperatursteigerung unbedingt nötig ist, den Prozeß zu bewerkstelligen, andernteils um einen Prozeß zu beschleunigen. Trockene Wärme ist im

allgemeinen schädlicher als feuchte, erstere macht die Fasern brüchig, letztere bringt die Wolle zum Verfilzen. Die Wärmesteigerung ist besonders gefährlich bei gleichzeitiger starker mechanischer Beanspruchung, wie Reibung und Druck. Maschinen, die einen Prozeß bei höherer Temperatur bewerkstelligen, müssen aufs beste reguliert werden können. Nicht zu unterlassen ist die Beobachtung der äußeren Temperatureinflüsse und der sich ändernde Feuchtigkeitsgrad der Luft bei Anwendung von Ventilatoren usw. zur Kühlung, Entlüftung.

Bei 100° verliert die Wolle innerhalb 40 Minuten ihre natürliche Feuchtigkeit, bei genügender Ventilation noch rascher. Bei höherer Temperatur verliert sie durch Zersetzung noch weiter an Gewicht. Es entwickeln sich Wasser und Ammoniak. Beim Trocknen gewinnt die Wolle an Festigkeit, zugleich nimmt aber die Elastizität ab;

die ursprünglichen Werte erholen sich wieder bei normalen Bedingungen.

Um 100° und in Gegenwart von genügend Feuchtigkeit ist die Wolle plastisch oder formbar und kann in jegliche Form gebracht werden. Technisch verwertet wird diese Eigenschaft beim Heißausrüsten, beim Krabben und in der Hutformerei, sowie beim Strecken der Garne, da die erteilte Form beim Abkühlen nicht wieder verschwindet. An der Luft und dem Licht wird Wolle allmählich mürbe und zerfällt. Dabei ist die weiße Wolle am empfindlichsten, die gefärbte Wolle leidet weniger und die mit Chromfarben gefärbte Wolle wurde als am widerstandsfähigsten gefunden. Die gefettete Wolle soll weniger beständig sein als entfettete. Bei längerer Belichtung an der Luft reagiert die Wolle sauer, da ihr chemisch gebundener Schwefel zu Schwefelsäure oxydiert wird. Durch die Belichtung veränderte Wolle ist auch sehr schwierig egal anzufärben.

Das Färben mit einfachen sauren Farbstoffen schädigt die Wolle wenig oder gar nicht. Viel gefährlicher sind die alkalischen Bäder der Indigofärbungen, besonders bei höherer Temperatur. Die Färbungen, die ein Vor- oder Nachbehandeln mit Chromsalzen verlangen, verändern die Wolle ziemlich bedeutend, so daß unter Umständen lose Wolle nicht auf diese Weise gefärbt werden kann, weil sie nicht mehr gleich gut verspinnbar ist wie vor dem Färben. Griff und Glanz sind die Änderungen, wie wir sie unter Umständen bei diesen Prozessen sofort wahrnehmen.

Beim Karbonisieren wird die Wolle zur Zerstörung vegetabilischer Bestandteile (Baumwolle) mit verdünnten Säuren, vorzüglich Schwefelsäure, auf hohe Temperatur gebracht. In der Praxis hat sich gezeigt, daß, wenn man mit dem Säuregehalt über 6° Twaddels geht, die Wolle angegriffen wird und sich nicht mehr egal anfärben läßt.

Beim Potttingprozeß, wo unter Druck bei höherer Temperatur unter Zugabe von schwachen Agenzien die Wolle im Stück gekocht wird, ist es die mechanische Beanspruchung der aufgequollenen Faser, die diese unter Umständen zu weit streckt, bricht oder deformiert.

V. Die chemischen Eigenschaften der Woll- und Haarfasern.

1. Zusammensetzung der Rohwolle. In ihrer chemischen Natur ist die Wolle aufs naheste verwandt mit den Haaren, der Haut, den Federn, dem Horn und ähnlichen Gebilden der Oberhaut. Natürlich ist dabei die reine Wollfaser gemeint, denn so wie sie vom Vlies kommt, haftet ihr eine große Menge Wollschweiß, Fett und Schmutz an, welche Verunreinigungen in der Wollwäsche größtenteils entfernt werden¹.

¹ In einigen Gegenden (Amerika) herrscht die Unsitte, die Schafe mittels Teer zu kennzeichnen. Es ist dem Wollwäscher fast unmöglich, diesen Teer zu entfernen; er haftet so stark, daß selbst, nachdem die Faser den Reißwolf passiert hat, die Haare aufs neue zusammenkleben. Ebenfalls soll Zinnphosphat als Markiermittel nicht verwendet werden, weil dadurch die Wolle brüchig wird.

Chevreul gibt eine Analyse von den dem Vlies anhaftenden Unreinigkeiten an. Die Zahlen beziehen sich auf ein Rohmerinovlies und dürften gute Mittelwerte darstellen:

Mineralische Bestandteile mit Wasser zu entfernen	26,06 %
Wollschweiß, wasserlöslich	32,74 „
Neutralfette, ätherlöslich	8,57 „
Mineralische Bestandteile im Fett	1,40 „
Wollfaser	31,23 „
	100,00 %

Dieses Resultat wurde erhalten von einem bei 100° C getrockneten Vlies; der Feuchtigkeitsgehalt der luftgetrockneten Wolle betrug 14%, so daß sich der effektive Wollgehalt im Vlies auf 27,5% erniedrigt. Der Reingehalt an Wolle schwankt innerhalb weiter Grenzen, die oben genannte Zahl stellt einen guten Mittelwert dar.

Nachfolgend sei eine Tabelle nach Wright¹ wiedergegeben, enthaltend die Analysen verschiedener Rohwollen:

	Halbblood	Dreiviertelblood	Leicester	Lincoln
Feuchtigkeit	16,90	19,30	17,97	17,18
Wollfett	16,68	12,08	8,94	5,72
Öl	0,42	0,74	0,91	0,96
Wollschweiß, wasserlöslich	10,30	12,72	7,81	2,26
Sand, Schmutz	3,62	3,92	5,10	5,32
Reinwolle	52,08	51,32	59,45	68,56

Eine weitere Tabelle, der Enzycl. Brit. entnommen, gibt den verschiedenen Wollsorten folgende Reingehalte:

	Reine Wolle in %
Australische Merino	50
Kapschafe	48
Südamerikanische Schafe (Merino)	45
Neuseeland cross-breed (Kreuzung)	75
Südamerikanische cross-breed (Kreuzung)	75
Englische Southdown	80
Englische Shropshire	80
Englische Lincoln	75
Mohair	85
Alpaka	85

2. Das Wollfett, Cholesterol. Die fettigen und die mineralischen Begleiter der Wollfaser entstammen einerseits den Haarwurzeln, von denen sie dem wachsenden Haar fortwährend mitgegeben werden, und andererseits sind es die Ausscheidungen der Talg- und Schweißdrüsen der Haut. Das Wollfett überzieht die Faser gleichmäßig und schützt sie gegen mechanische Einwirkungen und vor dem Feuchtigkeitsentzug. In gewissen Fachbüchern wird behauptet, daß das natürliche Fett die Wolle auch gegen Mottenfraß usw. schützen soll. Vom Verfasser ausgeführte Versuche ergaben die Tatsache, daß auch rohe Vlieswolle ebensosehr unter dem Mottenfraß leidet wie die gewaschene Wolle.

¹ Soc. Chem. Ind. 1909, S. 1020.

Mangelndes Wollfett läßt die Faser leicht brüchig werden, und ebenso leidet ihre Formbarkeit. Meist ist diese Wolle wertlos und die Träger derselben müssen von der Zucht ausgeschlossen werden. Man findet aber auch überfettete Wollen. Solange sich die Qualität dabei nicht geändert hat, verliert die Wolle nichts dabei. Häufig aber tritt bei Mehrung des Fettes Verschlechterung der Qualität hinzu; das Fett wird schwer löslich oder gar harzig (Pechschweiß). Oft sind die Anlagen zu größerer Fettabsonderung und Pechschweiß erblich und die betreffenden Schafe müssen von der Zucht ausgeschlossen werden, da bei den heutigen maschinellen Verarbeitungsmethoden keine anormalen Wollen berücksichtigt werden können.

Im Haarinnern hat man noch eine geringe Menge Öl festgestellt, das der Faser die Elastizität erhält. Durch die Wäsche im Leviathan wird und darf dieses Öl auf keinen Fall entfernt werden.

Das Wollfett ist kein chemisch einheitlicher Körper, es sind vielmehr verschiedene öl- und wachsähnliche Produkte. Der Hauptbestandteil, als Cholesterol bezeichnet, ist ein höherer einwertiger Alkohol mit der Bruttoformel $C_{26}H_{43}OH$, also kein Glycerid. Cholesterol ist von wachsartiger Konstitution und läßt sich leicht mit Wasser emulgieren. In etwas geringerem Anteil ist noch ein ebensolcher isomerer Alkohol, das Isocholesterol, im Wollschweiß zu finden. Von Chevreul sind des weiteren noch zwei wachsähnliche Bestandteile isoliert und wie folgt beschrieben worden:

a) Stearin, ein neutrales Fett mit einem Schmelzpunkt von $60^{\circ}C$. Es enthält keinen Schwefel und keinen Stickstoff und emulgiert sich mit Wasser auch bei Kochtemperatur nicht. Doch wird es mit Kalilauge ohne Aufspaltung mit Wasser emulgiert. Bei $15,5^{\circ}C$ ist es in 1000 Teilen Alkohol löslich.

b) Elairerin, ein Neutralfett, das bei $15,5^{\circ}C$ schmilzt und sich mit kochendem Wasser emulgiert. Es ist frei von Schwefel und Stickstoff und wird von Kalilauge verseift. Seine Löslichkeit bei $15,5^{\circ}C$ in Alkohol beträgt 1 : 143.

3. Der Wollschweiß. Die Haut des Schafes schwitzt eine Flüssigkeit aus, bestehend aus Wasser und den Kalisalzen verschiedener Fettsäuren, welche langsam auf den Haaren eintrocknet und im Rohvlies als Wollschweiß zurückbleibt. 1000 Gewichtsteile Rohvlies mit Wasser extrahiert und die Extraktflüssigkeit vorsichtig eingedampft, hinterlassen einen Trockenrückstand von 140—180 Gewichtsteilen. Dieser Trockenrückstand besteht zum größeren Teil, nämlich zu 70—90 Gewichtsteilen, aus Kaliumkarbonat, neben 5—6 Teilen Kaliumsulfat bzw. -chlorid. Im Mittel findet man bei Rohwolle also einen Gehalt von Kaliumkarbonat von ca. 10%.

Verschiedene Forscher haben eine mehr oder weniger ausführliche Analyse des Wollschweißes vorgenommen. Nach Maumené und Rogelet bestehen die anorganischen Anteile des Wollschweißes aus folgendem:

Kaliumkarbonat	86,78%	Kaliumchlorid	2,83%
Kaliumsulfat	6,18 ,	Kieselsäure, Phosphor, Kalk, Eisen usw.	4,21 ,

Diese Zahlen schwanken allerdings in oft großem Maße. Stinn (Die Gespinnstfasern, S. 143) gibt die Resultate von Döhren an, wonach aus 5000 Teilen Rohwolle 142 Teile Rohkalisalze erhalten wurden, welche folgende Zusammensetzung ergaben:

Kaliumkarbonat	78,5 %	Natriumsulfat	4,6 %
Kaliumchlorid	5,7 „	Unlöslicher Anteil	5,0 „
Kaliumsulfat	2,8 „	Organischer Rest	3,0 „

Eine weitere ausführliche Analyse ist von Märker und Schulze¹ vorgenommen worden. Der veraschte Wollschweiß zeigte nachfolgende Werte:

	I	II
K ₂ O, Kaliumoxyd	58,94 %	63,45 %
Na ₂ O, Natriumoxyd	2,76 „	Spuren
CaO, Kalziumoxyd	2,44 „	2,19 „
MgO, Magnesiumoxyd	1,07 „	0,85 „
Fe ₂ O ₃ , Eisenoxyd	Spuren	Spuren
Cl, Chlor	4,25 %	3,83 %
SO ₃ , Schwefelsäure	3,13 „	3,20 „
P ₂ O ₅ , Phosphorsäure	0,73 „	0,70 „
SiO ₂ , Kieselsäure	1,39 „	1,07 „
CO ₂ , Kohlensäure	25,79 „	25,34 „

4. Die mineralischen Bestandteile der Wolle. Die reine Wollfaser, also die von dem Wollschweiß befreite und entfettete Wolle, enthält ebenfalls mineralische Bestandteile, welche nach den Verbrennen der Wolle in der Asche gefunden werden. Die Wolle hinterläßt beim Verbrennen ca. 1% ihres Gewichtes Asche, welche größtenteils wasserlöslich ist und ebenfalls aus Kalisalzen besteht. Bowman gibt die Analyse einer Asche aus Lincolnwolle wie folgt an:

Kaliumoxyd K ₂ O	31,1 %	Kieselsäure	5,8 %
Natriumoxyd Na ₂ O	8,2 „	Schwefelsäureanhydrid	20,5 „
Kalziumoxyd CaO	16,9 „	Kohlensäure	4,2 „
Aluminiumoxyd }	12,3 „	Phosphorsäure	Spuren
Eisenoxyd		Chlor	Spuren

Wie überall in der Natur findet sich in der Wolle auch immer Arsen als Begleiter der mineralischen Anteile². Dabei entstammt oft ein großer Teil des Arsens den Waschmitteln, womit die Tiere und Wollen behandelt werden. Nach Thorpe sind die Mengen wie nachstehend bestimmt worden:

	Arsenige Säure			
	Mgms	pro	Gramm	Wolle
Flanell	0,005—	0,009	Ungefärbte Wolle	0,011
Weißer Wolle	0,037		Leinen	—
Cremewolle	0,004		Seide, ungefärbt	0,001
Welscher Flanell	0,015		Lammwolle	0,0005—0,047

5. Farbe der Wollen. Die weiße Wolle überwiegt bedeutend gegenüber den grauen, braunen und schwarzen Wollen. Bis heute kennt man auch keine Regeln in der Zucht oder in bezug auf Nahrung und

¹ Journ. Prakt. Chem., Vcl. 108, S. 193.

² Vgl. auch: Chem. Zeitg. Cöthen, 1926. Aufsätze über Arsennachweis.

Lebensweise, die die Zusammenhänge mit der Farbe der Wollen aufklären könnte. Nicht einmal die Zuchtwahl läßt mit Bestimmtheit schwarze Schafe züchten. Ein Schaf, das von ganz schwarzen Eltern stammt, kann rein weiße Wolle tragen. Die rein schwarze Wolle hat eine gewisse Bedeutung erlangt als Mischwolle zu guten Tuchen, doch erreicht bei der Schur der Betrag an schwarzer Wolle kaum 3—5%.

Die natürlichen Wollfarben sind gegenüber Säuren und Alkalien echt, aber nicht besonders widerstandsfähig gegen Licht. Es ist ein leichtes, die natürliche von der künstlichen Färbung bei einer Wolle zu unterscheiden. Die natürlichen Farbkörperchen sind hauptsächlich in den Markzellen angehäuft, weniger in der Deckhaut. Die künstlichen Farben jedoch färben vor allem die Zellwände der Wolle an, so daß das Mark unter dem Mikroskop viel weniger gut sichtbar ist; die überliegenden Zellen mit ihren gefärbten Wänden verdecken dasselbe fast ganz.

6. Chemische Konstitution der Wolle, Keratin. Die Elementaranalyse der Wolle ergibt das Vorhandensein von Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff und Schwefel in chemisch gebundener Form. Der Stickstoffgehalt ist auch der Seide eigen, doch fehlt bei der Seide der Schwefel gänzlich. Alle Haarfasern und Wollen dagegen können an ihrem Schwefelgehalt direkt identifiziert werden.

Die Forschung nach der Konstitution der Wolle ist noch nicht zu einem abgeschlossenen Resultat gekommen, man hat im wesentlichen die genaue Zusammensetzung bestimmt und der Wollsubstanz den Namen Keratin erteilt.

Elementaranalyse von Wolle.

Kohlenstoff	50 %	Stickstoff	15—17 %
Wasserstoff	7 „	Schwefel	2—4 „
Sauerstoff	26—22 „		

Keratin, frei von Asche, Wasser, gibt bei der Hydrolyse folgende Aminosäuren als Spaltprodukte¹:

	Keratin vom Pferdehaar; %	Keratin von den Gansfedern; %
Glyzerin	4,7 %	2,6 %
Alanin	1,5 „	1,8 „
Aminovaleriansäure	0,9 „	0,5 „
Leuzin	7,1 „	8,0 „
Pyrolidinkarbonsäure	3,4 „	3,5 „
Asparaginsäure	0,3 „	1,1 „
Glutaminsäure	3,7 „	2,3 „
Tyrosin	3,2 „	3,6 „
Serin	0,6 „	0,4 „

Nach Cohnheim ist die Zusammensetzung des hydrolysierten Keratins nach Bestandteilen mit bekannter Konstitution folgende:

Leucin	14 %	Cystin	13,92 %
Glutaminsäure	12 „	Tyrosin	3,00 „
Asparaginsäure	unbestimmt	Ammoniak	ziemlich große Menge

¹ Abderhalden. Zeit. physiol. Chem. 46, S. 31.

Da nicht alle Wollen die gleiche Elementaranalyse ergeben, wie die folgende Tabelle nach Bowman zeigt, stößt die Frage nach der Konstitution der Wolle natürlich auf erhebliche Schwierigkeiten.

	Lincolnwolle	Irische Wolle	Northumber- landwolle	Southdown- wolle
Kohlenstoff	52,0	49,8	50,8	51,3
Wasserstoff	6,9	7,2	7,2	6,0
Stickstoff	18,1	19,1	21,3	17,8
Sauerstoff	20,3	19,9	21,3	20,8
Schwefel	2,5	3,0	2,3	3,8
Verluste	0,2	1,0	—	—

Die Analysen sind ausgeführt worden mit den nacheinander mit Wasser, Alkohol und Äther gewaschenen Wollen.

Eine weitere Analyse der Spaltprodukte von Wolle, ausgeführt durch Abderhalden und Voitinovici¹, sei nachfolgend wiedergegeben:

Glutaminsäure	12,9 %	Tyrosin	2,9 %
Leuzin	11,5 „	Valin	2,8 „
Cystin	7,3 „	Asparaginsäure	2,3 „
Alanin	4,4 „	Glykokoll	0,58 „
Prolin	4,4 „	Serin	0,1 „

Die Wollfaser als Ganzes ist nach dem heutigen Stand der Forschung kein chemisch einheitlicher Körper, es sind vielmehr verschiedene chemische Individuen. Es geht dies deutlich daraus hervor, daß die Abbauprodukte in großem Maße schwanken in der Gestalt und ihrem Anteil.

Der Schwefel der Wolle ist wahrscheinlich in verschiedenen Bindungen im Molekül oder in den Molekülen befestigt, weil man beobachtet hat, daß ein Teil desselben leicht mit Alkali ausgezogen werden kann, während ein anderer Teil sehr fest gebunden ist. Ein Teil des Schwefels sitzt so leicht in der Faser, daß mit bleihaltigem Wasser beim Kochen (Färben) dunkle Bleisulfidstreifen entstehen².

In der Literatur ist die Ansicht, ob freie Aminogruppen in der Faser zu finden sind, geteilt. P. Richard³ und F. Obermaier DRP. 73093 wollen die Aminogruppen durch Diazotieren und Kuppeln mit Phenolen nachgewiesen haben. Nach Bentz und Farrell⁴ beträgt indessen der diazotierbare Stickstoff nur 1,0—1,2% des Gesamtstickstoffes, so daß die praktische Seite dieser Eigenschaft nicht ausgenützt werden kann. Nach Flick wird durch Behandeln mit salpetriger Säure die Wolle für basische Farbstoffe aufnahmefähiger, für saure Farbstoffe sinkt die Affinität. Für manche Farbstoffe zeigt die Wolle auch ein ausgesprochenes Reduktionsvermögen, was in diesem Falle zu trüben Färbungen führt (Anilinschwarz, Polyazofarben). Das Reduktionsvermögen wird dem Schwefelgehalt zugeschrieben, und durch Zugabe von Oxydationsmitteln, Chloren der Wolle usw. wird die störende Wirkung behoben.

¹ Chem. Zentralblatt 1907, S. 707.

² Journ. Soc. Dyers & Colourists 1889, S. 161.

³ Bull. de Mulhouse 1888.

⁴ Journ. Soc. Chem. Ind. 1897, S. 406.

7. Der Stickstoff in der Wolle. Beim Verbrennen der Wolle tritt der typische brenzlige Geruch auf, der andern stickstoffhaltigen Naturprodukten ebenfalls eigen ist. Beim Verkohlen unter Druck im geschlossenen Gefäß kann der Stickstoff als Ammoniak nachgewiesen werden. Schützenberger hat den Beweis erbracht, daß die Wolle beim Kochen mit Barytwasser die gleichen aminogruppenhaltigen Körper ergibt wie die Spaltprodukte der Albumine.

Mit Saget¹ dürfen wir wohl einig gehen, wenn wir der Wolle Amino-, Imino- und Karboxylgruppen, sowie deren innere Anhydride zusprechen.

8. Die Lanuginsäure. Wird die Wolle mit Barytwasser hydrolytisch gespalten, das Barium mittels Kohlensäure als Karbonat entfernt und die Lösung angesäuert, so erhält man ein Gemenge von Aminosäuren, die man als Lanuginsäure bezeichnet hat. Über das Bleisalz gereinigt will Champion² eine einheitliche Lanuginsäure von der Formel $C_{19}H_{30}N_5O_{10}$ isoliert haben. Knecht und Appelyard³ stellen die Versuche in Zweifel, weil sie bei der Lanuginsäure immer noch Schwefel nachweisen konnten.

Nach Knecht wird die Lanuginsäure wie folgt beschrieben: Die Säure ist löslich in Wasser, wenig löslich in Alkohol und in Äther unlöslich. Die wässrige Lösung resorbiert große Mengen basischer und saurer Farben; Tannin und Kaliumbichromat fällen die Säure aus. Bei Gegenwart von Natriumazetat erzeugen auch Aluminium, Zinn, Kupfer, Eisen, Silber und Platinsalze Niederschläge. Die Lanuginsäure zeigt alle Eigenschaften der Proteine. Die wässrige Lösung koaguliert auch bei höherer Temperatur nicht, sie zeigt ferner die Millonsche Reaktion. Knecht hat den Vorschlag gemacht, die Baumwolle mit einer Lanuginsäure zu behandeln, um der vegetabilischen Faser wollähnliche Beschaffenheit zu erteilen. In der Tat wird Baumwolle in dieser Art behandelt mit Säuren und basischen Farben ohne Beize angefärbt. Bei 100° C. färbt sich die Lanuginsäure dunkel und erweicht oder schmilzt zusammen.

Der chemisch gebundene Schwefel wird durch Natriumplumbit nicht aus derselben entfernt. Die Elementaranalyse der Lanuginsäure zeigt nach Knecht folgende Zahlen:

Kohlenstoff	41,61 %
Wasserstoff	7,31 „
Stickstoff	10,26 „
Schwefel	3,35 „
Sauerstoff	31,44 „
	93,97 %

9. Lichtempfindlichkeit der Wolle. Beim Belichten von Wolle beobachtet man nach einiger Zeit eine leichte Braunfärbung. Zugleich hat die Wolle etwas an Affinität zu sauren Farben verloren und die Reaktion mit Naphthochinonsulfosäure tritt nicht mehr so stark hervor. (Fort und Lloyd erhielten mit Naphthochinonsulfosäure, ein Reagens auf freie

¹ Rev. Gen. Mat. Col. 1898, S. 209. — Monit. Scient. 1910, S. 80.

² Compt. Rend., 72, S. 330. ³ Journ. Soc. Dyers and Col. 1889, S. 71.

Aminogruppen, mit Wolle eine Braunfärbung. Aus diesen Zusammenhängen haben obengenannte Forscher¹ den Schluß gezogen, daß bei lichtbeschädigter Wolle vor allem die freien Aminogruppen dezimiert wurden. Wenn nach Belichtung der Wolle rein äußerlich noch keine Änderungen wahrzunehmen sind, so ist die Wolle doch bedeutend empfindlicher geworden gegen chemische Agenzien, höhere Temperatur, Dämpfen usw. Ebenfalls ist diese Wolle viel schwieriger egal anzufärben als frische Wolle und bei Beurteilung der Echtheit einer Färbung gegen Licht ist auch zu beachten, daß nicht nur der Farbstoff, sondern auch die Faser nicht lichtecht sein kann. — Die Braunfärbung durch Licht kann durch eine Vorbehandlung der Wolle stark hinausgeschoben werden, wie wohl auch lichtbeschädigte Wolle durch Nachbehandeln der Wolle mit sauren Agenzien teilweise wieder gutgemacht werden kann.

Es empfiehlt sich also immer, beim Färben getragener Wollsachen diese vorerst mit verdünnten Säuren zu kochen und erst daraufhin neu zu überfärben.

10. Der Schwefel in der Wolle. Die Anwesenheit von Schwefel in der Wolle kann vom Chemiker nach bekannten Methoden leicht nachgewiesen werden. Sehr geeignet ist der Nachweis mit Natriumplumbit: es tritt eine braunschwarze Färbung von Schwefelblei auf. Bei Zugabe von Salzsäure zu der Lösung oder Suspension ist deutlich der Geruch nach Schwefelwasserstoff wahrnehmbar. Diese Reaktionen können auch immer durchgeführt werden, wenn Gemische verschiedener Fasern, Seide, Baumwolle vorliegen und der Nachweis von Wolle in solchen Geweben erbracht werden soll.

Früher ist auch von der ersteren Reaktion Gebrauch gemacht worden, um Haare zu färben. Lösliche Bleisalze, zum Beispiel Bleiazetat, färben die Haare dunkelbraun. Da die Bleisalze sehr giftig sind, ist diese Methode jedoch der allgemeinen Anwendung nicht zugänglich.

Die Reaktion mit Bleisalzen hat auch ihre unangenehme Seite, indem z. B. in alkalischen oder neutralen Wässern in Gegenwart von Spuren von Blei (Bleiöhre) bei Veredlungsprozessen braune Bleiflecken auf der Faser entstehen können.

Ist eine solche Bleigefahr bei irgendeinem Prozeß zu befürchten, so hilft nur das Verarbeiten der Wolle in Gegenwart von Schwefelsäure. Beim Färben und noch mehr beim Wolldruck ist die Gefahr einer Beschmutzung mit Kupfer- und Bleisalzen sehr groß, so daß beim nachfolgenden Verhängen oder gar Dämpfen stark dunkle Flecken entstehen, welche bei lokalem Auftreten eventuell mit Wasserstoffsperoxyd entfernt werden können.

Chevreul hat den Vorschlag gemacht für feine Wollfärbungen die Wolle vorerst zu entschwefeln; d. h. den leichtsitzenden Schwefel durch Behandlung mit einem Kalkbad zu entfernen, die Wolle danach mit Salzsäure und Wasser nachzuwaschen.

Der Schwefelgehalt der Rohwolle, vom Schmutz befreit, schwankt zwischen 4 und 8%, und zwar ist er in leicht gebundener Form im Molekül

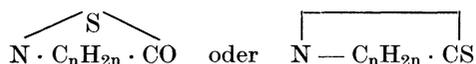
¹ Journ. Soc. Dyers & Col. 1916, S. 184.

oder den Fasermolekülen eingelagert, da eine gänzliche Entfernung des Schwefels aus der Faser nicht gut möglich ist ohne ihre Struktur gänzlich zu zerstören. Bei der Hydrolyse der Wolle mit Barytwasser findet sich der Schwefel dann in folgenden Verbindung wieder: Cystin, Cystein, Thiomilchsäure, Thioglykollsäure, Äthylsulfid, Äthylmercaptan, Schwefelwasserstoff und einige weitere. Durch Kalkwasserbehandlung kann z. B. der Schwefelgehalt einer Wolle reduziert werden auf 0,46%, ohne daß die Faser zerstört wird (Chevreul).

Auch beim Kochen mit Soda oder mit Lauge, wobei man dafür sorgt, daß die Fasser nicht zerstört wird, kann bis zu 85% des Gesamtschwefels extrahiert werden. In einem anderen Beispiel konnte auf obengenannte Weise der Schwefelgehalt einer Wolle von 3,42 — auf 0,53% reduziert werden ohne die Faserstruktur zu ändern, so daß man zum Schlusse kommen kann, daß der Schwefel nur den geringsten Anteil zur Faserbildung ausmacht.

Man hat auch festgestellt, daß andere natürliche Albuminoide keinen Schwefel enthalten und daß in der Wolle der Schwefel nicht in direkter Bindung mit Sauerstoff im Molekül vorliegt. Raikow¹ hat ferner die Beobachtung gemacht, daß ungebleichte Wolle die Fähigkeit besitzt, größere Mengen Phosphorsäure zu absorbieren. Daraus hat man geschlossen, daß wohl der größere Teil des Schwefels in der Wolle in sehr lockerer Bindung festgehalten oder gar nur adsorbiert ist. Die Tatsache, daß der Schwefelgehalt um mehr als 100% schwanken kann, unterstützt diese Annahme. Daß nach der Alkalibehandlung immer noch 20% Schwefel in der Wolle bleiben und nicht ohne Faserzerstörung entfernt werden können, lassen für diesen Anteil eine festere Bindung erwarten.

Nach Prud'homme² können folgende zwei Formulierungen für den Schwefel angenommen werden:



Man hat beobachtet, daß auch die Wollpigmente den Schwefelgehalt aufweisen.

Nach White kann man den Schwefel nach folgender Methode quantitativ in der Wolle bestimmen: Man digeriert 1 g Wolle mit Natronlauge und Bleiazetat; säuert mit Essigsäure an und filtriert und wäscht. Der Niederschlag wird zusammen mit dem Filter mit konzentrierter Salzsäure behandelt, nach Lösung alkalisch gemacht, mit Essigsäure angesäuert und filtriert. Im Filtrat wird das Blei in der gewohnten Weise als Chromat bestimmt. Die Methode soll befriedigende Resultate geben.

11. Hygroskopizität. Die Wolle zeichnet sich neben anderen Fasern durch ihre bedeutende Hygroskopizität aus, welche durch die atmosphärischen Bedingungen ihrer Umgebung bestimmt wird. Normalerweise hält die Wolle 12 bis 14% ihres Gewichtes an Feuchtigkeit fest. Da sie in kurzer Zeit auf die Veränderungen des Feuchtigkeitsgehaltes der sie umgebenden Luft anspricht, so ist der Handel dadurch

¹ Chem.-Zg. 1905, S. 900.

² Rev. Gen. Mat. Col. 1898, S. 209.

erschwert, solange die Wolle nach dem Gewicht gewertet wird. Die Käufer und Verkäufer haben sich deshalb schon seit langer Zeit über Gewichtsunterschiede innerhalb bestimmter Grenzen geeinigt und heute sind in fast allen Ländern freiwillige Konditionieranstalten geschaffen worden, die den Verkauf überwachen und als neutrale Stelle den „Gehalt“ der Wolle bestimmen.

Über den großen Wechsel, den die Feuchtigkeit der Faser erleidet, hat die Wyoming Experiment Station interessante Versuche gemacht, die im Auszuge hier zusammengefaßt sind. Lufttrockene Wolle im Sommer zeigt einen Gehalt von 4—5% Feuchtigkeit. In dieser Jahreszeit wurde innerhalb 24 Stunden ein Wechsel um 6% der Gesamtfeuchtigkeit (Nachtluft) festgestellt. Es zeigte sich ferner, daß ungewaschene Wolle in reiner Form größeren Schwankungen unterliegt als die gewaschene; ferner ist eine mit Sand und Erde behaftete im Vergleich mit roher, reiner Wolle weniger empfindlich auf Temperatur-Feuchtigkeitsschwankungen. Von praktischer Bedeutung ist ferner die Tatsache, daß Wolle in großen Ballen oder gar in Säcken eingeschlossen, mangels Luftzirkulation dem Feuchtigkeitswechsel wenig ausgesetzt ist. Die Konditionieranstalten Amerikas rechnen mit einer zulässigen Feuchtigkeit von 19%. In Europa war ehemals der in den Konditionieranstalten berechnete Zuschlag zu 13% angenommen. Heute wird zu den Trockengewichten von loser Wolle, Kämmlingen, Strickgarn und Kunstwolle 17%, zu Kammgarn, Kammzug, Mohair, Alpaka und Wollwaren $18\frac{1}{4}$ % zugesetzt; sogenannte Reprisesätze. Wird trockene Wolle entsprechend obigen Zahlen mit Wasser befeuchtet, so ist nicht gesagt, daß diese Feuchtigkeit dem wahren Werte entspricht und sich für längere Zeit in diesen Zahlen hält. Die Oberflächen der Ballen werden in kurzer Zeit wieder ganz andere Werte zeigen. Die größten Schwankungen erleidet nach Wright, Journ. Soc. Chem. Ind. 1909 S. 1020, die stark schweißhaltige Faser, da der Wollschweiß allein bis zu 80% Feuchtigkeit enthält.

Es dürfte nach dem gesagten auch einleuchten, daß nur Wolle mit ausgeglichenem Feuchtigkeitsgehalt zur Verarbeitung gelangt und daß Schwankungen während der Veredlungsprozesse tunlichst zu vermeiden sind.

12. Hydratwasser. Bowman hat darauf hingewiesen, daß das Wasser in der Wolle in zwei verschiedenen Formen vorliegt: nämlich als Feuchtigkeit und als Hydratwasser. Das Hydratwasser entweicht bei länger andauerndem Trocknen, und zwar bei 36° ca. 8% und bei 100° sämtliches Hydratwasser. Durch Trocknen bei 100° büßt aber die Wolle beträchtlich an Festigkeit ein; sie wird rau und brüchig. Die ursprünglichen Eigenschaften werden aber bei normalen Bedingungen wieder regeneriert. Bei 110° trockener Wärme beginnt deutlich die Zersetzung der Wolle und bei 130° ist die Zersetzung unter Gelbfärbung ziemlich rasch eine vollständige. Die Faser kann durch Behandeln mit Glycerin vor dem „Verbrennen“ geschützt werden, so daß sie in dieser Form Temperaturen von 130° ohne Schaden erträgt. Bei ca. 235° schmilzt und verkohlt die Wolle, wobei viel Ammoniak ent-

wickelt wird. Bei 100° in Gegenwart von Feuchtigkeit ist die Wolle formbar oder plastisch, welche Eigenschaft ja auch das morphologisch und chemisch verwandte Horn zeigt. Auf der Formbarkeit der Wolle beruht das Heißausrüsten, „Krabben“ der Stückware.

13. Einfluß der Feuchtigkeit bei den Veredlungsprozessen. Bei den verschiedenen Bearbeitungsstufen kann dem jeweiligen Feuchtigkeitsgehalt nicht genug Aufmerksamkeit geschenkt werden. Bei zu stark getrockneter Wolle ist vor allem die Brüchigkeit der Faser eine größere. Die trockene Faser zeigt allerdings eine größere Reißfestigkeit, doch ist sie viel brüchiger; feuchte Wolle zeigt größere Elastizität.

Woodmausey hat darüber einige, nachfolgend angeführte Zahlen veröffentlicht:

	Festigkeit	Elastizität	Feuchtigkeit %
Trockne Wolle . . .	188,4	1,225	0
nach 5 Minuten . . .	185,8	1,525	3
„ 15 „ . . .	172,4	1,800	5,5
„ 30 „ . . .	161,0	1,875	7,5
„ 60 „ . . .	158,4	2,150	8,7

Eine weitere Tabelle zeigt deutlich, wie die Qualitäten der Wolle beim Dämpfen geändert werden:

	Festigkeit	Elastizität	Feuchtigkeit %
Vor der Behandlung	160,0	2,26	10,04
Genetzt	130,7	4,53	53,0
Gedämpft	123,7	4,46	33,0
Lufttrocken nach der Behandlung . .	156,3	2,67	10,54

Interessant ist ferner die folgende Tabelle über die Aufnahmefähigkeit für Wasser einiger Textilfasern. Die Tabelle enthält die Feuchtigkeitsgehalte lufttrockener Fasern und die Feuchtigkeiten, nachdem die Fasern bis zur Gewichtskonstanz in mit Wasser gesättigter Luft gehalten wurden¹.

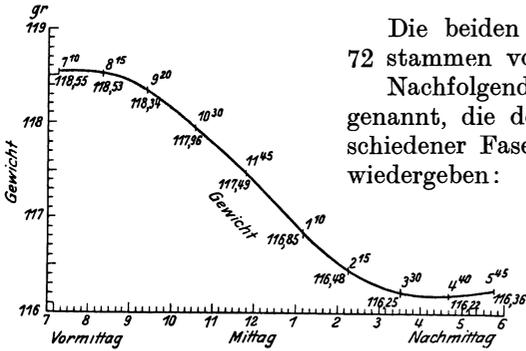
Faser	Lufttrocken	Gesättigt	Faser	Lufttrocken	Gesättigt
Wolle	8—14	30	Manilahanf . .	8—12	40
Seide	10—12	30	Jute	6	23
Baumwolle . .	6—8	21	Flachs	5—8	13
Ramie	6—8	18			

Beim Weben der Wolle wird darauf geachtet, daß der normale Feuchtigkeitsgehalt vorhanden ist, damit die Elastizität nicht zu gering wird. Bei Mischgeweben aus Wolle und Baumwolle wird der normale Feuchtigkeitsgehalt zu 10% und bei Wolle-Seide zu 16% angenommen.

Der Einfluß der Feuchtigkeit auf die Festigkeit der Wolle ist auch sehr deutlich bei Wollgarnen ausgeprägt, wie nachfolgende Zahlen illustrieren:

¹ Vgl. auch Kimura (Chem. Zentralblatt 1922, S. 1023).

% Feuchtigkeit bei 70° Fahrenheit	Zugfestigkeit in Gramm	% Feuchtigkeit bei 70° Fahrenheit	Zugfestigkeit in Gramm
45	234	75	216
55	231	85	191
65	220		



Die beiden Diagramme Abb. 71 und 72 stammen von W. D. Hartshorne.

Nachfolgend sind noch einige Zahlen genannt, die den Feuchtigkeitsgrad verschiedener Fasern in Dampf von 100° C wiedergeben :

- Baumwolle, gebleicht 23,0
- Lein, ungebleicht . . 27,7
- Jute, ungebleicht . . 28,4
- Seide, gebleicht . . . 36,5
- Wolle, gebleicht . . . 50,0

Abb. 71. Einfluß der Feuchtigkeit auf Kammgarn.

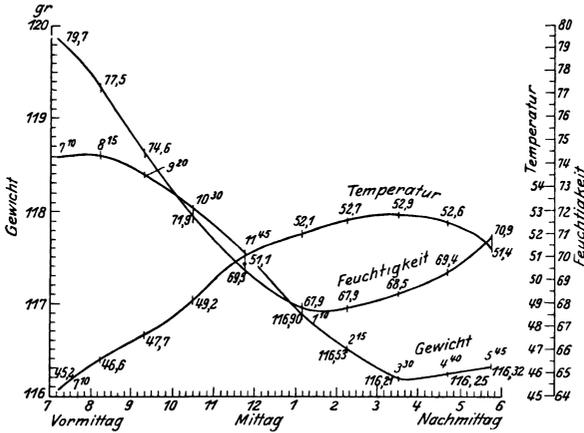


Abb. 72. Zusammenhänge zwischen Feuchtigkeit, Temperatur und physikalischen Eigenschaften.

VI. Das chemische Verhalten der Wolle.

1. Einfluß der Wärme auf Wolle. Bei 212—220 Grad F (100—105° C) verliert die Wolle ihr sämtliches Wasser, wobei die Faser brüchig und spröde wird, der Griff ist rauh. In den wenigsten Fällen wird, in normale Verhältnisse zurückgebracht, die Wolle ihre ursprünglichen Eigenschaften ganz zurückgewinnen. Deshalb ist man immer mehr bestrebt, bei den Veredlungsprozessen die Wolle möglichst wenig auf höhere Temperaturen zu bringen.

Wird die Wolle in Gegenwart von viel Feuchtigkeit mit Naßdampf oder kochendem Wasser auf 100° C erhitzt, so verliert sie an Festigkeit, wird aber nicht brüchig, sondern formbar. Die bei dieser Temperatur erteilte Form bleibt beim Abkühlen erhalten. Von dieser Tatsache

machen alle die Ausrüstprozesse Gebrauch, wie z. B. das Dekatieren, Pressen, Krabben, Formen der Filzhüte usw.

Wenn die Temperatursteigerung längere Zeit über 100° C hinausgeht und speziell bei Abwesenheit von Wasser, so tritt chemische Zersetzung der Wolle ein. Bei 130° C wird die Wolle unter Gelbfärbung rasch zersetzt; sie entwickelt Ammoniak und bei 140° C auch Schwefelwasserstoff und gasförmige, organische Schwefelverbindungen.

Bei der trockenen Destillation konstatiert man viel Ammoniak, schwefelhaltige organische Körper, Pyridiniumbasen und eine sehr kompliziert zusammengesetzte Asche.

Im Bunsenbrenner schmilzt die Wolle erst zusammen, entwickelt die charakteristisch riechenden brenzlichen Gase und hinterläßt eine Schlacke. In diesem Verhalten gleicht sie ganz dem Leder, dem Horn und den Federn.

2. Verhalten gegen Wasser und Dampf. In kaltem Wasser ist Wolle total unlöslich und unzersetzlich, in heißem Wasser wird langsam Ammoniak und Schwefelwasserstoff abgeschieden. Daneben aber gehen noch geringe Bestandteile in kochendem Wasser in Lösung, die sich ganz wie Peptone verhalten.

Bei der Einwirkung von Wasser unter Druck bei 130° C tritt schon starke Zerstörung der Faser ein, welche bei noch höherer Temperatur in Kürze vollständig wird. Da bei diesen Temperaturen die Seide noch ganz intakt bleibt, so hat Knecht den Vorschlag gemacht, auf diesem Weg Seide und Wolle zu trennen, bzw. die Seide aus Mischgeweben wieder aufzuarbeiten. Das Verfahren besitzt jedoch nur geringen praktischen Wert.

Gardner und Kastner haben gezeigt, daß, wenn die Wolle längere Zeit mit Wasser gekocht wird, geringe Mengen Wollsubstanz in Lösung gehen. Die Menge, die sie in ihren Versuchen gefunden haben, beträgt ca. 1,65% des Wollgewichtes, und dem löslichen Anteil legten sie den Namen Wollgelatine bei. Gardner hat darauf hingewiesen, daß dieser losgelöste Wollteil beim Chromieren der Wollfaser in der Färberei eine große Rolle spielt. Gelmo und Suida¹ bringen dieses Inlösungsgehen der Wolle in Zusammenhang mit der Hydrolyse derselben in kochendem Wasser oder ausgesprochener noch in kochenden Säuren.

Hertz und Barraclough² haben ebenfalls die Beobachtung des Inlösungsgehens der Wolle beobachtet und dabei konstatiert, daß die Wollgelatine die Tannin- und Biuretreaktion der gewöhnlichen Gelatinen ebenfalls aufweist. Sie haben weiter gezeigt, daß die Wollgelatine aus mindestens 3 Substanzen besteht, die folgendes verschiedene Verhalten zeigen:

Anteil (1), welcher durch Nachtblau nicht ausgefällt wird, wohl aber mit Tanninsalzlösung (100 ccm einer 2%igen Tanninlösung und 100 ccm gesättigter Salzlösung) ausgeflockt wird. Anteil (2), welcher durch Nachtblau ausgeflockt wird; der Niederschlag ist durch Bariumhydroxyd wieder in Lösung zu bringen, auf welche Lösung Nachtblau

¹ Färber-Zg. 1905, S. 295—314.

² Journ. Soc. Dyers and Col. 1909, S. 274.

oder Tanninsalzlösung aufs neue fällend wirken; und Anteil (3), welcher durch Nachtblau gefällt wird und als Niederschlag bildet, der auch mit Bariumhydroxyd nicht wieder in Lösung zu bringen ist.

Die obenerwähnte Biuretreaktion ist herangezogen worden zur Bestimmung des Grades der Hydrolyse, die bei den verschiedenen Prozessen, wie Färben, Chromen, Karbonisieren usw., stattfindet¹. Als Standardvergleichsskala wird vorgeschlagen 1 g Wolle in Soda zu lösen, mit Salzsäure zu neutralisieren, durch Kochen von Schwefelwasserstoff zu befreien. Es wird mit einer bestimmten Menge Soda und zwanzigstelnormaler Kupfersulfatlösung versetzt und 1 Stunde stehengelassen. Danach werden 11 Typen hergestellt, die 0—0,01 g Wolle gelöst enthalten, z. B. 0,001, 0,002 usw. Die violett gefärbten Typen sind leicht zu unterscheiden, und nach einiger Übung kann ziemlich genau der Gehalt an Wollgelatine irgendeines Wassers bestimmt werden. An Hand dieser Typen konnte festgestellt werden, daß neutrale Seife keine beschleunigende Wirkung bei der Wollhydrolyse ausübt, während Alkalien und Alkalikarbonate proportional ihrer Konzentration stark lösend auf Wolle einwirken. Erhöhte Temperatur wirkt ebenfalls beschleunigend. Interessant ist die geringe Löslichkeit von Kaliumbichromat für sich allein oder zusammen mit Oxalsäure, während Bichromate im Beisein von Milch-, Schwefel-, Ameisen- oder Weinsäure die Hydrolyse wenig fördert. Karbonisierte Wolle, den gleichen Bädern unterworfen wie nicht vorbehandelte Wolle, verlor durch Gelatinierung das Drei- bis Vierfache am Gewicht wie jene.

Wir haben schon früher gesehen, daß Alkalien aus der Wolle den Schwefel entziehen. Beim Behandeln von Wolle mit schwach essigsauerm Zinnchlorid entsteht bei mit Alkali behandelter Faser ein brauner Zinnsulfidbeschlag, während bei unbehauelter die natürliche Farbe nicht leidet. Die Zinnchloridmethode ist ebenfalls zur Bestimmung des Zerstörungsgrades der Wolle vorgeschlagen worden².

Bei der Behandlung der Wolle mit Dampf bei 100° wird diese rasch abgebaut und verliert ihre Festigkeit in viel kürzerer Zeit als Baumwolle. Nach Scheurer³ verliert sie schon nach dreistündiger Dampfbehandlung 18% ihrer ursprünglichen Festigkeit; nach 6 Stunden ca. 23% und nach 60 Stunden volle 75%, während Baumwolle erst nach 420 Stunden denselben Festigkeitsverlust erleidet.

	Kette	Schuß	Durchschnitt
Original-Tuch	100	100	100
3 Stunden gedämpft . .	86	78	82
6 " " " . .	80	75	77
12 " " " . .	75	69	72
24 " " " . .	68	53	60
36 " " " . .	62	37	36
48 " " " . .	40	32	36
60 " " " . .	29	23	26

¹ Gelmo und Suida; Ber. Akad. Wissenschaften. Wien 1905.

² Becke, Färber-Zg. 1912, S. 15 u. 66.

³ Färber-Zg. 1893, S. 290.

Scheurer¹ hat mit einem guten ungebleichten Kaschmirtuch einige Tests aufgestellt. Die Wolle wurde handwarm mit Seife und Soda gewaschen, durch schwache Oxalsäure passiert und wiederum gewaschen. Darauf wurde sie bei 99—100° gedämpft und der Verlust an Festigkeit nach Zeitdauer bestimmt; die Werte sind in nebenstehender Tabelle wiedergegeben.

Des weiteren hat Woodmansey² gezeigt, daß die Festigkeitsverluste beim Dämpfen der Wolle beim Trocknen teilweise wieder eingeholt werden, wie folgende Zahlen zeigen:

	Festigkeit in Pfund
Unbehandelte Wolle	145,0
Einweichen, 1 Stunde:	
Sofort nach dem Trocknen . . .	104,3
3 Tage lufttrocken	140,3
1 Stunde gedämpft:	
Sofort nach dem Trocknen . . .	83,6
3 Tage lufttrocken	128,3

Bei Temperaturen unter 130° ist trockene Hitze weniger schädlich für die Wolle als feuchte Wärme. Besonders aggressiv ist gespannter Wasserdampf. Für trockene Überhitzung ist nach Woodmansey die Festigkeitseinbuße folgende:

	Festigkeit in Pfund
Unbehandelte Wolle	145
Auf 150° C erhitzt	141
Auf 200° C erhitzt	135

Bei Heißdampfbehandlung der Wolle nimmt die Affinität derselben für Farbstoffe zu, was für gewisse Prozesse nicht ohne Bedeutung sein kann. Beim Krabben und Formen der Wolle mittels heißem Wasserdampf zeigen äußere Partien eines Tuches erhöhte Farbstoffaffinität, die bei eventuell späterem Überfärben verhängnisvoll werden kann.

Des weiteren ist noch allgemein bekannt, daß heißes Wasser die Wolle verfilzt, besonders bei gleichzeitiger mechanischer Beanspruchung. Der Einfluß von destilliertem Wasser ist dabei am geringsten, während Kalkwasser oder verdünnte Säuren den Filzprozeß beschleunigen. Durch längeres Behandeln der Wolle mit kochenden, verdünnten Säuren nimmt die Faser gelartige Struktur an und ist leicht zu verfilzen.

3. Die saure und basische Natur der Wolle. Die Wolle zeigt amphoterer Charakter, d. h. sie hat zugleich den Charakter einer Säure und einer Base. Die Ursache des basischen Charakters bilden die Aminogruppen, die bei der Aufspaltung der Wolle als solche und in Form von Ammoniak nachweisbar sind. Sie sind auch die Bausteine, die die Affinität zu sauren Farbstoffen hervorbringen und die Aufnahme von Säuren im allgemeinen.

Zur Annahme des sauren Charakters der Wolle wird man gezwungen, wenn man die Aufnahme von Alkalien, Metalloxyden, basischen Salzen erklären will. Weiter spricht die Tatsache, daß mit Alkalien, Metalloxyden, hartem Wasser behandelte Wolle andere Eigenschaften zeigt als

¹ Bull. Soc. Ind. Mulh. 1893. ² Journ. Soc. Dyers and Col. 1918, S. 228.

unbehandelte; für die sauren Eigenschaften der Wolle des weiteren spricht das Verhalten beim Färben im sauren Bade, da je nach Herkunft der Wolle ganz verschiedene Säurezusätze zum Färbebad benötigt werden, um zu gleich starken Färbungen zu gelangen¹.

Im Zusammenhang mit andern Albuminoiden ist die Azidität der Wolle betimmt worden; durch 1 g Albuminoid werden folgende Milligramm Kalilauge neutralisiert:

Wolle	57,0	Gelatine	28,4
Seide	143,0	Globulin	101,5
Albumin	20,9		

Das sind die Mengen Alkali, die neutralisiert werden; doch können noch bedeutend größere Mengen absorbiert werden. Durch die Neutralisationsmethode kann die Basizität der Wolle nicht bestimmt werden. Die Wolle absorbiert eine große Menge Säure, doch wird diese nicht neutralisiert.

Die mit verdünnter Kalilauge behandelte Wolle zeigt färberisch gegenüber sauren und basischen Farben kein verändertes Verhalten als unbehandelte Wolle. Daß Alkali von der Faser aufgenommen wurde, kann man sehr schön illustrieren durch Anfärben mit Direktfarben, welche nur aus alkalischem Bad auf Wolle ziehen und in obigem Falle auf die mit Alkali behandelte Wolle auch aus neutralem Bad anfärben.

Behandelt man Wolle mit konzentrierteren Lösungen von Natronlauge ($80^{\circ} \text{Tw} = 41,2^{\circ} \text{Bé} = 1,4 \text{ sp. G.}$), so werden bis zu 50% des Wollgewichtes an Natronhydrat aufgenommen.

Zur restlosen Beseitigung dieses Alkalis genügt Waschen allein nicht, man muß die letzten Reste an Alkali mit Säuren aus der Faser entfernen. Bemerkenswert ist die Tatsache, daß auf obige Art und Weise behandelte Wolle eine geringere Affinität für basische Farbstoffe aufweist; es scheinen saure Reste der Wolle neutralisiert zu werden.

Bei der Hydrolyse der Wolle erleidet diese Änderungen in ihrem amphoterem Charakter. Nach Suida² nehmen zu Beginn der Hydrolyse die sauren Eigenschaften der Wolle rasch zu, um gegen Ende der Reaktion von der Neubildung basischer Gruppen wieder eingeholt zu werden. Dieses Verhalten ist nicht ohne Bedeutung beim Färbeprozess und beim Beizen der Wolle zur Bildung echter Färbungen. — In neutralem Bade mit neutralen Farben behandelte Wolle wird nicht eigentlich angefärbt, sondern „angeschmutzt“, wie der Fachausdruck lautet, da die sauren Gruppen der Wolle nicht imstande sind, die Säuren der Farbstoffe aus dem Salz zu verdrängen. Auf Zusatz von Säure, die die Farbsäure in Freiheit setzt, bildet letztere sofort ein Salz mit dem basischen Teil der Wolle. Beim Färben mit basischen Farben, bzw. ihren salzsauren Salzen, bindet wahrscheinlich die Salzsäure die basischen Gruppen der Wolle, während die sauren Reste derselben mit der Farbbase ein Salz bilden. Dabei soll nicht vergessen werden, daß beim Färbeprozess, wie vorbesprochen, auch Wolle in Lösung geht und diese Gelatinewolle das

¹ Gelmo und Suida, Ber. Akad. Wiss. May 1905.

² Z. angew. Chem. 1909, S. 2131.

Neutralisieren der Farbsäure bewerkstelligt. In der Tat findet sich anfangs fast alle Farbsäure noch im Färbebad, welches deutlich auch die Biuretreaktion zeigt.

Die Zugabe von Säure zu Farbbädern mit sauren Farben hat den Zweck, die Farbsäure aus dem meist als Natronsalz wegen seiner besseren Löslichkeit in den Handel gebrachten Farbstoff freizusetzen und andernteils die Hydrolyse der Wolle zu beschleunigen. Wird zur Flotte eines basischen Farbstoffes Säure zugesetzt, so verhindert dies ein Anfärben, weil die Basizität der Wolle nicht hinreicht, die Säure und Farbsäure zu neutralisieren, also die Farbbase nicht freigesetzt wird. Durch andauernde Hydrolyse wird die basische Natur der Wolle gefördert, was auch daraus hervorgeht, daß die sauren Farbstoffe echtere Färbungen geben, wenn länger gefärbt wird. Am deutlichsten tritt dies zutage bei Farbstoffen, wo mit 7—10% Schwefelsäure bezogen auf das Fasergewicht gefärbt werden muß, wobei aber sehr echte Färbungen entwickelt werden, z. B. Neolanfarben (Ciba).

Im allgemeinen wird angenommen, daß die Qualitätsminderung der Wolle beim Färben in saurem Bade am geringsten sei. Becke¹ kommt zu der Ansicht, daß Natriumbisulfat oder Glaubersalz — Schwefelsäure die Wolle weniger schädigen soll, was jedoch durch exakte Versuche bewiesen werden muß. Ebenso ist daselbst die Diskussion über den Wert der Biuret- und Zinnchloridreaktion eröffnet, die am besten im Original gelesen wird.

Vignon² hat die Wärmetönungen gemessen, die entstehen, wenn 100 g Wolle mit Säure, Alkali u. dgl. versetzt werden.

Reagens	Frei gewordene Kalorien
Kaliumhydrat, 1 normale Lösung	24,50
Natriumhydrat, „	24,30
Salzsäure, „	20,05
Schwefelsäure, „	20,90

Diese Zahlen zeigen außerordentlich schön das Verhältnis der Azidität zur Basizität der Wolle.

4. Einwirkung von Säuren auf Wolle. Auf den ersten Augenschein hin bemerkt man keine tiefgreifenden Änderungen an der Wolle, wenn diese mit verdünnten Säuren behandelt wird. Lediglich der Umstand, daß die Säuren sofort absorbiert und nachträglich äußerst energisch zurückgehalten werden, läßt einen Schluß auf chemische Änderungen der Wolle durch Säuren zu. Es ist z. B. unmöglich, aus mit verdünnter Schwefelsäure behandelte Wolle durch energisches Auskochen alle Säure wieder zu entfernen, auch wenn das Waschwasser immer erneuert wird und dieses endlich neutral wieder wegläuft. Zugleich beobachtet man, daß mit Säure vorbehandelte gewaschene Wolle mit sauren Farbstoffen im neutralen Bad angefärbt wird, wie unbehandelte Wolle im angesäuerten Färbebad. Diese Versuche sind von Fort und Lloyd³ bestätigt worden, während Harrison⁴ durch Versuche zu zeigen glaubt,

¹ Färber-Zg., Vol. 30, S. 128.

² Compt. Rend. 1890, Nr. 17.

³ Journ. Soc. Dyers and Col. 1914, S. 5.

⁴ Journ. Soc. Dyers and Col. 1917, S. 57.

daß alle absorbierte Säure durch bloßes, genügend lange fortgesetztes Waschen entfernt werden kann, so daß er zur Ansicht gelangt, daß keine chemische Veränderung der Wolle stattfindet. Mills und Takamine haben die ungefähren Mengen absorbierter Säure bestimmt, die Zahlen sind in nebenstehender Tabelle wiedergegeben.

Angewandte Säure	Die Lösung verliert	Die Wolle hat absorbiert
2 ¹ / ₂	0,38	2,12
5	2,17	2,83
10	6,37	3,63
20	15,87	4,13
40	35,18	4,82

Zwecks Vergleich von Seide und Wolle haben Mills und Takamine die absorbierten Äquivalente für Säuren, Ammoniak bestimmt:

	Schwefelsäure	Salzsäure	Ammoniak
Wolle	2,2	2,0	1,0
Seide	2,0	1,0	6,4

Daraus geht deutlich hervor, daß die Seide bedeutend saurer ist als Wolle.

Durch Behandlung der Wolle mit warmen verdünnten Säuren gewinnt diese vor allem eine bedeutend größere Affinität zu sauren Farbstoffen, während basische Farbstoffe weniger gut aufziehen. Alkoholische Schwefelsäure zeigt diese Erscheinung in noch verstärktem Maße. Durch nachträgliches Behandeln gesäuerter Wolle mit verdünnter Sodalösung gewinnt nach Gillet¹ die Wolle ihre früheren färberischen Eigenschaften zurück. Zu demselben Resultat kommen Gelmo und Suida, welche Forscher an Stelle von Soda Ammonkarbonat verwenden.

Andere Säuren zeigen in färberischer Hinsicht dasselbe Verhalten gegen Wolle mit der Einschränkung, daß Essigsäure und höhere organische Säuren dem Färbebad direkt zugesetzt werden müssen, um das Färben saurer Farbstoffe zu beschleunigen und basische Farbstoffe von der Faser fernzuhalten².

Wird Wolle mit Schwefelsäure behandelt und in Wasser ausgekocht, so läßt sich in letzterem Ammonsulfat nachweisen, was sehr für die Ansicht spricht, daß doch chemische Veränderungen eingetreten sind, auch bei Versuchen mit verdünnter Säure.

Salzsäure zeigt im wesentlichen dasselbe Verhalten, doch gelingt es weit besser, sämtliche Säure durch Auskochen wieder aus der Faser zu entfernen.

Mills und Takamine³ bestimmten die Aufnahme von Säuren aus gemischten Säurebädern, sowohl für Wolle als auch für Seide.

Verhältnis H ₂ SO ₄ : HCl	Wolle		Seide	
	H ₂ SO ₄	HCl	H ₂ SO ₄	HCl
1 : 1	5,0	32,5	6,6	0,87
1 : 2	11,3	25,5	5,0	2,5
1 : 4	16,6	18,4	4,0	3,5

¹ Rev. Gen. Mat. Col. 1899, S. 157.
Wiss. Mai 1905.

² Gelmo und Suida. Ber. Akad.
³ Journ. Chem. Soc. 1883, S. 144.

Für das Verhältnis Schwefelsäure zu Salzsäure wie 1 : 4 (molekular) gelten folgende Zahlen:

	H ₂ SO ₄	HCl
Wolle	100	179,6
Seide	100	175,0

Für Baumwolle und Seide sind die Zahlen maximaler Säureabsorption folgende (s. nachstehende Tabelle):

Die Chromsäure hat viel Ähnliches mit der Schwefelsäure in ihrer Wirkung, und beim Beizen mit Bichromat dürfte die erste Phase eine Absorption der Chromsäure an Wolle sein.

Reagens	Baumwolle	Seide
H ₂ SO ₄	1	2,6
HCl	1	2,2
NaOH	1	2,2

Die Salpetersäure ergibt ein wesentlich anderes Bild bei ihrer Einwirkung auf Wolle. Bei gewöhnlicher Temperatur und mäßiger Konzentration tritt Gelbfärbung der Wolle ein, allgemein bekannt als Xanthoproteinreaktion, welche auch für Horn und Haut charakteristisch ist.

Sinkt die Konzentration der Säure unter 4° Tw (= 1,02 sp. G. = 2,7° Bé), so tritt keine Verfärbung auf, so daß davon bei der Aufarbeitung von Kunstwolle (Shoddy) Gebrauch gemacht werden kann.

Bei andauernder Behandlung der Wolle mit kochenden verdünnten Säuren, eventuell unter Druck, wird diese ganz abgebaut; dies in verstärktem Maß durch Salpetersäure.

Georgievics und Pollak haben die Absorption von Säuren an Wolle bestimmt und die Diagramme aufgezeichnet. In geringen Konzentrationen können keine Regelmäßigkeiten festgestellt werden; doch schon bei Lösungen von einem halben Prozent an können die Diagramme gut aufgenommen werden. Abgesehen von den Unregelmäßigkeiten bei geringeren Konzentrationen resultierte folgende Reihenfolge molekularer Proportionen: Salpetersäure, Salzsäure, Oxalsäure, Schwefelsäure, Ameisensäure, Bernsteinsäure, Adipinsäure und Essigsäure. Die Salpetersäure wurde am stärksten, die Essigsäure am wenigsten absorbiert. Die Mineralsäuren werden stärker absorbiert als die Fettsäuren; die Wolle zeigt also gerade ein entgegengesetztes Verhalten wie die Holzkohle (Tierkohle).

Der Zusammenhang zwischen Konzentration und Absorption wird durch nachfolgende Formel mathematisch festgelegt:

$$\frac{\sqrt[x]{C_s}}{C_f} = K,$$

wobei C_s und C_f die Anzahl Gramme Säure in Lösung resp. der Wolle bedeuten und x und K Materialkonstanten sind und mit der Säure variieren. Für Salzsäure nimmt x den Wert 5 an, K ist 0,293, während für Essigsäure $x = 1,75$ und $K = 0,545$ wird.

Eine Formel von eben besprochener Form ist typisch für alle Absorptionserscheinungen.

Die Absorptionsgesetze sind von Walker und Appleyard im besonderen an der Seide genau verfolgt worden. In keinem Fall wurde ein Zusammenhang gefunden zwischen der Absorption und dem Dissoziationsgrade der Säure. Bei Wolle zeigte die Absorption eine Abhängigkeit von der Temperatur, und zwar wurde bei höheren Temperaturen aus gleichen Säurekonzentrationen weniger Säure aufgenommen als bei niedriger Temperatur. Die Gegenwart einer andern Säure bringt ein ganz anderes Bild der Absorption zustande; so z. B. wird die Schwefelsäureabsorption aus verdünntem Schwefelsäurebad durch Salzsäure vergrößert, während in konzentrierteren Schwefelsäurebädern die Salzsäure hemmend wirkt. Die Schwefelsäure hingegen hemmt die Aufnahme von Salzsäure, gleichgültig in welcher Konzentration letztere vorliegt. Ebenso ist die Absorption einer Säure geringer in Gegenwart einer zweiten, als wenn die erste Säure in gleicher Konzentration allein vorliegt, was sehr gegen eine einfache Salzbildung mit der Faser spricht.

Für Wolle ist die Absorption von Säuren genauer von Fort und Lloyd¹ bestimmt worden. Sie haben die Salz-, Schwefel-, Oxal-, Ameisen- und Essigsäure in Konzentration von 1—12% auf Wolle einwirken lassen, wobei nicht ausgeschlossen ist, daß bei höheren Säurekonzentrationen die Wolle hydrolysiert wurde. Die Resultate sind in nachfolgender Tabelle wiedergegeben:

% Säure	Salzsäure		Schwefelsäure		Oxalsäure		Essigsäure		Ameisensäure	
	absorbierte %	ausgewasch. %	absorbierte %	ausgewasch. %	absorbierte %	ausgewasch. %	absorbierte %	ausgewasch. %	absorbierte %	ausgewasch. %
1	0,97	0,63	0,97	0,78	0,94	0,72	0,73	0,63	0,33	0,15
2	1,51	0,58	1,90	1,48	1,72	0,95	0,94	0,73	0,71	0,34
3	1,97	0,71	2,67	1,76	2,46	0,94	0,97	0,72	0,95	0,54
4	2,32	0,78	3,58	2,12	3,16	1,33	0,35	1,06	1,35	0,83
5	2,25	0,61	3,48	1,97	3,62	1,51	1,27	0,91	1,51	0,86
6	2,40	0,72	3,86	1,90	4,06	1,31	1,19	0,83	1,78	1,16
7	2,47	0,63	3,72	2,09	4,67	1,53	1,09	0,68	1,58	0,64
8	2,71	0,76	3,80	2,04	5,16	1,78	1,25	0,70	1,55	0,65
9	2,40	0,51	3,62	1,92	5,03	1,53	1,30	0,68	1,71	0,71
10	2,58	0,61	3,79	2,00	5,16	1,39	1,39	0,73	1,48	0,55
11	2,81	0,74	4,17	2,23	5,61	1,71	1,41	0,78	1,81	0,65
12	2,69	0,61	4,06	2,03	5,77	1,47	1,40	0,64	1,54	0,56

Wenn diese Resultate im Koordinatensystem aufgezeichnet werden, so zeigen die erhaltenen Kurven bei höherer Säurekonzentration einen deutlichen Knick und die aufgenommenen und nach dem Auswaschen zurückgehaltenen Säuremengen gehen sogar zurück.

Richard² hat schon im Jahr 1888 gezeigt, daß durch salpetrige Säure die Wolle diazotiert wird, nachzuweisen mit alkalischen Lösungen von Phenolen, welche zu braunen Tönen kuppeln. Prud'homme³ spricht die Reaktion mit salpetriger Säure als Nitrosaminbildung an und erklärt diese Annahme mit dem Verhalten der Wolle gegenüber Formaldehyd

¹ Journ. Soc. Dyers and Col. 1914, S. 5.

² Journ. Soc. Dyers and Col. 1888, S. 841.

³ Färber-Ztg. 1898, S. 346.

und schwefliger Säure. Flick teilt diese Ansicht mit Prud'homme, während Grandmougin und Bourry die Frage, ob Amino- oder Iminogruppen vorliegen, durch die erwähnten Reaktionen nicht entscheiden können. Emil Fischer betrachtet es als ausgeschlossen, daß Wolle diazotiert werden kann¹.

Wird Wolle im Dunkeln mit einer 6%igen Natriumnitratlösung behandelt, so tritt eine schwache Gelbfärbung auf, welche bei Lichtzutritt wieder verschwindet. Beim Kochen mit Wasser tritt die Gelbfärbung wiederum zutage und kann nun nur durch Sodalösung entfernt werden. Durch Säuern bleibt die Gelbfärbung dauernd bestehen. Sogenannte diazotierte Wolle zeigt eine größere Affinität zu basischen Farbstoffen, während diese für saure Farben vermindert wird.

Wenn diazotierte Wolle in alkalischen Bädern mit Phenolen entwickelt wird, können je nach dem Phenol folgende Farbtöne erhalten werden:

Phenol	Farbe	Reaktion mit Schwefelsäure
Resorzin	Orange	fades Rot
Orzin	Orange	fades Rot
Pyrogallol	Gelbbraun	Orange
Phlorogluzin	Bordeaux	keine Änderung
α -Naphthol	Rot	Schwarz
β -Naphthol	Rot	fades Rot

Werden diese „Färbungen“ mit Metallsalzen nachbehandelt, so resultieren licht-, wasch- und kochechte Töne. Der Zinnlack ist gelb bis orange, Aluminium gibt orange, Eisen braune bis olive Töne, während Chrom und Kupfer granatfarbige Lacke bilden.

Mit Salpetersäure behandelte Wolle ist im Griff viel rauher geworden, ist nicht mehr hygroskopisch und färbt sich mit basischen Farben besonders gut an².

Die Säurezahl diazotierter Wolle ist von 88 auf 169 gestiegen, während die Jodzahl von 18,4 auf 4,7 fällt, eine Bestätigung der Schwächung der Amino- oder Iminogruppen.

Durch starke Mineralsäuren wird die Wolle gänzlich abgebaut. Behandelt man Wolle nur kurz mit kalter konzentrierter Schwefelsäure, so tritt keine tiefergreifende Änderung ein; doch ist jede Affinität zu sauren Farben verschwunden und diese für basische Farben enorm gesteigert. Diese Behandlung hat indessen keine technische Bedeutung erlangt, während mit Schwefelsäure von 60—62° Bé im Patent der Badischen A. & S. F.³ und im DRP. 168026 von Becke und Beil mit 98 $\frac{1}{2}$ %iger Säure weichere und widerstandsfähigere Wolle erzielt werden soll. Es ist gefährlich, diese mit Schwefelsäure behandelte Wolle direkt zu waschen, wegen der damit verbundenen Erwärmung, weshalb zuerst mit gekühlter verdünnter Säure gewaschen wird. Man wäscht beispielsweise mit 95%iger, dann mit 90%iger, bis hinunter zu 10%iger Säure. Der technische Erfolg dieser Behandlungsweise dürfte sehr fraglich sein.

¹ Färber-Zg. 1901, S. 238; Z. Farb.-Ind. 1903, S. 80; Rev. Gen. Mat. Col. 1902, S. 67.

² Bull. Soc. Ind. Mulh. 1899, S. 221.

³ Fr. Pat. 318741.

Knecht hat gezeigt, daß durch Kochen der Wolle mit 2 Teilen Schwefelsäure (konzentriert) und 3 Teilen Wasser die schon früher besprochenen Abbauprodukte, Lanuginsäuren, Ammoniak und Schwefelwasserstoff entstehen. Diesen Effekt zeigen auch andere starke Mineral- und organische Säuren.

Grandmougin¹ hat darauf hingewiesen, daß auch andere Agenzien, wie Soda, Zinnchlorid, Kalziumchlorid, Bisulfite und Bisulfate, Resorzin- und Zitronensäure die Wolle vollständig abbauen können. Es ist dies bemerkenswert, weil im Wolldruck von obgenannten Produkten häufig Gebrauch gemacht wird, ebenso bei der Herstellung von Kreppeffekten (siehe auch DRP.)².

Die organischen Säuren, Oxal-, Ameisen-, Wein-, Milchsäure usw., werden ebenfalls absorbiert. Eine Ausnahme macht die Gallussäure, welche nur in ganz geringem Maße aufgenommen wird. Wird die Gallussäure oder Tannin kochend auf Wolle einwirken gelassen und nachträglich mit Zinn oder dergleichen fixiert, so ändert die Wolle ihre Beschaffenheit in der Weise, daß die sauren Farben wenig angefärbt werden, die basischen dagegen in verstärktem Maße. Man hat auf diese Weise „immunisierte“ Wolle geschaffen durch nacheinander folgende Behandlung mit Tannin und Zinnchlorid und dabei für Melangen schöne Wechseleffekte erzielt. Von einer großen Zahl von sauren Azo-, Alizarin- und Beizenfarben wird diese Immunwolle nicht angefärbt.

Diese erwähnten Prozesse sind durch Becke und Beil³ bekanntgeworden; die Details aus den Patenten der Farbwerke Höchst sind folgende: Zur Erzielung eines vollen Weißeffektes wird Wolle mit 10% (auf das Wollgewicht) an Gallussäure und 4% Ameisensäure (85%ig) in 50 Teilen Wasser 1 Stunde gekocht. Nach dem Abkühlen auf 160° F werden 3% Zinnchlorid zugesetzt und $\frac{1}{2}$ Stunde belassen. Diese Zinnchloridbehandlung kann auch in einem neuen Bad unter Zusatz von 1% Ameisensäure erfolgen. Danach kann die Wolle in gewohnter Weise echt gefärbt werden, das heißt, die Melangen mit unbehandelter Wolle, wobei nur diese angefärbt wird. Eisen ist bei diesen Verfahren peinlichst zu vermeiden und bei Gegenwart von Kupfer ist ein Zusatz von 2% an Ammoniumrhodanid nötig. Um die Wolle nur um wenig gegen saure Farben zu immunisieren, wird wie oben mit Gallussäure vorbehandelt, das Zinnbad aber fortgelassen. An seine Stelle tritt ein Bad mit Weinsäure zu 6% und Natriumazetat 5%. Während einer halben Stunde bei 200° F wird hantiert, darauf wird gewaschen.

Wird Wolle mit Essigsäureanhydrid⁴ behandelt, so tritt Azetylierung ein; die physikalische Beschaffenheit wird nicht geändert, jedoch die Affinität zu sauren Farben vermindert.

5. Die Wirkung von Alkalien auf Wolle. So widerstandsfähig Wolle gegen verdünntere Säuren ist, so empfindlich ist sie gegen Alkalien (Abb. 73). Eine 5%ige Laugelösung zersetzt bei Kochtemperatur be-

¹ Z. Farb. Ind. 1906, S. 223.

² 407 834 Friedländer XIV. 564; 422 602 und 422 464 Friedländer XV.

³ D.R.P. 137 947 und Z. Farb.-Ind. 1906, S. 62.

⁴ Munz und Haynn, Chem. Zg. 1922, S. 895.

reits die Faser in wenigen Minuten. Aus diesem Grunde sollen auch Waschmittel und -seifen für Wolle frei sein von ungebundenem Alkali. Etwas weniger aggressiv sind Alkalikarbonate und Seifen bei Innehaltung mäßiger Temperaturen.

Nach Knecht wird innerhalb 3 Stunden die Wollfaser durch eine 3%ige NatronlaugeLösung (3% NaOH auf das Wollgewicht berechnet) bei Kochtemperatur nicht zerstört, wohl aber tritt gänzliche Deformation ein, wenn bis auf 6% Lauge gegangen wird.

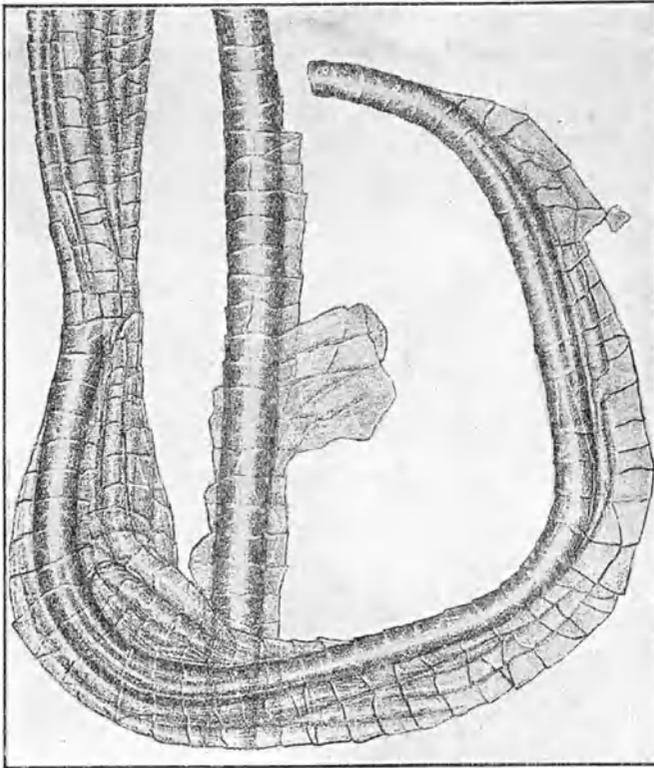


Abb. 73. Natronlaugeeinwirkung auf Wolle. Aufschwellung und Deformation.

Trotzdem eine Laugelösung von 75—100° Tw. (= 39—48° Bé) die Wollfaser nicht zerstört, tritt eine Schwächung der Zugfestigkeit ein um 25—30% der ursprünglichen. Dabei erhält die Wolle hohen Seidenglanz, verbunden mit Aufhellung der Farbe. Das Maximum dieses Glanzeffektes wird erreicht, wenn in einer Laugelösung von 80° Tw. gearbeitet wird bei einer Temperatur um 20° C¹.

Die Schwächung der Festigkeit der Faser durch Lauge verschiedener Konzentrationen ist von Buntrock bestimmt worden, und es sei nachfolgende Tabelle angeführt:

¹ Matthews, Journ. Soc. Chem. Ind. 1902, S. 685.

Lösung	Zugfestigkeit	Lösung	Zugfestigkeit
Unbehandelte Wolle	610	NaOH von 32° Bé	420
NaOH von 4° Bé	510	36° „	580
8° „	475	40° „	770
12° „	250	42° „	815
16° „	180	44° „	740
20° „	95	48° „	720
24° „	200	50° „	620
28° „	240		

Es ist interessant, daß bei 20° Bé eine maximale Zerstörung der Faser auftritt, während bei zunehmender Laugekonzentration die Schwächung der Faser wieder nachläßt, und bei 42° Bé sogar eine Faserstärkung hervorruft, welche noch bei 50° Bé deutlich vorliegt. Des weiteren hat Buntrock gezeigt, daß der Zusatz von Glycerin ebenfalls die Schwächung der Faser verhindert, so daß z. B. bei Glycerinzusatz zu 100 Teilen Natronlauge von 20° Bé (Maximum der Schwächung) folgende Zahlen gemessen wurden:

25 Teile Glycerinzusatz	geben Festigkeiten von	550 g
50 „ „ „ „	„ „ „ „	730 „
75 „ „ „ „	„ „ „ „	700 „
100 „ „ „ „	„ „ „ „	700 „
Ohne Zusatz von Glycerin	ist die Festigkeit	95 g.

Diese Behandlung der Wolle, die viel Ähnlichkeit mit dem Merzerisieren der Baumwolle zeigt, hat indessen geringe Bedeutung für die Praxis. Der Chemismus ist jedenfalls grundverschieden von demjenigen bei der Baumwollmerzerisation. Es wird von der Wolle ein beträchtlicher Teil der Lauge absorbiert und kann aber auch wieder wegewaschen werden, wobei allerdings, wie schon vorbesprochen, ein großer Teil des Schwefels der Wolle mit fortgeführt wird. Die mit Lauge behandelte Wolle zeigt analog den Verhältnissen bei der Baumwolle eine größere Affinität zu Farbstoffen als unbehandelte Wolle, bzw. Baumwolle; die mittlere Affinitätsvergrößerung für Farbstoffe ist folgende:

Art des Farbstoffes	Affinitätszunahme
Basische Farben	12,5 %
Saure „	20,0 „
Substantive „	25,0 „
Beizen „	33,3 „

Im Gegensatz zur Baumwolle ist die Laugebehandlung für Wolle ohne Schrumpfen der Ware durchzuführen, so daß auf gemischten Geweben, Wolle-Baumwolle, elegante Kreppeffekte erzielt werden können, weil eben nur die Baumwolle schrumpft. Man hantiert ca. 20 Sekunden die Ware in Natronlauge von 50° Tw. bei Temperaturen unter 20° C. Es wird darauf rasch gequetscht und sofort in einem verdünnten kalten Schwefelsäurebad neutralisiert. Es sollen mit diesem Verfahren sehr schöne Effekte erzielt werden.

Man hat auch die Tatsache, daß durch die Laugebehandlung die Farbstoffaffinität gesteigert wird, nutzbar gemacht, um beim Woll-

druck Zweitoneffekte zu erzielen¹ und ist dabei folgendermaßen vorgegangen: Man bedruckt die Wolle mit einer Mischung aus 400 Teilen Natronlauge 75° Tw. und 400 Teilen Tragant (1 : 1000) und 75 Teilen British Gum mit 150 Teilen Glycerin. Darauf wird gewaschen und gefärbt. Man soll nachträglich die Ware noch mit verdünntem Ammoniak behandeln. Nach Knecht² ist indessen folgendes Verfahren dem ersten vorzuziehen: Man bedruckt mit einer Mischung aus 100 Teilen Natronlauge von 80° Tw. und 100 Teilen British Gum (1 : 1). Für saure Farben sollen sehr gute Resultate erzielt werden.

Chevreul hat gezeigt, daß Wolle, in einem Kalkbad unter Luftausschluß behandelt, ebenfalls größere Affinität zu Farbstoffen erhält, und Guignet und David³ wiesen nach, daß diese Affinitätssteigerung für alle Farbstoffe gilt. Die Ansätze zur Behandlung werden zu 0,5 Teilen festen Kalkes auf 100 Teile Wolle angegeben.

In Europa ist fernerhin ein Produkt in den Handel gebracht worden unter dem Namen „Protectol“, das den schwächenden Einfluß von Alkalien auf Wolle (Küpenfärberei) gänzlich verhindern soll.

Diesem Produkt wird beim Färben mit Schwefel- und Küpenfarben in alkalischen Bädern die beste Schutzwirkung nachgerühmt. Protectol ist ein Nebenprodukt der Sulfitzellulosefabrikation und enthält die Natronsalze der Ligninsulfosäuren.

Schneider⁴ schlägt vor, die Wolle vor dem Färben während 15 Minuten mit 13 ccm 4% iger Soda pro Liter Flotte zu kochen, darauf diese mit Schwefelsäure in äquivalenter Menge zu behandeln. Daraufhin soll besonders das Färben mit Chromfarben in viel kürzerer Zeit durchführbar sein, als dies bei unbehandelter Wolle der Fall ist; aber auch für alle andern Farbstoffklassen gilt dieses Verhalten.

Burton und Barralet⁵ haben den Einfluß von Natriumsuperoxyd auf Wolle in Gegenwart von Soda studiert. Es wurden 2 Bäder bestellt mit je 4 $\frac{1}{2}$ ° Tw. Sodalösung unter Zusatz von Glycerin und dem einen davon 0,7% Natriumsuperoxyd zugesetzt. Zwei gleichartige Wollstücke wurden eingelegt und es zeigte sich, daß im Sodabad ohne Superoxydzusatz die Wolle in wenigen Minuten braun gefärbt wird, während im Superoxydbad die Wolle ihre ursprüngliche Farbe beibehält. Nach einstündiger Einwirkung wird gewaschen und jedes Stück in ein verdünntes Schwefelsäurebad gesetzt. Das nur mit Soda behandelte Wollstück hellt in der Farbe auf und entwickelt reichlich Schwefelwasserstoff, während das andere Stück aus dem Superoxydbad keinen Schwefelwasserstoff entwickelt. Nach dem Trocknen war das mit Superoxyd behandelte Stück Wolle im Gegensatz zum andern nur wenig geschrumpft und färbte sich normal an, das andere war trübe angefärbt.

Es ist schwierig, alle die erwähnten Reaktionen der Alkalien mit der Wolle erklären zu wollen. Oftmals gibt das Mikroskop einige Aufklärung über die physikalischen Veränderungen. Bei Ammoniak und Ammonkarbonat ist eine Änderung der Wolle kaum zu beobachten, besonders

¹ Casella & Co. 1898. ² Journ. Soc. Dyers and Col. 1898, S. 99.

³ Comptes Rendus, Vol 128, S. 686.

⁴ Journ. Soc. Dyers and Col. 1910, S. 24. ⁵ Dyer and Calico Printer, 1899.

beim Behandeln bei normaler Temperatur. Die Erdalkalien reagieren weit weniger heftig, führen aber doch auch zur vollständigen Zerstörung. Die Kalkmilch entzieht der Wollfaser den Schwefel, die Faser wird brüchig, glanzlos und verliert ihre Verfilzbarkeit. Bariumhydroxyd ist, wie früher besprochen wurde, das geeignete Reagens, die Wolle zu den Lanuginsäuren aufzuspalten. In Verbindung mit Glukose ist die Behandlung der Wolle mit Alkalien mehrfach Gegenstand folgender Patente geworden: Casella, Fr. Pat. 316243, Färben gemischter Gewebe mit Schwefelfarben; Badische, Fr. Pat. 28696, Kochen und Merzerisieren von halbseidenen Geweben; dieselbe, DRP. 110633, 117249 und 129451 (Ansprüche wie oben). Ebenfalls an dieser Stelle sei erwähnt Horace Köchlin, Färber-Zg. 1898, S. 35, Anwendung von Alkalien im Woll-druck¹.

Karin hat die Beobachtung gemacht, daß die Wolle durch Formaldehyd gegen die schädigende Wirkung von Alkali auch bei erhöhten Temperaturen geschützt wird.

Nach Bethmann² verliert die Wolle durch die Alkalibehandlung ihre reduzierenden Eigenschaften, was beim Färben mit Anilinschwarz darin Ausdruck findet, daß die Zugabe von Oxydationsmitteln nicht erhöht werden muß, wie dies bei unbehandelter Wolle im Vergleich zu Baumwolle geschieht³.

Wird Wolle mit alkoholischem Alkali behandelt, so tritt Gelbfärbung auf, und es zeigt sich eine Zunahme der Affinität zu Salzfarben im neutralen Bad.

Schneider⁴ zeigte, daß beim schon erwähnten nacheinanderfolgenden Behandeln der Wolle mit Soda und Säure beim Chromieren eine Zugabe von reduzierend wirkenden Mitteln, wie Weinsäure usw., nicht mehr notwendig ist (vgl. S. 107). Die Färbungen sollen in kürzerer Zeit durchzuführen sein, ohne Einbuße an deren Echtheiten.

Wo immer es nötig ist, die Wolle mit Alkalien zu behandeln, z. B. nach dem Karbonisieren, sollen womöglich Alkalikarbonate oder Ammoniak verwendet werden.

Sogar der letztere hat zerstörende Eigenschaften, wenn in zu konzentrierten Lösungen oder bei zu hohen Temperaturen gearbeitet wird. Weitere, sehr milde Alkalien sind Borax und Natriumphosphat, welche ohne Bedenken verwendet werden können. Vom Kaliumkarbonat wird behauptet, daß seine schädigende Wirkung geringer sei als bei Soda, so daß es oft trotz seines bedeutend höheren Preises angewendet wird.

Des weiteren müssen mit Alkalien behandelte Wollen vor dem Trocknen oder Färben immer gut alkalifrei ausgewaschen werden, um Mißerfolge und Zerstörungen der Faser zu vermeiden. Der Einfluß von Alkalien wird ganz allgemein stark unterschätzt.

Der Nachweis von Lichteinflüssen und Alkalischäden an Wolle. Frisches Chlorwasser ist nach den Untersuchungen K. v. Allwörden⁵ ein spezifisches Reagens für unbeschädigte Wolle. Die Faser schwillt unter Bildung von

¹ Siehe auch: Z. Farb.-Ind. 1902, S. 266 u. 372 u. Friedländer Bd. XII—XV.

² Z. angew. Chem. 1906, S. 1817.

³ D.R.P. 170228.

⁴ Journ. Soc. Dyers and Col. 1910, S. 24.

⁵ Lehn's Färberei-Zeit. 1912, S. 45.

tonnenförmigen Gebilden an, so daß ihr mikroskopisches Bild einer Perlschnur gleicht (Elastikumreaktion).

Naumann¹ befaßte sich eingehender mit der Elastikumreaktion. Seine Versuche erstreckten sich auf die Beeinflussung der Reaktion durch die Chemikalien und die Behandlungen, wie sie bei der Fabrikation von Wollwaren üblich sind. Seine Resultate sind folgende:

1. An ein und demselben Vlies zeigen von verschiedenen Stellen entnommene Wollhaare die Elastikumreaktion. Von Wollen verschiedener Schafrassen reagierten am besten Merinowollen, weniger gut Groß-breed-Wollen und am schlechtesten die Lammwollen. An ein und demselben Wollhaar zeigt sich die Reaktion am besten in der Mitte der Faser; an der Spitze und hier und da auch am Schnittende treten nur einzelne Bläschen auf, oder die Reaktion bleibt ganz aus.

2. Während durch organische Lösungsmittel die Elastikumreaktion in keiner Weise beeinträchtigt wird (durch die Entfernung des Wollfettes tritt sie noch deutlicher auf), findet bereits beim Waschen mit 10proz. Sodalösung bei 35° C (2 Stunden) eine Schädigung des Elastikums statt (1 % NaOH zwischen 40° und 50°). Je nach Feinheit der Wolle werden diese Werte nach unten oder oben verschoben.

3. Von den üblichen Fabrikationsprozessen, denen die Wolle in der Praxis unterworfen wird, beeinträchtigen die Elastikumreaktion nur gewisse alkalische Behandlungen und die Dekatur mit gespanntem Dampf.

4. Die üblichen Färbebäder, mit Ausnahme der alkalischen Küpen- und der Schwefelfärbungen, äußern sich nicht ungünstig auf die Allwördensche Reaktion.

5. Aus dem positiven Ausfall der Elastikumreaktion kann noch kein Schluß auf die Güte der Wolle gezogen werden.

6. Die Walkfähigkeit steht in keinem Zusammenhang mit der Elastikumreaktion.

Bei Belichtungsversuchen mit Wolle machte Wäntig² die Beobachtung, daß bei der belichteten Wolle die Allwördensche Reaktion nicht mehr auftrat. Festigkeitsbestimmungen, die vergleichsweise an belichteten und unbelichteten Wollhaaren ausgeführt wurden, ergaben einen deutlichen Abfall der Werte beim belichteten Material.

Auf Grund einer umfassenden Arbeit kommt A. Engeler³ zu dem Resultat, daß die Allwördensche Reaktion nicht nur ausbleiben kann nach Alkali-, Licht- und Dampfwirkungen, sondern auch nach anderen chemischen oder mechanischen, die Schuppenstruktur verletzenden Einflüssen.

6. Der Einfluß von Reduktionsmitteln auf Wolle. Auf die Wollfaser selbst haben die Reduktionsmittel keinen Einfluß, wohl aber auf die natürlichen Farbpigmente derselben, weshalb man beim Bleichen der Wolle reduzierende Mittel anwenden kann. Als Reduktionsmittel, die gelegentlich Verwendung finden, seien genannt: Schweflige Säure, Natriumbisulfit, Zinnchlorür, Natriumhydrosulfit, Zink und Säuren, Titansulfat usw. Am billigsten und dabei praktisch ist das Bleichen mit Natriumbisulfit; dabei ist der Chemismus des Bleichvorganges nicht ganz einfach und noch zu wenig studiert. Nach Elsässer⁴ beobachtet man beim Behandeln der Wolle mit kochender konzentrierter Bisulfitlösung eine gleichzeitige Veränderung der Wolle, die stark an den Merzerisier-effekt erinnert. Die Faser wird im Bade erweicht, nimmt eine gummi-ähnliche Struktur an und schrumpft zusammen. Um den Effekt deutlich zu erhalten, muß auf die ursprüngliche Länge der Faser gestreckt werden und das Bisulfat durch Waschen mit Wasser, vorteilhaft unter Zugabe eines Fixiermittels für Bisulfit, wie z. B. Natriumhypochlorit, welches die schweflige Säure zu Sulfat oxydiert, entfernt werden.

¹ Zeitschr. f. angew. Chem. 1917, S. 135, 297 u. 305.

² Melliauds Textilberichte 1923, S. 586.

³ Engeler, A.: Diss. E. T. H. Zürich 1925.

⁴ D.R.P. 233210.

Nach dem Trocknen soll die Wolle nebst erhöhtem Glanz eine Zunahme der Festigkeit aufweisen. Die praktischen Erfolge des Verfahrens sind noch wenig bekannt geworden.

7. Der Einfluß von Oxydationsmitteln auf Wolle. Im Gegensatz zu Baumwolle ist die Wolle ziemlich empfindlich auf Oxydationsmittel, welche schon in geringer Konzentration die Faser erheblich schädigen.

Ein ungefährliches Oxydationsmittel, das zur Wollbleiche benützt werden kann, ist Wasserstoffsuperoxyd, welches in mäßiger Konzentration verwendet die natürlichen Farbpigmente, nicht aber die Faser zerstört. Man braucht deshalb mit Vorteil dieses Bleichmittel auch in gemischten Geweben, wie Wolle-Baumwolle usw. Man ist nicht an die Verwendung des Wasserstoffsuperoxyds gebunden, sondern man kann vielmehr das handlichere Natriumsuperoxyd in Kombination mit verdünnten Säuren (Schwefelsäure) zur Anwendung bringen. Das Natriumsuperoxyd ist in Wasser gebracht ein starkes Alkali, welches die Wolle schädigen würde. Man muß also danach trachten, die Lauge zu neutralisieren. Bei gemischten Geweben, wo ein Säureüberschuß die andere Faser (Baumwolle) schädigen könnte, kann man mit den gelinden Alkalien, wie Borax, Natriumphosphat usw., schwach alkalisch stellen. Diese schwachen Alkalien, unter welche auch Ammoniak gehört, schädigen dann die Wollfaser nicht.

Wird die Wollfaser mit einer Natriumpermanganatlösung von maximal 2—3% und bei Temperaturen unter 120° F behandelt, so tritt Bleichwirkung ein, ohne daß die Faser leidet.

In zweierlei Hinsicht ist aber die Anwendung von Permanganat zu Bleichzwecken unangenehm, weil nämlich der bei der Oxydation entstehende Braunstein als brauner unlöslicher Niederschlag auf der Wolle haften bleibt und durch Behandeln mit Natriumbisulfit oder Oxalsäure nachträglich entfernt werden muß, wobei allerdings eine hervorragend weißgebleichte Wolle erhalten wird. Der Griff aber ist ganz bedeutend rauher geworden und der Glanz der Faser zurückgegangen, so daß dieser Bleichprozeß jedenfalls nur in speziellen Fällen zur Anwendung gelangt.

Kertesz¹ hat die interessante Beobachtung gemacht, daß die Wolle unter Lichteinwirkung durch den Luftsauerstoff zerstört wird. Mit sauren Farben gefärbte Wolle ist etwas resistenter als ungefärbte Ware, und solche Wolle, welche unter Chrombeize gefärbt wurde, zeigt eine auffallende Licht- und Tragechtheit. Diese Beobachtung ist Gegenstand eines Patent² geworden. Aluminium- und Eisensalze haben ebenfalls eine Schutzwirkung gezeigt, doch stehen sie weit hinter dem Behandeln mit Chrom zurück. Fette und Lanolin sind als nahezu unbeteiligt zu betrachten bei irgendwelchen sog. Prozessen. Das starke Oxydationsmittel Ozon schwächt die Faser, die Elastizität bleibt erhalten, ebenso der Glanz.

Die Uviollampe, das ultraviolette Licht haben auf die Wolle eine verstärkte Wirkung, die derjenigen der Wetterprobe gleich ist. In den

¹ Färber-Zg. 30, S. 137.

² D.R.P. 286340.

meisten Fällen ist die Stärke der Biuretreaktion ein Gradmesser für die Zerstörung der Faser durch Licht und Wetter. Daß die Zerstörung bei Belichtung und beim Tragen der Wolle eine Oxydation ist, wird durch die zunehmende Azidität der Wolle deutlich; ihr Schwefel wird zu schwefeliger bzw. Schwefelsäure oxydiert.

8. Der Einfluß von Chlor auf Wolle. Die Einwirkung von Chlor auf Wolle äußert sich in verschiedener Art und Weise, je nach der Form und der Konzentration, in welcher es zur Anwendung kommt. Mit überschüssigem Chlorgas wird die Faser gänzlich zerstört; findet es dagegen als Chlorkalium Anwendung, so wird die Faser hart im Griff, bekommt hohen Seidenglanz, verliert das Filzvermögen ganz und erhält meist eine bessere Affinität zu Farbstoffen. Nach Witt (Gespinnstfasern, S. 9) soll mit Chlor behandelte Wolle in Ammoniak löslich sein unter Entwicklung von Stickstoff, was indessen von Grandmougin verneint wird¹.

In einer Serie von Arbeiten hat Knecht die Beobachtung gemacht, daß gechlorte Wolle im Chromalaunbad beim Beizen keinen Veränderungen mehr unterliegt. 10 Gramm gewöhnlicher Wolle werden eingelegt in ein Bad aus 600 ccm Wasser und 2 g Schwefelsäure; darauf wird gequetscht und im 10 prozentigen Chromalaunbad gebeizt, was normal vor sich geht. Im Falle aber, daß gechlorte Wolle verwendet wird, beobachtet man eine Bildung von Chromsäure. Beim Färben spielt also die Vorbehandlung eine wesentliche Rolle, weil, wie wir bis jetzt oft beobachtet haben, Säuren, Basen, Oxydationsmittel und Salze von der Wollfaser außerordentlich fest absorbiert werden und dann beim Färbe- prozeß zur Auswirkung gelangen können.

Eine sehr billige und gute Methode, die Wolle zu chlören, sei nachfolgend angeführt: Man bereitet sich eine klare Lösung von Chlorkalk mit 4 bis 5% aktivem Chlor entsprechend einer Dichte von ca. 17° Tw. Darauf versetzt man mit so viel Soda, daß aller Kalk als Karbonat ausgefällt wird, läßt absitzen oder filtriert und hat nun eine Lösung von Natriumhypochlorit von ungefähr 4% aktivem Chlor und dem spezifischen Gewicht von ca. 1,1. Zur Erhöhung der Haltbarkeit ist ein geringer Sodaüberschuß erwünscht. Die Temperatur soll niedrig gehalten werden und der Gehalt an aktivem Chlor nicht wesentlich die angegebene Grenze überschreiten, weil sich sonst leicht Natriumchlorat bildet, welches die Wolle schädigt. Eine Pint = 20 Unzen = 0,567 Liter dieser Hypochloritlösung genügt zum Chlören von einem engl. Pfund Wolle. Meist wird die Salzsäure nicht im Extradbad einwirken gelassen, sondern vor Gebrauch der Lösung direkt zum Hypochlorit gegeben. Immer zeigt die Wolle nach dem Chlören eine gelbliche Farbe, welche durch Behandeln derselben in einem Bad aus 100 Gallonen Wasser, 1 Gallone Natriumbisulfidlösung und 0,5 Liter Schwefelsäure entfernt werden kann. An Stelle von Bisulfidlösung wird auch Zinnchlorürsalzsäure vorgeschlagen. Um der Wolle endlich wieder den ursprünglichen Glanz und Griff zu erteilen, muß in einem soda-alkalischen Seifenbade hantiert werden.

¹ Z. Farb.-Ind. 1906, S. 399.

Bei zu langer Einwirkung von Chlor auf Wolle kann allerdings der Gelbstich und die mangelnde Griffigkeit mit keinem Mittel wieder eingeholt werden. Das einmal verwendete Chlorbad kann gewöhnlich mehrmals Verwendung finden, wenn vor jeder neuen Charge die fehlende Chlormenge nachgesetzt wird. Es muß aber unbedingt die ursprüngliche Stärke des zur Verwendung gelangenden Bades wieder aufgeholt werden, bevor die neue Wollcharge im Bad liegt, weil das Chlor von Wolle im Gegensatz zu Textilfasern pflanzlicher Herkunft äußerst rasch resorbiert wird und ungleichmäßige Bäder die Wolle ganz ungleich chloren, welche Folgen beim Färben deutlich zum Vorschein kommen.

Bullard¹ hat darüber originelle Versuche veröffentlicht: Zur Verwendung gelangen 20 g geseifte, gewaschene und entfettete Wolle. Man bereitet eine Lösung von 5 g Schwefelsäure und 12 ccm Hypochloritlösung im Liter. Ein Teil dieser Hypochloritlösung entfärbt einen Teil einer schwachen Indigocarminlösung, so daß in wenigen Minuten die Blaufärbung kaum noch wahrnehmbar ist. Nun werden die 20 g Wolle in die Hypochloritlösung gegeben. Nach einer halben Minute Einwirkung wird von der Hypochloritlösung die oben genannte Indigolösung nicht mehr entfärbt; die Wolle hat sämtliches Chlor resorbiert. Man entfernt die Wolle, gibt aufs neue 12 ccm Hypochlorit zum Liter unter Beobachtung einer gewissen Azidität. Wird jetzt die nämliche Wolle wieder eingelegt, so wird wieder sämtliches Chlor absorbiert, die Lösung zerstört die Indigolösung immer noch nicht. Man kann 3—5 mal diese Menge Chlor durch die nämliche Wolle absorbieren, wobei dann allerdings die Wolle stark gelb und rauh wird. Die Wolle ist instande, 12% ihres Gewichtes an Chlorkalk innerhalb 2 Minuten gänzlich zu absorbieren.

Aus obigem geht deutlich hervor, daß die Konzentration der wesentliche Faktor beim Chloren der Wolle ist, während die Zeit kaum zu berücksichtigen ist, immer vorausgesetzt, daß das Chlorbad sauer reagiert. Nach Bullard soll sich die Konzentration immer zwischen 2 und 5% Chlorkalk, auf Wolle berechnet, bewegen. Bei Anwendung von Chlorkalk muß mit schwefelsäurefreier Salzsäure angesäuert werden. Weil aber die Gefahr der Bildung von Kalkflecken (Gipsflecken) immer erheblich bleiben wird, so setzt man vorteilhaft den Chlorkalk vorerst mit Soda um oder verwendet direkt Natriumhypochlorit, welches heute durch die Einführung billigen Chlors in Bomben leicht selbst hergestellt werden kann. Zudem ist die Gelbfärbung durch Natriumhypochlorit in schwefelsaurer Lösung geringer als bei Verwendung von Chlorkalk-Salzsäurelösung. Es ist auch vorteilhafter, wenn die Wolle schon vor dem Eingehen ins Chlorbad mit Schwefelsäure vorgesäuert wird. Über die Säurekonzentration innerhalb vernünftiger Grenzen muß man nicht allzu ängstlich sein; wesentlich ist nur, daß keine alkalische Reaktion im Chlorbad eintritt. Die praktische Durchführung macht vielleicht noch operative Schwierigkeiten, weil bei der raschen Aufnahme des Chlors nicht gut in kontinuierlichen Apparaten (Jigger) gechlort werden kann,

¹ Monit. Scient. 1894.

weil sonst die „Enden“ leicht in chlorarmes Wasser kommen. Man arbeitet deshalb besser in kleinen Partien in Standen und Fässern oder mit größeren Ansätzen in den sog. Kùpensenkern für lose Wolle.

Nach Trotmann¹ zeigt nur diejenige gechlorte Wolle gegenüber ungechlorter eine auffallende Veränderung, wenn das Chloren nicht sorgfältig durchgeführt wird, so daß die Faser effektiv zerstört wurde. Er behauptet, daß nur zu starkes Chloren die Affinität zu Farbstoffen wirklich erhöht, normales Chloren ändere die Affinität nicht. Trotmann hält die üblichen Chlorverfahren für zu robust und in den meisten Fällen den Prozeß zu wenig kontrollierbar, so daß immer Faserzerstörung eintritt.

Weiter kommt Trotmann zu dem Schluß, daß Chlor Wolle stärker angreift als unterchlorige Säure. Mit Chlorkalk und Säuren kann der Gehalt an Chlor unter 0,6 g pro Liter Flotte heruntergedrückt werden. Das Verfahren wird somit leicht kontrollierbar, wenn die Säure nur allmählich zugegeben wird, was leicht bewerkstelligt werden kann. Dabei aber wirken starke Säuren lokal oft zu heftig, d. h. es wird lokal zu viel Chlor frei, was zur Zerstörung von Deckschicht und Faserschicht führen kann. Trotmann schlägt aus diesem Grunde als saures Agens die Borsäure vor, welche keine stürmische Chlorentwicklung zur Folge hat.

Bei der Herstellung der Perserteppiche unterwirft man die Wolle häufig dem Chloren, um ihr einesteils den gewünschten satten Glanz zu verleihen und andernteils die Gewebe künstlich zu altern, ein Aussehen zu erteilen, als ob die Teppiche schon im Gebrauch gewesen wären, was die Echtheit bekräftigen oder auch ersetzen muß. Um dies in vollem Umfang zu erreichen, werden die Wollen des weiteren mit Chlorkalziumlösungen behandelt; man bespritzt sie oberflächlich damit. Die Eingebornen Indiens und Persiens färben die Wollen im allgemeinen mit sehr lebhaften Farben. Würden diese Teppiche zu uns importiert, so würde sie kein Mensch für echt halten, weil wir nun einmal so erzogen und belehrt worden sind, daß ein Perserteppich diskrete Farben trägt und weil wir an ihrem ursprünglichen Aussehen überhaupt keinen Geschmack finden könnten. Die Teppiche werden also künstlich beschmutzt und durch Chloren gelblich abgetönt, was keineswegs ihrer Haltbarkeit zuträglich ist. Als weitere solche Echtheiterteilungsverfahren werden genannt das Behandeln mit Soda, was große Sorgfalt erheischt. Harmloser ist das Behandeln mit folgender Lösung:

Man stellt eine Lösung her von:

- 16 Gallonen Wasser (1 Gallone = 4,5 Liter),
- 66 Pfund beste reine Seife (1 Pfund = 453 g),
- 4 Quart Olivenöl (1 Quart = 1,13 Liter),
- 4 Quart Kokosöl,
- 12 Quart Baumwollsamööl,
- 4 Quart Borax.

Die Massen werden in einem Kessel aufgekocht und vor Gebrauch mit 7 Teilen Wasser nochmals verdünnt, und in dieser Form auf die Ware aufgespritzt und getrocknet.

¹ Journ. Soc. Chem. Ind. 1922, S. 219.

Durch W. H. Schweitzer¹ ist noch ein Verfahren bekanntgeworden, wo Wolle wie folgt auf wasserdichte Stoffe verarbeitet wird: 50 Kilo feines Wolltuch werden bei gewöhnlicher Temperatur imprägniert in 1500 Liter Wasser, enthaltend 40 kg Chlorkalk (filtrierte Lösung). Die Chlorkalklösung ist mit Salzsäure versetzt und die Ware wird ungefähr eine halbe Stunde im Bad belassen und darauf mit kaltem Wasser gewaschen. Darauf wird die Faser mit Hydrosulfit oder schwefliger Säure gebleicht. (Gelbfärbung vom Chloren!) Die Wolle kommt nun in ein Bad aus 3 kg Wachsseife in 1500 Liter Wasser, wo gekocht und darauf kalt gewaschen wird.

Die Wachsseife wird hergestellt durch Verseifen von 3 kg Bienenwachs mit 3 kg Natronlauge. Des weiteren wird nun das Tuch mit einem Bad aus 15 kg Natronlauge in 1500 Liter Wasser behandelt während 5—15 Minuten und wiederum gewaschen. Endlich kocht man mit Kastilseife, welche gegen Ende des Bades mit Essigsäure angesäuert wird, und kalandriert.

9. Einwirkung von Formaldehyd auf Wolle. Durch die Behandlung der Wolle mit einer 4%igen Formaldehydlösung wird die Empfindlichkeit gegen Alkalien und die Farbstoffaffinität bedeutend heruntersetzt. Kann hat daher eine Formaldehydbehandlung vorgeschlagen, wo Wolle mit Küpenfarben aus stark alkalischen Bädern gefärbt wird. Ebenso sollen sich Schwefelfarben ohne Faserzerstörung färben lassen. Kann hat in den verflossenen Jahren mehrere Verfahren patentieren lassen, die obige Beobachtungen auswerten. Es hat sich aber gezeigt, daß die 4%ige Formaldehydlösung die Affinität zu Farbstoffen ganz bedeutend verringert. Wird der Formaldehyd erst zum Färbebad zugesetzt, so ist seine herabmindernde Wirkung auf die Farbstoffaffinität geringer. Man benötigt in diesem Falle ca. $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{10}$ vom Gewicht der Wollfaser an 1%igem Formaldehyd. Am besten ist die Behandlung der Wolle mit Formaldehyd in Gegenwart von wenig Soda. Das Studium der Reaktionen zwischen Wolle und Aldehyd weist darauf hin, daß eine chemische Bindung des Aldehyd vor sich geht. Mit Formaldehyd behandelte Wolle verliert den Aldehyd erst wieder beim Erhitzen mit Salzsäuren. Der Versuch hat weiter gezeigt, daß man Wolle, die mit Formaldehyd behandelt ist, auch in Gegenwart größerer Mengen Natriumsulfides mit sauren Farbstoffen anfärben kann. Man kann auf diese Weise sehr schwer lösliche „saure Farbstoffe“ anfärben, welche nur in Alkalien löslich sind. Die mit Formaldehyd behandelte Wolle ist auch widerstandsfähiger gegen Dämpfen, und letzteres kann ebenfalls in Gegenwart von Alkalien, vorzüglich Natriumsulfid, ausgeführt werden, wobei durch das Alkali eine Beschleunigung des Dämpfprozesses um ca. 20% stattfinden soll. Die aldehydbehandelte Wolle erträgt auch alkalische Seifenbäder ohne Faserzerstörung.

Alle diese alkalischen Bäder können notwendig werden bei Mischgeweben aus Wolle-Baumwolle. Diese präparierte Wolle erträgt ein 20 Minuten dauerndes Behandeln mit 20% iger Sodalösung bei 90—95° C

¹ U.S.Pat. 1389274.

ohne Schaden zu nehmen. Kochendes Wasser und schwache, fixe Alkalien schädigen die mit Formaldehyd behandelte Wolle ebenfalls viel weniger.

Der Chemismus der Reaktion ist noch nicht aufgeklärt, vermutlich dürften die Amidogruppen der Wolle in Reaktion treten. Ob im Chemismus ein Zusammenhang besteht mit dem als Protektol bezeichneten Schutzmittel für Wolle gegen Alkali dürfte interessant sein zu untersuchen. Protektol wird aus den Liguinsulfonaten der Zellstoffabriken bereitet.

10. Einwirkung von Metallsalzen auf Wolle. Die neutralen Metallsalze scheinen ohne wesentlichen Einfluß auf Wolle, sie werden auch nicht resorbiert. Die Salze der Alkalien und Erdalkalien, welche neutral sind, zeigen gar keine Wirkung auf Wolle. Bei Kochtemperatur beobachtet man eine geringe Salzaufnahme, welche wahrscheinlich bloß eine Einlagerung in die Tiefen der Faser und dort nicht leicht wegzuwaschen ist.

Gegen verschiedene Salze kann Wolle allerdings als Reduktionsmittel wirken; so wird z. B. Kaliumnitrat zu Kaliumnitrit reduziert¹. Etwas anders reagieren die Schwermetallsalze wie Aluminium, Eisen, Chrom, Kupfer und Zinn in Form der Nitrate, Sulfate, Azetate, Oxalate etc.

Die meisten dieser Salze unterliegen beim Kochen der Hydrolyse und man beobachtet eine intensive Absorption der Metallhydroxyde oder der basischen Salze an Wolle. Die Variationen, denen die Form des Metalls auf der Faser unterliegt, sind sehr mannigfaltig und meist ungenügend studiert¹.

Nach Experimenten von Bland und Fort² scheinen gewisse Neutralsalze, welche nicht hydrolysieren, auf Wolle lösend einzuwirken. Beim Kochen von 5 g Wolle mit 1 g Glaubersalz in 150 ccm Wasser während 3 Stunden wurden 0,5% der Wolle gelöst. Bei Seide war der gelöste Anteil ca. 0,6%.

Alle Salze, welche sauer reagieren, wie Alaun, Eisensulfat und Natriumbichromat, werden ebenfalls stark absorbiert. Darauf gründen verschiedene praktische Methoden der Färberei, wo es gilt Farblacke auf der Faser herzustellen.

Nach den Beobachtungen von Gelmo und Suida³ üben die sauer reagierenden Salze, wie Alaun, auch noch eine hydrolysierende Wirkung auf Wolle auf. Man kann im Bad nach einiger Zeit Aminosäuren nachweisen und konstatiert eine Gewichtsabnahme der Wolle. Der Reaktion nach handelt es sich bei den Abbauprodukten hauptsächlich um Peptone. Die Einwirkung von Schwermetallsalzen auf Wolle zeigt sich dann auch in ihrer veränderten Affinität zu Farbstoffen, so z. B. wird durch ein Bad von 0,1% iger, alkalischer Chlorzinnlösung die Affinität zu basischen Farbstoffen heruntersetzt und für saure Farben gesteigert.

Wie stark die Metallsalze von verschiedenen Fasern absorbiert werden zeigt Schellens⁴ am Ferrichlorid:

¹ Siehe Schwalbe, Färbetheorien, S. 58 u. 158.

² Journ. Soc. Dyers and Col. 26, S. 855.

³ Monatsschr. f. Chem. 26, S. 855.

⁴ Arch. Pharm. 1905, S. 617.

	1% ige FeCl ₃ - Lösung	0,1% ige FeCl ₃ - Lösung
Baumwolle	0,112	0,112
Filterpapier	0,23	0,123
Vegetabile Seide	1,01	0,56
Jute	0,56	0,44
Rohseide	0,67	0,67
Wolle	0,84	0,36

Im vorgenannten Vergleich wurde jeweils 1 g Faser in 50 cm 1- bzw. 0,1%iger Ferrichloridlösung hantiert und das absorbierte Eisen darin bestimmt.

Das am meisten verwendete Salz zur Herstellung von Beizenfärbungen ist Kaliumbichromat, welches heute teilweise durch das billigere Natriumbichromat verdrängt wird. Das Natronsalz hat den Nachteil, daß es hygroskopisch ist und leicht seinen Titer ändert, doch ist es bedeutend billiger als das nicht hygroskopische Kalisalz.

Nachfolgend seien noch die Löslichkeiten dieser wichtigen Salze in Wasser angeführt:

	0° C	100° C
Kaliumbichromat	4,6	102
Natriumbichromat	163	435

Wird Wolle in einer Bichromatlösung gekocht, so wird das Chrom als Chromichromat absorbiert, d. h. als chromsaures Chrom. Die Reduktion des Bichromates zu Chromhydroxyd wird durch die Wolle besorgt. Die Gegenwart von Säuren und speziell von organischen Säuren fördert den Prozeß. Leicht oxydierbare Säuren wie Weinsäure, Ameisensäure usw. übernehmen an Stelle der Wolle die Reduktion. Man hat des weiteren die interessante Beobachtung gemacht, daß die Wolle saures weinsaures Kali absorbiert und im Bad neutrales Kaliumtartrat erzeugt; d. h. es wird die Säure absorbiert und das Kalium in Lösung geschickt. Das nämliche Phänomen tritt ein bei Ammonsulfat, wo wiederum die Schwefelsäure resorbiert und Ammoniak in Lösung geschickt wird.

Die Erfahrung hat gelehrt, daß beim Chromsud für 3% Bichromat berechnet auf das Wollgewicht folgende Säuremengen, ebenfalls auf das Wollgewicht berechnet, angesetzt werden müssen:

Weinsäure	2,5 %	Ameisensäure	1,5 %
Milchsäure	3,0 „	Schwefelsäure	1,5 „
Oxalsäure	2,0 „		

Man sagt der Weinsäure resp. dem sauren weinsauren Kali nach, daß es die blumigsten Färbungen erbebe, während die Milchsäure besonders echtere Töne ergeben soll. Die andern 3 angeführten Säuren ergeben die geringeren Färbungen. Es ist dabei nicht unwesentlich, daß die beiden erstgenannten Säuren stärkere Reduktionsmittel sind und deshalb die Faser vor der oxydierenden Wirkung des Bichromates schützen.

Die Chromsude unterscheiden sich auch in der Farbe; die mit Bichromat-Schwefelsäure erhaltenen sind die gelbstichigsten. Bei Anwen-

dung von mehr Schwefelsäure wird der Ton grüner und zugleich wird mehr Chrom aufgenommen. Nach Ulrich¹ ist es die stärkere Hydrolyse der Wolle, hervorgerufen durch die stärkere Säure. Die hydrolysierte Wolle reduziert das Bichromat erst zur Chromstufe, was bei Anwendung von Wein- und Milchsäuren von den letzteren übernommen wird. Die Ameisensäure ist gegenüber der Oxydationswirkung des Bichromates sehr resistent auch bei Kochtemperatur, so daß die Wolle den größten Teil der Reduktionsarbeit zu leisten hat, wenn mit Ameisensäure chromiert wird. Die Ameisensäure ist also mehr zur Förderung der Hydrolyse der Wolle als zur selbsttätigen Reduktion bestimmt.

11. Die verschiedenen Beizen. Die verschiedensten Metalle und Metalloide geben auf Textilfasern Beizen, doch nur wenige sind praktisch im Gebrauch. Die meist angewandten Säuren, als deren Salze die Metalle in Lösung gebracht werden, sind: Schwefel-, Salpeter-, Salz-, Essig-, Oxal- und Weinsäure. Durch das Beizen wird in überwiegender Zahl die Wolle nicht verfärbt. Eisen-, Kupfer-, Chrom-, Selensalze färben als Beize jedoch schwach braun — grau — grün oder braunrot an. Ebenso beizt Tellurbisulfit die Faser braunschwarz an, während Ammonmolybdat in Gegenwart von Salzsäure und Sulfit schwach blau aufzieht.

Nebenstehend sind in einer Tabelle geordnet die Resultate folgender Vergleichsfärbungen angeführt, welche auf die verschiedenen Echtheiten geprüft wurden. Vorgebeizte Wolle wurde mit den genannten Farbstoffen entwickelt und die Färbung auf Waschechtheit geprüft, danach auf Licht und Walk-echtheit und ebenso auf Seifechtheit.

¹ Z. physikal. Chem. 1908, S. 25.

Farbstoff	Lackbildende Metalle				Keine Lacke	
	Klasse 5	Klasse 4	Klasse 3	Klasse 1	Klasse 0	
Alizarin	Al, Ti, Th, Di, Cr, Ur	Cu, Hg, Zr, Zn, V, Bi, W, Fe	Y, La, Ce	Au, Si, Er, S, Mo	Se, Te	
Alizarinorange	Th, Bi, Cr, Ur, Fe	Ti, Zr, Ce, Pb	Cu, Al, Y, La, Sn, V, Sb, Di, W, Co, Ni	—	Se, Te	
Alizarinblau S	Sn, Cr, W, Ur	Hg, Al, Ti, Pb, Th, V, Bi, Fe	Cd, La, As, Sb, Co, Ni	Be, B, Si, Er, Mo, Mn, Pt	Ag, Au, S, Se, Te, Cl, Br, I	
Blauholz	Cu, Hg, Cr, Ur	Al, Ti, Th, Bi, Mo, W, Fe	Be, Cd, B, Y, La, Zr, Sn, Ce, Pb, V, Sb, Mn	—	Se, Te	
Alizarin gelb GG	Hg, Cr	Ti, Fe, Ur	Cu, Al	—	Se, Te, Mo	
Chromotrop 2B	Cr, Ur	Cu, Ti, Sn, Bi	Hg, Al, Th, V	—	Se, Te	

Die in der ersten und nullten Klasse genannten Beizen geben gar keine Farblacke und verhindern das Ziehen der Farbstoffe; Klasse 2 gibt keine Lacke, ist aber indifferent; Klasse 3 und 4 sind geringwertige Färbungen, während Klasse 5 gute und echte Lacke zu bilden vermag.

Grandmougin hat darauf hingewiesen, daß zwischen Beizencharakter und Lage im periodischen System der Elemente unweigerlich eine auffallende Regelmäßigkeit zu finden ist.

Schoen¹ hat die Beobachtung gemacht, daß Wolframsäure und metawolframsaures Natrium das Ziehvermögen für saure Farbstoffe bei Wolle heruntersetzen, während die basischen Farben erhöhte Aufnahmefähigkeit finden. Diese Tatsache wird so erklärt, daß die Wolframsäure die basischen Gruppen der Faser absättigt. Nach einem Patent von Bayer, Brit. P. 173536, soll Wolframsäure, vor oder nach dem Färben der

Wolle auf diese einwirken gelassen, die Faser vor Mottenfraß schützen².

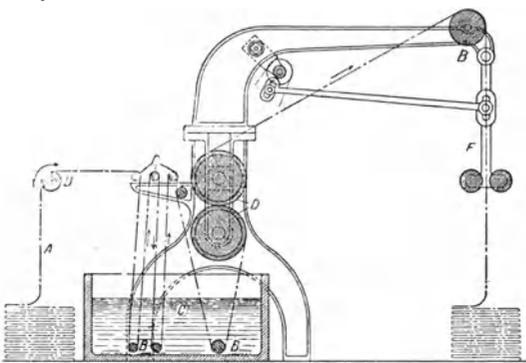


Abb. 74. Maschine zur Wollbeschwerung.

12. Das Beschweren der Wolle. Verschiedene Metallsalze werden auf Wolle aufgetragen, um das Gewicht der Fabrikate zu erhöhen, das sog. Beschweren der Wolle. Sehr geeignet für diesen Zweck ist Magnesiumchlorid wegen seiner

starken Hygroskopizität. Dasselbe haftet ziemlich fest auf der Wollfaser und hält diese immer feuchter, als unbehandelte Wolle im allgemeinen sein wird. Ähnliche Wirkung hat das Zinkchlorid, doch ist seine Anwendung etwas teurer.

Magnesiumsulfat kann in geringen Mengen ebenfalls zum Beschweren verwendet werden. Beim Auftragen größerer Mengen scheidet es sich als weißes Pulver auf der Faser aus und reibt ab. Glaubersalz, welches fast immer zu den Färbebädern zugesetzt wird, um das Ziehen des Farbstoffes zu unterstützen, wird von der Faser ebenfalls in geringem Maße festgehalten und kann als Beschwerung gerechnet werden. Die Beschwerung der Wolle wird fast ausschließlich nach allen andern Veredlungsprozessen ausgeführt und die Kontrolle wird einzig durch die Gewichtszunahme bestimmt, was bei der hygroskopischen Wollfaser nicht immer eindeutige Resultate ergibt.

In der auf S. 119 obenstehenden Zusammenstellung von Midgley sind die Zusammenhänge sichtbar zwischen Konzentration der Bäder und Beschwerung sowie der Schwächung der Faser, die fast immer eintritt.

Am häufigsten begegnet man der Beschwerung mit Magnesiumchlorid, wo z. B. im Tuch um 7,5% an Gewicht beschwert wurde, wozu

¹ Bul. Soc. Mulhouse, 1892.

² Eulan-Mottenschutzmittel der J. G.

1,5% an Magnesiumchlorid benötigt wurden, um so viel Feuchtigkeit über das normale Maß hinaus zu resorbieren.

Tuch- nummer	Bemerkungen	Gewicht pro Yard	Gewicht der Feuch- tigkeit %	Kette		Schuß		Durchschnitt	
				Stärke	Elasti- zität	Stärke	Elasti- zität	Stärke	Elasti- zität
				kg	cm	kg	cm	kg	cm
—	Unbehandelt . .	15 ⁵ / ₈	14	53,5	4,25	46,5	4,62	50,0	4,4
1	Magnesiumchlorid	18 ⁷ / ₈	22	45,9	7,1	35,1	7,17	40,5	7,1
2	„	22 ¹ / ₂	45	42,0	7,75	37,5	8,4	39,7	8,0
3	Magnesiumsulfat	17 ⁷ / ₈	17	52,6	5,15	48,0	6,1	50,0	5,6
3a	—, doch kalt ge- waschen . .	17 ⁷ / ₈	15	49,0	6,05	46,75	6,2	47,8	6,1
4	Magnesiumsulfat	20 ⁷ / ₈	24	50,87	4,45	47,2	6,27	49,0	5,3
4a	—, doch kalt ge- waschen . .	17 ⁷ / ₈	16	48,75	5,5	44,25	5,8	46,5	5,6

13. Einfluß der Thiocyanate oder Rhodanate auf Wolle. Siefert¹ beobachtete folgende Wirkung von Kalziumrhodanat auf Wolle, welche zur Erzeugung von Kreppeffekten Verwendung finden kann: Wolle kalt mit Kalziumrhodanlösungen behandelt und daraufhin gedämpft erwirkt eine beträchtliche Kontraktion der Faser; zugleich ist die Affinität zu sauren Farbstoffen erhöht und die zu basischen Farben vermindert worden. Bei dieser Behandlung soll die Festigkeit der Faser keine Einbuße erleiden.

Weitere Methoden, die erfolgreich zur Erzeugung von Kreppeffekten auf Wolle führen, seien nachfolgend behandelt: (1) Schäffers Prozeß, wo eine gegen Bisulfit beständige Reserve aufgedruckt wird. Man behandelt mit starker Bisulfitlösung und dämpft. Die Reserven verhindern dort das Schrumpfen, wo sie aufgedruckt sind.

(2) Sieferts Prozeß, wo die schon erwähnten Kalzium- oder Bariumrhodanate und ein Dämpfprozeß den Kreppeffekt hervorbringen. Schoen und Grandmougin haben die Beobachtung gemacht, daß Ammoniumrhodanat keine Schrumpfung der Wollfaser erzielt, während Natrium- und Kaliumrhodanat ihrer größeren Alkalinität wegen die Faser zerstören. Die mit Erdalkalirhodanaten erzeugten Effekte sind sehr beständig gegen Wäsche, Bügeln usw. Ihre Herstellung erfordert einige Vorsicht beim Dämpfen, wo leicht bei geringer Überhitzung Zerstörung der Faser eintreten kann.

14. Der Einfluß von Zinksulfat. Die Beobachtung, daß Zinksulfat in konzentrierter Lösung auf Wolle einen Kreppeffekt hervorbringt, wird erstmals von Kapp² erwähnt. In der Praxis wird im allgemeinen wie folgt vorgegangen: In einem Holzbottich wird kalt mit der Wolle eingegangen in eine Lösung von 500 g Zinksulfat pro Liter, worauf zum Kochen getrieben wird durch Dampfschlangenheizung. Darauf wird mit kochendem Wasser gewaschen, bis die Wolle neutral reagiert. Danach kann die Wolle jeden weiteren Veredlungsprozeß durchmachen, ohne daß der Effekt oder die Faser leiden.

¹ Bull. Soc. Mulh. 1899, S. 86.

² Bull. Soc. Mulh. 1894.

15. Radiumbehandlung der Wolle. Um die Radiumtherapie handlicher zu gestalten, wurde der Vorschlag gemacht, irgendeine Faser mit Radiumsalzen oder radioaktiven Stoffen zu imprägnieren und diese Stoffe zu Heilzwecken zu benutzen. Es gelingt in den Tat, auf verschiedene Fasern diese Salze zu fixieren. Bei vegetabilen Stoffen wird eine Vorbeize mit Tannin und nachfolgender Trocknung des Gutes vorausgeschickt, welche für Wolle nicht nötig ist.

16. Verhalten der Farbstoffe gegen Wolle und das Chloren. Die Wolle ist in färberischer Hinsicht die interessanteste Faser; die sauren, basischen und die meisten substantiven Farbstoffe ziehen ohne weiteres auf die Faser. Man erhält oft mit den einfachsten Verfahren sehr echte Fär-



Abb. 75 a. Chlor- und Säuremaschine (Zittau).

bungen, während auf den übrigen Textilien mit den nämlichen keine Erfolge erzielt werden können.

Über den Färbevorgang bei der Wolle sind schon Bücher geschrieben worden, ohne daß wir heute zu einer klaren Vorstellung gekommen wären. Sicher sind rein physikalische und chemische Vorgänge vereint beim Zustandekommen einer Wollfärbung. Die amphotere Natur der Wolle ist schon immer herangezogen worden, die Affinität basischer wie saurer Farbstoffe zu deuten und diese mit der Salzbildung an den sauren bzw. basischen Gruppen der Wolle zu erklären. Es gibt aber auch Beispiele, wo man mit rein chemischer Auslegung das Zustandekommen einer Wollfärbung nicht erklären kann.

Es ist bekannt, daß zu sauren Farben das Färben immer in Gegenwart von Säuren vorgenommen wird. Da die Farbstoffe als Natronsalze in den Handel kommen, wegen ihrer besseren Löslichkeit in dieser Form,

wird der Säure die Aufgabe zuteil, die Farbsäure aus dem Salz in Freiheit zu setzen. Die freie Farbsäure soll sich dann mit der basischen Wolle zu einem Salz vereinigen. Der Versuch zeigt, daß die von der Wolle absorbierte Säure aus einem Vorbad genügt, um eine Färbung mit Säurefarbstoffen in neutralem Bad zu erreichen. Interessant ist die Beobachtung von Gelmo und Suida¹, daß beim Färben gereinigter Wolle mit freien Farbsäuren ein Säurezusatz ohne Wirkung auf die Farbtiefe bleibt.

Schon mehrmals ist auch darauf hingewiesen worden, daß die sauren oder alkalischen Gruppen in der Wolle dauernd neutralisiert werden können und daß dann die Affinität zu sauren oder alkalischen Farbstoffen heruntersetzt wird.

Die erstmalige Verwendung von Chlor zur Behandlung von Wolle, zwecks Änderung der färberischen Eigenschaften wurde durch Mercer angeregt und anno 1865 durch Hightfoot praktisch verwertet bei der Anilinschwarzfärberei auf Wolle. Man behandelte die Wolle mit Bleichpulver (Chlorkalk) in wässriger Lösung während 20—30 Minuten und passierte darauf die Ware durch ein Säurebad. Nach Hightfoot genügten 2 Unzen Chlorkalk per Gallone Wasser für 1 Pfund Wolle.

Über den Einfluß von Chlor auf Wolle sind einige hier angeführte Originalberichte bekannt geworden: Knecht und Milnes, Journ. Soc. Dyers und Col. 1892. S. 41; Grandmougin, Z. Farb.-Jnd. 1906, S. 396; Vignon und Mollard, Jahresberichte 1907, S. 386; und Pearson, Journ. Soc. Dyers und Col. 1909, S. 81.

Brom soll die gleichen Einflüsse auf Wolle ausüben wie Chlor; die Faser wird dabei weit weniger gelb gefärbt, was entschiedene Vorteile bringt. Beim Behandeln von gefärbter Wolle sollen die Farbstoffe eher geschont werden durch Brom als durch Chlor, was aber entschieden vom einzelnen Farbstoff abhängig ist.

Man arbeitet heute darauf hin, daß beim Chlorieren der Wolle, welches meist mit Natriumhypochlorit ausgeführt wird, die Faser unter möglichster Schonung die gewünschten chemischen Veränderungen erlangt.

Ziemlich oft wird Wolle gechlort, um ihr höheren Glanz zu verleihen. Die größte Bedeutung aber hat das Chloren im Wollruck erlangt, wo nur mit gechlortem Material vollkommen gleichmäßige Drucke erzielt werden können. Da durch das Chloren die Filzfähigkeit stark vermindert wird, ist auch aus diesem Grunde das Verfahren für Spezialgarne im Gebrauch. Werden diese chlorierten Garne mit unchloriertem Material zusammen verarbeitet und nachher das Tuch der Walke unterworfen, so

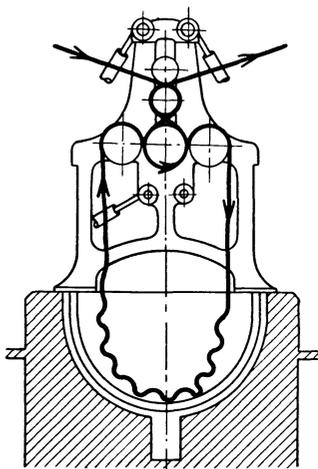


Abb. 75 b. Schema zu Abb. 75 a.

¹ Monatsschr. Chem. Vol. 26, S. 855.

kann man bemerkenswerte kreppähnliche Effekte erzielen. Da, wie schon erwähnt, auch die Affinität zu Farbstoffen durch Chloren gesteigert wird, erhält man mit Mischgeweben aus chlorierter und unchlorierter Wolle im Färbebad die Zweitoneffekte. Das Verfahren ist reichhaltig zu gestalten und ein interessantes Gebiet für den Koloristen. Im Wolldruck ist die Verwendung von Chlor ganz allgemein eingebürgert. Vergleiche auch Farbwerke Höchst, Fr.P. 267004.

Das Chloren von Wollgarn wird praktisch wie folgt durchgeführt: Durch eine erste Wäsche wird die Wolle von allem anhaftenden Fett befreit, um dann in ein Bad aus $1\frac{1}{2}^0$ Tw. an Salzsäure zu gelangen.

Es muß darauf geachtet werden, daß die Wolle im ersten Bad gänzlich entfettet wurde und durchgängig im zweiten Bad von der Salzsäure benetzt wird, um zu guten Resultaten zu kommen. Jetzt gelangt die Wolle in ca. 3^o/iges Chlorkalkbad, wo sie für 10 Minuten verbleibt. Darauf wird nochmals durch das Salzsäurebad passiert und darauf gut ausgewaschen¹.

Neuerdings wird vorgeschlagen, an Stelle des Chlorkalkes das Natriumhypochlorit zu verwenden, welches bei gleichzeitiger Verwendung von Schwefelsäure an Stelle von Salzsäure die Wolle weniger gelb färbt. Die immer mehr oder weniger stark hervortretende Gelbfärbung beim Chloren der Wolle kann durch Behandlung mit Schwefelsäure rückgängig gemacht werden².

Nach einem D. R. P. soll der harte Griff, den die Wolle beim Chloren erhält, vermieden werden können, wenn die Wolle erst in einem Bad aus Zinkzitrat oder Eisenazetat oder Natriumstannat oder Aluminat hantiert wird. Die Wolle wird nach dem Vorschlage noch mit schwachen Alkalien nachbehandelt und verhängt³.

Der Verfasser konnte nach diesem Vorschlag keine befriedigenden Resultate erzielen.

Zur Herstellung der beim Waschen nicht schrumpfenden Unterwäsche wird ebenfalls chlorierte Wolle in großem Maßstab verwendet, welche nach Pearson wie folgt präpariert wird: Man behandelt die Wolle in einem Bad mit maximal 4,5% aktivem Chlor, wobei die anfängliche Alkalinität mit Salzsäure neutralisiert wird. Nach dem Bade ist die Wolle stark gerauht. Man behandelt sie nun mit Natriumbisulfidlösung, um einestils restliches Chlor zu entfernen und zugleich die Gelbfärbung aufzuhellen. Endlich wird noch mit Seife und wenig Soda gewaschen. Nach Pearson kann man auf folgende einfache Art und Weise gechlorte Wolle von ungechlorter unterscheiden: Man läßt einen Wassertropfen auf die Ware fallen; bei gechlorter Wolle tritt sofortige Aufnahme ein und es bildet sich ein kreisrunder Fleck, während unchlorierte Wolle nur langsam das Wasser bindet und dies unregelmäßig. Wird chlorierte Wolle gegen unchlorierte gerieben, so treten elektrische Ladungen auf. Diese Beobachtung ist Gegenstand eines Patentes zur Herstellung elektrischer „Pelze“, Schuheinlagen usw.

¹ Siehe Casella, Fr.P. 279381, und D.R.P. 108714. — Färber-Zg. 1898 S. 3.

² D.R.P. 95719, Höchst. ³ D.R.P. 123097 und 123098.

In der Hauptsache ist die Chlorbehandlung eine Oxydation der Faser und nicht eine eigentliche Chlorierung. Der erhöhte Glanz und der Verlust der Filzbarkeit sprechen für eine Zerstörung der freien Enden der Deckschuppen der Faser, welche Annahme durch das mikroskopische Bild bestätigt wird. Es wird behauptet, daß mit einer 10%igen Kaliumpermanganatlösung in Gegenwart von Schwefelsäure derselbe Effekt erreicht wird¹. Doch ist von einer praktischen Ausübung dieses Prozesses nichts bekanntgeworden und die Identität des Effektes sehr in Frage gestellt.

Nach Lodge² wird gechlorte Wolle durch Bichromat im Beizbad bedeutend tiefer angefärbt als unchlorierte Wolle. Bei einer Behandlung im 3%igen Bichromatbad nahm eine gechlorte Wolle 2,29% Chrom auf, während die unchlorierte Faser nur 1,16% aufgenommen hatte.

Das Färben ist auch unter dem Gesichtspunkte der Elektrostatik betrachtet worden. Es zeigt sich, daß die Fasern beim Eintauchen in Wasser elektrische Ladung aufnehmen und daß diese nach Haldane, Gee und Harrison³ gegenüber dem Wasser nachfolgende Potentiale aufweisen:

Baumwolle	0,06 Volt
Seide	0,22 „
Wolle	0,91 „

Die Farbstoffe aber sind in den meisten Fällen ionisiert, also Teilchen, welche ebenfalls Ladungen tragen. Nach Pelet-Jolivet und Wild, Knecht und Battey beruht der Färbevorgang darauf, daß sich diese Ladungen zwischen Farbionen und Faser auf letzterer ausgleichen. Diese Auffassung wird lebhaft illustriert durch folgende Tatsache: Wolle und Seide erhalten beim Benetzen negative Ladung, das Farbion eines basischen Farbstoffes ist positiv und färbt aus neutralem Bad direkt an. Durch Zusatz von Säure zum Färbebad wird die negative Ladung der Wolle herabgesetzt und das Ziehvermögen für basische Farbstoffe schwindet; die negativ geladenen Farbsäureionen der sauren Farben ziehen besser auf.

Suida behandelte Wolle mit Azetylchlorid bei Wasserbadtemperatur, wobei Azetylierung eintrat. Solche azetylierte und säurefrei gewaschene Wolle hat die Affinität zu basischen Farben eingebüßt. Mit Essigsäureanhydrid läßt sich der gleiche Effekt erzielen. Die mikroskopische Untersuchung läßt keine Faserdeformation beobachten. Man kann die ursprünglichen Eigenschaften der Faser wieder zurückerhalten, wenn diese mit Ammonkarbonat auf dem Wasserbad behandelt, die Azetylgruppe also verseift wird. Man kann die Wolle auch esterifizieren, wenn man diese mit Alkohol und einer Spur Schwefelsäure kocht. Die resultierende Esterwolle besitzt, wie die Azetylwolle, nur geringe Affinität zu basischen Farben und die Verseifung und Rückgewinnung der ursprünglichen Eigenschaften kann ebenfalls durch Kochen mit Ammonkarbonat erreicht werden.

Einen Überblick über die jüngsten Forschungen auf dem Gebiete der Färbvorgänge gab Prof. Kurt Meyer in einem Vortrag, von dem in

¹ Kammerer, Brit.P. 5612, 1907.

² Journ. Soc. Dyers and Col. 1892, S. 60.

³ Proc. Faraday Soc. 1910.

Melliands Textilberichte 1926—1927 das Wesentliche erwähnt und hier wiedergegeben ist.

Für Wolle sind die nachfolgenden Resultate gefunden worden:

a) Die Größe der Faseroberfläche ist bei gleichem Gewicht an Faser belanglos für die Farbstoffaufnahme; z. B. nehmen je 100 g Kammzug verschiedenen Feinheitsgrades folgende Mengen auf:

		100 g Wolle, % Orange II
Kammzug	24 μ	25,8
„	30 „	26,0
„	42 „	26,0

b) Die Wolle wird gleichmäßig durchgefärbt, der Farbstoff bevorzugt kein spezielles Faserteilchen.

c) Tatsächlich verhält sich die Wolle gegenüber Säuren und auch Farbsäuren wie eine Base und bildet Salze nach dem Schema:



Das Grammäquivalent von 100 g Wolle an irgendeiner Säure gemessen, beträgt 0,08, wie aus der nachfolgenden Tabelle hervorgeht:

Säure	Äquivalent Gewicht der Säure	Kon- zentration	100 g Wolle binden g Säure	Äquivalent
HClO ₄	100,5	n/10	8,2	0,081
HCl	36,5	n/10	2,84	0,078
CH ₃ COOH	60	n/1	4,8	0,08
β -Naphthalinsulfosäure	208	n/10	17,5	0,084
Naphtholgelb S	314,1	n/10	24,5	0,078
Orange I	328	n/80	25,9	0,079

100 g Wolle binden also max. 0,08 äquivalente Säure, woraus sich das Äquivalentgewicht der Wollfaser zu 1200 berechnet. Der Stickstoffgehalt der Wolle ist im Mittel 15%, woraus sich berechnen läßt, daß nur 1,1% des Gesamtstickstoffes als basischer Aminstickstoff vorliegt; der Rest ist chemisch neutral gebunden.

Bemerkenswert sind auch folgende Beiträge zur Kenntnis der Färbvorgänge:

Physikalisch-chemisches zu den Färbetheorien von A. Lottermoser, Mell. Textilb., S. 146 und 225. Röntgenspektrographische Untersuchungen durch Herzog; Physik 1920/1921 und Naturwissenschaften 1921, S. 18. Betrachtungen über den grundlegenden Einfluß der Valenzkräfte bei Färbvorgängen 1926, S. 458.

17. Einfluß von Beizen und Farben auf die Wolle. Vor allem muß die Wirkung der Färbungen und Beizen auf die Faserfestigkeit, die Elastizität usw. interessieren. Kopff untersuchte die Festigkeit der mit verschiedenen Farben und Beizen behandelten Wolle; die Resultate sind nachfolgend angeführt:

	Festigkeit in kg
1. Unbehandelte Wolle	2,595
2. Wolle, indigo gefärbt, mittel	2,603
3. Wolle, indigo gefärbt, stark	2,581
4. Wolle, Indigo und Alizarin auf 0,9% Bichromat in Gegenwart von 1,2% Ameisensäure	2,315
5. Gechromte Wolle; 2% Bichromat	1,878
6. Gechromte Wolle; 1% Bichromat	1,979
7. Alizarin auf Wolle, mit 1,5% Bichromat und 2% Ameisensäure	2,179

Oftmals wird eine bedeutende Abnahme der Spinnfähigkeit durch Beizen und Färben bewirkt, wohl als Verminderung der Elastizität zu berechnen:

	Mögliche Drehungen:
Weißer Wolle	385
Indigo gefärbte Wolle	345
Indigo gefärbte Wolle; tief	320
Indigo und Alizarin gefärbt	245
Wolle, wie Nr. 7 obigen Beispiels	105
Wolle, gefärbt, 2 % gechromt, 2 % geseift	80
Wolle, gefärbt, 2 % gechromt, ungesieft	48

Mit dem Studium der Faserschädigung durch die verschiedenen Veredlungsprozesse und ihrer Verhütung haben sich vor allem Kopff, Kertesz und Leygert beschäftigt. Ihre Messungen differieren allerdings oft erheblich, im wesentlichen stimmen sie aber darin überein, daß Indigo die Faser am wenigsten schwächt; und daß die moderne Maschinenfärberei die Faser eherschont, als die Handfärberei. Das Nachchromieren, weil ohne Reduktionsmittelzugabe, schädigt die Faser mehr als das Vorbeizen in Gegenwart von Tartrat usw. Ob das Färben loser Wolle, von Garn oder von Stückware, in bezug auf die schädigende Wirkung allein den Vorzug hat, ist nicht bestimmt zu beantworten.

Die nachfolgenden ausführlichen Tabellen sind von Kertesz zusammengestellt worden:

	Reißfestigkeit von Kammgarn 52/1 im Kops behandelt		Reißfestigkeit von Kammgarn 30/2 im Kops behandelt	
	Bruchfestigkeit kg	Elastizität cm	Bruchfestigkeit kg	Elastizität cm
Nr. 1. Ungefärbte Garne.				
Rohwolle	37,18	10,66	48,10	14,58
Nr. 2. Nach dem Na-Bisulfatbad.				
10 % NaHSO ₃ , innerhalb 1/2 Stunde 40°—95° C, 1/2 Stunde bei 95°, 10 Min. kalt gewaschen . .	41,86	11,40	55,12	13,36
Nr. 3. Ameisensäurebad.				
4 % Ameisensäure 85 %ig wie sub Nr. 2 behandelt	41,90	11,40	56,16	13,62
Nr. 4. Vorchromiert.				
3 % Bichromat, 2 % Weinsäure, bei 80° eingehen, 1 1/2 Stde. bei 95°, kalt waschen 10 Min. . . .	38,74	10,40	49,84	11,98
Nr. 5. Vorchromiert.				
1,5 % Bichromat, 2 % Ameisensäure	40,95	10,64	52,78	12,50
Nr. 6. Nachchromiert.				
Nr. 2 wird mit 1,5 % Bichromat bei 95° 1/2 Stde. chromiert und kalt gewaschen	41,80	10,80	52,69	12,36
Nr. 7. Nachchromiert.				
Analog Nr. 6 mit 15 % Bichromat und 3 % Ameisensäure	42,73	10,20	52,80	12,44

	Reißfestigkeit von Kammgarn 52/1 im Kops behandelt		Reißfestigkeit von Kammgarn 30/2 im Kops behandelt	
	Bruchfestigkeit kg	Elastizität cm	Bruchfestigkeit kg	Elastizität cm
Nr. 8. Nachchromiert.				
3 % Bichromat, analog Nr. 6	41,60	10,10	51,35	12,68
Nr. 9. Nachchromiert.				
Wie Nr. 6 mit 3 % Bichromat und 4 % Ameisensäure, 85 %ig	41,56	10,92	52,52	12,88
Nr. 10. Nachchromiert.				
Wie Nr. 8 mit 3 % Monoporseife	43,30	10,78	54,99	13,30
Nr. 11. Gefärbt auf Vorbeize.				
Vorbeize Nr. 4 mit Anthrazensäureschwarz DSN. Bei 40° C eingehen, in 1½ Stde. auf 95° gehen, 1½ Stde. bei 95° färben	39,91	11,40	49,23	11,62
Nr. 12. Gefärbt auf Beize Nr. 5				
Analog Nr. 11	40,95	10,60	51,35	11,80
Nr. 13. Gefärbt auf Vorbeize Nr. 4.				
3,5 % Anthrazenblau G, wie Nr. 11	41,34	11,20	51,22	12,46
Nr. 14. Gefärbt auf Vorbeize Nr. 5.				
Wie Beispiel Nr. 11	41,34	11,46	52,00	12,76
Nr. 15. Nachchromierte Färbung.				
Wolle Nr. 2 gefärbt mit Anthrazensäureschwarz DSN 6 %, bei 40° eingehen, innert ½ Stde. auf 95° C; 3 % Ameisensäure, ¾ Stdn. gefärbt bei 95°; 1,5 % Bichromat ½ Stde.	41,80	10,98	52,15	11,78
Nr. 16. Nachchromierte Färbung.				
Wie Nr. 15 ohne Ameisensäure mit 10 % Bisulfat	41,20	10,90	52,00	12,34
Nr. 17. Nachchromierte Färbung.				
Wie Nr. 15, 3,5 % Anthrazenchromblau G, 3 % Ameisensäure, 1,5 % Bichromat	42,50	10,70	52,39	12,46
Nr. 18. Nachchromierte Färbung.				
Wie Nr. 17, ohne Ameisensäure, mit 10 % Bisulfat	42,14	10,86	52,20	12,42
Nr. 19. Nachchromierte Färbung.				
Wie Nr. 15, 6 % Anthrazenchromschwarz F, 4 % Ameisensäure, 4 % Bichromat	43,50	10,82	51,06	12,76
Nr. 20. Nachchromierte Färbung.				
Wie Nr. 19, ohne Ameisensäure, mit Bisulfat . .	43,34	10,78	52,00	12,70
Nr. 21. Indigo, schwache Färbung.				
1 Zug, 25 Min. bei 40°, Indigoküpe M.L.B. . . .	41,60	11,52	49,34	12,62
Nr. 22. Indigo.				
Wie Nr. 21, aber 3 Züge	39,65	10,68	49,02	12,34

18. Schimmeln der Wolle. Liegt die Wolle in feuchten Räumen, ohne daß genügend Luft zirkuliert, so tritt sehr oft Verschimmelung ein. Es sind Spaltpilze, welche ihre Myzelien durch die Deckschicht hindurch in das Faserinnere vordrängen. Es treten dann unter dem Mikroskop deutlich die nebenstehenden Zerstörungen auf.

Man hat beobachtet, daß Spuren von Säuren die Verschimmelung verhindern, währenddem Alkalien diese begünstigt. So tritt besonders leicht dort Verschimmelung ein, wo die Ware mit Küpen gefärbt wurde. Ferner zeigen die Schimmelpilze reduzierende Eigenschaften, so daß der Faserzerstörung voraus noch eine Farbzerstörung eintreten kann (weiße Flecken in indigogefärbter Ware). Nach Kalman¹ sind es verschiedene Spaltpilze, die die Wolle befallen. An ungefärbter Ware erkennt man die Pilze oft schlecht. Beim Färben erscheinen dann diese Stellen heller und man kann sich dies meist nicht erklären. Einige Farbstoffe wirken auch in alkalischen Medien dem Pilzfraß entgegen; so z. B. Methylenblau.



Abb. 76. Verschimmelte Wolle.

VII. Regenerierte Wolle, Kunstwolle, Shoddy.

1. Regenerieren der Wolle. Neben der Naturwolle gewinnt heute mehr und mehr die regenerierte Wolle an Bedeutung. Die Abfallwolle, die bei den verschiedenen Spinnprozessen entsteht, und die aus alten Wollkleidern regenerierte Shoddy wurden zuerst in England ums Jahr 1813 verarbeitet. Auf dem Kontinent sind Anno 1850 erstmals größere Mengen von Kunstwolle verarbeitet worden und im Jahre 1852 erfand Kober in Cannstatt den Karbonisierprozeß, wodurch erst das Regenerieren der Wolle aus gemischten Geweben möglich wurde.

Durch den sog. Gametierprozeß gewinnt man aus ungewalkten Wollartikeln die Faser wieder zurück und nennt die daraus hergestellten Artikel Shoddy. Die Faserlänge dieser Shoddywolle schwankt zwischen 1½ und 3 cm. Enthält das zu regenerierende Wollmaterial noch Baumwolle als Verunreinigung (Fäden, Zwirn der Nähte) oder als eigentliche Zumischung, so kann man durch geeignete chemische Behandlung die Baumwolle entfernen. Diese Kunstwolle, welcher Name nicht gerade sinngemäß ist, wird oft als Extrakt oder Alpaka bezeichnet. Die Aufarbeitung der Wolle aus Tuchen, also aus gewalkten Stoffen, wird ebenfalls heute in großem Maßstab ausgeübt. Diese Wolle führt in der Technik den Namen Mungo; die erhaltenen Fasern erreichen eine Länge von ½—2 cm. Mungo wird abgeleitet aus dem Englischen „it must go“ (es muß gehen)². Man darf ruhig annehmen, daß heute nur ganz erst-

¹ Färber-Zg. 1902, S. 245, 341 u. 377; 1892, S. 290.

² It mun goa (engl. Dialekt).

klassige Tuche und Wollartikel ganz frei von regenerierter Wolle irgendeiner Form sind, während die billigen Wollstoffe bis zu 70% Kunstwolle enthalten können.

Nach Beaumont war im Jahre 1921 in England eine Jahreskonsumation von 350000000 Pfund Vlieswolle, 200000000 Pfund Kunstwolle (regenerierte) und 30000000 Pfund Spinnabfällen.

Die Welttotalproduktion an Vlieswolle war im Jahre 1913 auf 2800000000 Pfund geschätzt, wovon 1074000000 Pfund Merinowollen 1022000000 Cross und 700000000 Pfund grobe Wollen waren.

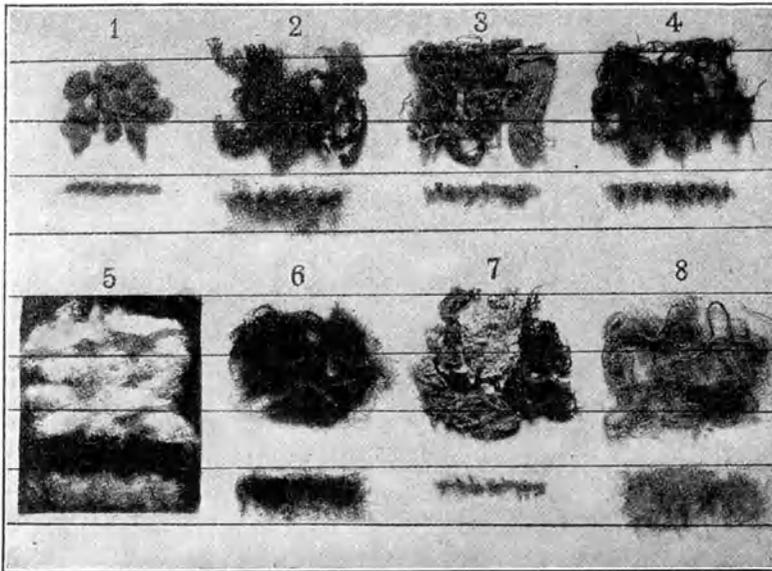


Abb. 77. Verschiedene Kunstwollen. 1. Mungo; 2. Shoddy aus schwarzen Strumpfwaren; 3. aus Geweben; 4. aus Cheviot; 5. aus englischem Tuch; 6. schwarze Extraktwolle; 7. aus Halbseide; 8. aus Alpaka. Der Abstand der Linien beträgt 1 inch = 2,593 cm.

Alle in der Einleitung erwähnten regenerierten Wollen werden ausschließlich in der Streichgarnspinnerei verwendet, für die Kammgarnfabrikation kommen sie nicht mehr in Betracht. Beaumont unterscheidet folgende Wollartikel in bezug auf die Verwendung von regenerierter Wolle.

- I. Gruppe: Artikel, wo Schuß und Kette Kunstwolle enthalten.
- II. Gruppe: Kette mit Baumwolle und Schuß aus Wolle mit regenerierter Wolle.
- III. Gruppe: Kammgarnkette und Baumwolle und Kunstwolle im Schuß.
- IV. Gruppe: Kammgarn mit Baumwolle und Kunstwolle gleichmäßig in Kette und Schuß.
- V. Gruppe: Reinwollene Artikel mit meist zwei gleichwertigen Seiten.

2. Benennung der Kunstwolle. Je nach dem Ausgangsmaterial und dem Regenerierverfahren differiert die Qualität der Kunstwolle stark und nach dem Vorschlag von Beaumont wird wie folgt streng unterschieden in 2 Hauptklassen: a) Kunstwolle aus getragenen Kleidern aller Art und aus Abfällen der Schneidereien und b) Kunstwollen aus Abfällen der Tuchindustrie, wie Spinnerei und Webereiabfälle. Die Namen der Praxis lauten:

1. Mungo aus alten gewalkten Tuchen.
2. Shoddy aus ungewalkten Stoffen und Tuchen.
3. Extrakt aus halbwollenen Artikeln.
4. Noils, Abfallkämmlinge der Kammgarnfabrik.
5. Abfälle der Karden- und Spinnmaschinen.
6. Webereiabfälle.
7. Flocken, Abfälle der Schererei, Walke usw.

Barker hat eine Zusammenstellung der verschiedenen Kunstwollen und ihrer Qualität gemacht, die nachfolgend angeführt sei:

	Noils	Mungo	Shoddy	Extrakt	Flocken
Herkunft . . .	Kämmlinge	gewalkte Wolle	leichte Tuche	feste Halbw.	Wollstoffe
Farbe u. Glanz	verschieden, Glanz	versch., kein Glanz	verschieden, Glanz	versch., kein Glanz	verschieden
Feinheit; inches	$\frac{1}{400}$ — $\frac{1}{15000}$	$\frac{1}{800}$ — $\frac{1}{1800}$	$\frac{1}{800}$ — $\frac{1}{1200}$	$\frac{1}{800}$ — $\frac{1}{1500}$	$\frac{1}{400}$ — $\frac{1}{1500}$
Länge; inches .	$\frac{1}{2}$ — $2\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$ — $3\frac{3}{4}$	$\frac{1}{2}$ — 2	$\frac{1}{4}$ — $3\frac{3}{4}$	$\frac{1}{4}$ — $1\frac{1}{2}$
Aussehen . . .	off. Flocken	matt, gezogen	offen, wollig	z. matt	kraus, flockig
Griff	z. weich	weich	weich	hart	z. weich

3. Shoddy. Mit dieser Bezeichnung wird oft fälschlich jede Kunstwolle belegt. Es ist aber unter Fachleuten nur diejenige regenerierte Wolle gemeint, die aus ungewalkten oder sehr schwach gewalkten reinwollenen Artikeln gewonnen wird. Es ist in diesem Falle die bestqualifizierte Kunstwolle mit weichem Griff, seidenglänzend und mit ansehnlichem Stapel. Zusammen mit guter Wolle werden Tuche von guter Qualität erzielt; Shoddy wird einer schlechteren Rohwolle vorgezogen.

Wird Shoddy für sich allein zu Garn gesponnen, so ist das erhaltene Produkt unvergleichlich geringer, als wenn diese mit guter Vlieswolle gemischt wird.

Die Aufarbeitung der geeigneten Materialien zu Shoddy erfolgt durch: a) Ausscheiden der halbwollenen Anteile; b) Ausscheiden gewalkter Bestandteile; c) Sortieren nach Farben. Des weiteren müssen Knöpfe, Haken usw. entfernt und das Material entstaubt werden. Diejenigen Anteile, welche noch Baumwolle enthalten, werden karbonisiert¹ mit Hilfe von Schwefelsäure oder Salzsäure, letztere auch gasförmig in Spezialapparaten angewandt. Darauf wird gewaschen, neutralisiert, getrocknet und das verkohlte vegetabile Material herausgeklopft. Darauf wird die Wolle im Reißwolf auseinandergerert.

4. Mungo. Dies ist die aus gewalkten, verfilzten Stoffen regenerierte Wolle und deshalb von kürzerem Stapel, nämlich $\frac{1}{2}$ — 2 cm. Auch

¹ Schwartz; Färb.-Zg. 1908, S. 66.

außer dem kurzen Stapel ist die Faser noch durch die starke mechanische Beanspruchung etwas geschwächt worden. Auf keinen Fall erhält man aus Mungo allein einen brauchbaren Faden; man muß immer mit Frischwolle oder Baumwolle zusammen verarbeiten.

Die Erfahrung hat gelehrt, daß die Wollartikel aus Mungo nicht mehr so gut filzen und verwalkt werden können, die Faser hat einen großen Teil der Filzkraft verloren. Ferner hat es sich gezeigt, daß hochwertige Vlieswollen einen weit größeren Betrag an Mungo zur Zumischung ertragen als geringere Vlieswollen, um zu brauchbaren Geweben zu kommen. Das Mischen der Wollen mit Kunstwollen ist sehr heikel und erfordert eine große praktische Erfahrung.

5. Extraktwolle. Um die Wolle von beigemengten vegetabilischen Fasern zu befreien, karbonisiert man die halbwellenen Lumpen; d. h. man imprägniert sie mit einer verdünnten Säurelösung. Beim Trocknen der Ware bei 100—125° verkohlt die vegetabile Faser und wird durch Ausklopfen aus der Wolle entfernt. Die Wolle wird darauf mit Soda-lösung neutralisiert und getrocknet. Eine sehr gute Bezeichnung für diese regenerierte Wolle ist der Name Extraktwolle. Die Tuche, die aus dieser hergestellt werden, tragen oft die Handelsbezeichnung Alpaka, was leicht zu Verwechslungen führen kann mit Tuchen aus der Wolle des südamerikanischen Alpakaschafes.

Das Imprägnieren der Lumpen mit Säure wird vorteilhaft in kontinuierlichen Apparaten vorgenommen und die Ware sorgfältig gequetscht. Zum Überhitzen wird das Gut in rotierende, mit Dampf geheizte Zylinder gebracht. Man hat auch hier den kontinuierlichen Prozeß unter Verwendung von überhitztem Dampf (104°) eingeführt, doch wird dabei die Wolle stärker in Mitleidenschaft gezogen. An Stelle der Schwefelsäure verwendet man auch wässrige Salzsäure, Natriumbisulfat oder Magnesiumchlorid, welch letzteres erst bei Temperaturen über 100° wesentlich Säure entwickelt. Moderner ist das Verfahren, welches gasförmige Salzsäure verwendet, da das Imprägnieren und Überhitzen in einer Operation ausgeführt werden kann. Neben diesem einen großen Vorteil bietet dieses Verfahren noch einige in bezug auf die Qualität der erhaltenen Extraktwolle. Die Operation kann bei niedrigerer Temperatur durchgeführt werden, wobei Glanz und Griff der Wolle besser erhalten werden. Des weiteren ist dem Imprägnieren der Lumpen immer ein energischer Waschprozeß vorzuschicken, um regelmäßige Operationen zu bekommen; auch dieser kann bei der Gaskarbonisierung wegfallen, wobei die Gefahr des Reißens und Filzens bei der Wolle vermieden ist. Abb. 78 veranschaulicht die Maschine für Gaskarbonisierung. Die Salzsäuregase treten aus dem Generator B mit der gewünschten Temperatur in die rotierende Karbonisiertrummel; bei q und r werden die Gase angesaugt und dem Prozeß aufs neue zugeführt.

In Klopfwerken, Windexhaustern wird die verkohlte Baumwolle entfernt und in Sodabädern wird die Wolle neutralisiert und darauf den Spinnmaschinen zugeführt.

6. Einfluß des Karbonisierens auf die Wolle. In erster Linie ist das Karbonisieren für die Herstellung der Extraktwollen ausgearbeitet

worden. Man hat aber im Laufe der Zeit die Beobachtung gemacht, daß durch das Karbonisieren eine Anzahl gewünschter Wollqualitäten erst entwickelt werden und man karbonisiert heute auch Wolle, welche direkt vom Vlies kommt, ebenso auch gewobene reinwollene Tuche, um spezielle Eigenschaften hervorzubringen.

7. Karbonisieren mit Schwefelsäure. Das Karbonisieren ist eine heikle Operation, da bei größtmöglicher Schonung der Wolle alle Baumwolle zerstört werden muß. Am meisten Beachtung findet die Kontrolle der Temperatur und die gleichmäßige Durchwärmung, welche nach Ganswindt zwischen 80 und 100° C liegen soll. Wird Wolle mit Säure imprägniert und darauf zwischen obigen Grenzen getrocknet, so haftet die Säure so fest an der Wollfaser, daß wiederholtes Waschen oder sogar Dämpfen während 1 Stunde diese nicht entfernt. Beim Karbonisieren treten nun 2 Faktoren in Frage; erstens trockene Wärme und zweitens Säurewirkung

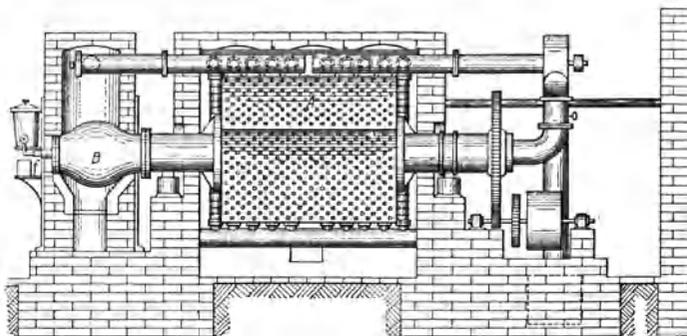


Abb. 78. Karbonisiermaschine für Salzsäuregas. A. Revolver-Trommel für Lumpen oder zu behandelndes Material. B. In einem Ofen befindliche Retorte zur Entwicklung von Salzsäuregas.

bei erhöhter Temperatur. Der Lasbordprozeß verwendet sehr verdünnte Schwefelsäure und Temperaturen um 52° C. Bei dieser Temperatur ist allerdings die eigentliche Entfernung der Baumwolle noch in Frage gestellt und der Prozeß dient mehr der Säureimprägnation. Reinartz hat festgestellt, daß erst bei 55° C eine durchgängige Zerstörung der Baumwolle stattfindet. Man hat ferner festgestellt, daß beim Imprägnieren eine 2%ige Schwefelsäure genügt, daß die leichter benetzbare Baumwolle sofort durchdrungen wird von der Säure, während die Wolle dazu längerer Zeit und erhöhter Temperaturen bedarf. Wird daher in der Kälte kurz imprägniert und rasch und gut geschleudert, so ist die Wolle fast gänzlich frei von Säure, die Baumwolle aber durchgesäuert.

Meist wird nun das verkohlte Baumwollskelett durch Klopfen aus der Wolle entfernt. In einigen Firmen wird auch sofort im Wolf aufgerissen und gekardet und erst dort die Asche entfernt.

Trotzdem nun beim Imprägnieren die Wolle nicht Zeit hatte, merkliche Mengen an Säure zu resorbieren, findet sich nach dem Karbonisieren fast die ganze Säuremenge in der Wolle wieder; sie ist bei der erhöhten Temperatur rasch durch die Wolle aufgenommen worden, und ihre Konzentration auf der Faser entspricht oft einer wässrigen Lösung

von 5° Bé. Diese Säure muß nun durch Neutralisieren mit Sodalösung entfernt werden, wobei ein größerer Sodaüberschuß wegen der Faserschädigung zu vermeiden ist. Es muß darauf geachtet werden, daß nach dem Waschen wirklich neutrale Wolle vorliegt, da sonst beim nachfolgenden Färben unweigerlich unegale Teile erhalten werden. Die praktisch angewandte Sodalösung hat eine Konzentration von 3—5° Bé, in jedem Falle aber muß durch Titration die zur Neutralisation nötige Menge im Vorversuch festgestellt werden.

Um an Soda zu sparen, wird oft auch etwa eine halbe Stunde mit kaltem Wasser vorgewaschen und erst darauf mit Soda neutralisiert. Es dürfte aber nur der geringste Teil der Säure auf diese Art und Weise entfernt werden durch das kalte Wasser, weil, wie wir früher gesehen haben, die Säure chemisch in der Wolle gebunden ist und doch nur mit Alkali restlos entfernt werden kann. Nach den Angaben der Praktiker ist das Waschen nach dem Karbonisieren mit Wasser allein für fertige Tuche ganz

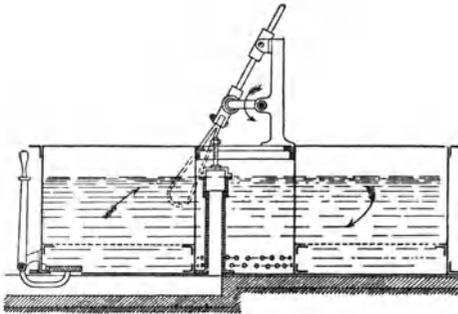


Abb. 79. Waschmaschine für karbonisierte Wolle.

verwerflich, weil eine Verfärbung der Ware eintreten kann oder es können Gipsflecken entstehen usw. Nach dem Neutralisieren muß allerdings das Karbonisiergut gründlich von den Salzen freigewaschen werden, wozu heute eine große Menge Apparate zur Verfügung stehen.

8. Salzsäure, wässrige und gasförmige zum Karbonisieren.

Die wässrige Salzsäure eignet sich bedeutend weniger gut zum Karbonisieren, da sie die Wolle stärker beansprucht als Schwefelsäure. Die Wirkung von Salzsäuregas ist aber gänzlich verschieden von derjenigen der wässrigen Salzsäure, welche ersteres von C. F. Gademann in einem DRP. im Jahre 1877 vorgeschlagen wurde. Zu gleicher Zeit ungefähr ist das Verfahren auch von Delamore Fils & Co. in Elbeuf, Frankreich, ausgearbeitet worden. Das Karbonisieren mit Aluminiumchlorid oder Magnesiumchlorid ist nur wenig in der Wirkung verschieden, da die beiden Agenzien im wesentlichen Salzsäuregas abgebende Mittel darstellen.

Das Karbonisieren mit Salzsäuregas ist weiterhin einfacher in der Operation, man kann in einem Zuge imprägnieren, erwärmen und klopfen. Das beschwerliche Naßimprägnieren und Trocknen fällt also dahin. Wegen der starken Hygroskopizität des Salzsäuregases wird nach dem Einfüllen der Ware in den Karbonisierzylinder die Luft evakuiert. Dann wird Salzsäuregas aufgegeben, auf 99—104° C erwärmt und während 2 Stunden bei dieser Temperatur belassen. Mit kalter Luft wird dann die Salzsäure aus dem Zylinder getrieben und regeneriert.

9. Verwendung von Aluminiumchlorid. Dieser Prozeß, welcher von Romain Joly in Elbeuf im Jahre 1874 erfunden worden sein

soll¹, verwertet die Eigenschaft des Aluminiumchlorids, bei höherer Temperatur Salzsäuregas zu entwickeln. Er gleicht also im wesentlichen dem vorhin besprochenen.

Wegen seiner größeren Einfachheit ist dieser Karbonisierungsprozeß einer der wichtigsten geworden. Vor allem ist bei gewöhnlicher Temperatur die Aluminiumchloridlösung keine aggressive Säure wie Salz- oder Schwefelsäure, so daß die Gefäße längere Zeit standhalten. Man imprägniert während 1 Stunde kalt mit einer Aluminiumchloridlösung von 7° Bé; schleudert darauf ab und trocknet. Bei der Schwefelsäurekarbonisierung sind die Temperaturen auf 100° C max. zu steigern, bei der

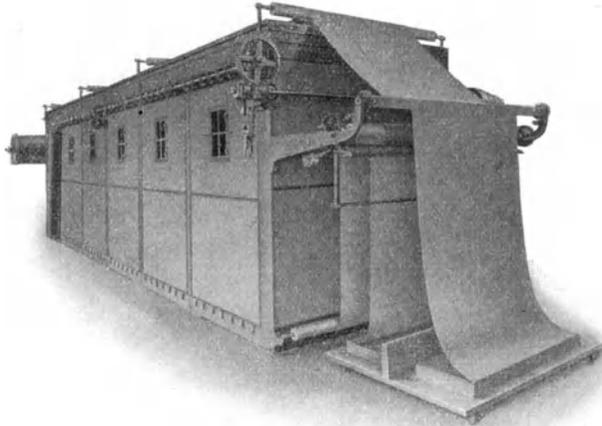
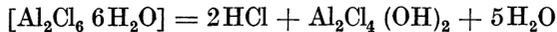


Abb. 80. Karbonisiermaschine (E. Gessner A.-G., Aue i. Sa.).

Aluminiumchloridmethode tritt die vollständige Wirkung erst bei 280° F ein (138° C).

Die Ansichten über die Wirkungsweise gehen stark auseinander. Heute darf man mit Sicherheit schließen, daß nur ein geringer Teil der im Aluminium vorhandenen Säure wirklich an der Reaktion teilnimmt. Gemäß folgender Formel etwa:



oder



Auffallend ist vor allem, daß Aluminiumchlorid die Faser sehr wenig angreift und daß nur bei ungenügendem Trocknen der imprägnierten Ware „Verbrennungen“ der Wolle auftreten. Man kann weiter beobachten, daß das Aluminiumchlorid, bzw. das basische Salz von der Wolle kräftig absorbiert wird und vielleicht nicht unwesentlich zu deren Schutz beiträgt. Über den Einfluß der Konzentration des Imprägnierbades ist nichts bekannt geworden. Das resorbierte Aluminium kann später leicht mit kaltem Wasser gewaschen werden, ist also noch

¹ Ein Vorläufer dieser Methode ist die Verwendung von Aluminiumsulfat mit Kochsalz zusammen. Stuart: Brit. Pat. 1869.

nicht gänzlich hydrolysiert, und läßt die Vermutung aufkommen, daß doch das Aluminiumchlorid als solches Karbonisierwirkung ausübt.

10. **Karbonisieren mit Magnesiumchlorid.** Magnesiumchlorid verhält sich beim Erwärmen analog wie das Aluminiumchlorid; bei erhöhter Temperatur wird Salzsäure abgespalten. Nach Ganswindt ist das Patent von A. Frank in Charlottenburg 1877 das älteste Dokument, wo das Magnesiumchlorid für Wollkarbonisierung vor-

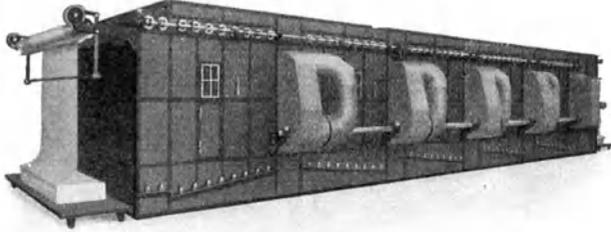


Abb. 81 a. Karbonisiermaschine. (E. Gessner A.-G., Aue i. S.).

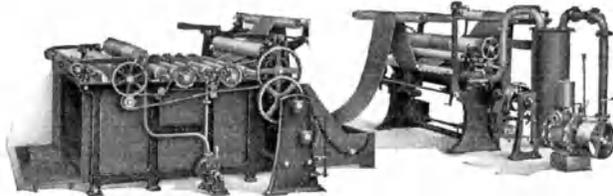
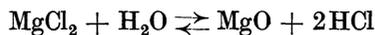
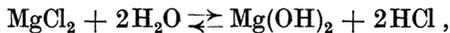


Abb. 81 b. Breitsäuremaschine und Absaugemaschine zur Karbonisationsanlage. (E. Gessner A.-G., Aue i. Sa.).

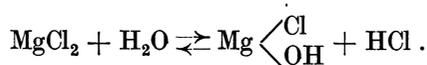
geschlagen wurde. Das Magnesiumchlorid dissoziiert bei 130—150° C in Gegenwart von Wasser nach dem Schema:



bzw.



wobei allerdings bei 135—145° C noch teilweise Magnesiumoxychlorid vorliegt.



Dies ist um so mehr erwünscht, als Magnesiumoxyd- bzw. -hydroxyd als Alkali die Faser schädigen würde. Die praktisch zur Anwendung gelangende Lauge hat einen Gehalt von 9—13° Bé. Beim Imprägnieren (Klotzen) der Wolle mit dieser Magnesiumchloridlauge ist strenge darauf zu achten, daß keine Seifen- oder Fettsäurereste der Faser anhaften, weil sich sonst sofort auf der Faser unlösliche Magnesiumseifen bilden, welche bei der weiteren Verarbeitung Flecken zurücklassen.

Der Karbonisierprozeß beginnt bereits bei 116° C, doch ist praktisch nicht unter 138° C zu arbeiten, da sonst die Baumwolle nur unvollständig zersetzt wird.

Bei diesen hohen Temperaturen beginnt aber die Wolle sich schon gelblich zu färben.

Auch Breinl und Hanossoky finden die Temperatur zur Magnesiumkarbonisation bei 135—150° C als am günstigsten. Nach Georgievics ist bei diesen Temperaturen bereits das schwache Alkali „Magnesiumoxydchlorid“ für die Wolle gefährlich.

Beim Waschen der mit Magnesiumchlorid karbonisierten Wolle bildet sich eine schwach alkalische Lauge und man hat danach getrachtet, durch Zugabe von Säure das Bad zu neutralisieren, weil einestheils Alkali die Wolle schädigt und andertheils die Schimmelbildung auf der Wolle fördert. Die Operationen müssen also stets geprüft werden auf den Säure- bzw. Alkaligehalt.

11. Vergleich der verschiedenen Methoden. Für und gegen die verschiedenen Karbonisierungsprozesse sind in der technischen Literatur viele Seiten geschrieben worden. Der billigste Prozeß ist zweifelsohne der mit Schwefelsäure arbeitende und bei guter Kontrolle auch ohne Nachteile für Faser und Apparate. Das gefährlichste Moment dieses Prozesses ist das Neutralisieren mit Soda, wo leicht dauernde Veränderungen der Wollfaser eintreten können. Ein großer Vorteil dagegen ist beim Schwefelsäureverfahren die Tatsache, daß schon bei 82—104° C die Karbonisation rasch und vollständig auszuführen ist.

Der Salzsäuregasprozeß besitzt vor allem den Vorteil, die meisten Farben nicht zu verändern, so daß er sich auch zur Karbonisierung fertiger Tuche eignet, wo Schwefelsäure stets vermieden wird. Die Kosten aber des Verfahrens sind wesentlich höher, und höher ist auch der Apparateverschleiß, da Salzsäure außerordentlich stark korrodierend wirkt. Die Verminderung der Handarbeit wiegt teilweise diese Nachteile heute auf und es scheint, daß dieser Prozeß bei weiterer Vervollkommnung noch mehr an Boden gewinnt.

Was die Verfahren mit Aluminiumchlorid anbetrifft, so stehen sie wegen ihres größeren Wärmebedarfes hinten an. Dem Aluminiumchlorid wird auch zum Nachteil gebucht, daß Lackbildung mit den Farben stattfindet; das Verfahren für fertige Tuche also weniger in Frage kommt, während alkaliempfindliche Farben wiederum bei dem Magnesiumchloridprozeß in Mitleidenschaft gezogen werden. Letztere Farbveränderungen können durch eine saure Wäsche, aber auch oft nur teilweise behoben werden.

In den Anfängen dieser Industrien erhielt die Wolle auch meistens große Sprödigkeit, mangelhaftes Egalisiervermögen und beim Spinnen gab es sehr viele Abfälle. Es hat sich aber gezeigt, daß bei peinlichster Arbeit diese Nachteile mehr und mehr verschwunden sind. Ein großer Teil der besten Tuche muß sogar karbonisiert werden, um gewisse Aspekte zu bekommen, und die Verfahren sind derart verfeinert worden, daß die ungesponnene Wolle karbonisiert werden kann, ohne daß beim Spinnen nachteilige Eigenschaften resultieren. Wir müssen uns heute glücklich schätzen, daß uns durch das Karbonisieren und Regenerieren ein großer Teil qualitativ hochwertiger Wolle erhalten bleibt und vor starken Preiserhöhungen der Wollartikel schützt, und wir müssen das

ehemals berechnigte Mißtrauen gegen die Verwendung von Kunstwolle ablegen.

12. Flockwolle. Beim Spinnen, Weben, Kratzen, Bürsten, Scheren usw. der Wollen entstehen immer Abfälle, die mit dem Sammelnamen: Flockwolle bezeichnet werden. Aber auch beim Karbonisieren bzw. Regenerieren entstehen kurzstapelige Wollflocken, welche im Gegensatz zu den ersteren, den Finisherflocken, als Regenerier- oder Rogflocken bezeichnet werden.

Man sortiert diese Flocken praktisch nach Herkunft und Stapel, nach Farbe und evtl. besonderen Eigenarten. Wenn der Stapel es erlaubt, werden diese Flocken zu geringeren Wollen für Streichgarne zugemischt. Eine große Menge kurzstapeliger Flocken wird auch der Walke zugesetzt und die geringsten Flocken gehen noch in der Filzindustrie sowie in der Papierindustrie ihrer Verwertung entgegen.

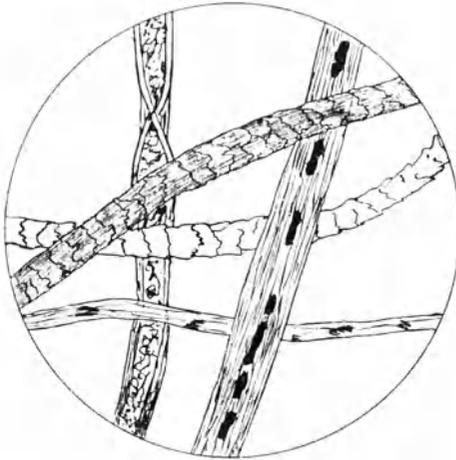


Abb. 82. Mikroskopisches Bild von Shoddy, den verschiedenen Charakter der Fasern darstellend. (350 \times)

Man findet Stoffe im Handel, welche bis zu 40% Flockwolle zugemischt erhalten haben, sei es durch Zumischen derselben schon beim Waschen der Rohvliese oder beim Walken.

13. Weitere Formen regenerierter Wollen. Neben diesen wohlbekannten Wollregeneraten finden sich noch einige andere in untergeordneter Menge; nämlich die sog. Tibetwolle, erhalten aus den geringwertigsten Lumpen; dann die Kosmosfaser, welche noch Jute, Hanf oder Flachs

beigemischt behält. Torfwolle spielte im Weltkriege eine ziemliche Rolle und ist ebenfalls mit Wolle zusammen nicht mehr von dieser zu trennen und findet heute noch Verwertung zu billigen Matten und Decken. Des weiteren finden auch die Noppen oftmals noch Verwendung, ebenso die Kämmlinge der verschiedensten Wollen und wollähnlichen Fasern.

14. Bewertung von Shoddy. Ehemals und auch noch heute wird Shoddy als geringwertiges Material bezeichnet, was in keinem Falle zutreffend ist. Die Verarbeitung von Kämmlingen, Noppen, Flocken und geringen Vlieswollen führt zu schlechteren Produkten, als mit Shoddy erhalten werden. Wohl 40% der Gesamtwollefabrikate enthalten Shoddy und unter diesen finden sich Artikel von hoher Qualität. Dabei ist nicht außer acht zu lassen, daß durch das Karbonisieren alter Woll Sachen eine wertvolle Textilfaser zu neuen Werten, welche uns ansonst verloren gingen, verarbeitet wird. — Keineswegs auch ist die evt. geringere Qualität immer darauf zurückzuführen (wie die mikroskopische Untersuchung ergeben hat), daß das betreffende Stück Shoddy enthält.

15. Untersuchungen von Shoddy. In den meisten Fällen gelingt es, unter dem Mikroskop die Shoddywolle von Vlieswolle zu unterscheiden, besonders dann, wenn noch fremde Fasern, wie Seide, Lein usw. anzutreffen sind.

Die Farbe der Shoddywolle ist auch in den seltensten Fällen einheitlich, so daß wir darin ein weiteres Kennzeichen für sie haben. Bei Vlieswolle ist weiterhin die Differenz der Faserdicke kleiner als bei Shoddywolle und dann sind auch meist viel mehr gebrochene und geborstene Fasern in der Kunstwolle und die Oberfläche ist rauher und unregelmäßiger.

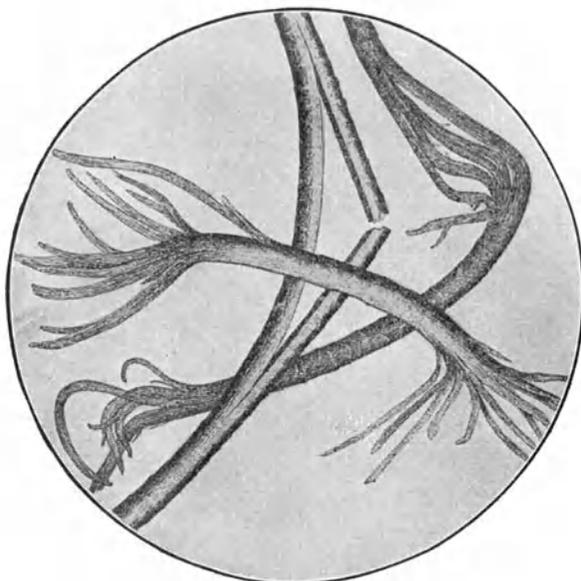


Abb. 83. Regenerierte Wolle mit zerfaserten Enden.

Der wertvollste Indikator für Wolle ist die Einheitlichkeit der Faser in Länge (Stapel) und Dicke, welche nur hochwertigen Vlieswollen zukommt. Uneinheitlicher Stapel und Faserdicke disqualifizieren also schon erheblich und die Frage, ob dies nun von zugemengter Kunstwolle herrührt, ist nicht mehr so bedeutend, weil ihre Qualität mit derjenigen geringerer Wollen konkurrieren kann.

Die Gegenwart von Fasern anderer Herkunft ist kein so sicherer Beweis für das Vorhandensein von Kunstwolle, weil in Vliesen verschiedentlich bis zu $\frac{1}{2}\%$ Fremdfasern angetroffen wurde. Der sichere und quantitative Nachweis von Baumwolle oder Lein in einem Tuche wird erhalten, wenn man dasselbe mit 5%iger Kalilauge bis zur vollständigen Wollzerstörung kocht; die beiden genannten Fasern können dann abfiltriert werden, da sie von der Lauge nicht zerstört werden. Speziell südamerikanische Wollen haben häufig Fremdfasern im Vlies. Da durch das Karbonisieren wiederum die Zellulose zerstört wird, ist

also die Abwesenheit oder Gegenwart einer Fremdfaser ein schlechtes Kriterium, um in Tuchen Shoddy nachweisen zu können. Besonders leicht kommt man zu Fehlschlüssen, wenn die Vlieswolle Fremdfasern enthielt und nur kurz karbonisiert wurde, so daß die holzreicheren Zellen nicht total zerstört wurden. Es

ist also wesentlich, die Fremdfasermenge quantitativ zu bestimmen, um den sicheren Schluß auf Gegenwart von Shoddy zu ziehen; ist die Fremdfasermenge größer als 1%, so gilt ihre Gegenwart als erwiesen.

Wenn Shoddy mit Baumwolle zusammen verarbeitet wird zu halb wollenen Hosentuchen, Wäschestücken usw., so ist ihre Identifizierung bedeutend erschwert. Es muß dann das Gewebe aufgedreht werden in die einzelnen Fäden und es muß versucht werden, diese zu identifizieren.

Bei der heutigen Vervollkommnung der Apparate ist auch der Stapel kein Kriterium pro oder kontra Shoddy, da sehr oft Wollen mit weit geringerer Faserlänge, als sie Shoddy aufweist, noch verarbeitet wird. Ebenso kann bei unrichtigem Walken die Wolle so

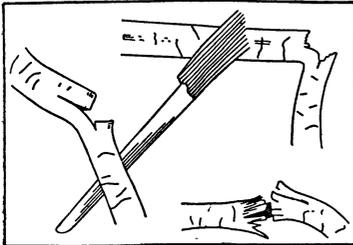


Abb. 84. Shoddy aus karbonisierter brauner Serge.

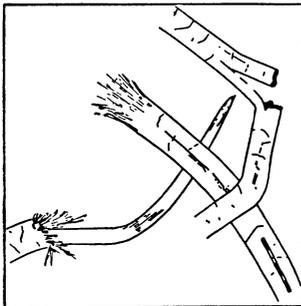


Abb. 85. Shoddy aus karbonisierter und geöffneter Wolle.

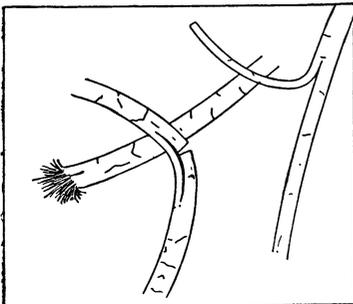


Abb. 86. Shoddy aus karbonisierter, geöffneter gefärbter Wolle.

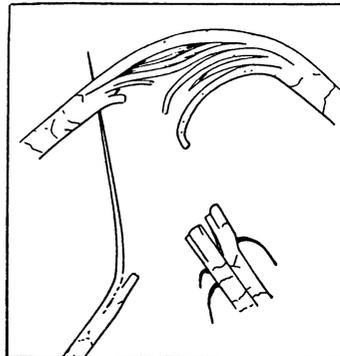


Abb. 87. Shoddy aus karbonisierter rot gefärbter Wolle.

deformiert werden, daß sie nur schwer von Shoddy zu unterscheiden ist.

Die Erfahrung hat ferner gezeigt, daß in Vlieswollen nie einzelne Deckzellen der Wolle anzutreffen sind, dagegen ist dies leicht möglich bei Shoddy, und das Mikroskop ist hier wiederum das entscheidende Instrument. Die Shoddywollen sind aber auch sehr oft so deformiert, daß sie leicht erkannt werden, wie eine Abb. 83 beweist.

Wir haben aber früher gesehen, daß nur chemische Behandlung der Wolle, starke Temperaturerhöhung ebenfalls ähnliche Bilder der Faser unter dem Mikroskop ergeben. Es gehören also zum Entscheide zwischen Vlies- und Shoddywollen nebst guter Beobachtungsgabe eine reiche Erfahrung und gute Kenntnisse der verschiedenen Prozesse, die die Faser durchlaufen muß.

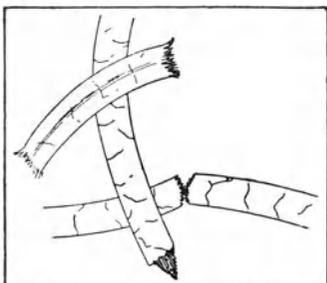


Abb. 88. Shoddy aus karbonisierter, geöffneter, gefärbter und garnettierter Wolle.

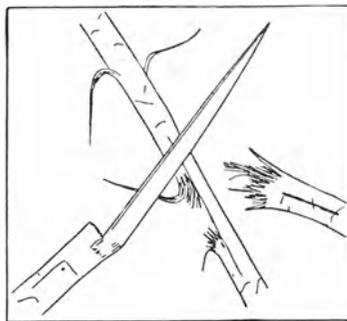


Abb. 89. Shoddy aus wollenen Strickwaren.

Im wesentlichen sind Einheitlichkeit des Stapels und der Farbe der Faser die besten Kennzeichen für Vlieswollen. Was das Beurteilen der Farbmischungen, sog. Melangen, anbelangt, so wird praktisch nicht über 3—6 Farben hinausgegangen, eine Shoddywolle dürfte aber wesentlich mehr Farbnuancen aufweisen.

Eine interessante Beobachtung machte Schlesinger, daß nämlich Farbstoffe auf Shoddy rascher zerstört oder verfärbt werden durch konzentrierte Säuren, als die nämlichen auf Vlieswolle. Die praktische Seite dieser Tatsache ist leider gering, das es in den seltensten Fällen zwei Wollen gibt, die sich in dieser Hinsicht gleich verhalten.

VIII. Geringere Haarfasern.

1. Haarfasern außer Wolle. Außer der vom Hausschaf gewonnenen Wolle wird in der Textilindustrie noch eine beträchtliche Menge an Haarfasern verarbeitet, die von Tieren stammen, die dem Schaf verwandt sind; z. B. Ziegen, Kamel, Lama usw. Da diese Fasern alle mehr oder weniger mit Wolle zusammen verarbeitet werden, wollen wir kurz auf

	Mohair	Alpaka	Kamelhaar	Kaschmir
Länge	9	12	5	3
Festigkeit . .	sehr stark	ziemlich stark	ziemlich stark	ziemlich stark
Glanz	sehr hoch	hoch	gut	gut
Farbe	weiß	gemischt	bräunlich	braun und weiß
Feinheit . . .	$\frac{1}{700}$	$\frac{1}{800}$	$\frac{1}{800}$	$\frac{1}{12000}$
Griff	ziemlich weich	weich	weich	sehr weich
Stapel	straff	straff	gekräuselt	gekräuselt
Einheit	gut	gut	mäßig	mäßig
Verarbeitung .	Kleider, billige Tuche, Futterstoffe	Tuche, Futter	Spezialtuche, Filze	Strumpfwaren, Sportkleider

sie eingehen. Am bekanntesten dieser Klasse von Fasern sind: Mohair, Kaschmir, Alpaka, Kuhhaar und Kamelhaar. Vorfolgende Tabelle von Barker (s. S. 139) vergleicht die verschiedenen geringwertigeren Wollen.

2. Mohair. Diese Faser stammt von der Angoraziege (Abb. 90); einer Ziegenart, die im Westen von Asien heimisch ist und in der Türkei und benachbarten Gebieten sorgfältig gehalten wird. Die Angoraziege ist eine Spezies der Gattung *Capra Aegagrus*, der Stammgattung der Hausziege. Die Angoraziege belebt gebirgige Gegenden Südeuropas und Kleinasiens und ist ziemlich kräftig im Wuchs. Das Sommerkleid ist

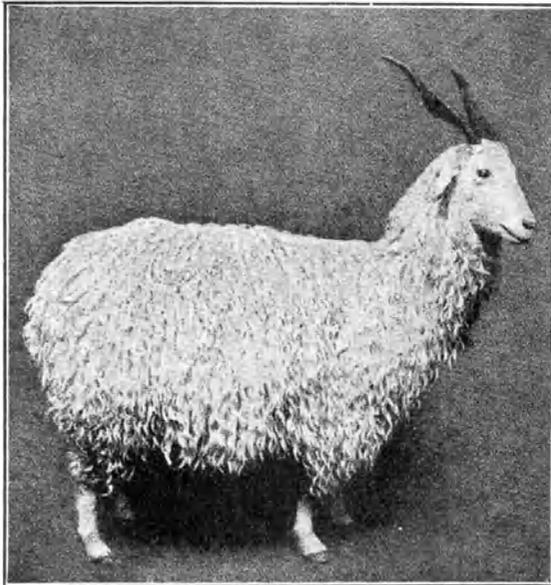


Abb. 90. Angoraziege.

kurzwellig und graubraun. Der Winterpelz ist stark durchsetzt mit glänzenden Stichelhaaren. Man weiß nicht bestimmt, um welche Zeit die Angoraziege zum Haustier gemacht wurde. Ihre Haare sind seit ältester Zeit wegen ihrem guten Stapel, der Feinheit und dem Glanz bekannt; die Kräuselung ist gering. Die Mohairwolle ist ein großer Handelsartikel geworden, in jüngster Zeit auch besonders in den Weststaaten der U. S. A. Die Ziegen sind dort aus der Türkei eingeführt worden. Die bekanntesten Produzenten für Mohair waren im Jahre 1902:

Türkei mit	8500000 Pfund
Kapkolonie mit	7500000 „
U.S.A. mit	1250000 „

Für Plüsch, Besatzartikel, Futterstoffe, Phantasiestoffe, Filze ist Angorawolle ein geschätztes Material. Die straffe, nicht verfilzbare Faser läßt wenig Variation in der Verarbeitung zu.

Die amerikanische Mohairwolle wird nur zu zwei Drittel Wert gegenüber der türkischen geschätzt, da sie noch ca. 15 % mehr Grannen enthält als diese. Diese Grannen färben sich im Färbebad nicht an. Die türkische Mohair ist mit 9—12 Inch Faserlänge als Jahresstapel der halbjährigen amerikanischen auch dadurch im Preise überlegen. Es ist aber indessen in Texas auch gar nicht möglich, die Haare nur einmal im Jahr zu schneiden, weil sie im Herbst und Frühjahr ausfallen und dem Winter- bzw. Sommerpelz Platz machen. Abgesehen vom Stapel sind diese Texasmohair sehr wertvolle Fasern. Die kalifornische und Oregonmohair ist viel rauher, und die von Oregon außerdem von sehr langem Stapel, weil nur einmal im Jahre geschoren wird. Das durchschnittliche Ge-

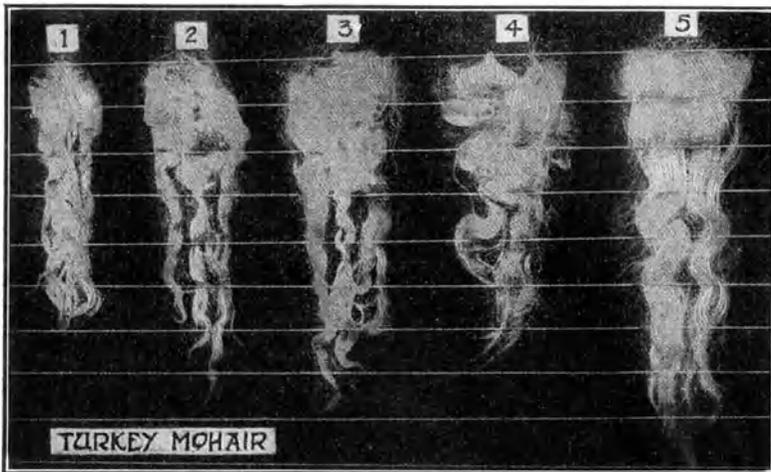


Abb. 91. Türkische Mohair. 1. Feine; 2. Beybazar; 3. Angora; 4. Geringe; 5. Castambul.

wicht eines Oregonvlieses beträgt 4 Pfund, ein Texasmohairvlies, und zwar ein halbjährliches wiegt im Mittel $2\frac{1}{4}$ Pfund.

Die Kap- und türkischen Mohair variieren auch sehr in Stapel und Feinheit; doch sind sie bis zu 60's spinnbar, während die amerikanischen nicht über 40's zu spinnen sind.

Die größten Mohairwollen werden zu Teppichen und Decken verarbeitet. Die Arbeitsweise ist im wesentlichen dieselbe wie für Wolle.

Ein Durchschnittvlies hat 36's Qualität im Nacken, 40's auf den Schultern. 36's Mitte und Seite und 32's—28's für die geringeren Partien.

Der Begriff Mohair ist ziemlich dehnbar und schließt auch die Wollen von Kreuzungen der Angora mit andern Ziegen in sich.

3. Klassifizierung der Mohair. Nach E. W. Detley (Textil Manufacturer) kann man die Mohairwollen folgendermaßen einteilen: Türkische Mohair. — Wie erwartet, trägt in ihrer Heimat die Angoraziege die beste Wolle mit feinem Glanz und Griff und gutem Stapel. Nach Barker soll gegenüber früher die Qualität der türkischen Mohair stark zurückgegangen sein, weil während der großen Nachfragen nach Angoraziegen in den Jahren 1820—1860 diese mit der kurdischen Ziege gekreuzt wurde.

Das kurdische „Mohair“ ist viel länger, rauher und stärker mit Grannen durchsetzt; verwendbar für Zelttücher, Filtertücher, Säcke usw. Seit 1880 ist ein Verfeinern der Qualität nachweisbar. Die Einsicht, daß nur sorgfältige Zuchtwahl die Qualität verbessern kann, dringt heute mehr und mehr durch.

Nach Barker sind folgende türkische Mohairwollen handelsüblich:

	Türkische Fein	Türkische Mittel	Türkisch Beybazar	Türkisch Castambul
Länge, Inchs . . .	6—7	6—8	7 $\frac{1}{2}$ —9	8—10
Glanz	sehr hoch	ziemlich gut	ziemlich gut	Hochglanz
Feinheit	$\frac{1}{800}$	$\frac{1}{400}$	$\frac{1}{600}$	$\frac{1}{600}$
Griff	sehr weich	ziemlich weich	weich	sehr weich
Aspekt	Farbe hell, gewellt	Farbe gut, unbestimmter	guter Stapel	Farbe gut, gewellt
Reinheit	sehr rein	ziemlich rein	ziemlich rein	rein
Einheit	sehr einheitlich	mittel	gut	gut

Van-Mohair aus dem Distrikt Van in Kleinasien ist schmutzig und trocken, läßt sich aber gut reinigen.

In den British Factory Act ist sie als der gefährliche Überträger des Anthrax¹ im besonderen erwähnt.

Kap-Mohair. Trotz anfänglicher Schwierigkeiten konnte die Angoraziege verschiedentlich mit Erfolg in andern Gegenden gezüchtet werden.

Auch Kreuzungen mit südafrikanischen Ziegen ergaben eine Rasse, welche gute Mohairwollen erzeugt. Klima und Bodenverhältnisse sind

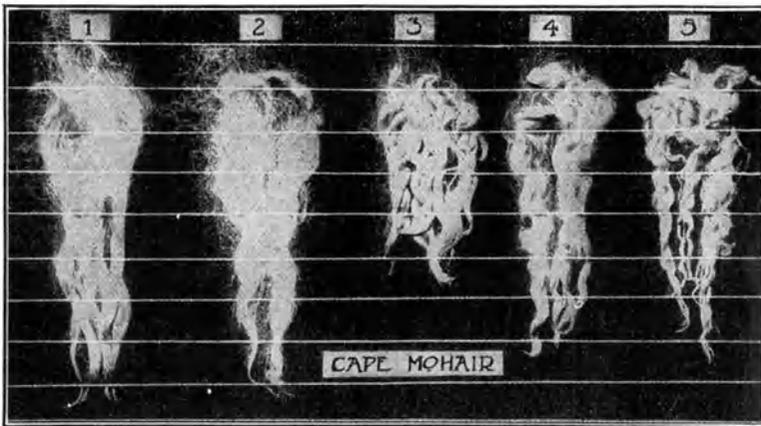


Abb. 92. Kap-Mohair. 1. Basuto; 2. Mixed; 3. Winterhaar; 4. First; 5. Kids.

in Kapland so gut, daß die dortige Mohair den Vergleich mit der türkischen ertragen kann. Die Kapkolonie zählt ca. 4000000 Ziegen und deckt den halben Weltkonsum an Mohairwolle. Die Farbe der Kap-mohair ist dunkler als die der türkischen, meist ein tiefes Braun. Es

¹ Furunkulosis, vet. Milzbrand.

finden jährlich 2 Schuren statt; Sommer- und Winterschur. Man unterscheidet folgende Kapmohair:

Kap-Kids, erste Schur der jungen Ziege; Lammwolle; Stapel 6 bis 7 inches; Hochglanz; sehr weich.

Kap-First, langer Sommerwuchs, 8 inches Stapel; Hochglanz; helle Farbe und sehr weich im Griff.

Kap-Winter, kürzere Winterwolle; lange 5 inches, guter Glanz und gute Farbe; ziemlich weich im Griff.

Kap-Basuto, starke und rauhe Wolle.

Kap-Mixed, späte Schuren; Mischungen Sommervlies mit Wintervlies.

Thirds analog einem Langwollfell.

Die Kap-Kids sind also das erstklassige Material von großer Feinheit. Die Produktion derselben ist natürlich sehr gering. Der Stapel ist sehr gut und die Feinheit zu 50's konkurriert mit der türkischen Mohair. Könnte man mit einer Schur auskommen, um den Stapel noch zu vergrößern, so käme diese Mohair an erster Stelle. Es ist aber unmöglich zur Jahresschur zu gelangen, weil die Tiere das Haar im Herbst und Frühjahr wechseln. Auch ist bis jetzt der Zuchtwahl noch zu geringe Beachtung geschenkt worden, so daß die Einheitlichkeit der Vliese zu wünschen übrigläßt.

Nach Barker haben die Kapwollen (Mohair) folgende Eigenschaften:

Typ	Länge	Feinheit	Glanz	Griff	Aspekt	Reinheit	Einheit
Kid .	5—7	1/800	hoch	s. weich	gelblich, geschmeidig	gut	s. gut
First .	6—8	1/600	„	weich	guter Stapel, dunkler	z. gut	gut
Winter	5	1/600	mittel	mittel	„ „ „	„ „	„
Second	5	1/600	„	„	dunkel, grannig	schmutzig	mäßig
Mixed.	4—5	diff.	arm	hart	drahtig	„	„

Amerikanische Mohair. Die amerikanischen Züchter sind der Ansicht, daß es lohnender ist, die türkische oder die Kapziege zu züchten, als die einheimische, da das Haar glänzender, weicher und weniger grannig ist. Die beste Schur und an Zahl etwa die Hälfte der amerikanischen Mohair überhaupt kommt aus Texas; in die andere Hälfte teilen sich Oregon und Kalifornien, Neu-Mexiko und einige Weststaaten. Die Schur wird teils aus klimatischen Rücksichten zweimal vorgenommen, teils auch, weil es doch meist mehr Geld abwirft.

Australische Mohair wird nur in sehr geringem Maße produziert. Die Schafzucht steht obenan, trotzdem auch die Mohairwolle der türkischen ebenbürtig ist.

Auch die Mohairwolle wird analog der Schafwolle zu Tops geformt und vor dem Spinnen geölt mit ca. 2% Öl. Die praktischen Mohairtops zeigen folgende Dimensionen:

	Durchmesser	Inches
Mohair, fein, weiß	0,00102	1/976
„ mittel, weiß	0,00133	1/754
„ Mittel	0,00160	1/626
„ geringer	0,00180	1/555

Die Mittelqualität liegt bei 56's. Mohair noils sind die Abfallkämm-linge, meist sehr geringwertig.

4. Mohairwollen unter dem Mikroskop. Die durchschnittliche Länge der Faser beträgt 18 cm, der Durchmesser liegt zwischen 40—50 Mikrons.

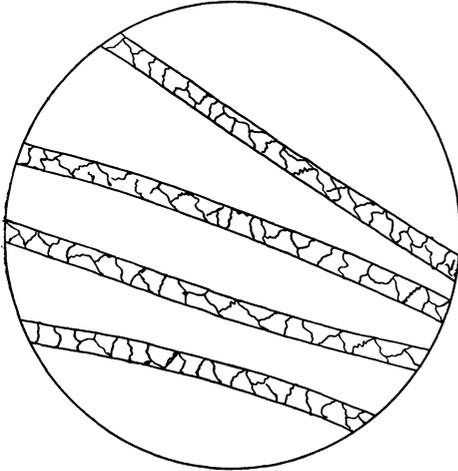


Abb. 93. Mohairfaser (350×).

Die Faser ist in ihrer ganzen Länge gleichmäßig dick; die Deckschicht ist nur äußerst schwer vom übrigen Fasermaterial zu unterscheiden; sie ist auch sehr regelmäßig. Meist ist die Deckschuppe zu einem ganzen Ring ausgebildet. Die besten Mohairwollen zeigen kein Mark, die schlechtesten haben deutliche Markzylinder. Die Struktur ist die eines normalen Ziegenhaares, nur viel feiner und glänzender im Aufbau. Die Längsstreifung der Faser ist sehr stark ausgeprägt im Gegensatz zur Schafwolle. Die Faserspitze

ist fast immer sehr glatt und scharf, was als deutlicher Unterschied zur Wollfaser wesentlich zu ihrer Bestimmung beiträgt. Das andere Ende der Faser ist immer stumpf, meist leicht angeschwollen. Unter polarisiertem Licht betrachtet, erscheint das Faserinnere oft als Hohlraum, glänzend und $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ der Gesamtdicke ausmachend.

ist fast immer sehr glatt und scharf, was als deutlicher Unterschied zur Wollfaser wesentlich zu ihrer Bestimmung beiträgt. Das andere Ende der Faser ist immer stumpf, meist leicht angeschwollen. Unter polarisiertem Licht betrachtet, erscheint das Faserinnere oft als Hohlraum, glänzend und $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ der Gesamtdicke ausmachend.

5. Kaschmir, Cashmere. Diese Faser wird von der Kaschmirziege, welche im nördlichen Indien und in Tibet heimisch ist, geliefert. Das Vlies besteht aus langen, seidenglänzenden Haaren. An einigen Körperteilen ist das Haar fast rein wollig mit brauner Farbe. Diese letzteren sind die eigentlichen Kaschmirwollen des Handels. Versuche, die Kaschmirziege in andern Gegenden zu züchten, sind mißlungen. Die berühmten Schale gleichen Namens sind aus Kasch-

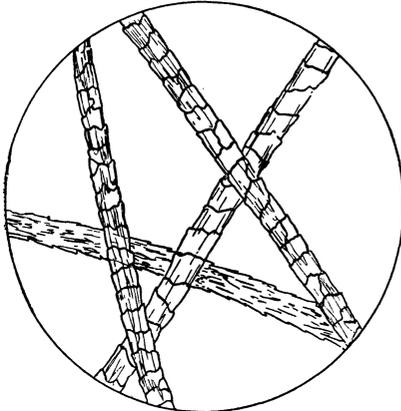


Abb. 94. Kaschmirwolle (350×).

mirwolle, und zwar aus den feinen Unterwollen. Die Produktion an Kaschmirwolle ist gering.

Die beste Wolle wird beim Kämmen als Kämmling von 2—3 inches gewonnen. Es gibt Firsts und Seconds, weiße und braune Wollen. Das Spinnen der feinen Flockwolle erfordert große Sorgfalt. Die Unterwollen mit einem Stapel von $1\frac{1}{4}$ — $3\frac{1}{2}$ inches und 13 Mikrons Durch-

messer haben kein Mark, deutliche schuppige Deckschicht und zeigen die charakteristische Längsstreifung. Die Oberwollen oder Deckwollen sind 3—4½ Inches lang und 60—90 Mikrons im Durchmesser; sie besitzen deutliches Mark. Die Deckschuppen sind leicht gezähnt und decken meist mehr als den halben Umfang. In nachfolgender Tabelle wird Kaschmir mit einigen ähnlichen Fasern verglichen (Detley):

	Durchmesser			Tops	
	Max.	Min.	Durchschnitt		
Kaschmir	0,0020	0,0004	0,0006	$\frac{1}{1666}$	90's
Vicuña	0,0006	0,00027	0,00047	$\frac{1}{2128}$	über 100's
Ziege (Ostindien) . . .	0,0040	0,0009	0,0030	$\frac{1}{333}$	26's
Chinesenzopphaar. . .	—	—	0,0030	$\frac{1}{333}$	26's

6. Ziegenhaar. Im Handel finden wir oft auch die Haare der verschiedensten Ziegen. Eine Zeitlang wurden Ziegenhaartücher für Filterpressen als besonders geeignet angepriesen. Nach Höhnel zeigt Ziegenhaar folgende mikroskopische Merkmale: Farbe weiß, gelb, braun oder schwarz. Länge 4—10 cm. Bei den Grannenhaaren beobachtet man fast immer die Haarwurzel. Das Durchschnittshaar (Abb. 95) ist an der Wurzel 80—90 Mikron dick. Die Wurzel ist ca. $\frac{1}{3}$ cm lang und nur dort ist das Mark deutlich wahrnehmbar. Die Deckschuppen sind bis 15 Mikrons lang, am Ende schwach verdickt. Die Markzellen sind dickwandig, eng und verflacht.

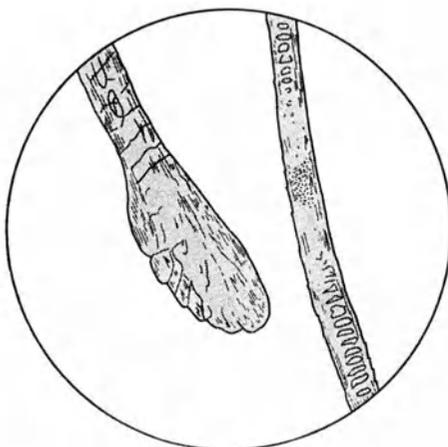


Abb. 95. Gewöhnliches Ziegenhaar (350×).

Das Faserende ist sehr spröde. Andere Beobachter fanden oft Luftspalten im Mark. Beim Färben wird einheitlich Farbstoff aufgenommen; das Mark erscheint dann schwarz (Abb. 96).

Hanausch bemerkt, daß gewisse Woll- und Ziegenhaare sich sehr stark gleichen. Es sind dies die grannigen Haare mit kurzen, parallelen Markzellen mit Lufträumen dazwischen. Bei weißen Haaren erscheint das Mark dann als breites dunkles Band (Abb. 97 a und b). In Pottasche aufgewärmt, quillt die Faser auf und die Markzellen werden besonders deutlich. Bei der Wolle werden dann die Zellen groß und rund, beim Ziegenhaar bleibt die Proportion zwischen Länge und Breite erhalten, was nach Hanausch genügend scharf zu unterscheiden ist.

7. Alpaka und seine Varietäten Vicuña und Lama sind die Wollen der peruanischen Hausziege, welche den Bergantilopen der Anden verwandt ist. Wird das Tier nur selten geschoren, so werden die Haare bis

zu 1 Yard = 90 cm lang. Die übliche Schur liefert aber einen Stapel von 9—10 inches. In ihren feinen Qualitäten gleicht die Faser der

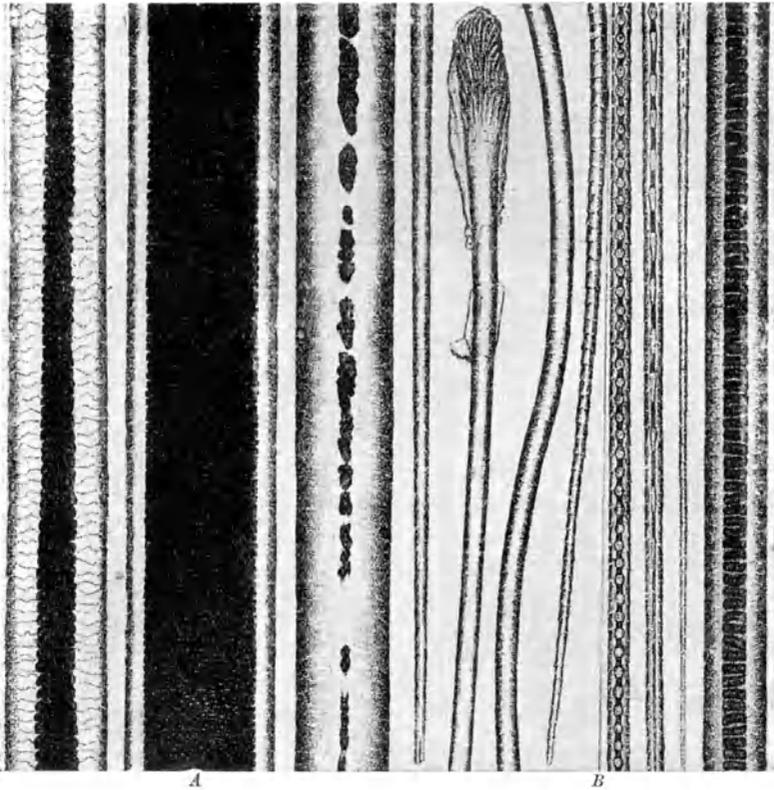


Abb. 96. Ziegenhaar. A feines Wollhaar; B Barthaar, Granne. (Löbner.)

englischen Luster oder der Kap-Kidmohair; die gröberen Sorten sind unregelmäßig in Glanz und Stapel. Der Verbrauch an Alpaka ist nicht

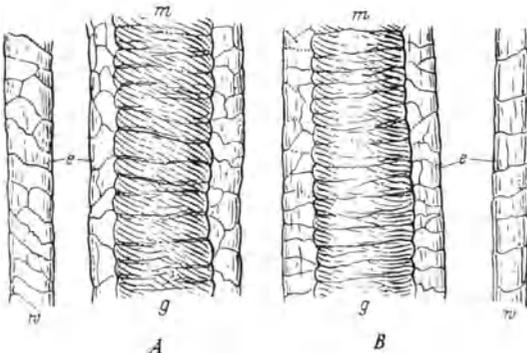


Abb. 97. A Schafwolle; B Ziegenwolle (w = Wollhaar; g = Granne).

sehr groß, weil die Faser wegen ihrer dunklen Färbung ausschließlich braun oder schwarz gefärbt werden muß. Bolivien zählt etwa 200000 Alpakas. Dieses Tier gehört in die Familie der Lama und Vicuña, es ist etwas kurzbeiniger als diese. Lama, Kamel, Vicuña und Alpaka gehören in die nämliche Familie. Lama und Al-

paka sind in der Neuen Welt nur südlich vom Äquator anzutreffen, weil sie an ein ganz bestimmtes Futter, das nur in den Anden wächst, gewöhnt sind. Schon im frühesten Altertum sind diese Tiere zu Haustieren geworden. Die Inkas schon benutzten das Lama als Lasttier, seine Wolle wurde von der ärmeren Bevölkerung zu Teppichen und Kleidern verarbeitet.

Die Versuche, das Llama in Australien zu akklimatisieren, scheiterten vollständig; ebenso gedeiht das Alpaka nicht, wenn es von seinen hochgelegenen Gegenden ca. 15000 Fuß über dem Meer, heruntergenommen wird. In den höheren Regionen leben wild die Guanaco und Vicuña. Das Alpaka wird in der Regel alle 2 Jahre geschoren und ergibt dann ca. 10 Pfund Wolle.

Im Handel ist noch ein Produkt unter dem Namen Vicuña oder Vigogne anzutreffen, das nicht mit dem südamerikanischen verwechselt werden darf; es ist eine Mischung von Wolle mit Baumwolle. Gorilla-

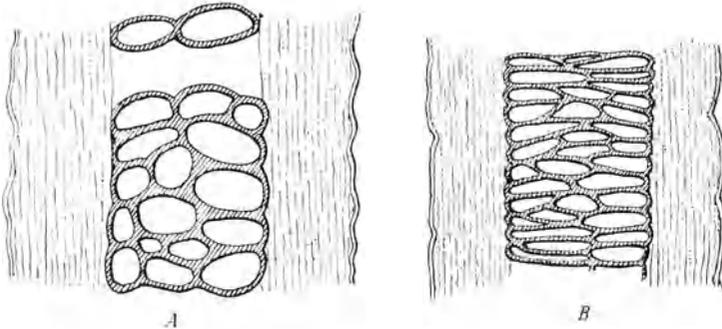


Abb. 98. A Schafgranne und B Ziegenhaar in Potasche.

garn ist eine Mischung von Alpaka, Schafwolle, Mohair mit Baumwolle und Seidenabfällen und wird für Damentuche verwendet. Mit Alpaka wird manchmal auch regenerierte Wolle bezeichnet, was zu unangenehmen Irrtümern führen kann. Die südamerikanische Wolle erzeugt bei den Sortierern oft einen Hautausschlag (Anthrax), hervorgerufen durch den *Bacillus Anthracis*, welcher direkt in die Haut eindringt oder auch durch die Hände in den Mund gelangt. In ersterem Falle entstehen schmerzhafteste Pusteln, Schweißausbrüche, Fieber und Schwindel; im zweiten Falle entstehen Blutvergiftungen, Lungenentzündungen usw. Alle Alpaka-, Kaschmir-, Kamel-, Van-, Mohair- und persischen Wollen sind mit diesem Krankheitserreger behaftet. Man soll die Ballen also nur über dem Ventilatorrost öffnen; die Wolle muß sofort sterilisiert werden, was man durch Behandlung mit Formaldehyddämpfen erreicht. Beim *Dinsley-Pulmann*-System werden die Bazillen durch Violett- und X-Strahlen getötet, was ebenso sicher wie Formaldehyd wirkt. Echte Alpakawolle wird von der gezüchteten Ziege, *Auchenia paco*, erhalten und wechselt in ihrer Farbe von Weiß über Braun nach Schwarz. Am begehrtesten ist die rötlichbraune und nicht die weiße. Wie bei allen Ziegen treffen wir bei Alpakawolle das weiche Wollhaar (Unterwollen) und das grannige Deckhaar. Der Stapel des rotbraunen Wollhaares

erreicht 10—20 cm. Nach Barker liefert die normale Alpakaschur ca. 9 inches Stapel, in 2- oder 3-jähriger Schur bis zu 30 inches. Die große Länge ist aber nicht erwünscht, da das Verarbeiten unegaler Wolle schwierig ist und die langen Haare meist schwächer sind.

Alpakawolle wird gehandelt als „gering, mittel und fein“. In England ist die Faser allgemein unter dem Namen Arequipa-Vlies bekannt, nach dem peruanischen Hafen Arequipa. Futterstoffe, Überzieher und Kleiderbesätze sind die aus Alpaka fabrizierten Artikel. Die braunen Fasern sind von sehr gleichmäßigem Durchmesser, die Deckschuppen sind kaum gezähnt. Höchst selten beobachtet man ein Mark oder eine Markinsel; die Längsstreifung ist sehr deutlich.

Die weißen Fasern sind sehr deutlich gezähnt; die Dicke schwankt erheblich, das Mark ist sehr deutlich. Die Grannen der braunen Art sind nicht sehr zahlreich; sie sind 5—6 mm lang und 45—60 Mikrons dick. Die

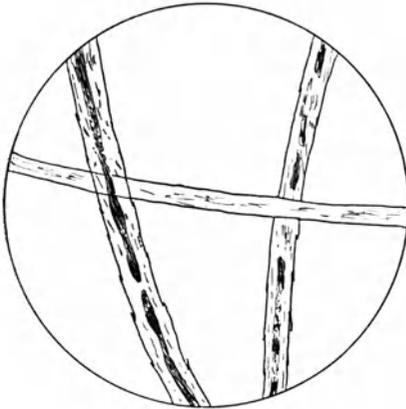


Abb. 99. Vicuña-faser (350 ×).

braunen Farbkörperchen sitzen an der äußeren, rissigen Schicht. Die Grannen haben auch deutliches Mark. Das Mark der Grannen der weißen Art ist breit und voll, mit grauen Farbkörperchen gefüllt; es sind eine Reihe aufeinanderfolgender Markzylinder.

Die äußerst dünne Deckschicht ist kaum zu beobachten. Deutlich dagegen ist grobe Streifung. Die Faserspitze ist nicht deutlich ausgeprägt. Alpakawolle ist rauher als Vicuña oder Kamelwolle, doch ist die Verteilung der Farbpigmente einheitlicher.

Die Alpakaziege wiegt im Mittel 180 Pfund und ist also bedeutend kleiner als das Lama. Der Nacken ist viel kürzer als beim Lama; um die Kehle und das Kinn herum wachsen ebenfalls die Haare zu einem Bart an. Eine Kreuzung zwischen Alpaka und Lama ergab ein Tier mit sehr feiner Wolle. Das „Suri“ ist das Produkt einer mehrfachen Kreuzung. Die Wolle ist sehr fein, seidig und ausgesprochen gelockt. Diese Haare sind von bemerkenswert schöner und echter Eigenfarbe, weiß, blaugrau, orange bis braun. Es ist ohne Zweifel mit solcher Wolle noch sehr viel anzufangen, leider ist sie noch zu wenig bekannt und die Nachfrage vorerst noch gering.

8. Vicuña-wolle ist eine andere südamerikanische Wolle, welche von der *Auchenia Viccunia*, der kleinsten kamelartigen Ziege, stammt. Vicuñas wurden nie ordentlich gezüchtet und sind heute am Aussterben. In Form und Bewegung hat die Ziege viel Ähnliches mit den ostafrikanischen Gazellen. Sie wiegt 75—100 Pfund, der Kopf ist unverhältnismäßig groß. Das Fell ist hell rötlichbraun bis rehbraun an den untern Partien. An der Brust trägt das Tier lange, zottige Haare, welche ihm das charakteristische Aussehen verleihen. Das Wollhaar der

Vicuñas ist sehr gesucht. In jüngster Zeit sind auch Kreuzungen mit der Alpaka-
ziege mit Erfolg gezüchtet worden. Das Haar der Kreuzung ist
sehr fein, weich und fest. Die Wissenschaft und eine strenge Gesetz-
gebung in Peru gewähren dem Tier Schutz vor dem
Aussterben. Bei guter Zucht
und sorgfältiger Pflege
könnte vom Vicuña sowohl,
als auch von der genannten
Kreuzung mit der Alpaka-
ziege, welche den Namen
Paco-vicuña führt, eine
Wolle von hervorragenden
Qualitäten erhalten wer-
den. Beide Tiere tragen
Wollhaare und Grannen,
erstere haben einen Durch-
messer von 10—20 Mikrons,
letztere einen solchen von
75 Mikrons. Die Schuppen
des Wollhaares sind sehr
deutlich zu sehen, ebenso
die Längsstreifung. Ein Mark ist in der Regel nicht zu erkennen.



Abb. 100. Lama. (Brehms Tierleben.)

Die Grannen hingegen haben ein gut entwickeltes Mark. Der Durch-
messer der Fasern ist überall gleich, die Länge schwankt etwas um
20 cm. Mitchell und
Prido beobachteten bei
der Verteilung der Farb-
pigmente folgende Eigen-
tümlichkeiten: In den klei-
nen Fasern sind es regel-
mäßig verteilte Blättchen,
in den markhaltigen Gran-
nen sind die Pigmente zu
Streifen geordnet.

Unter dem Namen Vi-
cuña oder Vigogne (Vi-
cogne) ist auch eine Faser
im Handel, bestehend aus
Baumwolle und Schafwolle
mit zugemischten Grannen
von Ziegen, Kamelen, süd-
amerikanische Wollen. Die
Spinnqualitäten sind ge-
ring und die gelbliche Faser eignet sich nur zu rauhen Fabrikaten.



Abb. 101. Alpaka. (Brehms Tierleben.)

E. W. Tetley hat in nachfolgender Tabelle (S. 151) die Mohair-,
Alpaka- und Kamelwollen nach physikalischen Gesichtspunkten ver-
glichen (Textil manufacturer).

9. Lamawolle. Es handelt sich hier ausschließlich um die Wolle des südamerikanischen Lamas (Abb. 100), welches in Peru und Bolivien in ca. je 500000 Exemplaren in strenger Tradition gehalten sind. Man

schert alle 2—5 Jahre, oft auch erst das tote Tier. Eine 2jährige Schur liefert ungefähr 5 Pfund Wolle, eine sehr rauhe und schmutzige Faser, welche ausschließlich von den Einheimischen verwertet wird und nicht im Außenhandel anzutreffen ist.

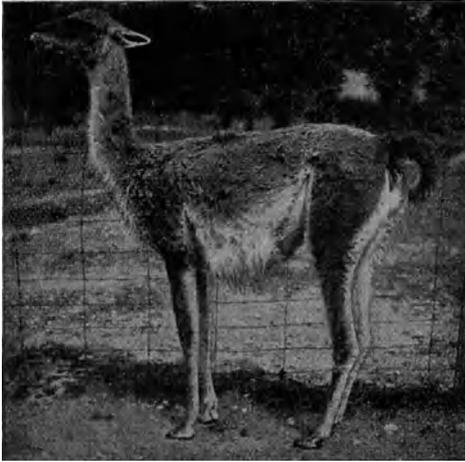


Abb. 102. Vicuña. (Brehms Tierleben.)

Die Lamafaser zeigt kaum sichtbare Schuppen, doch gut entwickelte Markzellen. Das Woll- wie das Grannenhaar zeigt Längsstreifung (Abb. 103). Das Wollhaar ist 20—35 Mikrons im Durchmesser, das Grannenhaar ca. 150 Mikrons. Das Lama ist das größte kamelartige Tier

der Anden; sein durchschnittliches Gewicht beträgt 250 Pfund bei einem Alter von 10—14 Jahren. Das Vlies ist dick und rauh; auch der lange Hals ist stark behaart; der Stapel beträgt ca. 10—12 inches.

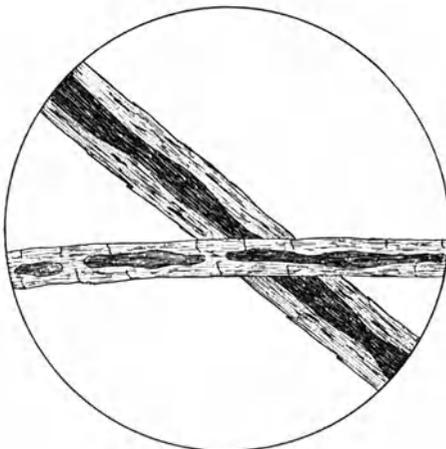


Abb. 103. Lamafaser (350×).

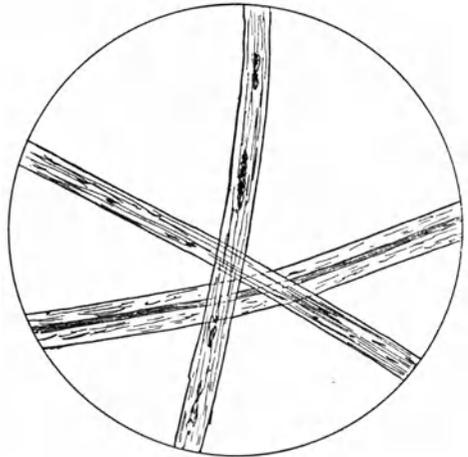


Abb. 104. Alpakafaser.

Man verfertigt hauptsächlich Säcke und Teppiche aus der Wolle. Auch die Wolle des Auchenia Huanaco, des wilden Lama, wird daselbst verwertet, meist zusammen mit der Wolle des Lama, und der Vicuñas. Vom Huanaco sind bis heute noch keine Zuchtversuche und Kreuzungen vorgenommen worden.

Material	Farbe	Glanz	Griff	Festigkeit	Kräuselung	Länge inches			Durchmesser inches			Tops	Mittel	Verarbeitung
						Max.	Min	Mittel	Max.	Min.	Durchschnitt				Grade
Mohair: grob mittel fein	weiß	sehr hoch	ziemlich weich	sehr gut	keine	11	8	9 ^{1/2}	0,0026	0,0009	0,0017	1/588	36's	Kleider, Plüsch, Polsterwerke, Samtkragen
	weiß	sehr hoch	weich	sehr gut	gering	9	7	8	0,0020	0,0090	0,0013	1/769	46's	
	rein weiß	hoch	sehr weich	sehr gut	gering	8	5 ^{1/2}	6 ^{1/2}	0,0013	0,0005	0,0009	1/1111	60's	
Alpaka: grob mittel fein	gemischt	hoch	weich	sehr gut	gering	11	7	8 ^{1/2}	0,0024	0,0009	0,0014	1/714	40's	wie oben
	gemischt	gut	sehr weich	gut	gering	9	5 ^{1/2}	7 ^{1/2}	0,0018	0,0007	0,0011	1/909	56's	
	gemischt	gut	extra weich	gut	gering	8	4 ^{1/2}	6	0,0013	0,0005	0,0008	1/1250	64's	
Kamelhaar: grob mittel fein	braun	zieml. gut	ziemlich weich	sehr gut	gering	6—9	3 ^{1/2}	5	0,0031	0,0005	0,0012	1/833	56's	Pelzwerk, Schals, Sportkleider, Socken Pantoffeln
	braun	arm	weich	gut	gering	6	3	4	—	—	0,0009	1/1111	60's	
	braun	arm	extra weich	zieml. gut	gering	4	2 ^{1/2}	3	0,0011	0,0004	0,0007	1/1429	70's	

10. Kamelhaar. Aus Kamelhaar werden sowohl Kleider-, Sportkleider, als auch Decken und Filze gefertigt. Es ist sehr beliebt, die Faser in ihrer Naturfarbe zu verwenden, weil sie beim Bleichen keinen

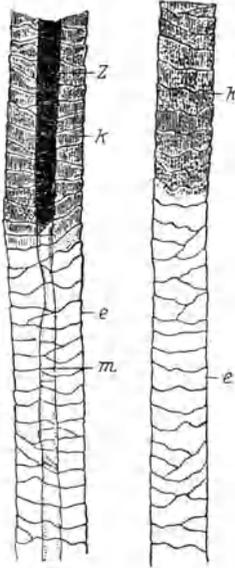


Abb. 105. Alpakafaser.
Granne und Wollhaar
(ohne Medulla).

Veränderungen unterliegt. Beim Kamelhaar unterscheidet man ebenfalls zwischen Wollhaar und Grannenhaar. Ersteres ist eine weiche, seidige

Faser und wird hauptsächlich zu Tuchen, sog. Jägertuchen verarbeitet. Die Granne ist steifer und rauher und liefert Decken und Filzzeug. Nach Barker ist echtes Kamelhaar ein feines flaumiges Material, ungefähr 5 inches lang, von gelber bis bräunlicher Farbe und immer untermischt mit Grannen. Diese langen, festen Grannenhaare von den unteren Partien am Tier müssen durch Auskämmen entfernt werden. Man handelt chinesisches, persisches und russisches Kamelhaar, immer in erster, zweiter oder dritter Qualität. Echtes Kamelhaar ist nicht sehr stark und benötigt große Sorgfalt beim Verarbeiten, andernfalls bekommt man zuviel Abfälle. Die beste Qualität ist frei von Grannen und dient zu Kleider- und Futterstoffen. Die grobe stärkere Faser dient auch öfters zur Herstellung von Schnur- und Bastwerk. Woll- und Grannenhaar zeigen schwach ausgeprägte Schuppen und deutliche Längsstreifung. Die Granne zeigt ein deutliches Mark, während beim Wollhaar höchstens isolierte Markzellen zu konstatieren sind. Das Wollhaar zählt 14—28 Mikrons im Durchmesser, während die Granne ca.

75 Mikrons zählt.

Die Länge des Wollhaares schwankt zwischen 4 und 6 cm, zeigt regelmäßige Wellen, ist gelblich bis braun. Die Grannen erreichen 10 cm Länge und sind tiefer braun bis schwarz. Die Deckschuppen der Grannen sind sehr grob und geben dem Haar sägeartige Beschaffenheit. Die Anwesenheit von großen und kleineren Pigmentkolonien, speziell im Mark, ist für die Granne sehr charakteristisch. Vom Kuhhaar unterscheiden sich die Kamelgrannen durch kleineren Durchmesser, dickere Bastwände, engere Markzellen, welche auch meist von dunklerer Farbe sind. Prideaux stellte im Journ. Soc. Chem. Ind. 1900, S. 8 folgende Vergleiche zwischen Vicuña, Kamelhaar und Alpaka zusammen:

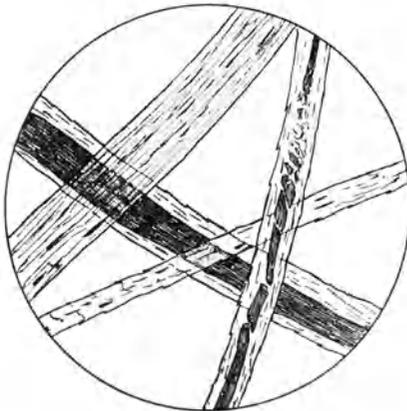


Abb. 106. Kamelhaare.

nun durch kleineren Durchmesser, dickere Bastwände, engere Markzellen, welche auch meist von dunklerer Farbe sind. Prideaux stellte im Journ. Soc. Chem. Ind. 1900, S. 8 folgende Vergleiche zwischen Vicuña, Kamelhaar und Alpaka zusammen:

Vicuña	Kamelhaar	Alpaka
Die feinste der 3 Fasern, geringste Markentwicklung; feinste Deckschuppen.	Mittlere Feinheit, wenig Mark.	Die gröbste der 3 Fasern, wenige Fasern ohne Mark
Größte Differenzen zwischen markfreien und markhaltigen Fasern.	Die feineren Fasern oft ohne Farbpigmente.	Fast keine Differenzen zwischen markfreien Fasern und markhaltigen.
Sehr gleichmäßig gefärbt.	Unregelmäßige Farbanhäufungen	Meist die gröberen Fasern oft ohne Farbe.
Durchfärbung regelmäßig.		Sehr unregelmäßig durchgefärbt.

Trotz dieser charakteristischen Unterschiede hält es manchmal schwer, diese 3 Fasern zu unterscheiden, die mikroskopischen Merkmale lassen einen endgültigen Entscheid nicht zu.

Kamelhaarnoils nennt man die kurzen Kämmlinge, die in zwei üblichen Handelssorten anzutreffen sind: a) den feinen, gewollten,

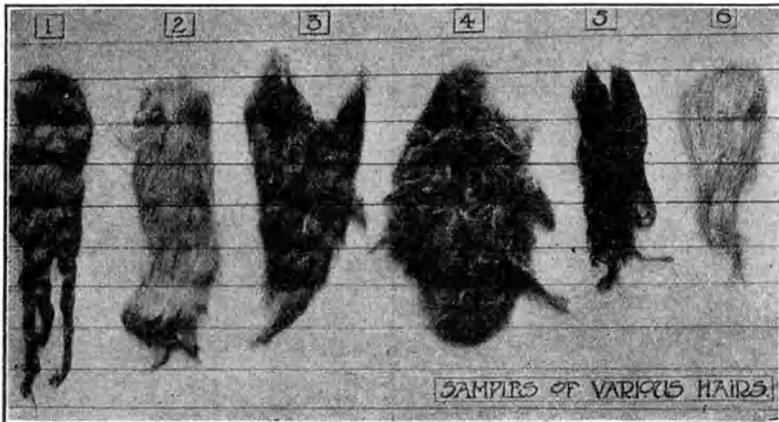


Abb. 107. Haarfasern. 1. Alpaka; 2. Alpaka, grobe; 3. russisches Kamelhaar; 4. China-Kamelhaar; 5. Kaschmir (Tibet); 6. ostindische Ziege.

rötlichen oder gelbbraunen Flocken mit einer Länge bis zu 4 inches und b) den dunkleren Grannen und Stichelhaaren mit einer Länge bis zu $2\frac{1}{2}$ inches.

11. Kuhhaar. Als Faser ein sehr geringwertiges Material, findet es Verwendung zu billigen Teppichen und Filzwaren. Wegen seiner Kürze und geringen Bindekraft findet es kaum für sich allein Verwertung. Das meist verarbeitete Kuhhaar kommt aus Sibirien. Der Durchmesser variiert zwischen 84 und 180 Mikrons, die Länge zwischen $1\frac{1}{2}$ und 5 cm. Die Farbe durchläuft weiße, rote, braune bis schwarze Nuancen. Unter dem Mikroskop ist die Faser fast glanzlos, an den Enden stumpf und zerfasert. Der Markkanal ist sehr stark ausgeprägt und beträgt bis zu einem Viertel des Durchmessers. Man kann aber auch auf isolierte Markzellen stoßen.

Vom Ziegenhaar unterscheidet sich das Kuhhaar durch die Zahl der Deckschuppen und die Falten im Mark. Die Grannenhaare sind 5 bis 10 cm lang, etwas unegal, mäßig dick, meist ca. 120 Mikrons und mit Deckschuppen unregelmäßiger Dicke belegt. Gegen das spitzere Ende

wird die Faser farblos und deutlich zerfasert. Die Haare der Kälber sind beinahe die nämlichen wie beim ausgewachsenen Tier, nur überwiegen die Wollen gegenüber den Grannenhaaren. Da heute zu billigen Wollen oft Kuhhaare beigemischt werden, so ist ihr sicheres Erkennen von Bedeutung. Beim Behandeln mit Pottaschelösung haben wir die nämlichen Merkmale wie für Ziegenhaar, die Markzellen werden längs oval vergrößert und kommen in Parallele zueinander. Ein Unterschied gegenüber den Ziegenhaaren liegt im Vorhandensein von querliegenden Luftzellen (vgl. Abb. 108 B).

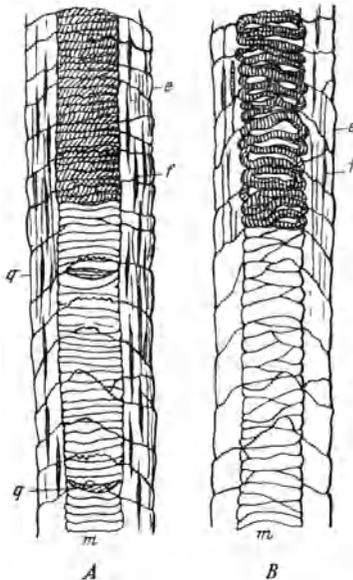


Abb. 108 a. A Kuhhaar; B Ziegenhaar; m Mark; f Längsfurchen.

bis zu $\frac{2}{3}$ der Dicke der Faser ausmachend, aus einer oder 2 Reihen Zellen bestehend. Die Rindenschicht zeigt viele kurze Risse. Das Gesagte gilt natürlich nur für die Deckhaare des Pferdes. Die Schutz-

haare: Mähne- und Schwanzhaare, sind ja sehr viel länger und finden als Füllmaterial häufige Verwendung.

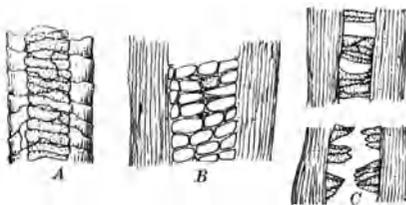


Abb. 108 b. A Leicesterwolle in Wasser; B diese in warmer Pottaschelösung; C Kuhhaar in warmer Pottaschelösung. (Nach H a n a u s c h.)

K a t z e n h a a r e schwanken im Durchmesser zwischen 14 und 34 Mikrons und in der Länge zwischen 1 u. 2 cm. Die meist sehr glänzende Faser variiert stark in der Farbe, ihre Enden sind regelmäßig und sehr spitz. Der Mark-

kanal enthält Serien von regelmäßigen Zellen, welche die Hälfte bis drei Fünftel des Durchmessers einnehmen. Die Rindenschicht ist gut ausgeprägt und auf der Innenseite so stark gekerbt, daß sie das Mark berührt (Abb. 110).

Hasenhaare, meist von hellbrauner Farbe, sind 34—120 Mikrons dick und 1—2 cm lang.

Das Mark besteht aus mehreren Serien von viereckigen dünnwandigen Zellen, sehr regelmäßig angeordnet. Bei guter Beobachtung nimmt man eine spiralförmige Anordnung derselben wahr. Die Deckschuppen sind sehr scharf und am Ende zugespitzt. Wie bei den meisten Pelzhaaren, ist auch diese Faser am Fuße abgeflacht und dort sehr rau. Die Wollhaare des Hasen sind feiner als diejenigen der Katze.

Rotwildhaare haben eine sehr charakteristische Struktur, sie sind 2—4 cm lang, brüchig, weiß am unteren und braun am oberen Ende. Die meisten Haare zeigen noch die dünne, schmale Wurzel und die natürliche Spitze. Die Faserspitze ist relativ sehr schmal (bei den gewaschenen Haaren 90 Mikrons in der Dicke und 300 Mikrons lang). Die Wurzel in der Dicke von 60 Mikrons und der Länge von 250 Mikrons zeigt kein

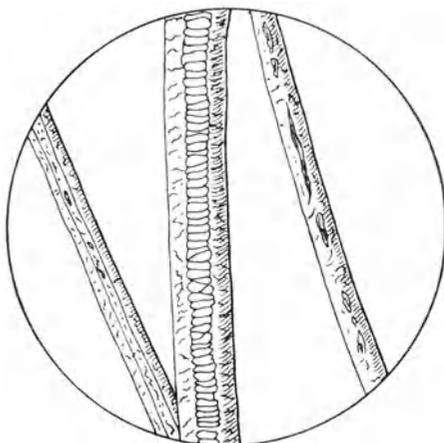
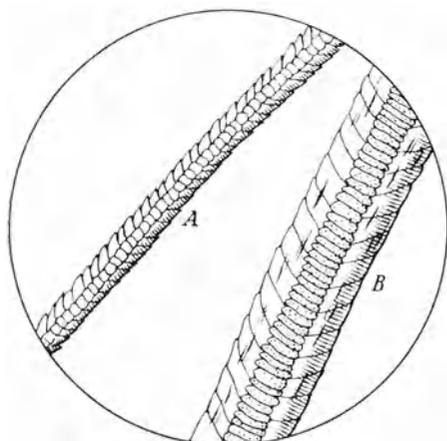
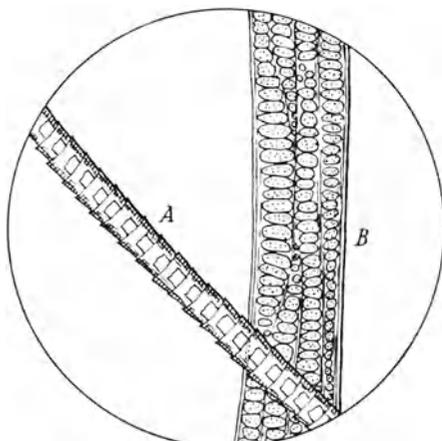


Abb. 109. Pferdehaar (100 ×).

Abb. 110. Katzenhaar (350 ×).
A Wollhaar; B Granne.Abb. 111. Hasenhaar (350 ×).
A Wollhaar; B Granne.

Mark. Der größere Teil ist längsgestreift und in eine kaum sichtbare Epidermis eingehüllt. Nach dem Haarfuß wird die Faser plötzlich dicker, bis zu 400 Mikrons. Die Deckhaut ist kaum sichtbar, desto deutlicher treten die breiten, dickwandigen Markzellen hervor; sie messen 35—40 Mikrons in der Breite und 25—35 Mikrons in der Länge. Die Zellwände der äußeren Markzellen sind bis zu 12 Mikrons stark. Die Zellen sind mit Luft gefüllt und erscheinen leer. Eine Rinden-

schicht ist nicht nachzuweisen. Gegen die Spitze hin nimmt die Menge eines braunen Pigmentes immer mehr zu; das Mark schrumpft auf eine Zellreihe zusammen und wird ebenfalls dünner. An der Spitze tritt nun auch die Rindensubstanz sichtbar hervor und die Deckschuppen sind sehr kurz und deutlich dachziegelartig übereinander angeordnet.

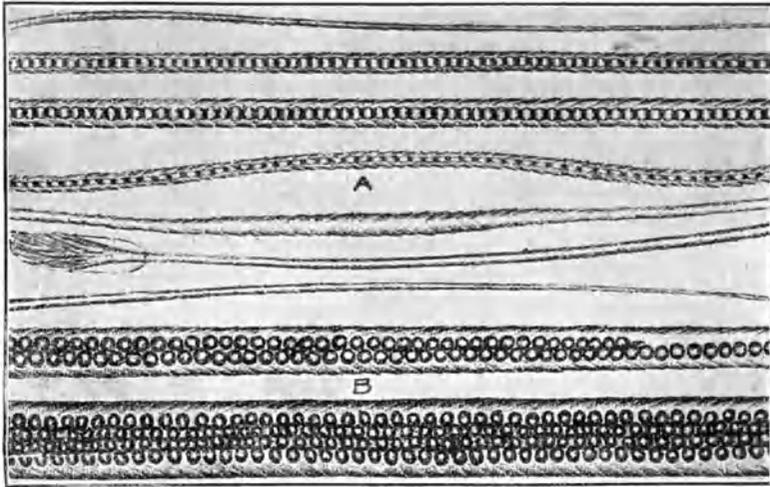


Abb. 112. Hasenhaar. A Wollhaar; B Granne.

Schweineborsten. Unter dem Mikroskop mißt man Schweineborsten bis zu 500 Mikrons Dicke. Die Wurzel ist markfrei oder nur mit Markbruchstücken versehen. Der übrige Teil zeigt ein gut entwickeltes Mark, welches im Querschnitt sternförmig erscheint. Dies erklärt auch

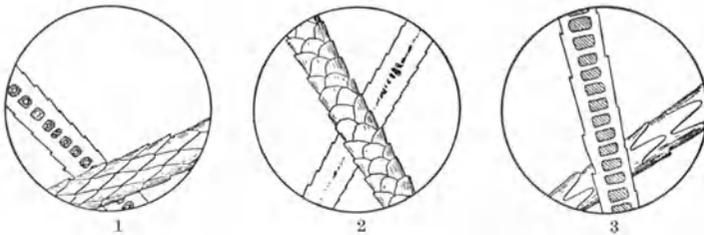


Abb. 113. Pelzhaare: 1 Schwarzer Bär ($d = 27 \mu$); 2 Katze ($d = 21 \mu$); 3 Hermelin ($d = 17 \mu$).

die leichte Zerfaserung der Schweineborste. Die Deckschicht besteht aus übereinandergreifenden Schuppen mit deutlicher Zähnung. Die Oberfläche zeigt eine maschenartige Riffelung. Die Rindenschicht ist überall deutlich sichtbar und aus sehr kräftigem Material. Die Borsten kommen immer mit den Wurzeln auf den Markt.

Die natürlichen Farben der Borste sind weiß, gelb, rot, braun, schwarz und grau; die Farbpigmente sind als feine Körnchen gegen das Faserinnere konzentriert.

13. Pelzfasern. Unter diese Bezeichnung fallen die Haare der verschiedensten Tiere, welche noch woll- oder haarähnliche Beschaffenheit zeigen. Die eigentliche Pelzwarenindustrie wird nicht zur Textilindustrie

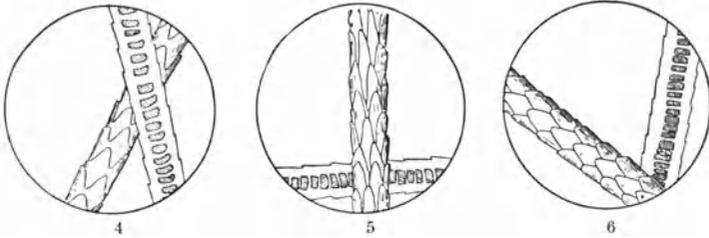


Abb. 114. Pelzhaare: 4 Iltis ($d = 18 \mu$); 5 Hund (Kolinsky) ($d = 19 \mu$);
6 Luchs ($d = 19 \mu$).

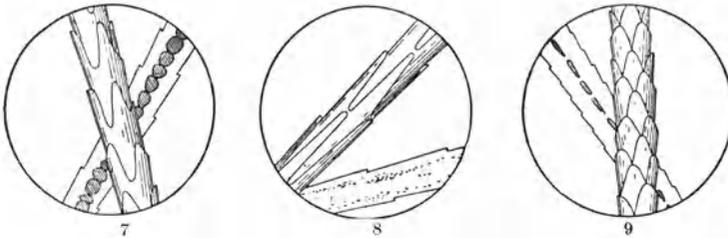


Abb. 115. 7 Nerz ($d = 18 \mu$); 8 Europäische Otter ($d = 10 \mu$);
9 Russischer Zobel ($d = 20 \mu$).

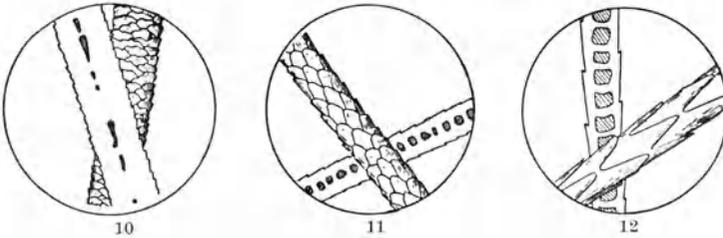


Abb. 116. Pelzhaare: 10 Seehund ($d = 105 \mu$); 11 Skunk ($d = 26 \mu$).

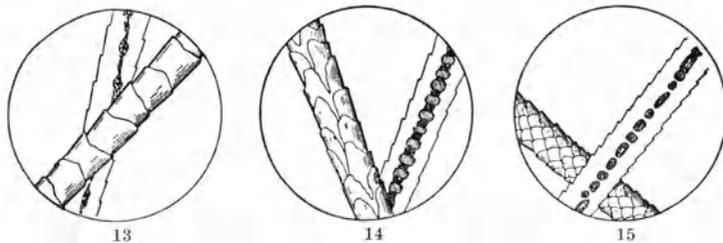


Abb. 117. Pelzhaare: 13 Biber ($d = 18 \mu$); 14 Chinchilla ($d = 16 \mu$).

gerechnet, doch sind ihre Abfälle und die Pelzhaare an und für sich in der Filzindustrie von größter Bedeutung. In bezug auf Färben, Bleichen und Finish erfahren die Pelzhaare dieselbe Behandlung wie die Wollen. Heute ist übrigens die „Fabrikation“ der Pelzwaren so in Aufschwung

gekommen und die „Veredlungsprozesse“ sind denen der Textilindustrie so nahe verwandt, daß wir in Kürze auf sie eingehen wollen. Folgende Tabelle zeigt die Herkunft der üblichen Pelzsurrigate:

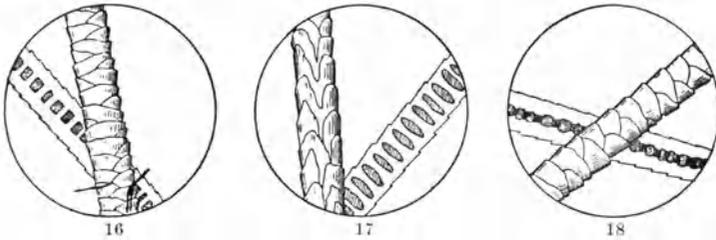


Abb. 118. Pelzhaare: 16 Graues Eichhorn (Feh) ($d = 18 \mu$); 17 Kaninchen ($d = 17 \mu$); 18 Murmeltier ($d = 22 \mu$).

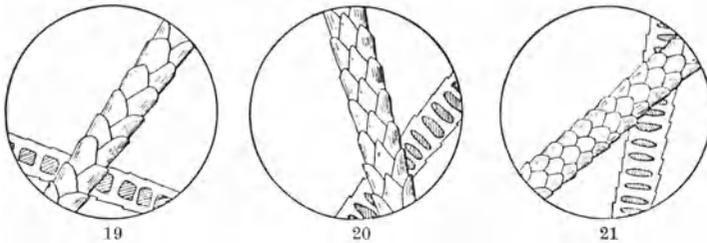


Abb. 119. Pelzhaare: 19 Bisamratte ($d = 17 \mu$); 20 Maulwurf, Europa ($d = 17 \mu$); 21 Maulwurf, Amerika ($d = 17 \mu$).

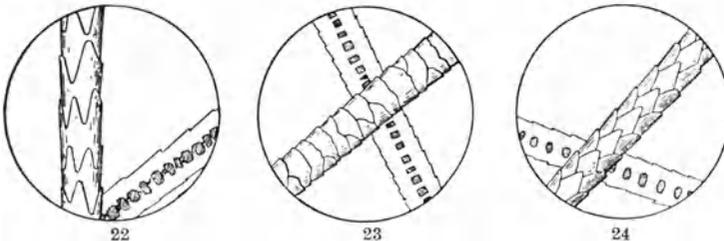


Abb. 120. Pelzhaare: 22 Koala ($d = 22 \mu$); 23 Opossum ($d = 37 \mu$); 24 Schnabeltier ($d = 18 \mu$).

Ausgangspelz:	imitiert:
Amerikanischer Zobel	russischer Zobel,
Iltis, gefärbt	Zobel,
Ziege, gefärbt	Bär,
Hase	Zobel,
Zicklein	Lamm,
Murmeltier	Zobel, Skunk, Nerz,
Nerz, Wiesel	Zobel, Nerz,
Bisamratte	Nerz, Zobel,
— geschoren	Seehund,
Coipu	Seehund, Otter,
Opossum	Biber,
Otter	Zobel,
Kaninchen	Seehund, Hermelin, Chinchilla,
Känguruh	Skunk.

Die größte Bedeutung hat die Dauerhaftigkeit der Pelze, welche mit der Art und Weise der Pelzaufbereitung stark variiert. Die nachfolgende Tabelle gibt eine mittlere Vergleichszahl über die Dauerhaftigkeit eines Pelzes, bezogen auf Otterfelle = 100, an.

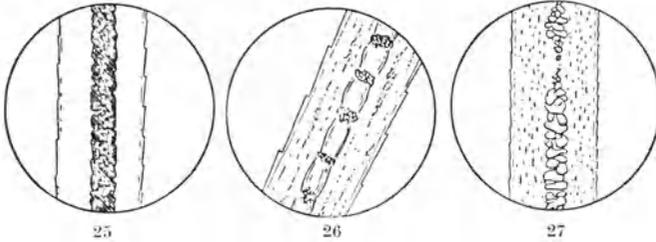


Abb. 121. Pelzhaare: 25 Polarbär (d = 52 μ); 26 Schwarzer Bär (d = 46 μ); 27 Eichhorn, braun (d = 47 μ).

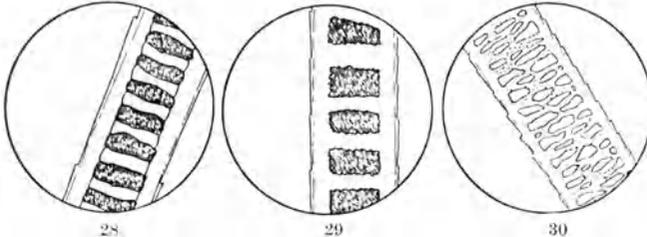


Abb. 122. Pelzfaser: 28 Blarina (d = 38 μ); 29 Stinktier (d = 25 μ); 30 Wildschwein, Guinea (d = 76 μ).

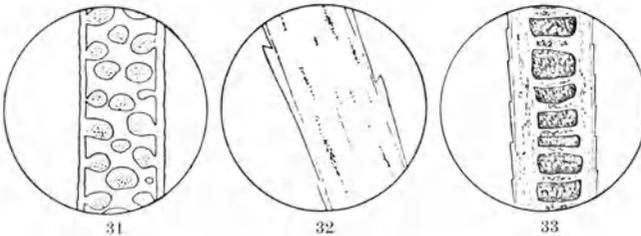


Abb. 123. Pelzhaare: 31 Känguruhratte (d = 40 μ); 32 Fledermaus (d = 8 μ); 33 Seidenäffchen (d = 25 μ).

1. Biber	90	15. Maulwurf	7
2. Bär	94	16. Bisamratte	45
3. Chinchilla	15	17. Coipuratte	25
4. Hermelin	25	18. Otter, See-	100
5. Hund	40	19. Otter, Land-	100
6. Hund, gefärbt	20—25	20. Opossum	37
7. Ziege	15	21. Kaninchen	5
8. Hase	5	22. Waschbär	65
9. Kolinsky	25	23. Zobel	60
10. Leopard	75	24. Seehund, Haar-	80
11. Luchs	25	25. Seehund, Pelz-	80
12. Skunk	70	26. Eichhorn, grau	20—25
13. Nerz	70	27. Wolf	50
14. Nerz, gefärbt	35		

Die physikalischen und mikroskopischen Eigenschaften lehnen sich eng an diejenigen der besprochenen Woll- und Haarfaser an. Ein bemerkenswerter Unterschied kann in der Verteilung der Farbpigmente gesehen werden, wie auch im Markbild, welches nach folgenden 4 Klassen unterschieden wird:

- a) intermittiertes Mark, unregelmäßige Lücken,
- b) intermittiertes Mark, regelmäßige Lücken,
- c) regelmäßige Markzellenfolge,
- d) streckenweise regelmäßiges Mark.

Nach L. A. Hausman (Scientific Monthly) nimmt man eine Pelzanalyse folgendermaßen vor: In einer Lösung von gleichen Teilen Alkohol

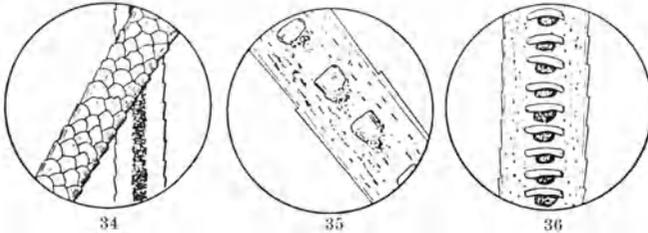


Abb. 124. Pelzhaare: 34 Dachs ($d = 57 \mu$); 35 Wiesel ($d = 10 \mu$); 36 Blarinatip ($d = 30 \mu$).

und Äther werden alle fettigen Bestandteile entfernt und darauf mit warmer Luft getrocknet. Starke Fasern können nun direkt unter dem Mikroskop analysiert werden. Andere Fasern werden erst deutlich beim

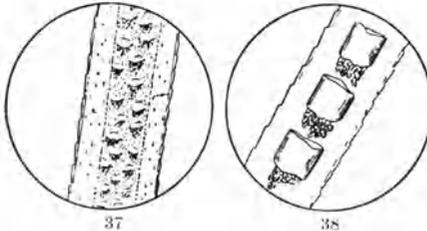


Abb. 125. Pelzhaare: 37 Präriehund ($d = 50 \mu$); 38 Hase ($d = 10 \mu$).

Anfärben derselben mit Methylviolett, Methylenblau, Bismarckbraun oder Safranin. Man färbt am besten in verdünnten alkoholischen Lösungen an. Weiter ist zur Identifizierung die natürliche Farbe sehr maßgebend. Die Oberflächenfarbe ist sehr oft stark differenziert von derselben im durchscheinenden mikroskopischen Bild. Die Verteilung der

Farbpigmente im Schaft, Mark oder an den Zellwänden ist ein weiteres Kennzeichen einer zu identifizierenden Faser. Es muß aber gesagt werden, daß nur an Hand einwandfreier Typen ein endgültiger Entscheid über eine Faser zu treffen ist; und ebenso wichtig ist es, bei Pelzen von kranken Tieren die möglichen Veränderungen zu kennen, denen die Haare oft unterliegen.

IX. Seide, ihre Herkunft und Kultur.

1. Herkunft der Seidenfaser. Die Seidenfaser besteht aus einem fortlaufenden Faden, welcher von der Seidenraupe gesponnen wird. Die Seidenraupe wickelt den Faden um sich selbst in Form eines umhüllen-

den Kokons, bevor sie sich zur Puppe entwickelt. Der Kokon ist eiförmig und besteht aus einer einzigen Faser von 350—1200 m Länge, mit einem ungefähren Durchmesser von 0,018 mm. In rohem Zustand besteht die Faser aus einem doppelten Faden, zusammengehalten durch einen seidenglänzenden Belag. Die Faser ist gelblich und durchsichtig. Wenn sie gekocht wird, trennen sich die beiden Fäden und die Seide erscheint als einzelner glänzender und fast weißer Faden. Im Gegensatz zur Wolle und Baumwolle ist Seide nicht aus Zellen aufgebaut, sondern erscheint als fortlaufender, ganzer Faden. Höhnel dagegen glaubt, daß die Seidenfaser nicht so einfach im Aufbau ist, wie es zuerst den Anschein hat. Die Oberfläche der Faser zeigt oft schwache Streifen, welche besser zum Vorschein kommen bei der Behandlung mit Chromsäure. Auch bei Sättigung der Seide mit mäßig konzentrierter Schwefel-

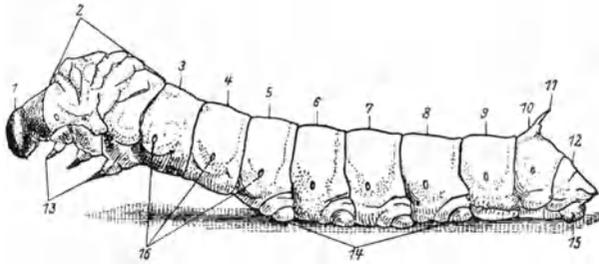


Abb. 126. Seidenmaupe.

säure, Trocknen und Erwärmung auf 80—100° C erscheint die Faser in schmale Fäserchen geteilt, die fest zusammengehalten werden.

Die Seidenindustrie teilt sich in eine Anzahl wichtiger Prozesse:

- a) Kultur von Seidenraupe und Kokon;
- b) Abwickeln der Seide vom Kokon in Faden, Gewinnung der Rohseide;
- c) Spinnen der Seide in verschiedene verwendbare Gespinste;
- d) Verarbeitung des gesponnenen Seide in verschiedene Fabrikate (Weben, Stricken und Flechten), wie auch Bleichen, Färben, Beschweren usw.

Es kommt selten vor, daß mehr als eine dieser Gruppen in ein und derselben Fabrik ausgeführt wird, sondern jede Gruppe bildet eine eigene Industrie.

2. Geschichte der Seidenkultur. Die Seidenindustrie scheint ihren Ursprung in China zu haben; in der Zeitrechnung datiert sie ungefähr auf 2700 Jahre v. Chr. zurück. In frühester Zeit soll die Behandlung der Seidenraupe und das Gewinnen der Seide absolut geheim gehalten worden und nur den Mitgliedern der königlichen Familie bekannt gewesen sein. Allmählich verbreitete sich aber das Geheimnis in weitere Kreise, um nach und nach eine sehr wichtige Industrie in ganz China zu werden. Die Chinesen besaßen das Monopol der Seidengewinnung mehr als 3000 Jahre. In der frühchristlichen Zeitperiode wurde die Seidenraupenkultur in Japan eingeführt, von wo sie sich allmählich über Zentralasien, Persien und Türkei verbreitete.

Im 8. Jahrhundert lernten die Araber die Seidenindustrie kennen. Dieselben (Mauren) brachten die Kenntnisse nach Spanien, Sizilien und an die nordafrikanische Küste. Im 12. Jahrhundert finden wir die Seidenkultur in Italien, wo sie sich langsam zur Nationalindustrie entwickelte. In Frankreich scheint die Seidenkultur im 13. Jahrhundert eingeführt worden zu sein, nahm aber erst während der Regierung Louis XIV. einige Bedeutung an. In späterer Zeit haben fast alle zivilisierten Länder die Seidenindustrie eingeführt¹.

Samuel Whitmarsh machte 1838 einen Versuch zur Einführung der Seidenkultur in Amerika. Er pflanzte Südseeinsel-Maulbeeren in Pennsylvania, aber ohne Erfolg. Schon vorher hatten verschiedene Versuche zum Anbau stattgefunden und es waren auch in verschiedenen Staaten Prämien ausgesetzt worden. Im Jahre 1619 wurden den Virginiaansiedlern Prämien offeriert, und später errichtete Franklin eine vielversprechende Seidenspinnerei. In späteren Jahren wurden dann noch verschiedene Versuche, die Seidenkultur in den Vereinigten Staaten einzuführen, gemacht und es zeigte sich, daß speziell in den südlicheren Staaten gute Seide gewonnen werden kann. Der Mißerfolg der Industrie ist nicht den klimatischen Verhältnissen zuzuschreiben, sondern ist das Resultat der viel höheren Arbeitskosten gegenüber denjenigen im Orient. Im Jahre 1921 wurde sogar berichtet, daß Seide in Südkalifornien gewonnen wurde, und es wurden Forderungen laut, es sollte möglich sein, den ganzen Seidenbedarf von Amerika dort zu decken, trotz der billigeren orientalischen Arbeit. Des weitern wird gesagt, daß das Klima der Foothills of the Sierras die Seidenraupenkrankheit verhindere, die Faser sei länger und glänzender, als die der Japanseide. Mit der Erhöhung der Arbeitskosten im Orient ist es ganz gut möglich, daß die Seidenkultur in Amerika einen Aufschwung nimmt.

Balbani (Bull. des Soies et Soieries, 1911, S. 5) lenkt die Aufmerksamkeit der italienischen und französischen Seidenleute auf die Gründungen der Seidenindustrie in Kalifornien. Die Versuche an der Pazifikküste sind so erfolgreich, daß sich eine Gesellschaft gegründet hat mit einem Kapital von 300000 Dollar. Ein Stück Land von ungefähr 800 acres wurde in Oroville, Butte county bei Sacramento erworben, um eine Maulbeerplantage zu errichten. Er schätzt die Muster dieser Seide als gleichwertig mit den besten Italiens. Die Gesellschaft wird japanische Instrukturen anstellen und auch eine Seidenspinnerei errichten. Auf diese Eröffnungen hin ermunterte er die italienischen Seidenfabrikanten, die Produktion nach allen Richtungen zu erhöhen, um den früheren Stand der Industrie wieder zu erreichen. In bezug auf Rohmaterialkonsum stehen die Vereinigten Staaten an erster Stelle.

¹ In den verschiedenen Sprachen führt die Seide folgende Namen:

Korea	Sir	Dänemark	Silke
China	Se	Angelsächsisch . . .	Siolo
Mongolei	Sirkek	Englisch	Silk
Armenien	Cheram	Italienisch	Seta
Arabien	Seric	Deutsch	Seide
Lateinisch	Sericum	Französisch	Soie
Slawisch	Chelk		

3. Die Seidenraupe. Die Seidenraupe gehört zu der Spezies Raupen, die Spinnorgane besitzen. Die Zahl derjenigen Seidenraupen, die eine genügende Quantität Seidensubstanz liefern, ist sehr beschränkt. Die echte Seidenraupe gehört zu der Hauptklasse, Lepidoptera, und im speziellen zu der Klasse Genus Bombyx. Die Hauptspezies ist die *Bombyx mori* oder der Maulbeerseidenspinner, welche den bei weitem größten Teil der in den Handel kommenden Seiden produziert¹.

Gemäß der Zahl der Generationen, welche sie im Jahre hervorbringen, teilt man die *Bombyx mori* in 2 Klassen ein: in diejenigen, welche mehrere Generationen im Jahre hervorbringen, Polyvoltine ge-

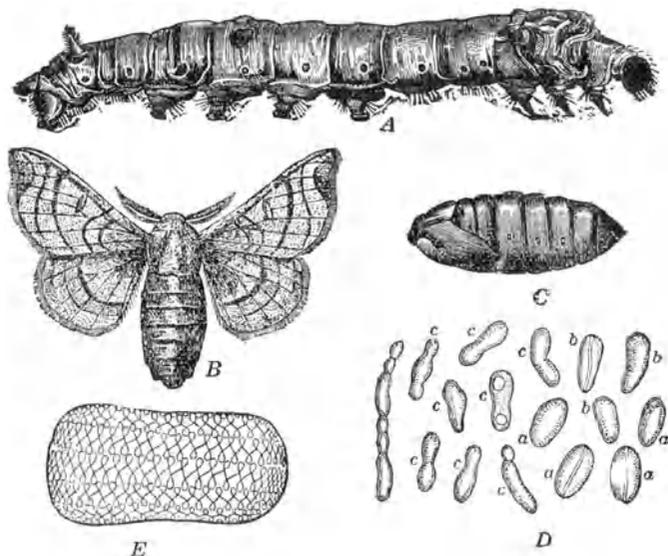


Abb. 127. Verschiedene Wachstumsstufen der Seidenraupe: A Seidenraupe in der fünften Periode; B Falter; C Puppe; D Eier; E Diagramm des Kokongewebes.

nannt, mit kleinen, rauhen Kokons, und in diejenigen, welche nur eine Generation pro Jahr hervorbringen und daher Jährlinge genannt werden. Die Kokons der letzteren sind viel größer als die der Polyvoltine.

Es gibt zweierlei Arten Seidenraupenzucht; eine für Produktion von Seide und eine für Brut. Im ersteren Fall ist das Hauptaugenmerk auf größten Ertrag an Kokons gerichtet. Ein guter Erfolg kann mit einigermaßen ausgebildeten Leuten erreicht werden. Unerlässlich in der Kultur der Brut ist die Entfernung der Eier die mit ansteckenden Krankheiten behaftet sind, wozu Fachleute gehören. Neben sorgfältiger physiologischer Prüfung während der Aufzucht wird der Körper des Seidenspinners nach dem Tode mikroskopisch untersucht. Die Eier, welche Zeichen von Krankheit aufweisen, werden nicht verwendet. Auf diese Weise wird die Aufzucht von gesunden Raupen gesichert. Pasteur

¹ Wardle (Tussahseiden, S. 40) gibt über 100 Spezies seidenliefernder Lepidoptera.

hat zuerst diese Methode, Seidenraupeneier auszulesen, angewendet, und so die Seuche (Pebrine) aufgehalten, welche rasch die Seidenraupenkultur in Europa zerstört hätte.

Die Zucht der Seidenraupe beginnt mit der exakten Auswahl von gesunden Eiern. Bei den „Jährlingen“ vergehen etwa 10 Monate vom Legen der Eier bis zum Ausschlüpfen der Raupen. Man kann das Ausschlüpfen aber beschleunigen, wenn man die Eier einige Zeit der Kälte und sofort darauf folgend wieder der Wärme aussetzt. Wenn die Eier vom Seidenspinner gelegt sind, fängt man sie mit einem Tuch auf, an dem sich ein Klebstoff zum Festhalten der Eier befindet. Die ersten paar Tage werden sie in einem Raum aufgehängt, dessen Temperatur täglich um einen Grad gesteigert wird (22 bis 25°). Jetzt kommt die Zeit der Überwinterung, während welcher die Eier in einem kühlen Raume gehalten werden. Nach dieser kommt die Zeit des Brütens, wo der Embryo sich allmählich zur Raupe entwickelt. Das Ausschlüpfen findet gewöhnlich in einem erwärmten Raume statt, in welchem die Temperatur sorgfältig reguliert wird.

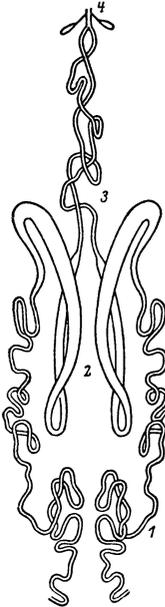


Abb. 128. Seiden-sekretionsorgane bei der *Bombyx mori*.

Die Zeit des Brütens nimmt etwa 30 Tage in Anspruch, doch ist diese Zeit durch künstliche Mittel gekürzt worden (elektrische Bestrahlungen). 25 g Eier ergeben etwa 36000 Raupen.

Die Raupen sind beim Ausschlüpfen behaart, ca. 3 mm lang und wiegen ungefähr 0,005 g. Wachstum und Entwicklung gehen außerordentlich rasch vorwärts. Die Raupe macht während dieser Zeit verschiedene merkwürdige Verwandlungen durch. Unter normalen Umständen vergehen 33—34 Tage vom Ausschlüpfen aus dem Ei bis zum Einspinnen. Während dieser Zeit wechselt die Raupe ihre Haut viermal. Das Raupenstadium wird dadurch in 5 Abschnitte eingeteilt, ungefähr wie folgt:

1.	Von der Geburt bis zur ersten Häutung	5—6 Tage,
2.	„ „ „ ersten „ „ zweiten „	4 „ ,
3.	„ „ „ zweiten „ „ dritten „	4—5 „ ,
4.	„ „ „ dritten „ „ vierten „	5—7 „ ,
5.	„ „ „ vierten „ „ Reife	7—12 „ .

Meist sofort nach dem Ausschlüpfen beginnen die Raupen Maulbeerbaumblätter zu fressen, und diese bleiben bis zum Verspinnen auch die einzige Nahrung. Nur während des Hautwechsels fressen sie nicht und sind für einige Zeit bewegungslos. Größe und Gewicht der Raupe steigern sich mit bemerkenswerter Schnelligkeit. Während der fünften Periode erreicht sie das Maximum an Wuchs; 8—9 cm Länge bei 4 bis 5 g Gewicht; nach der Reife nimmt sie an Gewicht wieder ab. Die folgende Tabelle von Vignon zeigt das Gewicht der Seidenraupe während der verschiedenen Perioden. Die Darstellung gilt für das Gewicht von 36000 Raupen.

Eier	25 g
Raupen (36,000)	17 „
Erste Periode (5—6 Tage)	255 „
Zweite Periode (4—5 Tage)	1598 „
Dritte Periode (6—7 Tage)	6800 „
Vierte Periode (7—8 Tage)	27676 „
Fünfte Periode (11—12 Tage)	161500 „
Bei der Reife	131920 „
Kokons	76250 „
Puppe allein	66300 „
Falter (mittel)	99865 „

Wir ersehen also, daß sich das Gewicht der Seidenraupe innerhalb 40 Tagen um das 10000fache vergrößert. Nach Arbousset ergibt eine Unze Seidenraupeneier ungefähr 30000 Raupen und diese ergeben eine Ernte von 130—140 lbs. frische Kokons, die wiederum ungefähr 12 lbs. Rohseide ergeben. Diese Anzahl Raupen verschlingt in der Zeit



Abb. 129. Querschnitt durch eine Seidenraupe.

ihres Wachstums ca. 1 Tonne reife Maulbeerblätter. Wenn die Raupe ihre maximale Größe erreicht hat, hört sie auf zu fressen und nimmt an Gewicht und Länge wieder ab. Nun ist die Zeit gekommen, wo sie ihren Kokon spinnt. Die Raupe setzt sich auf einen Zweig und beginnt zu spinnen. Aus 2 Drüsen im Hinterkörper schwitzt sie eine klebrige Flüssigkeit aus; diese Flüssigkeit fließt durch 2 Kanäle in den Kopf der Spinnwarze. Aus 2 feinen Öffnungen an der Unterlippe tritt der Spinnstoff aus und vereinigt sich zu einem Faden, der an der Luft sofort erhärtet. Indem nun die Raupe mit dem Kopf Bewegungen macht, ähnlich einer liegenden 8, legt sie Fadenwindungen um sich herum, und in kurzer Zeit ist sie von einem dichten Seidengespinnst, bestehend aus einem einzigen 1000 bis 3000 m langen Faden¹ eingeschlossen (Kokon).

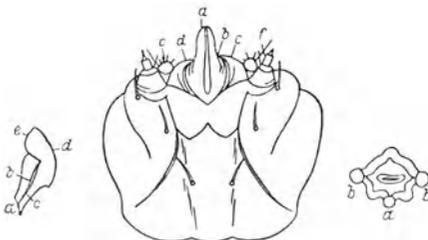


Abb. 130. Äußere Spinnorgane der Seidenraupe.

Die klebrige Flüssigkeit in den Drüsen der Raupen wird z. B. auch zur Herstellung von Vorfach für Fischereischnüre und andere Zwecke benutzt, wo Durchsichtigkeit, Zähigkeit, Biegsamkeit und große Festigkeit Bedingung sind. Die voll entwickelte Larve wird getötet und gehärtet, indem man sie für einige Stunden der Einwirkung von Essigsäure aussetzt. Da schwinden die Drüsen und ihr klebriger Inhalt wird ausgestoßen in einem feinen, gleichmäßigen Faden, der aufgehaspelt, an der Sonne getrocknet wird und so als Silkgut („Seidendarm“)

¹ Von den 3000 m sind höchstens 900 m abzuwickeln. Die Raupen aus 100 kg Eiern brauchen zum Aufwachsen 3000—4000 kg Maulbeerblätter und ergeben höchstens 80—120000 Kokons von 150—200 kg Gewicht. Hiermit lassen sich 10—15 kg gute Seide gewinnen.

Verwendung findet. Dieser Prozeß ist aber ziemlich unbedeutend im Vergleich zur Seidenindustrie.

Die ziemlich ungewöhnliche Seidenfaser ist die sog. „Fil de Florence“. Man sagt, sie sei schon in frühester Zeit in China bekannt gewesen, wird aber erst im Jahre 1760 in Europa erwähnt. Die Faser ist nicht aus den Kokons gewonnen, sondern aus den Spinnorganen der Seidenraupe selbst. Die Raupe wird in Essigsäure eingetaucht, geöffnet und die 2 inches langen Drüsen entfernt. Diese werden, solange sie weich

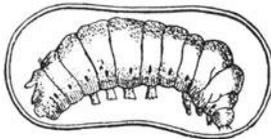


Abb. 131. Seidenraupe nach Bildung des Kokons.

sind, gestreckt bis zu einer Länge von 15 bis 20 inches, und in dieser Form verarbeitet (versponnen).

Zu erwähnen sind auch die Versuche von Chappe, aus dem Spinnstoff Fäden zu ziehen. Er zerrieb die klebrige Masse mit ungefähr einem Drittel ihres Gewichtes

Wasser und erhielt eine Flüssigkeit, die es ihm ermöglichte, glänzende, durchsichtige Fäden zu ziehen.

4. Der Kokon. Die Seidenraupe spinnt den Faden um sich selbst, Lage auf Lage, bis der Kokon allmählich gebaut ist. Sie braucht ungefähr 3 Tage bis zur Fertigstellung desselben und bildet zuerst ein ganz lockeres Gespinnst (Bourre), das sie an einem Ast oder dargebotenen Reisig befestigt, dann erzeugt sie aber um sich eine ganz dichte Hülle, die eine eiförmige Gestalt aufweist und Kokon oder Galette genannt wird. Es wurde ausgerechnet, daß die Seidenraupe 69 Bewegungen in der Minute mit dem Kopfe macht, und zwar in Form einer 8. Das Gewebe wird immer enger, und in ungefähr 72 Stunden ist die Seidenraupe vollständig im Kokon eingeschlossen und verändert sich nun zur Puppe, die sich ziemlich rasch zum Schmetterling entwickelt, der dann den Kokon öffnet, indem er ihn mit einem alkalischen Sekret befeuchtet; 8 Tage nach dem Einspinnen verpuppt sich die Raupe und nach weiteren 8 Tagen schlüpft der Schmetterling aus. Während des Einspinnens läßt die Raupe den Kokon an einem Ende etwas weniger dicht, um dem Schmetterling das Ausschlüpfen zu erleichtern.

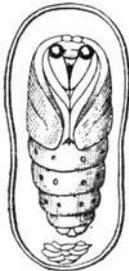


Abb. 132. Kokons mit Puppe.

Um den Kokon unversehrt zu erhalten, ist es notwendig, die Entwicklung der Puppe aufzuhalten. Sie wird entweder bei 70—80° C durch Wärme oder Dampf getötet. Der Kokon wiegt in diesem Stadium 1,25—2,5 g, wovon 15—16% als Seidenfaden zu gewinnen sind. Das Verhältnis vom Seidenfadengewicht zum Kokongewicht variiert je nach Rasse und Kultur. Der durchschnittliche Normalkokon ist folgendermaßen zusammengesetzt:

Wasser	68,2 %	Klebstoff	0,7 %
Seide	14,3 „	Puppe	16,8 „

Es sind aber nur 8—10% der Seide nutzbar zu machen. Der Rest 6—7% (Abfall und gebrochene Fäden) wird zu Spinnseide verwendet.

Haberlandt stellt folgende Tabelle über die Dicke der Seidenfäden zusammen:

Art	Äußere Lagen des Kokons mm	Mittlere Lagen des Kokons mm	Innere Lagen des Kokons mm
Gelbe Mailänder . . .	0,030	0,040	0,025
Gelbe Französische . .	0,025	0,035	0,025
Grüne Japanische . . .	0,030	0,040	0,020
Weißer Japanische . . .	0,020	0,030	0,017

5. Der Kokonfaden. Beim Aufarbeiten der Kokons gewinnt man den Rohseidenfaden oder die Grège, die wegen der Feinheit des Einzelfadens schon beim Abhaspeln von mehreren Kokons (3—20) gemeinsam aufgewickelt werden muß. Die Dicke der einzelnen Kokonfäden schwankt je nach der Herkunft der Seide zwischen $2\frac{1}{2}$ und 3 Deniers. Die nebenstehende Tabelle gibt ungefähr die Dicke der Kokonfäden¹, die in den verschiedenen Ländern gewonnen werden, an.

Der einzelne Seidenfaden schwankt dementsprechend zwischen $1\frac{1}{4}$ und $\frac{1}{2}$ Denier.

Nach der Lyoner Konditionieranstalt sind folgende Feinheitsgrade als normale gemessen worden:

	Land	Gewicht von 500 Metern	
		in Deniers	in Milligramm
Spanien		3,0	163
Frankreich		2,6	138
Italien		2,4	128
Syrien		2,4	128
Kaukasus		2,3	125
Japan		2,1	113
China		2,0	108
Bengal		1,2	64

	Deniers		Deniers
Gelbe Piemont	3,06	Gelbe Griechische	2,61
Gelbe Cevennes	3,03	„ Ungarische	2,64
Weißer Perser	2,87	Weißer Türkische	2,68
Gelbe Adrianopel	2,84	„ Japanische	2,12
„ Toscana	2,81	„ Chinesische	1,96
„ Saloniki	2,73		

Die hochwertigste Seide ist die weiße oder gelbe italienische Seide aus Piemont, zusammen mit der besten Chinaseide, die nächstfeinste ist die beste Japanseide. Es wird aber auch geringere Seide aus Italien ausgeführt. Die Mehrzahl der Kokons von Kleinasien und der Türkei werden zum Haspeln nach Italien geschickt. Die französische Cevennesseide ist von guter Qualität, leider aber oft gefranst. Kantonseide kommt von Südchina und ist weich, glänzend, aber gefranst. Aus dem letzten Grunde ist ihre Verwendung ziemlich beschränkt. Weiße China-seide in der Heimat gehaspelt, heißt Tsatlees und ist zu unregelmäßig für den allgemeinen Gebrauch. Beide, Kanton und Tsatlees, sind schwer zu zwirnen und die Gestehungskosten pro Pfund sind 5—10 Cents höher als für gewöhnliche Seide.

¹ Rohkokonfaden mit 2 Einzelfäden.

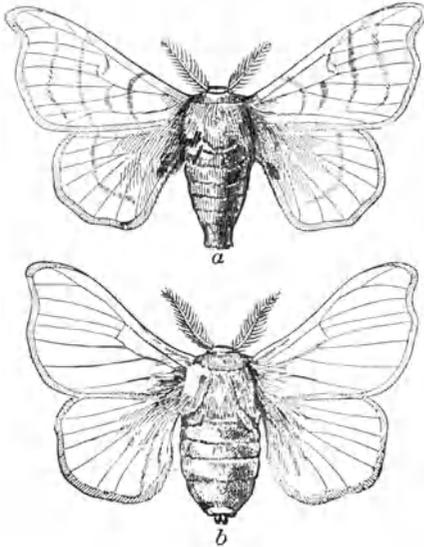


Abb. 133. Der Seidenspinner. a männlich; b weiblich.

Bengal- (indische) Seide ist von schlechter Qualität und wird zur Fabrikation von Seidenhüten oder auch zu Nähmaschinenfaden verwendet.

Chittich (Silk Manufacturing, S. 18) führt aus, daß einigen Seiden Nachteile anhaften, welche bei Bestimmung des Preises in Betracht gezogen werden müssen. So Tsatlees, welche infolge ihrer Unregelmäßigkeit und die Art, wie sie gehaspelt wird, beim Zwirnen nicht nur mehr kostet, sondern auch mehr Abfall gibt im Vergleich zu anderen. Die Kosten des Kochens der Seide müssen ebenfalls in Betracht gezogen werden, besonders in der Stückfärberei.

Zusammenstellung der Eigenschaften verschiedener Seiden nach Murphy (Textil Industries, S. 63).

Raupe	Land	Durchmesser in $\frac{1}{1000}$ inches		Festigkeit Drams		Futter	Farbe	Lagen von Seide im Kokon
		Äußere	Innere	Äußere	Innere			
Bombyx mori .	China	53	71	1,6	2,6	Maulbeerblätter	Weiß	1,1 × 0,5
B. mori	Italien	53	68	1,9	2,6	„	„	1,2 × 0,6
B. mori	Japan	57	69	2,0	3,1	„	„	1,1 × 0,6
B. fortunatus .	Bengalen	45	51	1,6	2,8	„	Goldgelb	1,2 × 0,5
B. textor . . .	Indien	42	47	1,4	2,6	„	Weiß	1,2 × 1,5
Anth. mylitta .	„	161	172	6,6	7,8	Seemul	Braun	1,5 × 0,8
Attacus ricinus	„	85	93	1,5	3,0	Kastorölbaum	Orange	1,5 × 0,8
A. cynthia . . .	„	83	97	2,4	3,5	A. glandulosa	Gelb	1,8 × 0,8
A. atlas	„	102	111	2,1	4,1	Omnivorus	Weiß	3,5 × 0,8
Actias selene .	„	100	109	2,4	4,0	Cherry	Grau	3,0 × 1,2
Anth. pernyi .	China	118	138	3,2	5,8	Eichenblätter	Braun	1,6 × 0,8
Yama-mai . . .	Japan	88	96	6,8	4,7	Wilde Eiche	Bläulich	1,5 × 0,5

Auf dem New Yorker Markt wird die Seide folgendermaßen charakterisiert:

Europäische Seide.

Grand extra Beste Nr. 1 Best Classical Gewöhnliche
 Extra Classical Nr. 1 Classical Mittel

Japanseide ist nicht so weiß wie Chinaseide. In den geringeren Marken ist sie mehr oder weniger gestreift und mißfarbig, und ergibt unegal gefärbte Stücke. Die Festigkeit und Elastizität variiert ziemlich; der Glanz ist so gut wie bei Chinaseide oder hochwertigen Europaseiden.

Japanseide ist ausgesprochen unregelmäßig im Vergleich mit den besten Europaseiden.

Japanische Seide.

Bezeichnung	Umgehaspelt	Kaheda
Double extra	Extra	Beste extra
Extra	Nr. 1	Extra
Sinshiu Extra	Nr. 1—1 $\frac{1}{2}$	Nr. 1
Beste Nr. 1 Extra	Nr. 1 $\frac{1}{2}$	Nr. 2
Beste Nr. 1	Nr. 1 $\frac{1}{2}$ —2	Nr. 3
Grobe Nr. 1	Nr. 2	
Nr. 1 Sommerhaspel	Nr. 2—2 $\frac{1}{2}$	
Nr. 1—1 $\frac{1}{2}$	Nr. 2 $\frac{1}{2}$	
Nr. 1 $\frac{1}{2}$	Nr. 3	
Nr. 1 $\frac{1}{2}$ —2		
Nr. 2		

6. Abfallseide. Es gibt verschiedene Sorten Abfallseiden:

1. Die Seidenreste, die sich bei der Aufzucht des Seidenspinners ergeben. Man nennt sie im Handel Seidenflocken oder Seidenwatte. Die Seidenkultur ist in Europa so vervollkommen, daß sich nur noch ganz wenig Abfall ergibt. China exportiert jährlich große Quantitäten Abfallseide. Dieses Material enthält ungefähr 35% reine Seide und ist die geringste Abfallseide infolge ihrer Unregelmäßigkeit.

2. Die unregelmäßig gesponnene und verknüpfte Seide vom äußeren Kokon wird Florettseide genannt. Sie bildet 25—30% des Kokoninhaltes und wird nach Reinheit und Feinheit gewertet.

3. Die Rückstände des Kokons nach dem Haspeln. Sie bilden die innerste pergamentartige Hülle und kommen in den Handel unter dem Namen Ricotte, Wadding, Neri, Galettame, Basinetto usw.

4. Unvollständige Kokons aus verschiedenen Gründen, z. B. angebohrte. Sie sind bekannt als Kokons, Perres, Pignes, Tannate, Rugginose usw. und geben wertvolles Material für Florettseide.

5. Doppelkokons, welche wegen der Schwierigkeit zum Abhaspeln früher für Spezialzwecke verwendet wurden. Heute gehen sie als Abfallseide unter dem Namen Strussa.

6. Abfall, gewonnen beim Haspeln des Kokons, wird Frisonnets genannt.

7. Verschiedene wilde Seiden, die zum größten Teil nicht abgehaspelt werden können.

8. Abfälle beim Zwirnen, Spulen und anderen Prozessen. Der Abfall beim Zwirnen hat den Charakter der Rohseide.

Nach Chittich geben die verschiedenen Formen der Rohseide folgende Abfälle:

Reguläre Organzin	1,75— 2,50 %
Reguläre Tram	1,75— 3,00 „
Kanton Tram	4,25— 6,00 „
Tussah	3,5 „
Tussah, geringwertige	5,00 „
Tussah, gepreßte Ballen	7,50—10,00 „
Crepe-Zwirn	2,00— 3,00 „
Tsatlees	3,00— 5,00 „

Armitage (Textil Manufacturer) teilt für die Praxis die Abfallseide, die versponnen werden kann, in 2 Sorten: „Gum wastes“ und „knub wastes“. „Gum wastes“ ist das Abfallprodukt beim Haspeln und Zwirnen der Seide und gilt als die beste Abfallseide. Sie ist lang, stark und glänzend. „Knub wastes“ ist das Produkt von den äußeren und den innersten Seidenfäden des Kokons, das viel weniger wertvoll ist.

Auf dem europäischen Seidenmarkt werden folgende Abfallseiden gehandelt: Strusi- oder Flockseide, die beim Bürsten des Kokons hängenbleibende äußere Hülle des Kokons.

Ricotti, die nach dem Abhaspeln zurückbleibenden inneren Häutchen des Kokons.

Strazza, die Abfälle von Rohseide und Seidenzwirn.

Diese drei Arten führen im allgemeinen den Namen Strusi.¹

Weitere Abfälle sind:

Galettame, Kokons, die wegen irgendeines Fehlers beim Abhaspeln zurückgelegt werden müssen.

Die durchbrochenen Kokons, aus denen die Schmetterlinge ausgeschlüpft sind.

Die Doppelkokons, bei denen zwei oder mehr Raupen zusammengesponnen haben.

Die Bearbeitung dieser beiden Hauptgruppen wird bis zur vollständigen Freilegung der einzelnen Fasern besonders vorgenommen, während die weitere Aufbereitung für beide Gruppen die gleiche ist.

Die Arbeitsphasen für Strusi sind: Färben, Waschen, Trocknen und Einsprengen, während die Behandlung der Kokons Stampfen und Waschen in warmem Seifenwasser, Waschen in kaltem Wasser, Trocknen, Einsprengen, Dreschen oder Klopfen und Öffnen im Kokonöffner umfaßt.

Die weitere Bearbeitung für beide Abfallarten ist:

- a) Öffnen in der Fillingmaschine,
- b) Kämmen,
- c) Anlegen,
- d) Strecken und Duplieren,
- e) Vorspinnen,
- f) Feinspinnen.

Der größte Teil „Gum waste“² ist bekannt unter dem Namen „China waste“. „China waste“ wird aus chinesischer Rohseide gewonnen und erhält den Spezialnamen des Landes, in dem sie gezwirnt wird. Französische und italienische China sind die besten. Die englische unterscheidet sich in der Hauptsache dadurch von der ersteren, daß die englischen Zwirner den Faden beim Zwirnen seifen. Daher erscheint die englische etwas matter, enthält einen Prozentsatz Seife, was sie minderwertiger erscheinen läßt gegenüber dem glänzenden und reinen Produkt der französischen und italienischen Zwirner. „Urina waste“ zeichnet sich aus durch weiße Farbe, Glanz, Länge und Stärke der Faser. Sie ist speziell wertvoll zum Spinnen der feinsten Nummern, wie 120^{2f}³ und 100^{2f}.

„Nankin buttons“ ist ebenfalls eine wertvolle Abfallseide und kommt aus Zentral-China. Sie ist weiß, glänzend, aber von unregelmäßiger Länge und erfordert spezielle Spinnmethoden.

¹ Strusi oder Strussa bedeuten dasselbe.

² „Waste“ bedeutet Abfall beim Haspeln der Kokons, der Ausdruck ist seiner Kürze wegen und mangels einer treffenden deutschen Benennung fortan beibehalten. ³ bedeutet 120 Deniers, 2-fach (aus 2 Fäden gezwirnt).

„Shanghai waste“ ist eine weitere viel benutzte Sorte und existiert in 2 Arten: fein und rau, weiß und gelb. Die weiße Sorte wird mehr gewertet, und als Hangchow, Chintzar usw. verschifft. Sie ist ausgezeichnet, aber nicht so gut im Ton wie China oder Nanking und oft unreiner. Gelbe Piemont und italienische sind sehr begehrt. Sie sind glänzend, stark und gewöhnlich frei von störenden Begleitkörpern. und geben cremefarbenes Seidengarn.

Französische graue und gelbe Waste haben guten Marktwert.

„Canton gum“, zweimal gehaspelt, ist eine Abfallseide mit gutem Glanz, aber in andern Beziehungen schlechter als die vorherigen. Sie stammt von Kantonrohseide, die zweimal gehaspelt wird, um die verdickten und unebenen Stellen auszumerzen. Sie wird nur für minderwertigere Garne verwendet.

„Punjum waste“ ist eine spezielle Seide von großem Glanz und extra Stärke. Sie wird von Kokons mit rauher und unebener Beschaffenheit gewonnen, indem 6—12 Kokonfäden zusammengehaspelt werden, ohne auf die Straffheit Rücksicht zu nehmen. Sie ist stark gummiert, in einzelnen Fällen bis zu 50 %.

„Indian gum waste“ bringt die Spinner zum Verzweifeln. Sie enthält gute feine Seide, vermischt mit der schlechtesten Qualität, dazu kommen oft noch etwa 10 % Baumwolle, Fäden, Haare und Fasern von der Verpackung.

„Steam waste“ ist die beste „knub waste“ und die Hauptabfallseide des Spinners. Sie wird in verschiedenen Graden importiert und in zwei ausgesprochenen Sorten: ungeöffnet und geöffnet. Erzeugt wird sie in China durch die Haspelmühlen der Eingeborenen. Die Kokons werden in Wasser getaucht und mit Dampf behandelt, daher der Name „steam waste“. Die nasse Seide wird auf den Boden geschleudert, wo der Seidenleim sich wieder härtet und die Seide zu Ballen (knubs) formt. Diese werden gesammelt und verschifft als ungeöffnete „Steam waste“.

„Geöffnete Steam waste“ ist eine Abfallseide, die von den Eingeborenen in einen lockeren Zustand versetzt wird. Zu diesem Zwecke benutzen sie die Finger und die Zähne.

„China krans“ ist eine andere „Shanghai waste“, nahe verwandt der „Steam waste“. Jeder Exporteur hat seine eigene Marke, z. B. „gelbe Pony“, „fechtende Hähne“, „goldener Löwe“ usw. Es ist eine gute Abfallseide, ziemlich länger als Steam waste, etwas leuchtender und stärker.

„Rikai kibbizzo“ oder „Japan krans“ ist eine Abfallseide von großem Wert und kommt von Yokohama. Sie hat guten Ton, gibt gut aus und ist in der Regel besserer Qualität als „Steam waste“ oder „China krans“. Sie ist nicht gerade glänzend, aber von gutem Volumen und gibt dem Garn Griff.

„Ivashiro noshi“ ist Japanseide von höchster Qualität, kann aber nur in kleinen Quantitäten gewonnen werden.

„Noshito joshim“ ist die schlechteste Qualität Japanseide, die vom Spinner verarbeitet werden kann, und verdient kaum erwähnt zu werden.

Es werden auch verschiedene Abfallseiden in Persien, Syrien und der Türkei gewonnen; sie sind aber in verhältnismäßig geringen Quantitäten erhältlich und werden nur zu Spezialzwecken versponnen.

„Tussah waste“ ist chinesisches Produkt von goldbrauner Farbe und rauhen Fasern. Sie ist lang, stark, glänzend und liefert prachtvolles Garn. Wegen ihrer Farbe ist der Verbrauch etwas beschränkt. Das gesponnene Garn findet Verwendung für Seidenplüsch, wozu es sich vorzüglich eignet. Die Stärke der Faser gibt den Plüsch eine gewisse Federkraft, welche die feineren Seiden nie aufweisen.

Bevor die Abfallseide für die nachfolgenden Bearbeitungen bestimmt wird, ist eine sorgfältige Untersuchung nötig, um ihrer Fähigkeiten zu den gewählten Artikeln sicher zu sein. Z. B. kann das beste Garn für Nähmaschinenseide nicht von Steam waste allein gewonnen werden. Nähmaschinenseide muß hart, gleichmäßig, glänzend und stark sein; daher wird man hier diejenige Abfallseide verwenden, welche diese Qualitäten im höchsten Grade besitzt. Für Damastgarn gibt Steam waste und China krans eine vortreffliche Kombination. Für Nähmaschinenseide nimmt man China-, Italien-, Piemont- oder Französische-waste und knub, entweder eine Art für sich oder alle zusammen. Man hat nur darauf zu achten, daß keine Baumwolle hineinkommt. Für erstklassige Strumpfwarengarne eignen sich die gleichen Sorten wie Nähmaschinenseide, obgleich das Garn ganz verschieden ist in bezug auf Zwirn und Aufmachung. Es muß glänzend und glatt sein, sowie frei von Knötchen und Spinnfehlern. Zweitklassige gute „Steam waste“ und Mittelqualität „Gum waste“ wird hier verwendet. Für Spitzen-garne bester Qualität, wird „Gum waste“ und für zweite Qualität „Steam waste“ und mitleren „Gum waste“ am häufigsten verwendet.

Für gewöhnliche Stickgarne und Posamenteriezwirne genügt eine niedrigere Qualität, entweder „Gum“ oder „knub“ waste oder eine Zusammenstellung von beiden. Doch muß sorgfältig darauf geachtet werden, daß alle Fremdfasern entfernt werden, welche die Seidenfarbe nicht annehmen. Für erstklassige Stickereigarne verwendet man vom besten „Gum waste“ und „Knub waste“, und diese müssen frei von Baumwolle sein.

Für Plüsch ist „Punjum waste“ unvergleichlich wegen der Stärke, dem Glanz und der Steifheit der geschnittenen Fasern. Eine andere Qualität Plüsch kann mit einer Mischung von Mittel „Gum waste“ und „Knub waste“ mit gutem Resultat gewonnen werden. Für dunkle Plüsch eignet sich „Tussah waste“ am besten.

In der Auswahl der „waste“ muß sehr sorgfältig vorgegangen werden, und es sollen die zu mischenden Sorten möglichst derselben Klasse angehören, z. B. sollen „Steam waste“ und „China waste“ nie gemischt werden. Sie benötigen zu unterschiedliche Behandlung zufolge ihrer verschiedenen Länge und Stärke der Faser.

7. Seiden-Noil und -Shoddy (Kämmlinge). Seiden-Noil besteht aus den kurzen Fasern, die sich beim Kämmen der Spinnseide ergeben. Diese werden auf Spezialmaschinen wieder gekämmt und gesponnen. Das so gewonnene Garn wird zur Fabrikation von Pulversäcken für

große Geschütze verwendet. Gemischt mit Wolle finden Seiden-Noils auch bei der Fabrikation von Kleidergarnen Verwendung.

Seiden-Shoddy gleicht dem Wollen-Shoddy in seinem Ursprung und besteht aus den wiedergewonnenen Fasern schon einmal verarbeiteter Seidenwaren. Sie enthält meistens einzelne Fasern von Wolle und Baumwolle und ist oft eine Mischung von verschiedenen Seidensorten.

Die Faser ist in der Regel kurz, ungefähr 1 cm lang und heißt allgemein Seiden-Shoddy. Unter dem Mikroskop ist sie ziemlich leicht zu identifizieren.

8. Krankheiten der Seidenraupe. Die Seidenraupe ist verschiedenen Krankheiten ausgesetzt, die mehr oder weniger epidemischen Charakter annehmen können. In den Anfängen der Seidenkultur in Europa wurden die Raupen so von verschiedenen Krankheiten ergriffen, daß ganze Kulturen vernichtet wurden. Der französische Chemiker Pasteur

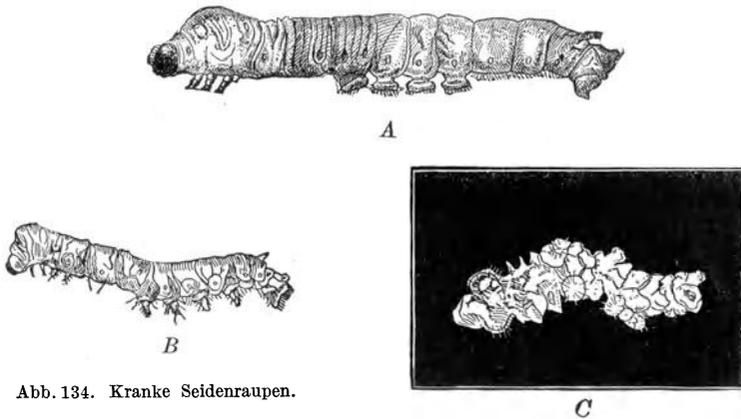


Abb. 134. Kranke Seidenraupen.

widmete sich dem Studium dieser Krankheiten und fand als erster Mittel und Wege, dieselben fast ganz zu verhindern. Die häufigsten Krankheiten sind folgende:

a) Pebrine. Raupen, die mit dieser Krankheit behaftet sind, entwickeln sich langsam, unregelmäßig und ungleich. Äußere Merkmale sind schwarze Flecken. Unter dem Mikroskop nimmt man ovale Korpuskeln wahr. Es schien anfänglich, man könne dieser Krankheit nicht beikommen; Pasteur fand aber, daß sie verhindert werden kann bei mikroskopischer Auswahl der Eier. Diese Krankheit macht heute nicht mehr viel von sich reden. Zwischen 1833 und 1865 wurde durch Pebrine die jährliche Ernte der Kokons in Frankreich von 57 200 000 lbs. auf 8 800 000 lbs. reduziert. Die Epidemie wurde um 1845 zuerst in Frankreich beobachtet, und hat sich dann über Kleinasien und den Orient ausgebreitet.

b) Flacherie ist heute die furchtbarste Krankheit unter den europäischen Seidenraupen. Gewöhnlich befällt sie die Raupe nach der vierten Häutung oder kurz vor dem Einspinnen. Die Raupe wird in den meisten Fällen schlaff und stirbt bald ab. Die tote Raupe färbt

sich schwarz und verbreitet einen unangenehmen Geruch. Flacherie ist wahrscheinlich eine Verdauungskrankheit, durch Mikroorganismen hervorgerufen. Ansteckung kann verhütet werden, wenn man die Eier in eine Lösung von Kupfersulfat taucht. Weil diese Mikroorganismen von Jahr zu Jahr am Leben bleiben, muß eine sorgfältige Räucherung der Brutstätten stattfinden, wo diese Krankheit sich zeigt.

c) Cattine kennzeichnet sich äußerlich dadurch, daß die Raupe nicht mehr frißt, erstarrt und zugrunde geht. Diese Krankheit befällt die Raupe im frühesten Alter und hat Ähnlichkeit mit Flacherie. Das beste Mittel, Flacherie und Cattine zu verhindern, ist eine sorgfältige Auswahl von gesunden Eiern.

d) Calcino oder Muscardine zeigt zuerst keine charakteristischen Merkmale. Die Raupe verliert die Lebendigkeit und frißt langsam. Der Körper wird rötlich, schrumpft langsam ein; die Raupe stirbt etwa 20—30 Stunden nach dem ersten Symptom der Krankheit. Die abgestorbene Raupe ist wachstümlich, später kreidig und bedeckt sich mit Sporen, die durch das Futter in andere Raupen gelangen und so die Krankheit rasch verbreiten. Calcino ist die ansteckendste Krankheit der Seidenraupe und bei ihrem Erscheinen muß sorgfältige Räucherung stattfinden (Schwefelräucherung).

e) Fettsucht zeigt folgende Erscheinungen. Die Raupe nimmt an Körperrumfang zu, die Haut wird opak, färbt sich und zerreißt leicht, wobei trübes oder gelbliches Blut ausfließt. Diese Trübung rührt von im Blute verteilten kleinen polyedrischen Körnchen her. Die Ursache der Krankheit ist unbekannt, die Krankheit selber nicht ansteckend und nicht erblich.

9. Wilde Seide. Neben der *Bombyx mori* oder Maulbeerseidenraupe gibt es noch verschiedene Arten von Seidenraupen, die ebenfalls genügend Seide liefern, daß sie für den Handel in Betracht kommen. Da diese Seidenraupen nicht gezüchtet werden können wie die Maulbeerseidenraupe, heißt ihr Produkt wilde Seide, von welcher hier die wichtigsten genannt werden:

Antheraea yama-mai, deren Heimat Japan ist, ist eine grüne Raupe, die sich von Eichenblättern nährt. Ihr Kokon ist groß und glänzend grünlich. Die Seide hat viel Ähnlichkeit mit denjenigen der *Bombyx mori*, läßt sich aber nicht so gut färben und bleichen.

Antheraea pernyi stammt aus China. Sie wächst wild, wird aber auch bis zu einem gewissen Grad gezüchtet. Die Raupe nährt sich ebenfalls von Eichenblättern und ist von gelber Farbe. Ihr Kokon ist sehr groß, durchschnittlich 4 cm, und von gelber bis bräunlicher Farbe.

Antheraea assama stammt aus Indien und liefert Kokons bis zu 4½ cm Länge.

Antheraea mylitta stammt ebenfalls aus Indien. Sie liefert die sog. Tussahseide. Die Raupe nährt sich von den Blättern der Kastoröl-pflanze. Der Kokon wird sehr groß, bis 5 cm lang und 3 cm im Durchmesser. Die Faser ist viel länger als die der *Bombyx mori* und variiert zwischen 600 und 200 Jards Länge. Die Farbe der Tussahseide ist grau bis tiefbraun.

Silbermann teilt die verschiedenen Arten wilder Seide folgendermaßen ein:

1. Solche mit geschlossenem Kokon, die gleichmäßige Seide liefern, welche ohne große Schwierigkeit gehaspelt werden kann: a) wilde Maulbeerseidenraupe; b) *Antheraea yama-mai*; c) Tussah-Familie; d) Moonga-Familie; e) *Artias*-Familie.
2. Solche mit offenen Kokons, die Seide liefern, welche nicht abgehaspelt werden kann: a) *Attacus*-Familie; b) verschiedene andere Arten.
3. Verschiedene Arten der Saturnidae ohne technischen Wert.

Attacus ricini kommt sowohl in Asien als auch in Amerika vor. Sie liefert schöne weiße gute Qualitätseide. Produktion und Wert steigert sich jedes Jahr. Sie ist bekannt unter dem Namen Eriaseide. Die Struktur der Faser gleicht derjenigen der Tussahseide. Eine Abart dieser Klasse, *Attacus atlas*, bringt den größten Schmetterling hervor. Die Raupe spinnt offene Kokons, von welchen die sog. Fagara- oder Ailanthusseide gewonnen wird.

In Uganda und andern Teilen Afrikas findet sich eine Seidenraupe der *Anaphe*-Spezies. Sie nährt sich ausschließlich von den Blättern einer besonderen Art Feigenbaum. Die Raupen konstruieren große Nester, in welche sie ihre Kokons in beträchtlicher Anzahl einspinnen. Das Nest sowohl, als auch die Kokons bestehen aus Seide, die als Abfallseide Verwendung findet¹.

In Südnigeria wird die *Anaphe* von den Eingeborenen zusammen mit Baumwolle zu dem sog. „Soyan“-Tuch verarbeitet.

10. Tussahseide. Nach J. K. Davis (*Consular Reports*) wird die Seidenraupe, von welcher Tussahseide gewonnen wird, von den Chinesen „shan tsan“ oder Bergseidenraupe genannt; wissenschaftlich wurde sie von verschiedenen Autoritäten klassifiziert als: *Antheraea pernyi*, *Bombyx pernyi* und *Bombyx fertoni*. Sowohl in bezug auf Größe, als auch im allgemeinen Aussehen ist die Raupe ganz anders als die der Klasse der *Bombyx mori*. Zur Reifezeit mißt die Raupe 3—5 inches. Sie ist von hellgrüner Farbe und mit rötlichbraunen Haaren besetzt.

Während die *Bombyx mori* mit Blättern von kultivierten Maulbeerbäumen gefüttert wird, nähren sich die Tussah liefernden Arten vom Laub verschiedener Eichen, die in der Ostmandschurei heimisch sind. Diese wildwachsenden Bäume ersetzen die Maulbeerkulturen sehr gut; sie werden 5—6 Fuß hoch, müssen aber von Zeit zu Zeit geschnitten werden, damit sie nicht zu hoch werden. Wenn die Wälder nicht genug Eichenbestand haben, muß künstlich nachgeholfen werden durch Samenaufzucht. Das ist aber eine langwierige Arbeit, da 4—7 Jahre alte Bäume nötig sind, um geeignetes Futter zu liefern. Das beste Futter liefern 12—16 Jahre alte Bäume.

¹ Das oberste Institut der Türkei hat erfolgreiche Versuche zum Zwecke der Nutzbarmachung der *Anaphe*seide gemacht. Die Nestseidenfäden sind schwieriger abzuwickeln als die der Kokons; es werden daher beide getrennt aufgehaspelt. Wenn die Nester der *Anaphe* in trockenem Zustande gewonnen werden, verursachen sie eine empfindliche Entzündung auf der Haut, mutmaßlich durch Haare der Raupe hervorgebracht, die mit eingesponnen sind. Daher müssen die Nester, bevor man die Kokons herausnimmt, während 2 Stunden in eine Lösung von 1% igem Natriumkarbonat getaucht werden.

Die Kokonernte findet zweimal im Jahre statt, im Frühling und im Herbst. Die Frühjahrsernte kommt Anfang Juli auf den Markt; sie ist die kleinere von beiden und wird in der Regel zur Zucht der Herbst-ernte verwendet. Die Herbst-ernte findet Mitte Oktober statt. Um die Puppen zu töten, wird folgende Methode angewendet: Die Kokons werden in großen heizbaren Lagerhäusern aufgestapelt. In der Mitte der kältesten Jahreszeit wird nun der Lagerraum erwärmt bis zu einer mittleren Frühjahrstemperatur. Dies wird einige Tage wiederholt, um nachher die kalte Winterluft wieder hereinzulassen. Wenn dieser Vorgang einige Male wiederholt wird, sind die Puppen tot, und die Kokons können über den Sommer aufbewahrt werden.

Um die Kokons zum Aufhaspeln zu präparieren, werden sie mit Dampf behandelt, um das Sekret aufzulösen, womit die einzelnen Seidenfasern verbunden sind. Diese Dampfbehandlung tötet auch die Puppen, sofern dies nicht schon durch den vorher beschriebenen Prozeß geschehen ist. Große eiserne Kessel werden in Backsteinöfen, welche in unmittelbarer Nähe des Haspelraumes aufgestellt sind, gesetzt. Die Kessel werden mit einer Lösung aus Soda und Wasser (6—8 Unzen Soda auf 1000 Kokons) gefüllt. Wenn diese Lösung bis zum Siedepunkt erhitzt ist, werden die Kokons zugegeben und einige Minuten gerührt. Dann werden sie ausgeschöpft und kommen in runde Behälter mit siebartigem Boden aus parallellaufenden Bambusstäben. Diese Behälter werden etwa 1 inch über die Kessel gesetzt, so daß der Dampf einige Stunden durchströmen kann.

Nach der Dampfbehandlung wird die unentwirrbare Masse, welche den äußern Teil des Kokons bildet, „ta-wan-shu“ oder „big waste“ genannt, abgewickelt. Der innerste Teil der Kokons, welcher die Puppe unmittelbar umhüllt, ist hoffnungslos verwickelt, bekannt unter dem Namen „erh-wan-shu“, oder „second waste“. In ihrem natürlichen Zustand kann waste nicht abgehaspelt werden, sondern muß aufgerissen, gekrempelt, gekämmt und gesponnen werden. Zu diesem Zwecke wird sie verschifft und in Europa verarbeitet.

Nachdem die äußere Hülle entfernt ist, kommen die Kokons in den Haspelraum, wo sie an die Haspler verteilt werden, die gewöhnlich auf hohen Plattformen postiert sind. Die Plattformen gehen der Länge nach durch einen engen Raum. An jedem Haspel operiert ein Haspler. Jeder Haspler nimmt die Enden der Faser von 6—7 Kokons zusammen, dreht sie zu einem Faden, der am Haspel befestigt wird. Dann wird durch eine Tretvorrichtung der Haspel gedreht. Da der Faden verschiedene Ringe passiert, erreicht er als fertig gewundener Faden den Haspel. Die Haspel existieren in zwei Größen. Einer im Durchmesser von 1½ Fuß und der andere von 2½ Fuß. In Antung werden alle Haspel mit Fußbetrieb in Bewegung gesetzt.

Durchschnittlich bewältigt ein Haspler den Ertrag von 700—900 Kokons täglich. Die Stränge, welche gewöhnlich 4 Fuß lang sind, werden einmal zusammengelegt und dann spiralförmig geknüpft. Die Seide, welche in dieser Art verarbeitet in den Handel kommt, heißt „Tussah“.

Der Ertrag der Frühlings- und der Herbsterte ist verschieden, 1000 Frühjahrskokons ergeben $5\frac{1}{2}$ —8 Unzen Tussah, während 1000 Herbstkokons 8—12 Unzen ergeben. Das Produkt der Frühjahrskokons ist weicher und gefälliger als das Herbstprodukt.

Tussah wird von den Chinesen in 5 Grade eingeteilt: „extra“, „Nr. 1“, „Nr. 2“, „Nr. 3“ und „Nr. 4“. Sie wird auch in 2 Hauptklassen unterschieden: „not filature“ und „filature“. Der Ausdruck „not filature“ bezeichnet die Seide, die in vielen kleinen Fabriken erzeugt wird, und daher ungleichmäßig ist, während „filature“ das Produkt benennt, das aus großen Betrieben stammt und ziemlich gleichmäßig ist.

„Waste“ wird im Handel in 2 Klassen unterschieden: Nr. 1 und Nr. 2 entsprechend erster und zweiter Auslese. Diese Seide wird in Ballen zu ca. 260 bis 400 lbs. verpackt und exportiert.

11. Behandlung von Wildseidekokons. Wildseide ist viel schwieriger von den Kokons abzuwickeln, als diejenige der Maulbeerseidenraupe und ist auch dunkler in der Farbe. Die einzelnen Fäden der wilden Seide sind rauher als die der Maulbeerseide und in der Regel stärker, aber nicht so gut zu bleichen und zu färben.

Die Kokons der Tussahseide werden gewöhnlich in einer Alkalilösung vor dem Haspeln gekocht (Schutzkolloide). Die Eingeborenen benutzen die Asche von Bananenblättern dazu, kochen die Kokons in dieser Lösung 2—3 Stunden und lassen sie dann zur „Reifung“ mehrere Stunden darin stehen. In einigen Betrieben in Bengalen werden die Kokons in ein Tuch eingeschlagen, das mit Steinen beschwert ist und $\frac{1}{2}$ Stunde in einer Lösung von 3 Teilen Potasche in 80 Teilen Wasser mit etwas Öl und Zucker (Schutzkolloid) gekocht. Nachher werden die Kokons für einige Minuten in Wasser, das etwas Glycerin enthält, gekocht. Die Seide kann dann gehaspelt werden wie die Maulbeerseide. Das Glycerin hält die Kokons dauernd feucht. Es ist daher nicht nötig, daß sie während des Haspelns unter Wasser gehalten werden. Eine andere Methode ist folgende: Aus den Chrysaliden des Seidenspinners präpariert man eine feine Paste. Man nimmt einen Gewichtsteil von dieser Paste auf zwei Teile Gewicht an trockenen Kokons, mischt sie in einem Tuch, taucht sie in Wasser und kocht sie 1 Stunde. Dann wird sie für 12 Stunden zur „Reifung“ stengelassen. Nun beginnt das Haspeln, während welchem sich die Kokons in heißem Wasser drehen. Die gehaspelte Seide, gleichviel aus welcher Behandlung stammend, muß zuerst in eine warme Gerbsäurelösung getaucht werden; dann kommt sie in ein Bad von kochender Seife oder Waschsodalösung und wird schließlich in kochendem Wasser ausgespült, dann ausgewunden, getrocknet und in Ballen verpackt. Das Säurebad bezweckt die Neutralisierung des Leims und des Alkalis, welche den Glanz und die Elastizität der Seide beeinträchtigen würden. Die Säurelösung wird aus Tamarinde hergestellt (ein Gewichtsteil Tamarinde auf vier Gewichtsteile Seide). Ein Mann kann in einem Tage ungefähr 260 wilde Kokons haspeln, welche ca. $\frac{1}{2}$ lbs. Seide ergeben. Eine Schwierigkeit beim Haspeln der Tussahseide bildet das Zusammenhalten der einzelnen Fasern des gehaspelten Fadens.

Tussahseide sowie andere Wildseiden werden hauptsächlich zu Samt, Plüsch und Sealskinimitation verwendet.

12. Spinnenseide. Die Möglichkeit, von einer Spinne, die in Madagaskar vorkommt, Seide zu gewinnen, hat neuestens die Aufmerksamkeit der Seidenhändler auf sich gelenkt. Die Spinne heißt „*Nephila Madagascariensis*“. Sie setzt ihre Eier in einen Behälter in Form eines Kokons von gelber Farbe und ungefähr 1 inch Durchmesser. Nur die weibliche Spinne produziert Seide. Sie ist ungefähr $2\frac{1}{2}$ inches lang. Sie spinnt in 5 oder 6 Malen im Laufe eines Monats ungefähr 4000 yards und geht dann ein. Die Seide wird von eingeborenen Mädchen aufgespelt. Etwa 12 Spinnen werden in Rahmen festgehalten in der Weise, daß der Hinterteil hervorsteht; Kopf und Beine sind frei. Die Enden ihrer Spinnfäden werden nun zusammengefaßt und über einen Metallhaken am Haspel, der durch ein Pedal in Bewegung gesetzt wird, befestigt. Dieses Herausziehen des Spinnwebs scheint die Spinne nicht stark zu belästigen. Das Material steht sehr hoch im Preise. 55000 yards auf 19 strands Dicke wiegen nur 386 g, und 1 lb. Seide kostet 40 Dollar. Auf der Pariser Weltausstellung 1900 wurde ein Fabrikat gezeigt: 18 yards lang, 18 inches breit, enthaltend 100000 yards gesponnenen Faden, als Produkt von 25000 Spinnen. Es war von goldgelber Farbe. Seidenliefernde Spinnen kommen auch in Paraguay und Venezuela vor.

Spinnenseide erscheint unter dem Mikroskop fast ganz durchsichtig, im Querschnitt rund und ohne innere Struktur. Bemerkenswert ist die außerordentliche Feinheit des Fadens, der mittlere Durchmesser beträgt ca. 6,9 Mikrons. Sie ist das feinste Tierseidenprodukt, feiner als die feinsten Gespinnste der Kunstseiden. Spinnenseide ist nicht von einer Einfaßsubstanz umgeben, wie es das Sericine der gewöhnlichen Seide ist. Die Dichte ist ungefähr diejenige der gewöhnlichen Seide, nämlich 1,34. In Wasser getaucht schwillt Spinnenseide stark auf und schrumpft in der Längsrichtung ein. Bei mikrochemischen Versuchen zeigt sie sich der echten Seide ziemlich gleich.

Der Faden, der von der „*Nephila Madagascariensis*“ gesponnen wird, gleicht der gewöhnlichen Seide in der äußeren Erscheinung. Jede Spinne produziert ungefähr 150—600 m Seidenfaser. Die Seide hat eine orange-gelbe Farbe. Mit Alkalien behandelt wird die Farbe intensiver, durch Säuren wird sie zerstört. Die Seide unterscheidet sich von der gewöhnlichen Seide dadurch, daß sie nur ganz kleine Mengen Seidenleim aufweist. Nach Fischer¹ zeigt Spinnenseide folgende Spaltprodukte nach der Säurebehandlung:

Glyzerin	25,13 %	<i>d</i> -Glutaminsäure	11,70 %
<i>d</i> -Alanine	23,40 „	Diaminosäuren	5,24 „
<i>l</i> -Leuzine	1,76 „	Ammoniak	1,16 „
Proline	3,68 „	Fettsäuren	0,59 „
<i>l</i> -Tyrosine	8,20 „		

Glutaminsäure, die in großen Quantitäten in der Spinnenseide vorkommt, wurde in gewöhnlicher Seide nicht gefunden. Beim Veraschen gibt Spinnenseide 0,59 % Asche.

¹ Physiol.-chem. Z. 1907, S. 126.

13. Seidenstatistiken. Mit Ausnahme Chinas vielleicht, wo keine genauen Statistiken erhältlich sind, sind die Vereinigten Staaten das größte seidenproduzierende Land der Welt. Die folgenden Tabellen zeigen die Ausdehnung der Seidenindustrie in den Vereinigten Staaten für das Jahr 1919 nach dem Bericht von U. S. Census:

Materialien der Seidenindustrie.

Material	Quantum in lbs.		Wert in Dollar	
	1919	1914	1919	1914
Rohseide	25 890 728	23 374 700	206 222 609	86 416 857
Organsine	6 125 490	3 855 899	62 487 939	16 703 096
Spinnseide	4 767 679	3 209 309	25 874 715	8 094 427
Abfallseide	11 461 588	4 328 536	16 136 213	3 066 297
Kunstseide	3 039 257	1 902 974	15 885 564	3 440 154
Baumwollgarn, nicht merzerisiert	15 131 047	16 869 511	14 151 863	6 163 240
Baumwollgarn, merzerisiert	2 826 965	1 464 299	4 266 593	1 078 337
Wollen und schlechte Garne	638 334	1 987 918	2 157 743	2 087 804
Mohair und andere Garne	1 042 790	2 936 727	2 214 584	2 043 306

Die folgende Tabelle ergibt den Wert der verschiedenen verarbeiteten Produkte der Seidenindustrie der Vereinigten Staaten:

Produkte der Seidenindustrie.

	1919	1914
Totalwert	\$ 688 502 534	\$ 254 011 257
Spinnseide: Yards	310 132 060	216 033 696
Wert	\$ 391 735 902	\$ 137 719 564
Samt: Yards	16 150 689	16 318 135
Wert	\$ 20 950 239	\$ 8 570 022
Plüsch: Yards	5 860 427	9 114 992
Wert	\$ 21 601 280	\$ 10 135 842
Möbelstoffe: Yards	516 281	477 699
Wert	\$ 2 156 617	\$ 840 126
Bänder: Wert	\$ 66 186 609	\$ 38 201 293
Reine Seide: Wert	52 047 330	
Seide mit anderem Material: Wert	14 139 279	
Spitzen, Netze, Schleier usw.: Wert	\$ 5 825 359	\$ 1 328 933
Stickereien: Wert	127 522	\$ 33 500
Posamenterien: Wert	3 026 560	1 025 188
Litzen und Bündel: Wert	13 218 284	3 073 648
Besatzartikel für Schneider: Wert	634 058	210 741
Besatzartikel für Militär: Wert	682 909	431 422
Maschinenzwirn: lbs.	773 843	659 540
Wert	10 644 095	4 036 807
Näh- und Stickseide: lbs.	515 222	902 499
Wert	\$ 7 089 813	\$ 5 644 806
Fransen und Flockseide: lbs.	38 107	
Wert	\$ 500 571	
Organsine, Verkauf: lbs.	886 014	1 492 999
Wert	\$ 9 122 457	\$ 6 325 291
Tram, Verkauf:	3 611 901	2 577 402
Wert	\$ 31 494 535	\$ 9 698 637
Grober Krepp-Zwirn, Verkauf: lbs.	1 070 845	
Wert	\$ 12 011 137	

	1919	1914
Gesponnene Seide, Verkauf: lbs.	3956687	1607416
Wert	\$ 23807338	\$ 4577058
Gesponnene Seide, Verkauf: Einzel lbs.	1764028	
Wert	\$ 11733463	
Gesponnene Seide, Verkauf, zwei und mehr Plys lbs.	2192609	
Wert	\$ 12073875	
Kunstseide: lbs.	829083	
Wert	\$ 5423242	
Alle anderen Produkte: Wert	\$ 23928982	\$ 13757772
Erhalten für Kontraktarbeit	38335025	8400607

Die Totalproduktion von Rohseide für 1914 wird wie folgt eingeschätzt¹:

Italien	7357000 lbs.	
Frankreich	799000 „	
Österreich	655000 „	
Spanien	164000 „	
Europa, total		8975000 lbs.
Levante		5115000 „
China, Schanghai	8651000 lbs.	
China, Kanton	5876000 „	
Japan	25132000 „	
Indien	343000 „	
Asien (Export)		40002000 lbs.
Total		54092000 „
Rohtussah		3307000 „

Da die Summe der Produktion an Rohseide in China nicht bekannt ist, bestimmt man dieselbe nach den Exportziffern. Die Rohseidelieferung Japans wird auf ungefähr 30 % der Weltproduktion (34072800 lbs.) geschätzt; diejenige von China auf ungefähr 55 % (41604000 lbs.).

¹ Die Seidenspinnereien in Europa und in der Levante geben folgendes Bild für 1920:

	Basins	Spinnereien
Italien	58620	1039
Frankreich	16000	161
Brussa	—	50
Syrien	—	30
Türkei	—	114
Griechenland	—	22

Das Abhaspeln der Rohseide wird in Italien meistens von Mädchen besorgt, die dafür etwa 90 Pf. erhalten für elfstündige Arbeit. In der Türkei werden ca. 30 Piaster bezahlt. In China und Japan ist die Entlohnung noch schlechter. Da das Seidenhaspeln von Hand betrieben wird und in Anbetracht der Feinheit des Fadens die ganze Aufmerksamkeit des Hasplers benötigt, kann relativ nur wenig Seide durch einen Arbeiter gewonnen werden. Es lohnt sich daher nicht, diese Arbeit in Amerika oder England einzuführen. In Italien und Frankreich sind seit dem Kriege die Löhne der Seidenhaspelmädchen enorm gestiegen und es wird immer schwieriger, genug zufriedene Arbeiterinnen zu bekommen. Seidenhaspeln verlangt geschicktes Arbeiten und muß gelernt sein. Ein guter Seidenhaspler wird als geschickter Arbeiter betrachtet. Ohne Zweifel werden auch die Löhne der Seidenhaspler in China und Japan ansteigen, es können aber noch Jahre vergehen, bis sich diese Löhne den europäischen nähern. Es scheint eher,

Produktion und Export von Rohseide sind die bedeutendste Industrie in Japan geworden. Dasselbst gibt es drei Ernten: im Frühling 50—55 %, im Sommer 5—10 % und im Herbst 35—40 % der Jahresproduktion.

Das „Board of Trade Journal“ gibt folgende Tabelle der Weltproduktion an Seide durch eine Reihe von Jahren:

Weltproduktion von Seide 1876—1910.

Zeitperiode	Westeuropa kg	Südosteuropa, Levante kg	Asien kg	Total kg
1876—1880	2475000	637000	5740000	8854000
1881—1885	3630000	700000	5108000	9438000
1886—1890	4340000	738000	6522000	11600000
1891—1895	5518000	1107000	8670000	15295000
1896—1900	5220000	1552000	10281000	17053000
1901—1905	5312000	2304000	11476000	19092000
1906—1910	5459000	2636000	14917000	23012000

Für Persien, Turkestan und den Osten sind die Produktionszahlen nicht genau; man kennt nur die Ausfuhrziffern, nicht den Inlandverbrauch. Während des Weltkrieges fiel die Produktion von Seide in Europa und der Levante fast ganz weg. Auch in der Nachkriegszeit erholte sie sich sehr langsam. Es wurden verschiedene Anstrengungen gemacht, die Serikultur auf die Höhe zu bringen, doch mit sehr mittelmäßigem Erfolg. Die folgende Tabelle wurde von der „Silk Association of America“ (1922) zusammengestellt:

Rohseidenproduktion inkl. Tussahseide.

Ernte in Pfund	1921—1922	1920—1921	1919—1920
	Pfund	Pfund	Pfund
Europa	7628000	8058000	4927000
Italien	7066000	7330000	4045000
Frankreich	430000	551000	397000
Österreich	—	—	331000
Spanien	132000	177000	154000
Levante	1213000	1654000	2293000
Asien: Totalexport	48740000	35138500	51860000
China, Schanghai	6555000	6518500	10225000
China, Kanton	5578000	4210000	7093000
Japan, Yokohama	36376000	24300000	34222000
Indien	231000	110000	320000
Total Pfund	57581000	44850500	59080000
Tussah	1856000	1650000	1960000
Total Pfund	59437000	46500500	61040000

daß die „Serikultur“ in Italien und Frankreich und auch in der Levante in den nächsten Jahrzehnten zurückgeht, während diejenige in China und Japan zunehmen wird. Da das Abhaspeln der Seide von den Kokons den Hauptfaktor bei der Herstellung der Rohseide bildet, scheint also der Preis der Rohseide eher zu steigen und wird wahrscheinlich nicht auf den Vorkriegspreis zurückkommen. Während der Preis der echten Seide steigt, bemühen sich die Kunstseidefabriken, ihre Produkte fortwährend zu verbilligen. Es ist daher zu erwarten, daß die Kunstseide die echte Seide da und dort ersetzen und die echte Seide nur noch zu feinen und feinsten Produkten verwendet wird.

Rohseideproduktion inkl. Tussahseide.

Seidenprodukte	1921—22	
	Pfund	Wert in Dollar
Rohseide	48178964	\$ 300445363
Abfallseide	9097339	6717210
Kokons	161044	120310
Seidenfabrikate: Frankreich	264071	2119032
„ Italien	51720	377737
„ Schweiz	75413	556923
„ China	484456	1359889
„ Japan	2171849	13495068
„ Andere Länder	92284	648032
Total:	3139793	\$ 18556681
Bänder: nicht über 12 ms. breit	8366852	\$ 451160
Spitzen und Stickereien: Frankreich	—	\$ 4369784
„ England n. K.	—	577290
„ Japan	—	199182
„ Andere Länder	—	460078
Total:	—	\$ 5606334
Samt und Plüsch usw.	387490	\$ 2603813
Gespinnene Seide oder Schappe:		
Frankreich	779008	2178214
Italien	137131	460947
Schweiz	470274	1438415
England n. K.	92333	205220
Andere Länder	16192	26735
Total:	1494938	\$ 4309531
Kleiderstoffe: Frankreich	—	\$ 3228854
„ Schweiz	—	121415
„ England n. K.	—	492132
„ Japan	—	1040222
„ Andere Länder	—	732150
Total:	—	\$ 5614773
Bänder, Gürtel und Spitzen usw.	—	\$ 253945
Alle anderen Produkte	—	2634096
Total rein Seide:	—	\$ 40030333
Beuteltuch	—	307511
Total Seide:	—	\$ 40337844
Kunstseide, Garn	2912960	\$ 5091940
Kunstseide, alle übrige	—	2026082
Total Kunstseide:	—	\$ 7118022

Die Produktionsmenge an Rohseide in China und Indien ist nicht bekannt. Japans Ernte liefert ungefähr 45 642 000 lbs. Die Exportziffer von Schanghai und China ist bekannt mit Ausnahme der Tussahseide. Die Weltproduktion für 1913 war auf 60 104 000 lbs. geschätzt. Es ist ersichtlich, daß der Krieg großen schädlichen Einfluß auf die Seidenproduktion ausübte (vgl. 1913 und 1922 und die Zwischenjahre). Die Quantität der Seidenproduktion in Europa ist stetig im Rückgang be-

griffen. Es ist noch zu erwähnen, daß in Französisch-Afrika und östlichen Kolonien verschiedene Versuche gemacht wurden zur Einführung der Seidenkultur; das Klima zeigt sich aber als nicht besonders günstig.

Die Tabelle S. 182 bezeichnet Seidenprodukte ausgenommen Rohseide, die in den Vereinigten Staaten während den Jahren 1921—1922 eingeführt wurden, mitgeteilt von dem Handelsdepartement.

Import von Rohseidematerial in die Vereinigten Staaten.

Import	1921—1922
Rohseide inkl. Tussah und Doppioni usw. . . .	354363
„ „ , Wert in Dollar „ „ „ „ , Pfund . . .	48178964
Gespinnene Seide, Pfund	\$ 300445363
„ „ „ „ , Wert in Dollar	1494938
Abfallseide, Pfund	\$ 4309531
„ „ „ „ , Wert in Dollar	9097339
	\$ 6717210

Klassifizierung der Eingänge an Rohseide in den Vereinigten Staaten.

Ballen	1921—1922		
	Ballen	Pfund	Wert \$
Europäische	9103	2260177	12538596
Japanische	282450	38590110	249108057
Kanton	40559	4341995	23331168
Chinesische	16810	2249477	13190413
Tussah	5441	737205	2277129
Total: |	354363	48178964	\$ 300445363

X. Physikalisches über die Seide.

1. Das mikroskopische Bild. Die Rohseide zeigt unter dem Mikroskop ein sehr charakteristisches Bild, das sie leicht von jeder anderen Textilfaser unterscheiden läßt. Rohe, ungekochte Seide besteht aus 2 Fäden, die durch eine dünne Haut zusammengehalten werden, was besonders bei polarisiertem Licht gut sichtbar zu machen ist. Der einzelne Faden ist von sehr regelmäßiger Dicke, strukturlos und ziemlich durchscheinend. Die einzige gelegentliche Unregelmäßigkeit ist eine kleine Luftblase im Seidenleim.

Die Faser von Bombyx mori ist ein wenig um die Längsachse gedreht und mit einer sehr schwachen Streifung versehen, welche durch Behandeln der Faser mit verdünnter Chromsäure besser sichtbar gemacht werden kann. Manchmal sind auch die beiden Einzelfasern innerhalb der Leimschicht um sich selbst gedreht; und die Leimschicht oder das Serizin ist öfters leicht gekörnt. Seide von Antherea mylitta zeigt eine deutliche Längsstreifung im Rohzustand, bricht aber das polarisierte Licht weniger stark.

Ebenso ist bei Antheraea-yama-mai der Bildunterschied zwischen gewöhnlichem und polarisiertem Licht geringer als bei Seide von Bombyx

mori, welche wie die meisten anderen Seiden bei polarisiertem Licht gefärbt erscheint. Mit Alloxanthin und Fuchsin färbt sich die Faser sofort tief rot an. Beim Behandeln mit Zuckerlösung und Schwefelsäure färbt sie sich zuerst rosa, um dann der Zerstörung anheimzufallen. Salzsäure färbt die Seide anfänglich violett und zerstört sie darauf diese ebenfalls. (Konzentrierte Säuren.) Jodlösung färbt sofort gelb bis braun.

Kämmlinge und Zupfseide, welche aus fehlerhaften Kokons aufgearbeitet werden, erkennt man an den aufgerissenen Serizinhäutchen deutlich unter dem Mikroskop.

Die inneren Anteile eines Kokons sind kräftiger gelb gefärbt als die äußeren Lagen. Die beiden Fäden sind von unregelmäßiger Dicke und von abnormer Gestaltung im Querschnitt (Abb. 135).

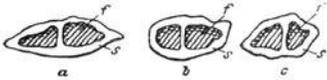


Abb. 135. Querschnitt durch Seidenfasern.

Diese Seide wird deshalb auch nur zu Abfallseiden zugegeben und sorgfältig von der besseren Qualität abgetrennt. Die mittleren Lagen des Kokons liefern die beste Seide in bezug auf Einheitlichkeit der Fasern, und die Gleichmäßigkeit des Querschnittes. Die äußersten Lagen dagegen sind wiederum geringwertiger, aus den gleichen Gründen wie die innersten Lagen.

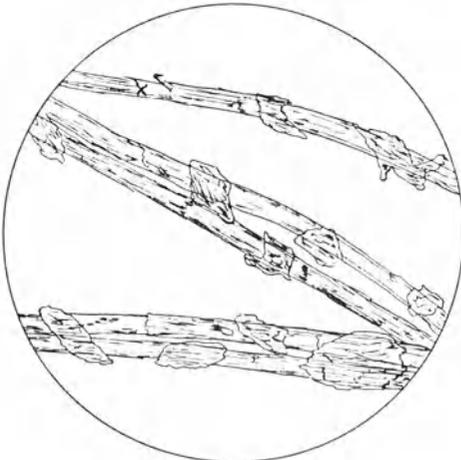


Abb. 136. Rohseide (500 ×).

Unter dem Mikroskop ist es der Seidenleim, die Serizinhaut, die der Seide einen unregelmäßigen Aspekt verleiht (Abb. 136). Die Leimschicht ist zeitweilig gebrochen oder fehlt gänzlich, der Abstand der beiden Einzelfasern variiert beträchtlich und oft ist das Serizin noch mehr oder weniger gestreift. Alle diese Unregelmäßigkeiten sind aber allein dem Seidenleim eigen; die eigentlichen Seidenfasern sind von einheitlicherer Form.

Das mikroskopische Bild der wilden Seiden ist ein wesentlich anderes als dasjenige der Seide von *Bombyx mori*. Vor allem sind die Fasern bedeutend dicker und ihr Querschnitt ist ein schmales Rechteck oder Dreieck. Die Faser ist sehr deutlich längsgestreift, die Enden derselben sind öfters geteilt oder gefranst. Die Längsstreifung ist zudem nicht überall gleich stark, so daß die Faser maseriert erscheint. Man hat eine Erklärung gefunden für die letztere Eigenschaft, welche dadurch hervorgerufen wird, daß die Fasern, welche beim Spinnen übereinanderliegen bevor sie ganz trocken sind, einander diese Schraffierung aufdrücken. Die Faser der wilden Seiden besteht aus unzähligen äußerst

feinen Einzelfasern. Die einzelnen Fäserchen, welche durch Chromsäure besser sichtbar gemacht werden können, haben einen Durchmesser von nur 0,3—1,5 Mikron; an den eines Faserbündels liegen sie weniger dicht beisammen als in den mittleren Partien. Weitere Unregelmäßigkeiten werden bei den wilden Seiden noch durch Luftkanälchen und Lücken im Leim hervorgerufen.

Im Gegensatz zu dem obenerwähnten sollen die Unterschiede zwischen wilder Seide und Bombyxseide nach Höhnel nicht so tiefgreifender Natur sein. Die Fibroinfäden sind ebenfalls zusammengesetzt aus mehreren Fäserchen, nur daß letztere viel feiner sind und die Verschmelzung einheitlicher ist, so daß auf den ersten Augenschein hin ein homogener Faden vorgetäuscht wird. Deutlicher wird durch Behandeln der Bombyxseide mit Chromsäure ihre faserige Struktur hervorgehoben.

Wiederum zeigen auch alle künstlichen Seiden, die nur aus einem Faden bestehen, eine geringe Längsstreifigkeit, so daß der Eindruck einer Komposition aus Einzelfäserchen erweckt wird. Die Seide, die auch aus einer gelatinösen Masse gezogen wird, weist viel Ähnlichkeit mit den Kunstseiden auf in bezug auf diese Längsstreifung und ihrer Ursache.

2. Hygroskopizität der Seide.

Die Seide ist sehr stark hygroskopisch; sie kann bis zu 30 Gewichtsprozent Feuchtigkeit aufnehmen, ohne daß die Faser sich naß anfühlt. Schon früh hat sich im Seidenhandel der Usus eingeführt, dieses teure Material zu konditionieren, d. h. durch öffentliche Institute die Seide auf ihren Gehalt an Feuchtigkeit kontrollieren zu lassen. Heute ist ganz allgemein ein Feuchtigkeitsgehalt von 9,91% der Faser vereinbart;

d. h. die lufttrockene Faser wird um 11% ihres Gewichtes höher bewertet, als dem tatsächlichen Gewicht wirklich trockener Seide entspricht. Die trockene Seide nimmt auch annähernd diese Wassermengen in kurzer Zeit auf. Dies gilt für Rohseide; abgekochte, also serinfreie Seide wird mit 8,45% Wasser oder 9,25% Zuschlag zu trockener Seide gehandelt. Die Mailänder Kommission von 1906 setzte für die Konditionierung eine Trockentemperatur von 140° C fest, da bei 110—120° C die vollkommene Trocknung nicht sicher gewährleistet wird.

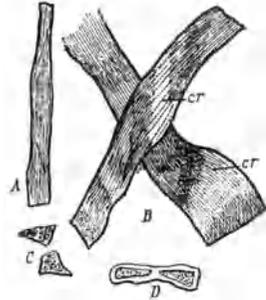


Abb. 137. Wilde Seide (250 ×).
A Schmalseite. B Breitseite.
C Querschnitt. D Doppelfaser.

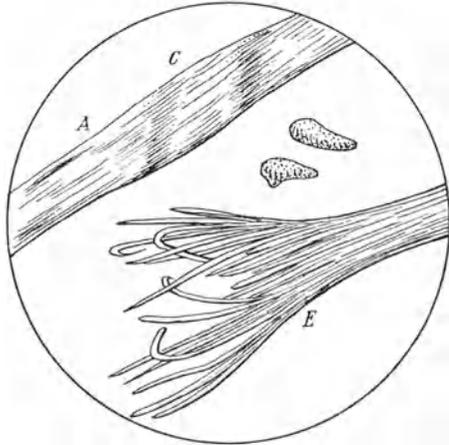


Abb. 138. Tussah-Seide (400 ×). A Breitsicht.
C Faserzeichnung. E Aufgeteiltes Ende.

3. Elektrische Eigenschaften. Seide ist ein sehr schlechter Leiter für den elektrischen Strom und dient bei hochwertigen Anlagen als Isoliermaterial (umspinnene Drähte) usw. Durch Reiben der Seide an sich selbst oder an Fremdmaterial wird diese stark elektrisch aufgeladen. Dies ist ein großer Nachteil; denn es kann vorkommen, daß diese geladene Seide einen Strang oder einen Kettbaum völlig durcheinanderbringt, weil sich die einzelnen Fasern gegenseitig abstoßen. Mit steigender Trockenheit wird die Gefahr des Selbstaufladens vergrößert.

4. Der Glanz. Der schöne Glanz der entbasteten Seide ist eine ihrer geschätztesten Eigenschaften. Solange die Seide noch mit Bast oder Seidenleim bedeckt ist, erscheint sie matt; durch das Entbasten,

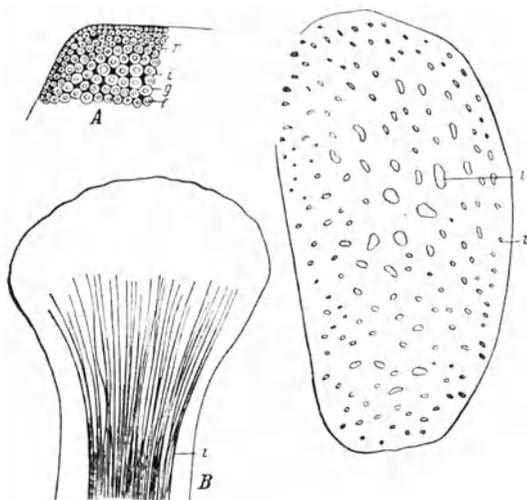


Abb. 139. Wilde Seide. A Diagramm eines Querschnittes. i Luftspalte. g Bindschnitt. B Fasernende, in Schwefelsäure beobachtet. C Querschnitt in Schwefelsäure gequollener Tussah. (H ö h n e l.)

durch spezielle Färbeprozesse und durch mechanische Beanspruchung wie Strecken, Klopfen und Reiben wird erst glänzende Seide erhalten. Öfters wird auch die Seide in Strangform mit verdünnter Essig- oder Weinsäure behandelt, gequetscht und ohne vorerst gewaschen zu werden getrocknet, wobei dann ebenfalls **Hochglanz** erzielt wird. Beim Färben beobachtet man oft das sog. **Blindwerden** der Seide, d. h. der ursprüngliche Glanz geht im Färbegrad zurück. Um dies weitgehend zu verhindern, wird

Bastseife zu den Färbebädern zugegeben, welche in der Tat die Seide gegen Blindwerden und auch gegen Festigkeitsverluste beim Trocknen schützt.

Bastseife ist die Lösung, welche beim Entbasten der Rohseide entsteht. Die Rohseide wird zur Entfernung des Seidenleims oder der Seidenhaut mit guter Seife gekocht, wobei der Leim in Lösung geht und die beiden Seidenfasern frei werden.

Es wird aber nicht nur die Faser als Faden, in Strangform gegläntzt, sondern auch fertige Seidenstoffe können noch durch geeignete Behandlung mit erhöhtem Glanz oder besonderen Effekten versehen werden. Ein wohlbekannter „Finish“ ist das **Moiré**; welches an fertigen Stoffen durch Kalandrieren und verwandte mechanische Operationen hervorgebracht wird. Bei der Übersicht zeigen diese **Moiréseiden** je nach dem Lichteinfall verschieden hohen Glanz, so daß auch die Farbigkeit des Stoffes wechselt.

Die Erfinder des Moiré waren die Chinesen, welche auch während Jahrhunderten das Monopol inne hatten. Die ersten Moiréversuche in Europa wurden Anno 1754 in England unternommen.

Heute spricht man im wesentlichen von zwei verschiedenen Finish; dem Moiré antique und dem Moiré ronde. In Frankreich wurde durch Badger du Moiré antique eingeführt und dieses wird dort heute noch „Englisch Moiré“ geheißen, während das andere als der französische Moiré bekannt ist.

Zur Herstellung des Moiré antique wird das Seidentuch auf einer Leinwandunterlage im Abstand von 10—15 inches in Falten gelegt, wie Abb. 140 zeigt. Die Herstellung der richtigen Faltungen erfordert großes Geschick und muß nach einer bestimmten Regel vorgenommen werden, welche bei den Technikern „dossage oblique“ benannt wird. Die so gefaltete Seide wird auf einen Holzroller aufgehaspelt und dieser dann gemangelt. Meist werden über die Seide noch mehrere Lagen eines festen Tuches gewickelt, worauf erst gemangelt wird. — Man

kann aber auch mit Kalandriermaschinen die verschiedensten Moiréeffekte erzielen. Die Walzen des Kalanders können eine verschiedene Geschwindigkeit aufweisen, sie können mit Prägnungen versehen werden; man kann kalt oder warm kalandrieren. Öfters wird auch Seide auf Seide gepreßt, wobei sich die Webmuster gegenseitig aufpressen; man kann gleiche oder verschiedene Stoffe gegeneinander aus-

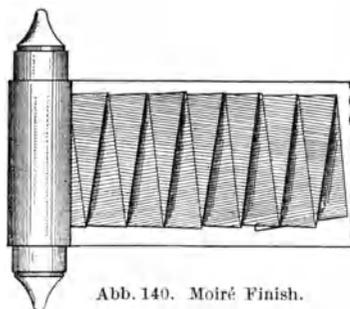


Abb. 140. Moiré Finish.

möglichen. Die Möglichkeiten sind äußerst zahlreich, besonders bei Zuhilfenahme geprägter Walzen. In allen Fällen tritt erhöhter Glanz auf; das auffallende Licht wird nach verschiedenen Richtungen reflektiert, Auf- und Übersicht beim Stoff sind verschieden.

5. Zugfestigkeit, Elastizität. Seide besitzt eine außerordentliche Festigkeit, welche bei gleichem Durchmesser derjenigen von Eisendraht nahe kommt. Die Elastizität ist ebenfalls sehr groß, der Bruch der Faser erfolgt erst bei Streckung über 15—20% über die ursprüngliche Länge hinaus. Die Rohseide ist stärker als die entbastete, die Differenzen sind ca. 30% für die Zugfestigkeit und 45% Einbuße an Elastizität. Durch die weiteren Veredelungsprozesse und speziell durch das Chargieren der Seide verliert sie noch mehr an Festigkeit und Elastizität.

6. Dichte der Seide. Die Dichte der Seide im Rohzustande beträgt 1,30—1,37; diejenige der entbasteten 1,25. Seide ist also etwas leichter als Baumwolle, Lein und künstliche Seide, welches Zellulosefasern sind und eine mittlere Dichte von 1,50 aufweisen. Wolle und Haarfasern mit Dichten zwischen 1,33 und 1,35 sind ebenfalls schwerer als Seide. Beim Chargieren derselben steigt allerdings die Dichte der Faser wesentlich an, und ist dann kein Charakteristikum mehr.

Name der Seide	Land	Durchmesser inches		Elastizität s. inches pro Fuß		Zugfestigkeit Drams		Größe der Kokons in inches
		Äußere Lagen	Innere Lagen	Äußere Lagen	Innere Lagen	Äußere Lagen	Innere Lagen	
Bombyx mori . .	China	0,00052	0,00071	1,3	1,9	1,6	2,6	1,1×0,5
Bombyx mori . .	Italien	0,00053	0,00068	1,2	1,9	1,9	2,6	1,2×0,6
Bombyx mori . .	Japan	0,00057	0,00069	1,2	1,4	2,0	3,1	1,1×0,6
Bombyx fortunatus	Bengal	0,00045	0,00051	1,8	2,3	1,6	1,8	1,2×0,5
Bombyx textor . .	Indien	0,00042	0,00047	1,5	1,9	1,4	2,6	1,2×1,5
Antheraea mylitta	Indien	0,00161	0,00172	1,9	2,7	6,6	7,8	1,5×0,8
Attacus ricini . .	Indien	0,00085	0,00093	1,7	2,0	1,5	3,0	1,5×0,8
Attacus cynthia .	Indien	0,00083	0,00097	2,6	2,9	2,4	3,5	1,8×0,8
Antheraea assama	Indien	0,00128	0,00125	2,4	2,9	2,8	4,8	1,8×1,0
Attacus selene . .	Indien	0,00100	0,00109	2,0	2,8	2,4	4,0	3,0×1,2
Attacus atlas . .	Indien	0,00102	0,00111	1,9	2,8	2,1	4,1	3,5×0,8
Antheraea yama mai	Japan	0,00088	0,00096	2,0	4,0	6,8	7,5	1,5×0,8
Cricula trifenestrata	Indien	—	0,00120	—	—	—	—	2,0×0,8
Antheraea pernyi .	China	0,00118	0,00138	2,0	2,7	3,2	5,8	1,6×0,8

7. Krachen der Seide. Ein sehr spezifisches Charakteristikum ist das Krachen der Seide, wenn sie gepreßt oder gequetscht wird. Die ursprüngliche Faser besitzt allerdings diese Eigenschaft in nur geringem Maße; durch Benetzen der Seide mit verdünnter Essig- oder Weinsäure und Trocknen derselben ohne vorhergehendes Waschen wird die Fähigkeit des Krachens oder Knistern erst kräftig entwickelt.

Eine befriedigende Aufklärung kann für die Ursachen dieser Eigenart bis jetzt nicht gegeben werden. Wenn merzerisierte Baumwolle mit verdünnter Essigsäure behandelt und getrocknet wird, kann man ebenfalls ein geringes Krachen derselben hervorbringen; während bei Wolle dieses durch eine Behandlung der Faser mit Chlorkalzium oder starken Alkalien hervorgerufen werden kann. In keinem Falle aber ist der Effekt so überraschend intensiv wie bei der Seide. Sehr oft wird das Krachen oder Knistern, Rauschen der Seide als Gradmesser für ihre Qualität angesehen, und zwar ohne Berechtigung, da durch die Säurebehandlung jede Seide diesen Effekt zeigt.

8. Haspeln der Rohseide. Alle Kokons, deren Seide gewonnen werden soll, kommen in einen Ofen, wo sie während mehrerer Stunden auf 60—70° C gehalten werden, um die Puppe abzutöten. Eine andere Methode zur Tötung der Puppe liegt im Dämpfen der Kokons, wobei wenige Minuten genügen. Man zieht neuerdings das Dämpfen dem Erhitzen vor, weil es rascher zum Ziel führt, die Seide weicher bleibt und die weitere Verarbeitung der Kokons erleichtern soll.

Darauf werden nun die Kokons sorgfältig nach Größe, Farbe und Beschaffenheit sortiert; alle Doppelkokons (es entstehen solche, wenn 2 Raupen sich nahe beieinander einspinnen), fleckige und unfertige Kokons usw. werden abgesondert.

Die zum Abhaspeln geeigneten Kokons kommen zu diesem Zwecke in ein Bassin mit warmem Wasser, wo sie kräftig mit einer Bürste oder mit Ruten bearbeitet werden. Hierbei lösen sich die Klebsubstanzen und der Anhang des Fadens wird an der Bürste oder Rute

haftenbleiben. Jetzt kommen die Kokons in ein zweites Bassin und hierauf gehen die Fäden mehrerer Kokons zusammen durch eine Porzellan- oder Glasöse; dieser Faden wird auf einen großen Haspel gewickelt. Die einzelnen Kokonfäden verbinden sich in feuchtem Zustande leicht zu dem sog. Grègefaden. Er ist aus 3—20 Kokonfäden zusammengesetzt und mißt 13—15 Deniers. Durch Umhaspeln wird er gereinigt und es wird ihm eine leichte Drehung bzw. eine leichte

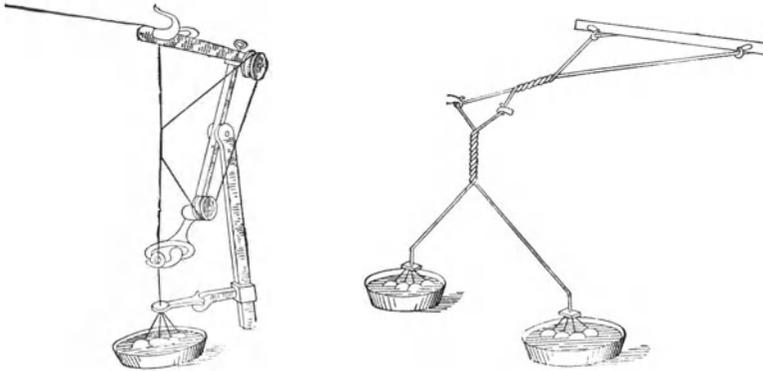


Abb. 141. Vorrichtung zum Seidehaspeln.

Drehung der Kokonfäden umeinander, gegeben. Da der Rohseidenfaden oder die Grège-seide sehr fein ist, werden später mehrere Grège-fäden zusammengezwirnt, wobei in entgegengesetzter Drehrichtung wie beim Grègezwirnen gedreht werden muß, damit der Faden sich nicht aufdrehen kann.

Mit Grège bezeichnet man also obenbeschriebene gutqualifizierte Seide, welche aus mehreren Fäden leicht gezwirnt wird; eine synonyme Bezeichnung im Englischen heißt „Singles“.

Praktisch kann man beim Grègehaspeln nicht unter 3 Kokons = 6 Fäden heruntergehen, da sonst der Faden zu fein wird; das Übliche ist das Haspeln von 5 Kokons (10 Fäden) zu einem 13—15 Deniers-Grègefaden.

Die Grège-seide kommt in Strangform in den Handel, abgebrochene Fäden können so nicht übersehen werden. Die Reinheit, Farbe, Festigkeit usw. schwankt innerhalb weiter Grenzen. Im allgemeinen ist China, Japan und Levanteseide weiß, Europaseide dagegen gelblich bis gelb.

Die gesponnene Seide aus den nicht haspelbaren Kokons ist ziemlich stark verschieden von Grège; vor allem ist sie stärker, es können gar keine so feinen Fäden erhalten werden wie bei ersteren. Die Weichheit

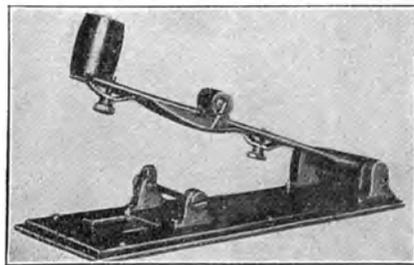


Abb. 142. Apparat zur Kohäsionsbestimmung der Seide.

gesponnener Seide ist größer, der Glanz geringer; ebenso ist sie nicht so einheitlich. In der Seidenspinnerei werden alle Abfälle, die beim Haspeln entstehen, verarbeitet. Es sind dies: Strusi oder Flockseide, die beim Bürsten der Kokons erweichte äußere Hülle derselben; dann die Ricotti, das sind die Rückstände, pergamentartige innere Seidenreste der Kokons und Strazza, die Abfälle, welche beim Haspeln und Umzwirnen entstehen.

Die Rohseide (Grège) unterscheidet man in Organsine und Tram. Erstere ist aus den bestausgewählten Kokons, von großer Festigkeit und meist für Kettenfäden bestimmt. Tram ist aus den geringeren Kokons und gibt hauptsächlich Schußfäden.

Seidentram wird durch Vereinigung von 2—3 oder auch mehr Grègefäden gewonnen, die nur leicht zusammengezwirnt werden. Tram ist in der Regel gut abgekocht, frei von Seidenleim und wird als 2fach, 3fach usw. bezeichnet, je nach Anzahl der sie bildenden Grègefäden.

Organsine wird durch Zwirnen von 2 Grègefäden erhalten und zählt üblicherweise 16 Drehungen per inch. Zwei oder mehrere solcher Fäden werden später wiederum in entgegengesetzter Richtung gezwirnt und es ist leicht einzusehen, daß für diese Prozesse nur höchst einheitliche und gut gereinigte Seide verwendbar ist. Durch das kräftige Zwirnen verliert übrigens der Faden immer an Länge. Organsine, welche 12 bis 14 Drehungen per inch aufweist, verliert 4—5% ihrer ursprünglichen Länge; für stark gezwirnte Fäden beträgt der Verlust 10% für 45 Drehungen und 20% für 70 Drehungen in Mittel.

Tram wird nie so hoch gezwirnt, da sie als Schuß mehr füllend wirken soll und der Griff beim Zwirnen härter wird, was hier nicht erwünscht ist. Der einfache Tramfaden ist meist gar nicht gezwirnt; 3—6 Tramsingles werden zusammengezwirnt, wobei $2\frac{1}{2}$ — $3\frac{1}{2}$ Drehungen pro inch üblich sind. Dadurch erhält die Tramside genügend Festigkeit für die weiteren Verarbeitungen und behält die Weichheit und Füllkraft bei.

Einzig Chiffonseide ist bis zu 80 Drehungen pro inch schon im „Single“ gezwirnt und dient sowohl für Kette als auch für Schuß.

9. Seidenspinnerei. Das Verarbeiten aller Seidenabfälle und nicht zu haspelnden Kokons erfolgt in der Seidenspinnerei.

Strusi, das mehr oder weniger stark mit Seidenleim verklebte Material, wird zur Beseitigung der Klebstoffe einem Faulprozeß unterworfen. In einer Grube mit Lattenkästen wird das Material mehrere Tage (3—7) mit warmem Wasser gelagert. Eine Dampfheizung sorgt für die nötige Wärmezufuhr. Darauf wird die Seide geschleudert und mit Seifenlösung besprengt; die Klebstoffe sind dabei entfernt worden.

Die Kokons werden mit einer starken Seifenlösung in einem Stampfwerk gewaschen. In einem Klopff- oder Drehwerk wird die Seide aufgelockert, die Puppenreste werden durch einen Siebboden abgeschieden.

In einem Öffner (Walzwerk) wird die Seide zu Kokonwatte verarbeitet.

Dieses von den Kokons und Strusis gewonnene Material wird von nun an in den gleichen Maschinen weiterverarbeitet. Das Material wird zu einem egalen Vlies weitergeöffnet, daraufhin gekämmt, gehehelt, dupliert, vor- und feingespinnen. Das resultierende Material wird Floretteseide oder Schappe benannt.

Die Spinnmaschinen zeigen größte Ähnlichkeit mit den Baumwollspinnmaschinen; meist gebraucht man die Ringspinnmaschine und nur für die besseren Garne die Selfaktoren.

Stumbo oder Bomette ist das Material, das bei der Seidenspinnerei abfällt; es sind Fehlgarne, Kämmlinge usw. Auch diese werden auf dem Öffner befreit, gekrempelt, gekämmt, gestreckt und wieder gekämmt, genitschelt und vor- und feingespinnen. Diese Garne führen den Namen Seidenbourette.

10. Klassifizierung der Seidengarne.

1. Organsine, aus 3—8 Kokons leicht zusammengedrehte (rechtsläufig), 60—80 Drehungen per Zentimeter aufweisende Fäden, wovon 2 oder 3 solche linksläufig zusammengedreht die Organsine ergeben.

2. Trame, 3—12 Kokons liefern einen ungezwirnten Faden, 2 bis 3 solche Fäden leicht zusammengezwirnt ergeben Tramseide.

3. Marubuseide für Krepp, ungezwirnte Grège wird gefärbt und daraufhin hart gezwirnt.

4. Soie Ondée, aus einem groben und feinen Grègefaden gezwirnt für Gaze usw.

5. Kordonnett, 4—8 Seidenfäden werden leicht links gedreht und 3 solcher Zwirne darauf rechts gezwirnt.

6. Nähseide, aus 3—24 Kokons gezwirnt, 2-, 4- oder 6fach nachgezwirnt.

7. Stichseide, mehrere ungezwirnte zusammengegebene Grègefäden mit leichter Zwirnung.

8. Single oder Poil, Rohgrège für Spezialzwecke.

11. Seidentests. Zur Feststellung des Wertes der Seide haben sich in den verschiedenen Ländern die interessierten Kreise zu einer freiwilligen neutralen Institution geeinigt, wo die Seide auf ihr Handelsgewicht, ihre Einheitlichkeit, Zwirnzahl usw. geprüft wird. Diese Institute sind privat, nichtsdestoweniger streng neutral und ihre Befunde bestimmend. Leider ist auf diesem Gebiete wie in so manchem andern noch keine internationale Regelung der Maße, Gewichte usw. zu bewerkstelligen gewesen; auch das metrische und dezimale System konnte sich nicht neben dem althergebrachten Würdigung schaffen. Nachfolgende Ausführung soll die Arbeitsweise der Züricher Konditionieranstalt illustrieren, als Beispiel, wie auf dem Kontinent gearbeitet wird. (Für Amerika gelten die Bestimmungen der Silk Association of America.)

Auszug über die „Konditionierung“ aus dem Reglement der Seidentrocknungsanstalt Zürich.

(Nach Angaben von Herrn Dr. M. Wegmann, Zürich-Thalwil.)

Feststellung des Handelsgewichts (Konditionierung).

Jede zur Feststellung des Handelsgewichtes eingelieferte Partie Seide erhält eine fortlaufende Nummer (Eintrittsnummer), welche tunlichst die Reihenfolge für die vorzunehmende Behandlung bestimmt.

Alle zur Feststellung des Handelsgewichtes vorgenommenen Abwägungen werden von zwei Angestellten kontrolliert und von jedem besonders gebucht.

Das Bruttogewicht der Seide wird, sofern dasselbe über 10 kg beträgt, auf einer Waage bestimmt, welche bei 100 kg Belastung eine Genauigkeit von 10 g verbürgen läßt; die Tara auf einer solchen, welche bei einer Belastung von 10 kg auf 1 g genau ist.

Die Seide wird hierauf brutto gewogen und die Tara bestimmt. Während der Ballen zu diesem Zweck möglichst rasch ausgepackt wird, wählt der dazu beauftragte Angestellte eine durch drei teilbare Anzahl Stränge aus, welche er in drei Lose sortiert. Dabei ist nicht allein darauf zu sehen, daß Stränge aus allen Teilen des Ballens genommen, sondern auch, daß die aus den verschiedenen Teilen des Ballens herstammenden Stränge möglichst gleichmäßig auf die drei Lose verteilt werden. Das Gewicht der zum Trocknen zu verwendenden Seide richtet sich nach dem Gewicht des Ballens. Im Minimum soll ein Los 300 g wiegen.

Findet sich im Innern des Seidenballens Tara vor, so muß auch diese möglichst genau bestimmt und der Haupttara zugerechnet werden.

Je nach Größe der Partie werden bei Paketen oder Bündeln ein bis zwei derselben losgemacht, deren Verpackung gewogen und danach sowie nach der Zahl aller Pakete oder Bündel das Gewicht der ganzen inneren Verpackung berechnet. Soweit bei Granthaspelung die Unterbinden normal sind, werden solche nicht als Tara taxiert. Das Gewicht der so ermittelten inneren Tara ist auf den Bescheinigungen gesondert anzugeben. Wird eine andere Behandlungsweise vorgeschrieben, so ist solche auf den Einlieferungszetteln vorzumerken.

Die drei Probebündel werden einzeln unmittelbar nach der Auswahl durch zwei Angestellte einer Wägung auf zwei Waagen unterworfen, welche bei einer Belastung von 750 g auf 1 cg genau sind. Das Gewicht, welches bis zu 15 cg übereinstimmen muß, wird doppelt gebucht. Der Berechnung wird das Resultat der ersten Abwägung, insofern die Richtigkeit derselben durch die zweite Abwägung konstatiert worden ist, zugrunde gelegt.

Zwei der vorhandenen drei Probebündel werden in den Trocknungsapparaten getrocknet.

Die Temperatur in den Trocknungsapparaten soll 140° C nicht übersteigen. Das so erhaltene Gewicht heißt das absolute Gewicht.

Die höchste zulässige Differenz im Gewichtsverlust zwischen den Austrocknungen der beiden Bündel wird auf $\frac{1}{3}\%$ festgesetzt.

Aus dem absoluten Gewicht der beiden getrockneten Bündel wird durch Proportion das absolute Gewicht des ganzen Ballens berechnet und aus diesem durch Hinzurechnen von 11 % für zulässige Feuchtigkeit das Handelsgewicht des Ballens bestimmt.

Beträgt die Gewichts-differenz zwischen den zwei Bündeln mehr als $\frac{1}{3}\%$, so wird auch das dritte Bündel getrocknet. Überschreitet alsdann die größte Differenz der drei Austrocknungen nicht 1 %, so wird das Mittel derselben den vorgeschriebenen Berechnungen zugrunde gelegt.

Wenn aber der Unterschied des Gewichtes der ausgetrockneten Seide zwischen zwei bzw. drei Bündeln mehr als 1 % ausmacht, so wird die Seide einer neuen Behandlung unterworfen. Die Seide wird alsdann zum Zwecke der Ausgleichung offen ausgebreitet und 48 Stunden lang einer möglichst gleichmäßigen Temperatur ausgesetzt. Nachher wird sie zum zweiten Male behandelt.

Alle Berechnungen werden doppelt, und zwar nach verschiedenen Methoden, ausgeführt¹.

XI. Chemische Eigenschaften der Seide.

1. Zur Konstitution der Seide. Aus den Spinnrüden sondert die Seidenraupe zwei voneinander verschiedene Sekrete ab, die den Rohfaden bilden. Die zwei Einzelfasern, die den Rohfaden bilden, bestehen aus dem sog. Fibroin und werden durch den gemeinschaftlichen Bast

¹ Weitere Details zur Kondition siehe im analytischen Teil.

oder Seidenleim, Serizin genannt zusammengehalten. Die letztere Substanz ist gelblich bis gelb gefärbt und in kochendem Wasser löslich, besser noch in heißer Seifenlösung oder in heißen Alkalien. Die Spinnflüssigkeiten der Raupe erstarren in dem Momente, wo sie der Luft ausgesetzt werden.

Dem Gewichte nach hat der Seidenleim zu ca. 23% Anteil am Kokonfaden; dieser macht auch die Rohseide hart, glanzlos und brüchig. Jede Seide wird deshalb vor der Verarbeitung zu Textilien von diesem Seidenleim oder Bast befreit; diese Operation wird Entbasten genannt. Es ist üblich, das Serizin mit einer 95° heißen Seifenlösung zu entfernen. Dadurch verliert die Seide 20—30% an Gewicht, erhält aber erst jetzt den hohen Glanz und die Geschmeidigkeit. Starke Alkalien lösen nicht nur den Seidenleim, sondern sie greifen auch die Fasern an, dies besonders bei erhöhter Temperatur, weshalb sie nicht zum Entbasten verwendet werden können. Die Bastseifenlösung ist kein Abfallstoff, sondern wird beim Färben der Seide wiederum dem Färbebad zugesetzt, wo sie die Faser schützt und den Glanz und die Weichheit beibehalten läßt.

Mit Ausnahme von wenigen im Stück zu färbenden Seidenstoffen, wie Pongees, Satins usw., wird die Seide vor der Weiterverarbeitung im Strang entbastet.

Nach dem Konditionierprospekt aus dem Jahre 1908 der Lyoner Seidenkonditionieranstalt werden die Gewichtsverluste beim Entbasten der Seiden wie folgt angegeben:

Gelbe Seide		Weiße Seide	
Französische . . .	24,18%	Französische . . .	21,54%
Italienische . . .	23,40 „	Piemont	20,68 „
Piemont	22,92 „	Italienische	21,40 „
Spanische	24,94 „	Brussa	21,92 „
Syrische	24,35 „	Chinesische	17,98 „
Bengal	22,05 „	Kanton	22,17 „
		Japanische	17,90 „

Nach Chittick werden folgende Verluste beim Entbasten gewertet:

Japan, weiß	18—21%	Chinesische Seiden .	20—23%
„ , gelb	21—23 „	Tsatles	20—24 „
Italienische, weiß .	20—22 „	Kantone	20—23 „
„ , gelb	20—23 „	Tussahseiden	8—14 „

Es muß hier gesagt werden, daß je nach Herkunft der Seide immer Schwankungen beim Entbasten zu beobachten sind. Bei Seidensträngen ist der Verlust meist höher, nämlich 24—27%, als bei Rohseide, wo er im Mittel 23% beträgt. Es kommt dies daher, daß beim Haspeln und Umhaspeln zur Lösung der aneinander geleimten Fäden die Kokons mit Seifenlösung oder Ölemulsionen getränkt wurden und daß diese Stoffe vom Seidenleim resorbiert werden, so daß eine Gewichtszunahme von 2—5% stattfinden kann.

Es folgen nun eine Anzahl Analysen über die Zusammensetzung der Rohseiden.

Analyse nach Mulder, italienische Seide:

Seidenfaser	53,35 %	Ätherlöslich	0,01 %
Wasserlöslicher Teil	28,86 „	Essigsäurelöslich	16,30 „
Alkohollöslicher Teil	1,48 „		

Chemische Bestandteile nach Mulder:

Fibroine	53,37 %	Wachs	1,39 %
Gelatine	20,66 „	Farbstoffe (natürliche)	0,05 „
Albumin	21,43 „	Fettstoffe	0,10 „

Nach Richardson hat Maulbeerseide folgende Zusammensetzung:

Wasser	12,50 %	Serizin	22,58 %
Fette	0,14 „	Fibroin	63,10 „
Harze	0,56 „	Mineralstoffe	1,12 „

Chittick macht darauf aufmerksam, daß die weiße Japanseide den geringsten Gewichtsverlust beim Entbasten zeigt, so daß sie besonders dort geeignet ist, wo erst am fertiggewobenen Stück entbastet wird. Im allgemeinen sind die Gewichtsverluste in der Praxis nicht so groß wie die Laboratoriumsergebnisse für den genauen Entbastverlust ergeben, weil in Betrieb nicht so energisch entbastet wird, um das Material zu schonen. Der Gewichtsverlust beim Entbasten wird üblicherweise durch das „Chargieren“ der Seide (siehe dort) teilweise, ganz, oder sogar über Pari hinaus wettgemacht. Da nun vom Seidenfabrikanten der Färberei oft nichtentbastete Seide zum Färben gegeben wird, werden folgende offizielle Verlustzahlen und Chargierungen vereinbart:

Chargierung, offiziell zulässig	Retourgewicht des Gutes	Verlust beim Entbasten in %										
		20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
		offizielle Chargierung										
14	0,875	9	11	12	14	15	17	18	20	22	23	25
16	1,000	25	27	28	30	32	33	35	37	39	41	43
18	1,125	41	42	44	46	48	50	52	54	56	58	61
20	1,250	56	58	60	63	64	67	69	71	74	76	79
22	1,375	72	74	76	79	81	83	86	88	91	94	96
24	1,500	88	90	92	95	97	100	103	105	108	111	114
26	1,625	103	106	108	111	114	117	120	123	126	129	132
28	1,750	119	122	124	127	130	133	136	140	143	146	150
30	1,875	134	137	140	144	147	150	153	157	160	164	168
32	2,000	150	153	156	160	163	167	170	174	178	182	186
36	2,250	181	185	188	192	196	200	204	208	213	217	221
40	2,500	213	216	221	225	229	233	238	242	247	252	257
44	2,750	244	248	253	257	262	267	272	277	282	287	293
48	3,000	275	280	285	290	295	300	305	311	317	323	329
52	3,250	306	311	317	322	328	333	339	345	351	358	364
56	3,500	338	343	349	355	361	367	373	379	386	393	400
60	3,750	369	375	381	387	393	400	407	414	421	428	436

Verschiedene Japanseiden sind von Suzuki, Yoshimura und Inouye¹ analysiert worden:

¹ Journ. Coll. Agric. Imp., Univ. Tokio, 1909, S. 59.

	Bombyx mori %	Sakusan %	Yama-mai %	Kuri-wata %
Feuchtigkeit	12,90	13,16	11,29	11,71
Trockensubstanz	87,10	86,84	88,71	88,29
100 Teile Trockensubstanz enthalten:				
Asche	0,63	2,92	4,73	3,85
Lösliches in kochendem HCl	99,14	92,21	97,07	88,34
Unlösliches in kochendem HCl	0,86	7,79	2,93	11,66
Totalstickstoff	18,98	18,87	17,73	16,73
Stickstoff, löslich in HCl	18,86	16,39	17,26	15,77
„ , unlöslich in HCl	0,12	2,48	0,47	0,96
100 Teile des Totalstickstoffs ergeben:				
Stickstoff, HCl-löslich	99,34	86,87	97,34	94,26
Ammoniak	4,57	2,52	3,85	4,08
Stickstoff als Phosphorsäureester	1,78	13,11	19,44	15,54

Des weiteren ist hier eine Rohseidenanalyse nach Silbermann¹ angeführt:

	Weiße		Gelbe	
	Kokons %	Rohseide %	Kokons %	Rohseide %
Fibroin	73,59	76,20	70,02	72,35
Fibroinasche	0,09	0,09	0,16	0,16
Serizin	22,28	22,01	24,29	23,13
Wachse, Fette	3,02	1,36	3,46	2,75
Salze	1,60	0,30	1,92	1,60

Der Unterschied zwischen „Maulbeerseide“ und Tussahseide wird ebenfalls in einer Analyse nach Silbermann gut illustriert:

	Maulbeerseide		Tussahseide	
	Kokon- fäden %	Fibroin allein %	Kokon- fäden %	Fibroin allein %
Kohlenstoff	36,77	47,47	46,96	48,50
Wasserstoff	6,21	6,37	6,26	6,34
Stickstoff	17,57	17,86	17,60	18,37
Sauerstoff	28,25	28,01	26,39	26,39
Asche	1,20	0,29	2,85	0,40

Der Aschegehalt entbasteter Seide schwankt je nach Art und Herkunft der Seide um 0,5%. In Rohseiden ist meist der Aschegehalt bis zu 1% und in Yama-mai-Seide sogar bis zu 8% erhöht. Nach Allen² ist der größere Teil der Asche bei Rohseide dem Seidenbast adhärirt und kann beim Entbasten leicht entfernt werden. Nur ca. 0,6% Asche können durch Waschen nicht aus dem Fibroin entfernt werden.

2. Das Fibroin. Die eigentliche Seidenfaser, das Fibroin, hat große Ähnlichkeit mit der Wollfaser und ist ohne Zweifel wie diese ein Aminosäurederivat; ein Proteid. Die Elementaranalyse nach Mulder liefert folgende Zahlen:

¹ Die Seide, Bd. 2, S. 210.

² Commercial Organic Analysis, Bd. 4, S. 507.

Kohlenstoff	48,80 %	Sauerstoff	25,00%
Wasserstoff	6,23 „	Stickstoff	19,00 „

Die Zahlen nach Vignon für sehr gut gereinigte Seide sind folgende:

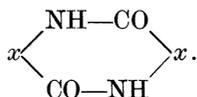
Kohlenstoff	48,3%	Stickstoff	19,2%
Wasserstoff	6,5 „	Sauerstoff	26,0 „

Vignon hat sein Untersuchungsmaterial auf folgende Art gereinigt: 10 g Rohseide werden in 1500 ccm kochendem Wasser mit 15 g guter, neutraler Seife gewaschen. Darauf in heißem und kaltem Wasser geschwenkt, wiederum in einem frischbestellten, gleichartigen Seifenbad gekocht und wiederum gewaschen. Daraufhin wird mit verdünnter Salzsäure und dann mit 90 %igem Alkohol gewaschen. Die so behandelte Seide enthielt nunmehr noch 0,01 % Asche.

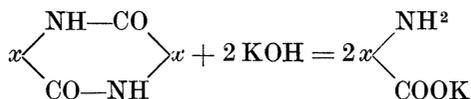
Eine weitere Analyse gibt folgende gute Mittelwerte an:

Kohlenstoff	48,53%	Stickstoff	18,33%
Wasserstoff	6,43 „	Sauerstoff	26,67 „

Nach Richardson kann für das Fibroin folgende Strukturformel geltend gemacht werden:



wobei x = Kohlenwasserstoffreste sind. Bei der Verseifung mit Kalilauge werden auch tatsächlich eine Reihe von Aminosäuren erhalten nach dem Schema:



3. Gehalt der Rohseide an Fibroin. Nach Allen¹ hat die Rohseide vom Maulbeerspinner einen mittleren Fibroingehalt von 66 %, einen Feuchtigkeitsgehalt von 11 %, und, abgesehen von 1 % Asche, ist der restliche Anteil von 22 % dem Serizin zugeteilt.

Die Bestimmungsmethoden für den tatsächlichen Fibroingehalt sind indes noch nicht so ausgebaut, daß nicht die verschiedenen Beobachter zu ziemlich stark differenzierenden Zahlen gekommen wären. So erhielt Mulder von der Seide gleicher Herkunft 53,35 % Fibroin, wenn die Entbastung mit kochender verdünnter Essigsäure vorgenommen wird. Städeler entbastete die Seide mit kalter 5 %iger Natronlauge und erhielt 42—50 % Fibroin. Cramer, welcher die Rohseide durch Kochen mit Wasser allein bei 133° C. unter Druck zu entbasten versuchte, erhielt 66 %. Die Entbastung mit kochender Seifenlösung und Essigsäure nacheinander in doppelter Folge wurde von Francèzon ausgeführt und ergab einen Fibroingehalt von 75 %, welcher nämlichen Gehalt auch Vignon bei seinen Bestimmungen erhielt. Auf der andern

¹ Commercial Organic Analysis, Bd. 4, S. 506.

Seite bestimmten Fischer und Skita¹ in technisch entbasteter Seide den restlichen Serizingehalt zu ungefähr 5%.

Diesen Schwankungen des Fibroingehaltes wurde von der Mailänder Kommission (1906) Rechnung getragen bei der Aufstellung von Normen für die Industrie. Es wurde auch dort mitgeteilt, daß die nämliche Rasse der *Bombyx mori* je nach Futter, Pflege, Jahreszeit usw. Fäden mit schwankendem Serizingehalt spinnt. Nach dem Mailänder Beschluß schwankt der Fibroingehalt normalerweise zwischen 73 und 84%; und zwar ist dies diejenige Seide, die durch Entbasten mit Seife gewonnen wird. Durch kochende Seifenlösung gehen bei den Handelsrohseiden 16—27% als Bast verloren. Die nachfolgenden Analysen dürfen als Normalien für gute Rohseide angesehen werden:

	Minimum %	Maximum %	Mittel %
In 3prozentiger Seifenlösung löslicher Teil	21,449	25,913	22,865
In destilliertem Wasser bei 50—55° löslich	0,447	1,053	0,617
In Äther löslich	0,104	0,451	0,275
Asche	0,726	0,903	0,855

Der Gehalt an löslicher Leimsubstanz beträgt bei der Japanseide 18%, bei der Chinaseide 19%, bei gelber Europaseide 22%, während gute Tussahseide nur 15% Bast aufweist.

4. Die chemischen Eigenschaften des Fibroins. Im Gegensatz zum Keratin der Wolle enthält die Seidenfaser, das Fibroin, keinen Schwefel; ebenso ist seine Zusammensetzung nur ganz geringen Schwankungen unterworfen. Die empirische Bruttoformel für das Fibroin nach Mulder ist $C_{15}H_{23}N_5O_6$, nach Mills und Takamine ist sie $C_{24}H_{38}N_8O_8$ und nach Schützenberger $C_{71}H_{107}N_{24}O_{25}$. Cramer bestätigt die Resultate von Mulder, während Richardson¹ die Formel $C_{60}H_{94}N_{18}O_{25}$ erhält und Vignon für seine gutgereinigte Faser $C_{22}H_{47}N_{10}O_{12}$ findet.

Silbermann hat die Seide mit Bariumhydrat bei Siedetemperatur abgebaut und die Abbauprodukte als Kohlensäure, Oxalsäure, Essigsäure zusammen mit einer Aminosäure von der mutmaßlichen Bruttoformel $C_{68}H_{141}N_{21}O_{43}$ bestimmt. Diese letztere Aminosäure kann weiter abgebaut werden in Tyrosin, Glykosin, Alanin, Aminobuttersäuren und Aminoacrylsäuren.

Fischer und Skita¹ gelang der Nachweis von Aminovaleriansäure, $C_3H_7 \cdot CH(NH_2) \cdot COOH$ im Fibroin. Im Gegensatz zu den Abbaustoffen anderer Eiweißkörper enthalten diejenigen der Seide keine Asparaginsäure der Formel $COOH \cdot CH_2 \cdot CH(NH_2) \cdot COOH$; Glutaminsäure, $COOH \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot CH(NH_2) \cdot COOH$ soll hingegen angetroffen werden, trotzdem Fischer sie nicht nachweisen konnte.

Analog wie bei der Wollfaser kann die Gegenwart freier Aminogruppen durch Diazotieren und Kuppeln mit Phenol-, Resorzin-, Naphtholen usw. nachgewiesen werden; man erhält eine gefärbte Faser.

Aus dem Verhalten der Seidenfaser gegenüber alkoholischem Kali schließt Richardson, daß Seide eher ein kompliziertes Säureamid als

¹ Z. physiol. Chem. 33 (171) und 35 (224).

eine Aminosäure sei. Wird Seide längere Zeit mit verdünnter Schwefelsäure gekocht, so entsteht eine gelbbraune Lösung, die nur noch wenig öligen Rückstand aufweist. Aus diesen Abbauprodukten isolierte Weyl 5,2% Tyrosin, 7,5% Glykosin und 15% kristallisiertes Alpha-Alanin.

Mit Millons und Adamkiewitz's Reagens werden die üblichen Proteinreaktionen erhalten, ebenso gibt Seide die Biuretreaktion.

Millons Reagens ist die salpetersaure Lösung von Quecksilbernitrat, welche erhalten wird, wenn man 1 ccm Quecksilber mit 10 ccm Salpetersäure von der Dichte 1,4 bis zur vollständigen Lösung erwärmt. Die Lösung wird mit Wasser auf das doppelte Volumen verdünnt und gibt mit Proteinlösungen zuerst einen weißen Niederschlag, welcher beim Kochen ziegelrot wird. Ein unlösliches Proteid wird ebenfalls rot angefärbt. Bei der Probe nach Adamkiewitz wird das Proteid in Eisessig gelöst und mit konzentrierter Schwefelsäure versetzt, worauf bei positiver Reaktion eine Violettfärbung mit gleichzeitiger Fluoreszenz entsteht.

Bei der Biuretreaktion wird zu der Eiweißsubstanz ein wenig einer Kupfersulfatlösung gegeben, worauf ein weißer Niederschlag entsteht, welcher auf Zusatz von Natronlauge mit violetter Farbe in Lösung geht.

Mit dem Hübelschen Reagens werden nach Richardson von der Seide bis zu 30% Jod resorbiert. Versuche, die Seide zu azetylieren, scheiterten dagegen vollständig.

Cohnheim gibt der Seide als Eiweißstoff folgende Zusammensetzung der Abbaustoffe.

Glykokoll	36,0 %	α -Pyrrolidinkarbonsäure . .	0,3 %
Alanin	21,0 „	Serin	1,6 „
Leuzin	1,5 „	Tyrosin	10,0 „
Phenylalanin	1,5 „	Arginin	1,0 „

Als Zwischenstufen beim Abbau der Seide werden ferner genannt: Lysin, Histidin, Tryptophan und Aminovaleriansäure.

Die Zusammensetzung der Abbaustoffe scheint aber auch mit der Herkunft der Seide zu differieren, wie folgende Tabelle zeigt:

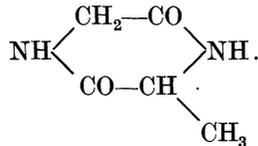
	Bombyx Mori		Roh-Sakusan	Roh-Yama-mal	Roh-Kuri-wata	Roh-Tussah
	Fibroin	Serizin				
	%	%	%	%	%	%
Glykokoll	36,0	0,1—0,2	5,7	6,3	7,7	35,13
Alanin	21,0	5,0	4,8	7,2	15,3	23,4
Leuzin	1,5	—	1,2	1,3	7,95	1,76
Pyrolin	0,3	—	—	—	4,0	3,68
Glutaminsäure	—	—	—	0,6	?	6,16
Asparaginsäure	—	—	1,0	1,0	0,2	—
Tyrosin	12,0	5,0	1,4	2,0	5,5	4,2
Histidin	—	—	2,7	1,6	1,01	—
Arginin	1,0	4,0	3,1	3,8	1,74	5,24
Ammoniak	1,05	1,87	0,6	0,8	0,8	1,16

Das Fibroin ist in verdünnten Alkalikarbonaten und in Ammoniak unlöslich, während schon eine 1%ige Laugelösung die Faser zerstört,

besonders auch bei erhöhter Temperatur. Aus den Lösungen in starken Alkalien kann die Seide durch Verdünnen wieder abgetrennt werden. Außer in fixen Alkalien löst sich Seidenfibroin auch in Essigsäure (Essig), in starker Salz-, Schwefel-, Salpeter- oder Phosphorsäure. Nickel-, Kupfer- und Zinkalkalinate lösen das Fibroin ebenfalls.

Wird Seide (Fibroin) in kalter konzentrierter Salzsäure gelöst und bei gewöhnlicher Temperatur während 16 Stunden mit der 3fachen Menge Salzsäure (spez. Gewicht 1,19) stehengelassen, so kann mit Alkohol keine Fällung der Seide mehr erhalten werden; d. h. die Hydrolyse ist so weit fortgeschritten, daß peptonähnliche Abbauprodukte vorliegen. Beim Ausdämpfen unter vermindertem Druck kann ein Niederschlag erzielt werden. Wird das obige Produkt in wässriger Verdünnung mit Ammoniak neutralisiert und Trypsinferment versetzt, so kristallisiert in einigen Stunden Tyrosin aus.

Aus einer mit Salzsäure hydrolysierten Seide konnten Fischer und Abderhalden¹ ein Dipeptid, das Methyl diketopiperazin, isolieren.

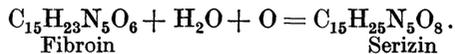


Sie erhielten es zu 12% aus der angewandten Seide und es erwies sich identisch mit dem synthetisierten Körper aus Alanin und Glykokoll.

5. Serizin. Nach Richardson erhält man für das Serizin folgende Analysenwerte:

Kohlenstoff	48,80 %	Sauerstoff	25,97 %
Wasserstoff	6,23 „	Stickstoff	19,00 „

Daraus berechnet sich die Bruttoformel zu $\text{C}_{16}\text{H}_{25}\text{N}_5\text{O}_8$. Einige Forscher vertreten die Ansicht, daß das Serizin Abkömmling des Fibroins sei, hervorgegangen durch Oxydation und Wasseraufnahme nach dem Schema:



Das Serizin in Substanz zu erhalten, dürfte übrigens schwierig sein, insofern wir beim Kochen mit Wasser, wobei es von der Seide abgezogen wird, nicht ganz sicher sind, daß es nicht auch schon abgebaut wird. Aus der wässrigen Lösung können wir mit ca. 1% iger Essigsäure das Serizin ausfällen. Auf diese Weise hergestelltes Serizin mit Alkohol und Äther gewaschen und getrocknet, zeigt dann folgende Elementarzahlen:

Kohlenstoff	45,00 %	Stickstoff	17,14 %
Wasserstoff	6,32 „	Sauerstoff	31,54 „

Obiges Serizin ist leicht löslich in Wasser, in konzentrierter Salzsäure, in Kaliumkarbonat; beim Behandeln mit Natriumkarbonatlösung tritt nur Schwellung, keine Lösung auf.

¹ Berichte, 1906, S. 752.

Beim Abbau mit verdünnter Schwefelsäure erhält man geringe Mengen Leuzin und Tyrosin und gar kein Glykokoll; dagegen als Hauptmenge einen kristallinen Niederschlag, Serin genannt, welches folgende Formel aufweist:



Aus den Lösungen in Wasser, Seifen und verdünnten Alkalien wird Serizin durch Alkohol, Gerbstoffe, Bleiazetat (basisches), Zinnchlorid, durch Brom und Jod und durch essigsäures Ferrizyankali gefällt. Beim Behandeln mit Formaldehyd wird Serizin in Wasser und Seifenlösung unlöslich gemacht; demzufolge kann man Rohseide in allen Fällen, wo sie den Seidenleim nicht abgeben soll, mit Formaldehyd behandeln.

Auf Grund seiner Elementaranalysen gibt Mulder dem Serizin die Bruttoformel $\text{C}_{15}\text{H}_{25}\text{N}_5\text{O}_8$.

Analyse:

Kohlenstoff	42,60 %	Sauerstoff	35,00 %
Wasserstoff	5,90 „	Stickstoff	16,50 „

Bolley erhielt die folgenden Elementarzusammensetzung:

Kohlenstoff	44,32 %	Sauerstoff	31,20 %
Wasserstoff	6,18 „	Stickstoff	18,30 „

Nach Cohnheim sind die identifizierten Abbauprodukte des Seidenleimes in folgenden Verhältnissen anzutreffen:

Glykokoll	0,1—0,2 %	Tyrosin	5 %
Alanin	5 %	Lysin	unbestimmt
Leuzin	unbestimmt	Arginin	4 %
Serin	6,6 %	Ammoniak	1,87 %

Vignon¹ beobachtete Lösungen von Serizin und Fibroin im polarisierten Licht, wo sie sich als schwach linksdrehend erwiesen; ihre beiden Drehungen von ca. 40° erwiesen sich gleich groß. Diese Erscheinungen decken sich mit denjenigen bei andern Eiweißstoffen.

6. Der Eigenfarbstoff der Seide. Nach Dubois ist der gelbe Farbstoff der Seide ein Homologes des Karotins (gelber Farbstoff der Rüben). Er unterscheidet 5 verschiedene natürliche Färbungen der Rohseide, welche Farbstoffe nachgenannte Eigenschaften besitzen: 1. Ein goldgelber Farbstoff, löslich in Kaliumkarbonat und durch Essigsäure fällbar; 2. ein kristallisierbarer Körper, gelblich-rot im durchscheinenden Licht und braun im reflektierten; 3. ein zitronengelber, amorpher Farbstoff, körnig aus Alkohol zu erhalten; 4. gelbe, oktaedrische Kristalle, wie kristallisierter Schwefel; 5. stark blaugrüne Pigmente, Kristallform nicht sicher.

Levrata und Conte² wiesen nach, daß die Farbstoffe der Rohseide schon im Futter der Seidenraupen enthalten sind; grünliche Seiden enthalten somit Chlorophyll, welches auch nachgewiesen werden kann; der Farbstoff der gelben Seiden ist ebenfalls schon in den Maulbeer-

¹ Compt. Rend. Bd. 103, S. 802.

² Journ. Soc. Ind. Bd. 2, S. 172.

blättern enthalten. Diese Forscher fütterten Seidenraupen mit künstlich gefärbtem Futter und konnten die betreffenden Farbstoffe in der von diesen Raupen gesponnenen Seide nachweisen; womit die Frage der Herkunft der Rohseidenfärbung restlos aufgeklärt ist. Dabei stellte sich heraus, daß mit *Attacus orizaba* diese Versuche deutlicher zu demonstrieren sind als mit *Bombyx mori*.

7. Der Einfluß erhöhter Temperaturen. Im Vergleich zur Wolle erträgt die Seide höhere Temperaturen ohne Schaden zu nehmen. Beim Konditionieren geht man bis zu 140° C und beobachtet noch keine Zersetzungerscheinungen, respektive Schwächung der Faserfestigkeit. Bei Temperaturen gegen 170° setzt dann allerdings die Zerstörung rasch ein. Die brenzlichen Dämpfe sind dabei weniger unangenehm im Geruch als beim Verkohlen der Wolle. (Das Verkohlen der Fasern ist eine von Praktikern oft angewandte Schnellanalyse zum raschen Entscheid, was für Fasern in einem Gewebe vorliegen!) Die Vorgeschichte der Faser bei Wolle und Seide spielt oft auch eine Rolle, bei welcher Temperatur Zersetzung eintreten kann.

8. Verhalten gegen Wasser. Die Seide besitzt ein bedeutendes Absorptionsvermögen für Wasser und darin gelöste Stoffe. Man muß deshalb besonders gegen harte und schmutzige Wasser besonders vorsichtig sein, weil der Griff und der Glanz sehr leicht beeinträchtigt werden können. Aus diesem Grund sind die meisten modernen Seidenfärbereien mit Wasserenthärtungsanlagen ausgerüstet; insbesondere bewähren sich Zeolitanlagen¹. Schon beim Abhaspeln, bzw. Degummieren der Kokons soll ein sehr weiches Wasser verwendet werden, um möglichst hohe Seidenqualitäten zu erreichen.

9. Verhalten gegen Säuren. Die Seide absorbiert die verschiedensten verdünnten Säuren, wobei in den meisten Fällen nach dem Trocknen erhöhter Glanz und Griff erhalten werden. Im Gegensatz zur Wolle ist auch eine gute Affinität zu Gerbsäuren zu beobachten, wovon beim Beschweren und Färben häufig technisch Gebrauch gemacht wird (Schwarzfärben mit Eisen-Blauholz).

Der Chemismus des Tannierens der Seide ist dabei verschieden von demjenigen bei vegetabilen Fasern.

Nach Heerman² nehmen vegetabile Fasern nur geringe Mengen Gerbstoffe aus wässriger Lösung auf, und zwar bildet sich ein Gleichgewicht zwischen Wasser, Gerbstoff und Faser aus. Die aufgenommene Menge wird auch leicht wieder mit kaltem Wasser von der Faser abgezogen. Die Wolle absorbiert nur ganz geringe Gerbstoffmengen aus kalten Lösungen und in heißen Lösungen wird sie dabei hart im Griff. Seide dagegen absorbiert große Mengen an Gerbsäuren schon aus kalten Lösungen und bis zu 25% des eigenen Gewichtes aus heißen Lösungen. Des weitern kann durch bloßes Waschen mit Wasser das Tannin nicht restlos wieder entfernt werden. Heerman hat mit nachfolgenden Gerb-

¹ Vergleiche dagegen S. 204: Der schädliche Einfluß kochsalzhaltigen Wassers bei der Seidenbeschwerung.

² Färber-Ztg. 1908, S. 4 (siehe auch: Journ. Soc. Ind. 1892, S. 129). Knecht und Georgievics, Mitt. Gewerbemuseum, S. 362. Wien 1898.

stoffen Versuche ausgeführt: mit Gambir, Gambirersatz (?), Aleppogallen, Sumachextrakt und Divi-divi-Extrakt. Die Versuche dehnten sich aus auf: entbastete Seide; mit Preußischblau gefärbte Seide und zinnphosphatchargierte Seide, wobei sich folgende Ergebnisse zeigten: Von allen 3 Seiden wird Gambirextrakt am kräftigsten absorbiert; bei Gallen- und Sumachextrakten absorbiert nur reine, entbastete Seide größere Mengen, während chargierte oder gefärbte Seide dafür kein großes Aufnahmevermögen zeigt. Divi-divi kommt dem Gambirextrakt am nächsten; Gambirsurrogate sind von stark wechselnden Eigenschaften, und Tannin wird nur aus konzentrierten Lösungen absorbiert.

Konzentrierte Salz- und Schwefelsäure lösen die Seide unter Bildung von Abbaustoffen auf, während Salpetersäure wie bei der Wolle gelbgefärbte Xantoproteinsäuren bildet. Durch kochende Zinnchlorürlösung kann die Gelbfärbung durch Salpetersäure rückgängig gemacht werden. Die Reaktionen auf Seide mit rauchender Salpetersäure sind sehr spezifische: Beim Behandeln mit einer Säure von 1,33 spez. Gew. bei 45° während einer Minute entsteht eine licht- und waschechte Gelbfärbung. Ganz reine, von nitrosen Gasen freie Salpetersäure zeigt diese Gelbfärbung nicht. Die gelbe Färbung der nitrosierten Seide kann durch Alkalien wesentlich vertieft werden. Nach Vignon und Sisley¹ beträgt beim Nitrieren² die Gewichtszunahme für reines Fibroin bis zu 2%.

Wird Nitroseide mit starker Schwefelsäure behandelt, so schwillt sie zu einer gallertigen Masse, ähnlich dem Eialbumin, auf. Die Lösung in starker Salzsäure geht äußerst rasch vor sich und ist in wenigen Minuten eine vollständige. Wolle und Baumwolle halten der Salzsäure viel längere Zeit stand, und dieses Verhalten kann deshalb zur Trennung und Identifizierung gemischter Gewebe herangezogen werden. In konzentrierter Schwefelsäure erleidet die Seide nicht so schnell Zerstörung und Abbau; beim Behandeln während kurzer Zeit und nachfolgendem Waschen und Neutralisieren beobachtet man eine Kontraktion von 30—50% in der Längsrichtung der Faser und, abgesehen vom Verlust des Glanzes, nur geringe oder keine Zerstörung. Von diesem Verhalten wird technisch Gebrauch gemacht zur Erzeugung von Kreppeffekten dadurch, daß man konzentrierte Säuren partiell auf fertige Tuche aufträgt. Es zeigt sich ferner, daß Tussahseide gegenüber konzentrierten Säuren noch bedeutend widerstandsfähiger ist als gewöhnliche Seide und sich für diese Art der Kreppeffektherstellung besonders eignet.

Kieselfluorwasserstoff- und Fluorwasserstoffsäure üben in der Kälte und bei Konzentrationen unter 5% keine Wirkung auf die Seide aus. Diese Agenzien lösen aber alle anorganischen Stoffe auch in der Kälte auf, so daß es ein leichtes ist, eine chargierte Seide wieder in den Rohzustand zurückzuführen, wenn die genannten Säuren mit einiger Vorsicht gehandhabt werden.

Nach Versuchen von Farell³ schrumpft Seide in einer Salzsäure von 29° Twaddles um ein Drittel ihrer Länge ein, ohne die ursprüngliche

¹ Compt. Rend. 1891. ² Wahrscheinlich ist die Reaktion eine Nitrosierung.

³ Journ. Soc. Dyers and Col. 1905, S. 70.

Festigkeit zu verlieren. Kommt die Säure verdünnter zur Anwendung, so ist keine Änderung von Belang zu beobachten, während höhere Konzentrationen, von über 30^o Tw. an, die Faser zerstören. Dieses Verhalten dient praktisch ebenfalls zur Herstellung von Kreppeffekten. Die Seide wird mit Wachs teilweise gedeckt (reserviert) und dann für 1—2 Minuten in Salzsäure von 29^o Tw. gelegt und darauf sofort gut gewaschen; das Wachs wird durch Aufkochen oder durch organische Lösungsmittel entfernt. Auf gleiche Art und Weise können auch Salpetersäure und Orthophosphorsäure zur Herstellung von Kreppeffekten herangezogen werden¹. Nach einem französischen Patent² kann mit gleichem Erfolg die sauer reagierende Lösung von Zinkchlorid in einer Konzentration von 32^o bis 76^o Tw. verwendet werden.

Durch Behandlung der Seide mit 90 %iger Ameisensäure während 2—3 Minuten bei Zimmertemperatur wird ein Aufquellen beobachtet, und man erhält plastische Seide, welche gezogen, gepreßt und geformt werden kann, wobei allerdings die Festigkeit der erhaltenen Produkte eine geringe ist, solange die Seide noch feucht ist. Wird die Säure gut ausgewaschen und die Seide getrocknet, so bilden sich die ursprünglichen Eigenschaften beinahe zurück. Wird die Seide bei obiger Ameisensäurebehandlung mechanisch nicht beansprucht, so erhält man nach dem Trocknen eine Seide mit stark erhöhtem Glanz ohne Festigkeitsverminderung. Dabei hat sich allerdings die Faser von selbst um 8—12 % ihrer ursprünglichen Länge verkürzt. Dabei ist es gleichgültig, ob die rohe oder die entbastete Seide zur Verarbeitung gelangt; nur währt in ersterem Falle die Einwirkung etwa 5 Minuten, in letzterem 2—3 Minuten. Darauf kann in üblicher Weise, am besten mit einer Olivenseife, das Entbasten vorgenommen werden. Die Schrumpfungen sind in beiden Fällen von der gleichen Größenordnung und die Gewichtsverluste beim Entbasten ebenfalls die üblichen. In dieser Art und Weise der Erzeugung höheren Glanzes gleicht das Verfahren dem Merzerisieren der Baumwolle mit Natronlauge, wo allerdings zur Erzeugung des Hochglanzes das Material noch gestreckt werden muß. Das behandelte Verfahren wird oft zur Veredlung geringerer Seiden benutzt, doch wird ein geübteres Auge den Unterschied zwischen natürlichem Glanz und künstlich erzeugtem Hochglanz immer beobachten können. Da der schädigende Einfluß von Ameisensäure auf vegetabile Fasern nicht so bedeutend ist, kann auch bei halbseidenen Geweben ein Seidenkreppeffekt erzielt werden.

10. Der Einfluß von Alkalien. Im Vergleich zur Wolle ist die Seide gegenüber Alkalien bedeutend widerstandsfähiger. In Gegenwart von Glycerin oder Glukose soll auch mit Natronlauge keine Faserschädigung erfolgen, höchstens eine Einbuße an Glanz; der Seidenleim aber wird in allen Fällen rasch aufgelöst. Durch Alkalien höherer Konzentration wird die Seidenfaser rasch zerstört und abgebaut. Gebundene Alkalien, wie Seife, Soda usw., und auch der Ammoniak sind ohne wesentlichen

¹ C. et P. Depouly, obige Zeitschr. 1896, S. 8.

² Obige Zeitschr., 1899, S. 214.

Einfluß auf das Fibroin; der Seidenleim wird ebenfalls rasch gelöst. Doch sind die letztgenannten Agenzien bei längerer Einwirkung bei Kochtemperatur imstande, auch das Fibroin abzubauen. Borax ist ohne jeden schädigenden Einfluß auf das Fibroin, hat aber leider auch fast kein Lösungsvermögen für den Seidenbast, so daß praktisch mit Borax nicht entbastet werden kann.

Kalkwasser bei gewöhnlicher Temperatur zur Anwendung gebracht, schwellt die Seide auf und lockert den Bast, ohne ihn ganz zu lösen. Bei höherer Temperatur wird Seide durch Kalkwasser brüchig gemacht.

11. Einwirkung von Metallsalzen. Eine große Zahl von Metallsalzen werden von der Seide oft außerordentlich gut absorbiert, und die dabei auftretende Gewichtserhöhung hat im Beschweren der Seide große praktische Bedeutung gewonnen.

Leider wird auch in den meisten Fällen durch das Chargieren oder Beschweren der Seide diese brüchiger und in der Festigkeit herabgesetzt oder im mindesten nicht so tragecht gemacht. Strehlenert¹ beobachtete an einer auf 140% beschwerten, schwarzgefärbten Seide den Verlust an Reißfestigkeit zu $\frac{5}{6}$ der ursprünglichen. Die üblichen Zinnphosphat- und Silikatbeschwerden machen die Seide vor allen andern brüchiger. Durch Behandeln der zinnbeschwerten Seide mit Ammoniumrhodonat und Glycerin oder Tannin soll die Festigkeit verbessert werden. Von einigen Beobachtern wird dem Vorhandensein von Stannosalzen die zerstörende Wirkung zugeschrieben, während Gianoli² die oxydierende und hydrolysierende Wirkung der Salze auf die Seide für die Zerstörung verantwortlich macht. Sonnenlicht beschleunigt die Zerstörung bei chargierter Seide ganz erheblich, und zwar dies nur in Gegenwart von Luft und Feuchtigkeit, gar nicht in einem guten Vakuum. Die Zerstörung ist also zweifelsohne nicht nur eine mechanische, sondern auch eine chemische. Die Abbauprodukte enthalten Ammoniak und salpetrige Säure. Aus diesem Grunde werden Stannosalze für die Zerstörung verantwortlich gemacht und bei eisengebeizter Seide auch die Ferrosalze, welche beiden Metallsalzen eine katalytische Wirkung zuerkannt werden kann.

Zinnphosphat-silikat-beschwerte Seide wird auch durch Bäder mit Thioharnstoff oder Formaldehydhydrosulfit (Rongalit) vor rascher Zerstörung mit einigem praktischen Erfolg geschützt.

Mit dem gleichen Erfolg verwendet man auch hydrochinonsulfosaures Natron in Nachbädern von $\frac{1}{2}$ —5% oder Ammoniumrhodonat im Beschwerungsbad selbst, in Konzentration von $\frac{1}{2}$ —3%. Alle die genannten Schutzstoffe sind starke Reduktionsmittel und wirken hauptsächlich der Autooxydation entgegen.

Der Einfluß von Kochsalz auf Seide ist beim Beschweren spezifisch. Nach Sisley wurde eine Seide, welche in Gegenwart von nur 0,5% Kochsalz im Beschwerungsbad behandelt wurde, in 12 Monaten gänzlich zerstört; eine Zugabe von 1% Kochsalz zu den Bädern hatte den Erfolg, daß schon nach zweimonatigem Lagern die Seide zerstört war und ein

¹ Chem.-Zg. 1901, S. 400.

² Chem.-Zg. 1910, S. 105.

Zusatz von 5% Kochsalz verkürzte die Zeit der Zerstörung auf 7 Tage¹. Die Chloride von Kalium, Ammonium, Magnesium, Calcium und Barium sind von weniger schädlichem Einfluß auf beschwerte Seide. Oft kann ja Kochsalz aus diesem oder jenem Grunde in ein Beschwerungsbad gelangen, und auf diese Weise ist schon großer Schaden angerichtet worden.

Durch eine konzentrierte Lösung von basischem Zinkchlorid wird Seide aufgelöst und kann dann beim Verdünnen wieder als flockiger Niederschlag erhalten werden. Von diesem Verhalten wurden auch praktische Versuche gemacht, eine Fremdfaser mit Seide zu überziehen. Die nämliche lösende Wirkung auf Seide üben auch saure Zinkchloride aus, sowie Kupferoxydammoniak und Nickeloxydammoniak.

Da letzteres Reagens die Baumwolle nicht zu lösen imstande ist, kann man dasselbe zur Trennung von Seide und Baumwolle für analytische Zwecke benutzen.

Durch kochende basische Chlorzinklösung (1 : 1) wird Seide innerhalb einer Minute gänzlich gelöst, während von Baumwolle höchstens 0,5% und von Wolle 1,5—2% in Lösung gehen. In der Faseranalyse hat auch folgende alkalische Kupfersalz-Glyzerinlösung mit Erfolg Anwendung gefunden: 16 g Kupfersulfat und 10 g Glyzerin werden in 150 ccm Wasser gelöst und darauf mit so viel Natronlauge versetzt, bis eine klare Lösung entstanden ist.

Chlor sowie starke Oxydationsmittel zerstören Seide rasch, ebenso wirkt starke Zinnchloridlösung.

Für Zucker zeigt Seide ein merkwürdig ausgeprägtes Absorptionsvermögen. Praktisch wird in seltenen Fällen auch mit Zucker beschwert, insbesondere da, wo sehr helle Töne gefärbt werden.

12. Verhalten gegen Farbstoffe. Die Seide hat mehr als jede andere Faser eine hervorragende Affinität zu den verschiedensten Farben und ist auch bei mäßigen Temperaturen gut anzufärben, besser als Wolle oder Baumwolle.

Analog der Wolle hat auch Seide amphoterer Charakter und färbt sich sowohl mit sauren als auch basischen Farbstoffen an. Daß die

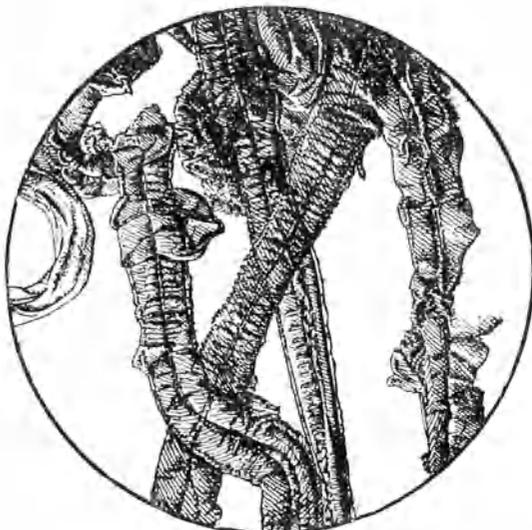


Abb. 143. Seide in Kupferoxydammoniak (100×).
(Nach Herzog.)

¹ Diese Beobachtungen haben deshalb große Bedeutung, weil sehr oft in modernen Färbereien das Wasser nach dem Permutitverfahren enthärtet wird, wobei Kochsalz in das enthärtete Wasser gelangen kann. Ferner muß ohne Kochsalz oder Glaubersalz gefärbt werden.

sauren oder basischen Gruppen des Seidemoleküls für die Affinität zum großen Teil verantwortlich gemacht werden können, wird dadurch bewiesen, daß durch Azylierung¹ der Seide die Farbstoffaffinität bedeutend verringert werden kann.

Sansone² behandelte Seide während einiger Minuten mit starker Ameisensäure und beobachtete eine gesteigerte Affinität zu substantiven Farbstoffen und Beizen. Eine eigentliche Säureaufnahme hatte nicht stattgefunden, es war vielmehr die Seide durch die genannte Behandlung in ihrem chemischen Verhalten geändert worden. Bei basischen und sauren Farbstoffen ist der Effekt weniger deutlich. Gewisse künstliche Seiden, wie Viskose im besonderen, können durch Ameisensäure ebenfalls in ihrem färberischem Verhalten geändert werden.

13. Beschweren der Seide. Die verschiedensten Metallsalze haben Affinität zur Seide, doch keines in so ausgesprochenem Maße wie Zinnchlorid. Dabei weist das Zinnsalz einige weitere Vorteile auf, die es für die Beschwerung geeignet machen: es ist farblos und beeinträchtigt weder koloristisch noch chemisch die Buntfärberei der Seide und drittens tritt es mit Phosphorsäuren zu unlöslichen Salzen zusammen, die fest auf der Seide haften und ihr Glanz, Griff und Füllkraft verleihen.

Bei einmaligem Einlegen der Seide in Metallsalzbäder werden von den bekannteren bis zu 1 Gewichtsprozent Metallsalz aufgenommen; aus dem Zinnbad aber werden 8—10% absorbiert. Durch Waschen mit heißem Wasser kann das Zinnchlorid total hydrolysiert werden, wobei auf der Faser unlösliches Zinnhydroxyd zurückbleibt. Wird dieses nun mit Phosphorsäure im Na-Phosphatbad umgesetzt, so bildet sich auf der Faser das unlösliche Zinnphosphat, wobei die Seide zugleich die Aufnahmefähigkeit für eine neue Charge Zinnchlorid zurückgewinnt.

Über den Erfinder dieser und der nachfolgenden Methoden ist nichts Näheres bekannt. Zu Beginn der Ausübung des Seidenbeschwerens kannte man das Abbinden des Zinns mit Phosphorsäure noch nicht; man hat die Charge lediglich gewaschen und mit Soda oder Ammoniak neutralisiert. Auch die Wichtigkeit einer richtig durchgeführten Hydrolyse des Zinnchlorids ist erst in neuerer Zeit bekanntgeworden. An Stelle der Phosphorsäure sind mit geringem Erfolg auch andere Säuren, welche schwerlösliche Salze bilden, vorgeschlagen worden. Am ehesten eignet sich noch Wolframsäure, während z. B. Gerbsäuren wegen ihrer Eigenfarbe nur für dunkelgefärbte Seide in Frage kommen.

Ebenso ist nicht genau bekannt, von wem und wo zum erstenmal die Silikatbeschwerung ausgeführt wurde. Diese wird immer zusammen mit der Zinnbeschwerung ausgeführt, weil sie nur dann ganz erfolgreich ist. Das Prinzip besteht darin, daß zu beschwerter Seide eine Aluminiumsulfatlösung eine ziemlich ausgeprägte Affinität aufweist. Das Aluminium wird darauf in einem Wasserglasbad zu unlöslichem Aluminiumsilikat bzw. Alkalialuminiumsilikat umgesetzt. Auch mit diesem Grunde hat eine neue Zinnsalzcharge sehr große Affinität zu Seide.

¹ Rev. Gen. Mol. Col. 1911, S. 194.

² Ob eine wirkliche Azylierung stattfindet, ist nicht sichergestellt.

Über den schädlichen Einfluß des Beschwerens auf Seide sind sehr viele und oft auch einander widersprechende Beobachtungen gemacht worden. Es hat sich gezeigt, daß eine leichte Beschwerde in den meisten Fällen schädlicher ist als eine mittelschwere. Mit Phosphorsäure abgebundenes Zinn ist weniger schädlich als Zinnhydroxyd bzw. -oxyd. Auch das Binden des Zinns an organische Säuren, Gerbstoffe, ist nicht so gut wie eine Zinnphosphatcharge. Die schädigende Einwirkung von Metallchloriden und ihre Behebung mit Rhodanat ist im vorhergehenden Kapitel erwähnt. Nach Sisley¹ ist Sulfokarbamid ein noch besserer Schutz gegen Chloridzerstörung und diese Behandlung wird heute vielerorts ausgeübt.

Wegen des hohen Zinnpreises kann nur ein Betrieb, der sämtliche Zinnabfälle regeneriert, konkurrieren. Größere Betriebe arbeiten den Zinnschlamm (Hydroxyd), der sich in Kläranlagen aus den Waschwässern abscheidet, selbst auf. Man filtriert und preßt den Schlamm (ausfrieren), trocknet und schmilzt im elektrischen Ofen das Zinn aus. Das flüssige Zinn wird in Wasser gegossen, um es granuliert zu erhalten.

In Granitkästen wird Zinn und Salzsäure vorgelegt und so lange Chlor eingeleitet, bis alles Zinn in Lösung geht. Um an Zinn zu sparen, sind dann mit Erfolg die Silikate, hauptsächlich Aluminiumsilikat und wenig Zinksilikat, zur Beschwerung herangezogen worden. Beide geben für sich allein ungenügende Resultate, in Kombination aber mit Zinnphosphat werden die besten Erfolge erzielt. Blei, Wismut, Kupfer, Mangan und Antimon sind ebenfalls zur Beschwerung neben Zinnphosphat empfohlen worden; doch haben diese Metalle nur geringe Anwendung gefunden.

Durch Imprägnieren der Seide mit Albumin, Leim, Agar und Härten dieser Stoffe (unlöslicher machen) mit Formaldehyd kann ebenfalls Beschwerung erreicht werden. Durch diese Verfahren leiden aber meist Glanz und Griff der Faser, und die Kosten im Vergleich zum zugesetzten Gewicht stehen in keinem praktischen Verhältnis zueinander.

14. Entbasten, Bleichen und Beschweren in der Praxis. Nur selten wird Rohseide, d. h. Seide mit dem gesamten Bast, verarbeitet. Man benennt die Produkte aus nicht entbasteter Seide „Ecu“, während teilweise entbastete Seide „Souple“ und die gänzlich entbastete Seide „Cuite“ genannt wird. Letztere ist auch des natürlichen Farbstoffes entledigt, weil dieser nur im Seidenleim enthalten ist. Die beiden basthaltigen Produkte müssen gebleicht werden; die entbastete Seide wird nur für helle Töne noch gebleicht, während Tussah auf alle Fälle gebleicht wird.

Der beim Entbasten entstehende Gewichtsverlust veranlaßte die ersten Versuche, durch Beschweren wieder auf das ursprüngliche Gewicht zu kommen. Heute ist aus dem Beschweren ein umfassendes Gewerbe entstanden, und diese Art der „Veredlung“ hat oft nicht mehr viel mit dieser Bezeichnung gemein.

Das Entbasten wird an der Seide ausschließlich in Strangform ausgeübt. Die Bäder enthalten 10—30 g Seife pro Liter und wirken bei

¹ Rev. Gen. Mol. Col. Bd. 13, S. 33.

nahezu 100° sehr rasch lösend auf den Bast. Das Fibroin leidet kaum unter dieser Behandlung; etwas nachteilig ist lediglich das Schlüpfriegerwerden mit erhöhter Neigung, sich zu verwickeln; es muß also sehr sorgfältig hantiert oder „durchgesetzt“ werden.

Die Kufen sind meist so dimensioniert, daß in zweimal ca. 20 Minuten zweimal unpassiert wird. Darauf folgt ein lauwarmes Sodabad und eine doppelte Wäsche mit reinem, weichem Wasser. Für sehr reine Töne und weiße Seide folgt dem ersten Seifenbad meist noch ein zweites mit ca. 20% Seife. An die Seife stellt man heute große Anforderungen. Man verwendet meist Marseiller Seife mit höchstens 1% Unverseiftem und 0,1% freiem Alkali.

Ein 30%iges Ammoniakbad soll ebenfalls gutes Entbasten ermöglichen, doch ist dieses Verfahren sowohl wegen des Preises als auch wegen dem unangenehmem Geruch des Ammoniaks kaum praktisch im Gebrauch.

Interessant sind auch die in dem DRP. 283923 und im Seifenfabrikant 1916, S. 257, erwähnten enzymatischen Entbastmittel, Präparate aus der Bauchspeicheldrüse. Keines der erwähnten Ersatzmittel für Seife löst aber zugleich den Farbstoff in gleichem Maße von der Seide wie gute Seife.

In neuerer Zeit haben sich mehr und mehr die Schaumabkochapparate eingebürgert, weil die Seide besser im Griff und Glanz bleibt und das Verspulen erleichtert. Für halbseidene Stoffe sind Breitabkochapparate, sog. Paddingmaschinen, im Gebrauch. Das Bleichen entbasteter Seide wird mit schwefliger Säure oder mit Wasserstoffsperoxyd ähnlich wie bei Wolle durchgeführt.

Schappe wird beim Entbasten mit einem 2—3% (kalz.) Sodabad ca. 1 Stunde, bis 100° vorgekocht und darauf mit 10—20% Seife entbastet und nach dem Waschen abgesäuert. Daraufhin erst ist ein Bleichen mit Wasserstoffsperoxyd wirksam.

Die Wasserstoffsperoxydbäder stellt man z. B. her aus 117 kg H_2SO_4 (66° Bé) in 2800 l Wasser und Zugabe von 90 kg Natriumsperoxyd, wobei nachträglich mit Soda oder Säure genau neutralisiert werden muß. Um die Lösung haltbarer zu machen, gibt man vorteilhaft ca. 20—30 kg Wasserglas zu und bleicht dann bei Temperaturen zwischen 40 und 60°.

Das Beschweren soll nicht allein den Gewichtsverlust beim Entbasten ausgleichen, sondern der Seide auch mehr Füllkraft verleihen. Man berechnet heute noch das Beschweren auf das ursprüngliche Rohseidegewicht, also auf Material, das man in Tat und Wahrheit gar nicht mehr vor sich hat, deshalb erscheinen die Beschwerungen geringer, als sie tatsächlich sind. Das Gewicht der Rohseide wird als *pari* bezeichnet. Beim Abkochen erhalten wir aus 100 g Seide 80 g entbastetes Material oder 20% unter *pari*. Wenn wir nun auf 120 g beschweren, so fügen wir also genau 50% Beschwermaterial der entbasteten Seide zu; man bezeichnet aber die Beschwerung als (100 + 20 g) 20% über *pari*.

Organsin wird 50—60%, Tram 70—80% über *pari* beschwert bei farbigen Seiden und 140—150% für erstere und 180—200% für Tram

bei schwarzer Seide; unbeschwert bleiben nur Schirmstoffe und wenige andere Spezialartikel.

Zum Beschweren benötigt man für Cuite eine neutrale Lösung von Chlorzinn von ca. 30° Bé, für Souple stellt man $\frac{1}{4}$ —1% salzsauer. Man imprägniert ca. 1 Stunde in diesem Bad und schleudert in Zentrifugen ab und wäscht gut auf Waschmaschinen, wo das Zinnsalz hydrolysiert zu Zinnhydroxyd, das auf der Faser haftenbleibt, und zu Salzsäure, die im Waschwasser wegläuft. Die Seide kommt dann in das Natriumphosphatbad von 5—10° Bé bei ca. 60° C, wobei durch Soda-zugabe die anfängliche Alkalinität erhalten bleiben muß. Darauf folgt eine Wäsche und dann ein 40° C warmes 5°-Bé-Aluminiumsulfatbad. Nach 1 Stunde wird wieder gewaschen und dann 1 Stunde bei 40° in 4°-Bé-Wasserglaslösung behandelt. Mit einem Seifenbad wird dann die nichthaftende Beschwerung heruntergespült und leicht gesäuert.

Man kann nun diese Operationen wiederholen und erhält dementsprechend bei einem „Zug“ pari, mit 2 Zügen 20—35% über pari, mit 3 Zügen 50—65% und mit 4 Zügen 80—100% über pari. Für Zwischenstufen muß man den Gehalt der Zinnbäder ändern.

Für schwarzgefärbte Seide ist schon immer zu der beschriebenen anorganischen Beschwerung noch eine vegetabilische gekommen. Man beschwert mit Katechu bei 70—80° mit einer 8—10° Bé-Lösung; oder mit Blauholz in einem Seifenbad mit 150% wenig oxydiertem Blauholz-extrakt. Man erhält in 4—5 Zügen in beiden Fällen bis zu 200% über pari und mehr.

Neben diesem eisenfreien Schwarz färbt man noch das Eisenschwarz, indem man das Blauholz auf 1—3 Züge Eisenbeize aufsetzt. Es ist ein basisches Ferrisulfatbad von 30° Bé. Mit salzsaurem Ferrozyankali wird dann auf der Faser ein Berlinerblau erzeugt und darauf noch mit 3° Bé Katechu und 100—160% Blauholz im Seifenbad geschwärzt.

Aus dieser Färbemethode hat sich auch noch eine Gerbsäurebeschwerung entwickelt, die sehr dauerhaft, weniger schädlich und für die Farbstoffe günstiger ist. Man behandelt mit 100—200% Gallusextrakt (25° Bé) oder Sumachabkochung und gelangt auf 20—40% über pari.

Die Beschwerung mit Zucker oder Glukose wird selten angewendet, z. B. wenn in hellen Tönen gefärbt werden soll oder um zu korrigieren. Meist wird sie dann mit der Avivage zugegeben, wobei bis zu 10% beschwert oder nachkorrigiert werden kann.

15. Tussahseide. Unter diesem Namen sind eine größere Zahl sog. wilder Seiden im Handel, die sich physikalisch und chemisch stark von der Seide des Bombyx mori unterscheiden. Sie sind fast immer dunkler, brauner als diese und fühlen sich straffer an. Gegen Chemikalien sind die Tussahseiden meist widerstandsfähiger; der Farbstoff ist in der Faser selbst enthalten, und so ergibt sich von selbst, daß die wilden Seiden eine wesentlich stärkere Bleiche durchmachen müssen. Ein eigentlicher Bast ist nicht vorhanden, es sind nur ganz feine Häutchen, lückenhaft und stark mit anorganischen Salzen und mit Fettsubstanzen durchsetzt. Die Bastseifenbäder von Tussahseiden sind deshalb auch wertlose Abfallwässer. Gerade wegen ihrer robusten Beschaffenheit ist Tussahseide

für feste Stoffe, Plüsch, Schärpen, Posamenterien ein geschätztes Material.

Bastow und Appleyard¹ haben Rohtussah analysiert und folgende Zahlen aufgefunden:

In heißem Wasser löslich sind	21,33 %
In Alkohol löslich sind (Fette)	0,91 „
In Äther löslich sind	0,08 „
In 1 % iger Seifenlösung löslich sind	26,49 „
Mineralstoffe	5,34 „

Die gleichen Beobachter stellten auch fest, daß das Fibroin der Tussahseiden wesentlich widerstandsfähiger ist gegen die Reagenzien, die Seide zu lösen oder abzubauen vermögen. Um zu reinem Tussahfibroin zu kommen, muß man die Rohfaser mit einer 1 % igen Seifenlösung auskochen, waschen, darauf mit Salzsäure extrahieren und wieder waschen und trocknen und dann mit Alkohol und Äther noch entfetten. So gereinigte Tussahseide weist folgende Elementarzusammensetzung auf:

Kohlenstoff	47,18 %	Sauerstoff	16,85 ⁰ / ₀
Wasserstoff	6,30 „	Stickstoff	29,67 „

Diesen Zahlen fehlt noch der mineralische Anteil, welcher 0,226 % beträgt und folgende Bestandteile aufweist:

Natrium (Na ₂ O)	12,45 %	Phosphorsäure (P ₂ O ₅)	6,90 %
Kalium (K ₂ O)	31,68 „	Kohlensäure (CO ₂)	11,14 „
Aluminium (Al ₂ O ₃)	1,46 „	Kieselsäure (SiO ₂)	9,79 „
Kalk (CaO)	13,32 „	Chlor (HCl)	2,89 „
Magnesium (MgO)	2,56 „	Schwefelsäure (SO ₃)	2,16 „

Besonders beachtenswert ist die Gegenwart von Schwefel, der in Seide nie zu finden ist. Weiter fällt die Gegenwart von Aluminium in einem organischen Körper sehr auf. Diese Mineralstoffe sind mit größter Wahrscheinlichkeit nur Begleitkörper der Tussahseide und nehmen nicht teil am Aufbau des Fasermoleküls, nichtsdestoweniger sind sie sehr charakteristisch.

Gegen alkalische Kupferglyzerinlösung, in welcher gewöhnliche Seide sehr leicht löslich ist, zeigt sich Tussahseide ziemlich widerstandsfähig².

Um die Analyse fertiger Seidenfabrikate durchzuführen, hat Shroff³ eine Reihe von Vergleichen angeführt, die Seide von Tussahseide unterscheiden lassen.

Der Vergleich wurde mit einer sog. Kaschmirseide durchgeführt, das ist das bestbekannte Tussahprodukt. Alle Reagenzien, welche auf Maulbeerseide lösend wirken, sind von geringem oder ohne Einfluß auf Tussahseide. Salzsäure, Chromsäure und Zinkchlorid lösen sie erst nach Tagen vollständig; kochende 10 % ige Natronlauge ist ohne Einfluß; Soda- und Seifenbäder mit nachfolgender Wasserstoffsperoxydbleiche vermindern den Glanz, ohne vollständig weiß zu bleichen, weshalb Wasserstoffsperoxyd in Wasserglaslösung infolge ihrer größeren Stabilität

¹ Journ. Soc. Dyers and Col. Bd. 4, S. 88.

² Chem.-Ztg. Bd. 20, S. 324.

³ Posselts Textil-Journ. 1922.

bessere Dienste beim Bleichen der Tussah leistet; der Glanz bleibt erhalten und die Aufhellung der Farbe ist die nämliche. Gute Resultate werden auch mit Ammoniumhypochlorit (Javel-Wasser + Ammoniumsulfat) erhalten.

Bastow und Appleyard¹ geben die Unterschiede zwischen wahrer Seide und Tussah in einer Tabelle wieder, welche hier angeführt ist:

Reagens	Maulbeerseide	Tussah
Natronlauge, 10 %ig, heiß . . .	Lösung innerhalb 12 Min.	Mehr als 50 Min. zur Lösung
Salzsäure (1,16), kalt	Sofortige Lösung	In 48 Std. noch unvollständig
Salpetersäure, konzentriert, kalt .	Lösung in 5 Min.	Lösung innerh. 10 Min.
Zinkchlorid, neutral (1,725) . . .	Rasche Lösung	Kaum gelöst
Starke Chromsäure	Lösung sehr rasch	Äußerst langsame Lösung

Die Seide von *Bombyx mori*, bzw. der Einzelfaden erscheint unter dem Mikroskop normalerweise strukturlos, während Tussahseide sowohl als auch andere wilde Seiden sich immer als Faserbündel erweisen. Die einzelnen Fibrillen besitzen einen Durchmesser von 0,0003—0,0015 mm und sind im Querschnitt ziemlich unregelmäßig. Die Dicke der Faser ist auch wesentlich größer als bei Maulbeerseide, im Mittel das Dreifache, ca. 60 Mikron. Die physikalischen Verschiedenheiten der bekannteren Seiden sind von Höhnel² zusammengestellt worden:

Seidenart	Durchmesser	Aussehen	
		Breitseite	Schmalseite
<i>Bombyx-mori</i> -Seide . . .	20—25	Weiß oder gelb, glänzend	Weiß oder gelb
Senegal, foid-herbi . . .	30—35	Bläulichweiß, grau oder gelblich bis braun	Grau bis schwarz
<i>Ailanthus</i> , <i>Attacus</i> <i>cynthia</i>	40—50	Gelblich bis braun mit braunen Punkten	Grau bis schwarz grünlich schillernd dunkle (blaue) Punkte
Yama-mai	40—50	Bläulichweiß mit blauen und schwarzen Punkten	Klar mit dunklen Punkten
Tussah, <i>Attacus selene</i>	50—55	Unregelmäßig dick; grau u. blau punktiert; gelb bis orangerot	Dunkelgrau mit helleren Punkten
Tussah, <i>Antheraea mylitta</i>	60—65	Wie oben, orange, rot, braun	Wie oben

Wohl infolge des Zusammentretens zahlreicher, dünnster Fibrillen zur Bildung des Tussahfadens hat dieser eine ausgezeichnete Elastizität und Reißfestigkeit. Wie aus folgender Tabelle hervorgeht, sind die wilden Seiden in obigen Eigenschaften der wahren Seide überlegen.

¹ Journ. Soc. Dyers et Col. Bd. 4, S. 89.

² Journ. Soc. Dyers et Col. Bd. 2, S. 172.

Seidenart	Elastizität %	Reißfestigkeit g
Maulbeerseide (<i>Bombyx mori</i>)	13,3	4,5
Tussah (<i>Antheraea mylitta</i>)	19,1	12,8
Eria (<i>Attacus ricini</i>)	15,0	4,0
Muga (<i>Antheraea assama</i>)	21,7	6,7
Atlas (<i>Attacus altus</i>)	19,1	5,6
Ailanthus (<i>Attacus cynthia</i>)	22,5	4,9
Yama-mai	25,0	12,8
<i>Attacus selene</i>	20,0	5,8
<i>Antheraea pernyi</i>	19,1	8,1

Muga- oder Moongaseide wird ebenfalls von einer wilden Seidenraupe gewonnen, und zwar hauptsächlich in der Provinz Assam. Mit dem heimischen Futter genährt, spinnt die Raupe mißfarbige Seide. Mit ausgesuchtem Futter gezüchtet, wird die berühmte Champa-pattea-moonga-Seide erhalten, eine sehr feine, glänzende Faser, die nur zum Eigenverbrauch hoher Eingeborener gewonnen wird.

Eriaseide ist ebenfalls eine ziemlich bedeutende wilde Seide, wird in Assam und umliegenden Gebieten gewonnen. Die Raupe benötigt die Kastorölpflanze¹ zum Futter, spinnt in Assam eine ziemlich weiße Seide, in Singapore jedoch eine braune. Die Kokons können nicht abgewickelt werden, sie werden wie die Seidenabfälle aufgearbeitet. Die erhaltene Seide färbt sich nicht so gut an, weshalb sie in Bedeutung hinter der Tussah zurücksteht.

Die Seide des wilden *Bombyx textor* ist trotz ihres geringen Verbrauches eine sehr wertvolle gelbliche Faser und kommt der eigentlichen

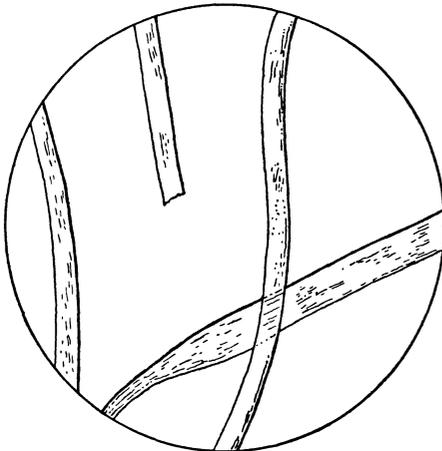


Abb. 144. Faser der *Penna nobilis*.

Seide am nächsten. Die *Cricula trifenestrata* ist in Burma heimisch und liefert eine Seide ganz ähnlich der Eriaseide, gelblich bis orange und ohne Bedeutung für den Außenhandel.

16. Byssusseide. Diese, auch als Seeseide oder Pinna bezeichnet, wird von einer Molluskenart, der *Penna nobilis*, gewonnen. Mit den braunen, 4—6 cm langen Fasern verankert sich das Muscheltier am Seegrund. Die braune Farbe kann durch Abkochen leicht entfernt werden, so daß diese Seide in

Italien und der Normandie zu Posamenterien Verwendung findet.

Äußerlich hat diese Muschelseide gewisse Ähnlichkeit mit Seide, läßt sich aber leicht von ihr unterscheiden. Die Dicke der Faser schwankt zwischen 10 und 100 Mikrons, die natürlichen Enden derselben sind abgerundet. Die Faser zeigt deutliche Längsstreifung und besitzt luftgefüllte Kanäle.

¹ Rizinuspflanze.

In Taranto sind Produkte aus der sog. „Fischwolle“ in den Handel gekommen. Durch Waschen und Bleichen wird eine glänzende Faser erhalten, die den Nachteil der Unregelmäßigkeit und der Seltenheit aufweist und sich also nicht sehr zur industriellen Verwertung eignet¹.

Über die Verwendung von Sehnen zur Herstellung seidenglänzender Fasern berichtet Hanausch². Im Altertum hatten solche Gespinste auch rituelle Bedeutung (z. B. bei den Israeliten).

XII. Die vegetabilen Fasern.

1. Über die Herkunft. Wohl kein anderes Material spielt im Leben des Menschen eine so wichtige Rolle, wie gerade die pflanzliche Faser, die zu allen möglichen Kleidungsstücken, zu Seilwerk, Papier usw. verarbeitet wird. Die Zahl der aus ihr verfertigten Gegenstände geht ins Endlose, so daß kaum jemand imstande ist, in jedem Falle über Herkunft und Bearbeitung erschöpfend zu berichten.

Das wesentlich Gemeinschaftliche aller Pflanzenfasern ist ihr Aufbau aus Zellen, im Gegensatz zu Seide oder künstlichen Fasern. Die Größe der Zellen schwankt innerhalb weiter Grenzen, so z. B. ist die Baumwollfaser eine einzige Zelle von ziemlicher Länge, während Hanf, Jute, Lein usw. aus vielen einzelnen, meist kleinen Zellen aufgebaut sind. Schon aus diesen grundlegenden Differenzen mag hervorgehen, wie mannigfaltig die vegetabile Faser dem Weber, Spinner, Färber und Chemiker entgegentritt in Hinsicht auf Verarbeitungs- und Veredlungsprozesse.

In anderer Hinsicht jedoch gleichen die Pflanzenfasern einander wieder sehr; so ist z. B. jedes pflanzliche Fasermaterial zur Hauptsache aus Zellulose aufgebaut, ein Begriff, den der Chemiker einer ganz bestimmten Erscheinungsform der Kohlenhydrate zuweist. Die Begleitstoffe der Zellulose sind sowohl in bezug auf Menge als auch auf ihre Zusammensetzung bei den einzelnen Fasern sehr stark voneinander verschieden. Die häufigsten Begleiter sind Fette, Wachse, Farbstoffe und Gerb- und Holzstoffe. Ein weiterer Körper, der der Zellulose oft beigegeben ist, wird als Pektinstoff bezeichnet und umfaßt höher oxydierte Kohlenhydrate.

In bezug auf die Herkunft auch der Pflanze selbst unterscheidet man zwischen Samenhaaren und Bastfasern. Zu den ersteren ist die Baumwolle der typische Vertreter, ein Beispiel der zweiten Klasse ist der Flachs, welcher aus dem Cambium des Stengels der Pflanze stammt. Zu diesen beiden Kategorien Pflanzenfasern gesellt sich noch eine weniger bedeutende dritte; nämlich Fasern aus den Blättern gewisser Monokotyledonen, wie Blattfasern der Agave, Aloe usw. In den weitaus meisten Fällen wird also nur ein kleiner Teil der Pflanze zu Textilmaterial verwertet, es gibt aber auch Pflanzen, die als Ganzes zu Textilfabrikaten verarbeitet werden; z. B. Seegrass für Matten, Decken und als Füllstoff.

¹ Gilroy, *History of Silk*, S. 182.

² *Mikroskopie technischer Produkte*, S. 150.

Nach dem eben Besprochenen teilen wir deshalb mit Höhnel die vegetabilen Pflanzenfasern in folgende 6 Klassen:

1. Samenhaare, aus einer einzigen Zelle bestehend; z. B. Baumwolle, Pappelseide usw.
2. Samenhaare, aus mehreren Fasern bestehend. Hierher gehören Pulu und Elefantengras.
3. Echte Bastfasern. Hanf, Jute, Ramie, Flachs.
4. Bastfasern von Dikotyledonen. Lindenbast, Kubabast.
5. Vaskularfasern oder Blattfasern. Sisalhanf, Aloe, Kokosfaser.
6. Zellgewebe von Monokotyledonen. Manilahanf, Neuseelandflachs.

Wenn wir nur unterscheiden, von welchem Pflanzenteil die Faser stammt, kommen wir auf 4 Klassen, nämlich:

- A. Samenfasern, aus Samen oder Samenkapseln.
- B. Stengelfasern; Bast verschiedener Pflanzen (Dikotyledonen), Flachs, Hanf, Jute usw.
- C. Blattfasern, meist bei Monokotyledonen. Manilahanf, Neuseelandhanf.
- D. Fruchtfasern. Kokosfasern.

2. Samenhaare und Bastfasern. Zwischen Samenhaaren und Bastfasern besteht in bezug auf ihren Aufbau ein wesentlicher Unterschied. Die Samenhaare, Plumos, sind meist aus nur einer einfachen Zelle aufgebaut, außen mit einer Haut überzogen, die sich nicht wie der Zellinhalt aus Zellulose, in konzentrierter Schwefelsäure löst. Die Zellwände differieren stark in ihrer Festigkeit und sind strukturlos. Das Zellinnere ist meist ein Luftkanal, Lumen genannt. Die trockene Faser ist fast immer flach, so daß im Querschnitt das Lumen nur als Strich markiert ist. Die innere Zellwand ist mit Proteinsubstanz bedeckt und löst sich nicht in Schwefelsäure.

Bastfasern dagegen bestehen immer aus einer größeren Zahl von Zellen, welche an den Enden spitz zulaufen. Die Zellen sind langgestreckt und von polygonalem Querschnitt. Selten sind die Zellen flach gedrückt; die innere Zellwand ist mit Proteinsubstanz bedeckt. Man unterscheidet beim Bast- oder Faserbündel zwischen dem Phloëm und dem Xylem. Das erstere ist in den äußern Schichten, das Xylem im Innern des Faserbündels anzutreffen. Das Phloëm ist in der Regel leichter zugänglich und wird deshalb häufiger verwendet als das am Holz festsitzende Xylem.

Ein sehr charakteristisches Merkmal aller Bastfasern ist eine häufige Querdislokation der einzelnen Fasern (siehe Abb. 145 und 146). An diesen verrenkten Stellen erscheint die Faser dunkler als an den übrigen Teilen, wenn man sie mit Chlorzinkjod behandelt. Diese Verknötungen oder Verrenkungen sind bei fast allen Bastfasern, wie auch bei Manilahanf und Neuseelandflachs zu finden. Auch bei den echten Bastfasern, wie bei Lindenbast und Jute, sind sie deutlich ausgeprägt und sind wahrscheinlich auf unregelmäßigen Druck auf die Zellen beim Wachstum der Pflanze zurückzuführen.

Besonders deutlich kann man den Bau der Bastfasern beobachten, wenn man nach Halter (Textil-Forsch. 1920, S. 22) folgende Methode

anwendet: Die Faser wird für einige Stunden in saure 10%ige Chlorzinklösung gelegt, gut gewaschen und mit 10%iger Chlorgoldlösung behandelt. Die einzelnen Zelloberflächen werden dadurch deutlich braun hervorgehoben. Diese Reaktionen geben bei Jute, Hanf, Flachs und Typha sehr gute Resultate.

Eine ebenso einfache wie gute Methode ist das Tränken der Faser mit Sodalösung und der Beobachtung mit polarisiertem Licht. In der Sodalösung quillt die Faser auf und läßt die Zellwände dunkel hervortreten. Nach Nodder¹ erreicht man das nämliche, wenn die Faser mit einer Calciumchloridlösung getränkt wird, welche mit etwas Jod schwach gelb gefärbt wurde.

Ein weiterer Kunstgriff beim Beobachten der Bastfasern unter dem Mikroskop besteht darin, daß man mehr oder weniger fest auf das Deckgläschen drückt, ohne es seitlich zu verschieben, wobei man ein mehrfach vergrößertes Bild erhält und Zellwände und -beläge deutlich hervortreten.

Die einzelnen Fäserchen, die die Bastfaser bilden, sind ca. 0,00003 mm dick, es gehen also mehrere tausend in die Dimension einer Faser. Normalerweise sind sie so schlecht sichtbar, daß eben die obengenannten Hilfsmittel herangezogen werden müssen, um sie deutlich vor das Auge zu bekommen.

Mit dieser Beobachtungstechnik gelang es Nodder, festzustellen, daß bei Lein die Fäserchen spiralförmig linkslaufend umeinander gedreht sind, während bei Hanf, Jute und Ramie eine Rechtsdrehung beobachtet werden kann.

Die Bastfasern sind in den Rinden und Stengeln verschiedener Pflanzen anzutreffen und fast alle sind aus mit Lignin verstärkten Zellen aufgebaut. Das Lignin kann mehr oder weniger fest mit der Zellulose verbunden sein, so daß es in einigen Fällen gelingt, dasselbe aus der Faser zu entfernen, ohne dabei die Festigkeit der Faser wesentlich zu beeinträchtigen, wiederum ist bei manchen Fasern die Verholzung so stark, daß diese nur mehr geringen Wert besitzt.

Ein einfaches Mittel zum Nachweis des Ligningehaltes einer Faser besitzen wir in der Jodschwefelsäure, welche reine Zellulose blau anfärbt;

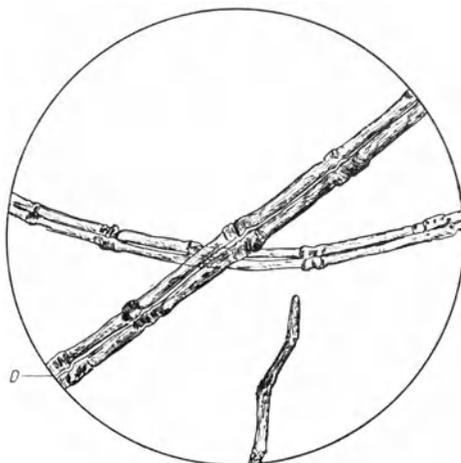


Abb. 145. Typische Bastfaser.

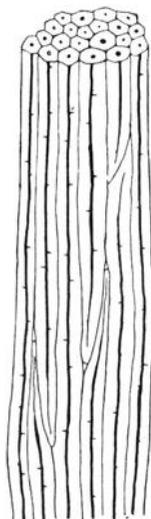


Abb. 146. Bündel von Bastfasern. (Lecomte.)

¹ Journ. Text. Ind. 1922, S. 163.

ligninhaltige Zellulose nimmt eine gelbe bis gelbbraune Färbung an. Nach Maule¹ ist auch mit folgender Methode ein sicherer Ligninnachweis zu führen: Die Faserteile werden einige Minuten in Kaliumpermanganatlösung (1%ig) eingelegt, dann mit Wasser gewaschen und während 3 Minuten in verdünnte Salzsäure gelegt, wobei sich dann nach nochmaligem Waschen und Betupfen mit Ammoniak das evtl. vorhandene Lignin rot färbt.

Tabelle nach Wiesner.

Faser	Länge der Rohfaser cm	Länge der Zellen cm	Breite der Zellen		
			Min.	Max.	Durch-
			Mikr.	Mikr.	schnitt Mikr.
Tillandsiafaser	2—22	0,2—0,5	6	15	
Espartogras	10—40	1,5—1,9	9	15	
Cordia latifolia	50—90	0,1—1,6	14,7	16,8	15
Phormium tenax	80—110	2,5—5,6	8	29	13
Abelmoschus tetraphyllos	60—70	0,1—1,6	8	20	16
Bauhinia racemosa	50—150	1,5—4,0	8	20	
Jute (Corchorus capsularis)	150—300	0,8—4,1	10	21	16
Thespesia lampas	100—180	0,9—4,7	12	21	16
Urena sinuata	100—120	1,1—3,2	9	24	15
Sida retusa	80—100	0,8—2,3	15	25	
Calotropis gigantea (Bast)	20—30	0,7—3,0	18	25	
Aloe perfoliata	40—50	1,3—3,7	15	24	
Flachs (Linum usitatissimum)	20—140	2,0—4,0	12	25	16
Hanf (Cannabis sativa)	100—300	0,8—4,1	16	32	20
Jute (Corchorus olitorius)	150—300	0,8—4,1	16	32	20
Hibiscus cannabinus	40—90	4,0—12,0	20	41	
Sonnenhanf (Crotolaria juncea)	20—50	0,5—6,9	20	42	
Bromelia karatas	100—110	1,4—6,7	27	42	
Chinagrass (Boehmeria nivea)	—	22,0	40	80	50
Ramie (Boehmeria tenacissima)	—	8,0	16	12,6	
Baumwolle (Gossypium barbadense)	4,05	40,5	19,2	27,9	25,2
„ (G. conglomeratum)	3,51	35,1	17	27,1	25,9
„ (G. herbaceum)	1,82	18,2	11,9	22	18,5
„ (G. acuminatum)	2,84	28,4	20,1	29,9	29,4
„ (G. arboreum)	2,50	25,0	20	37,8	29,9
Cottonwollen (Bombyx heptaphyllum)	2—3	20—30	19	29	
Pflanzenseide (Calotropis gigantea)	2—3	20—30	12	42	38
„ (Asclepias)	—	10—30	20	44	
„ (Marsdenia)	—	10—25	19	33	
„ (Strophantus)	—	10—56	49	92	
„ (Beaumontia)	—	30—45	33	50	
Lindenbast	—	1,1—2,6	—	—	15
Sterculia villosa	—	1,5—3,5	17	25	20
Holoptelea integrifolia	—	0,9—2,1	9	14	12
Kydia calycina	—	1—2	17	24	
Lasiosyphon speciosus	—	0,4—5,1	8	29	
Sponia Wightii	—	4	—	—	21
Pandanus odoratissimus	—	1,0—4,2	—	—	20
Pitafaser	—	1,0—2,2	—	21	17
Coirfaser	—	1,0—0,9	12	20	16

3. Dimensionen der Zellfasern. Im Gegensatz zu Samenhaaren sind die einzelnen Fäserchen, die die Bastfasern aufbauen, nicht genügend

¹ Beitr. Wiss. Bot. Bd. 4, S. 166, 1900.

lang, um versponnen werden zu können. Sie haften aber von Natur aus so fest aneinander, daß man das Faserbündel zu verarbeiten gelernt hat. Die Faserbündel aber unterscheiden sich dann physikalisch so enorm von den Samenhaaren, daß für beide grundverschiedene Spinnmethoden und -maschinen verwendet werden müssen.

Auch die Maschinen für ein und dieselbe Bastfaser wechseln je nach der Qualität des zu verspinnenden Materials. Über die Dimensionen der verschiedenen vegetabilen Fasern referieren Wiesner und Vétillard.

Tabelle nach Vétillard.

Name	Länge, Millimeter			Breite, Mikrons			Verhältnis von Länge zu Breite
	Min.	Max.	Mittel	Min.	Max.	Mittel	
Leinwand	4	66	25	15	37	20	1200
Hanf (<i>Cannabis sativa</i>)	5	55	20	16	50	22	1000
Hopfenfaser (<i>Humulus lupulus</i>)	4	19	10	12	26	16	620
Nesselfasern (<i>Urtica dioica</i>)	4	57	27	20	70	50	550
Ramie (<i>Urtica nivea</i>)	60	250	120	—	80	50	2400
Maulbeerpapelfaser	—	25	10	—	—	30	350
Sonnenhanf (<i>Crotalaria juncea</i>)	4	12	8	25	50	30	260
Broomgras (<i>Sarothamnus vul-</i> <i>garis</i>)	2	9	5	10	25	15	330
Federgras (<i>Spartium junceum</i>)	5	16	10	—	—	20	500
Weißklee (<i>Melilotus alba</i>)	5	18	10	20	36	30	330
Baumwolle	10	40					
Gambohanf (<i>Hibiscus cannabi-</i> <i>nus</i>)	2	6	5	14	33	21	240
Lindenbast (<i>Tilia europaea</i>)	1,2	5	2	14	20	16	125
Jute (<i>Corchorus capsularis</i>)	1,5	5	2	20	25	22,5	90
Rindenbast (<i>Lagetta lintearia</i>)	3	6	5	10	20	—	500
Weide (<i>Salix alba</i>)	—	3	2	17	30	22	90
Esparto	0,5	3,5	1,5	7	18	12	125
Lygaeum spartum	1,3	4,5	2,5	12	20	15	160
Ananasfaser	3	9	5	4	8	6	830
Seidengras (<i>Bromelia karatas</i>)	2,5	10	5	20	32	24	210
Wildananas (<i>Bromelia pinguin</i>)	0,8	2,5	2	8	16	13	150
Neuseelandflachs (<i>Phormium</i> <i>tenax</i>)	5	15	9	10	20	16	550
Yukka faser	0,5	6	4	10	20	15	170
Sansevieria faser	1,5	6	3	15	26	20	150
Pita (<i>Agave americana</i>)	1,5	4	2,5	20	32	24	100
Manilahanf (<i>Musa textilis</i>)	3	12	6	16	32	24	250
Bananen (<i>Musa paradisiaca</i>)	—	—	5	20	40	28	180
Dattelpalme (<i>Phoenix dactyli-</i> <i>fera</i>)	2	6	3	16	24	20	150
Talipotpalme (<i>Corypha umbra-</i> <i>culifera</i>)	1,5	5	3	16	28	24	120
Ölpalme (<i>Elaeis guineensis</i>)	1,5	3,5	2,5	10	13	11	230
Raphia taedigera	1,5	3	2,5	12	20	16	160
Itapalme (<i>Mauritia flexuosa</i>)	1	3	1,5	10	16	12	130
Kokosfaser (<i>Cocos nucifera</i>)	0,4	1	0,7	12	24	20	35

Es muß hier hervorgehoben werden, daß durch klimatischen Einfluß, Pflege, Krankheit usw. die Fasern abnorme Dimensionen annehmen können; die angegebenen Zahlen dürften indessen die Grenzwerte angeben.

4. Klassifikation der Bastfasern. Wohl die beste und umfassendste Zusammenstellung der Bastfasern ist von Dodge ausgearbeitet worden und sei nachfolgend angeführt:

Anordnung nach der Struktur.

A. Vaskular-Struktur.

1. Bastfasern, gewonnen von der faserigen Rinde der Dikotyledonen oder Exogenes. Sie sind zusammengesetzt aus Bastzellen, deren Enden übereinander liegen und so ein Gewebe bilden. Sie benötigen das Phloëm in den Vaskularbündeln, um dem ganzen Gewebe Stärke und Biegsamkeit zu geben.
2. Holzfasern.
 - a) Stengel und Zweige von exogenen Pflanzen, entweder nur von der Rinde befreit und so verarbeitet oder in Streifen geteilt, zum Weben und Flechten in der Korbwarenindustrie.
 - b) Die ganzen oder geteilten Wurzeln von exogenen Pflanzen, zu gleichem Zwecke verwendbar wie oben oder als sehr rauher Faden zum Sticken oder Binden.
 - c) Das Holz von exogenen Bäumen, leicht teilbar in Bänder oder Späne, zum gleichen Zweck wie oben, oder feiner geteilt für Packmaterial.
 - d) Das Holz, speziell weißes, exogener Bäume, wird gemahlen und auf chemischem Wege in Holzbrei verwandelt (Zellulose) oder dann sorgfältiger verarbeitet für die Kunstseidenindustrie.
3. Stützfasern.
 - a) Gewonnen aus dem Stützmaterial der Stengel, Blattstiele, Blätter oder andern Teilen von Monokotyledonen; vorkommend als einzelne Vaskularbündel, welche von markigen, schwammigen oder korkartigen, oft saftig weichen Zellsubstanzen, die durch eine dicke Epidermis geschützt werden, umhüllt sind. Sie geben der Pflanze Widerstandsfähigkeit und dienen auch als Wasserspeicher.
 - b) Die ganzen Stengel, Wurzeln, Blätter oder Späne und Teile von Blättern von Monokotyledonen.
 - c) Die faserigen Teile von Blättern oder Früchten gewisser exogener Pflanzen, wenn sie von der Epidermis und der Zellmasse befreit sind.

B. Einfache Zellstruktur.

4. Oberflächenfasern.
 - a) Die Daunen oder Haare, welche die Samen umhüllen, oder Samenkapseln oder exogene Pflanzen, welche Hülsen oder Schoten bilden.
 - b) Haarartige Gewächse auf der Oberfläche von Stengeln und Blättern oder an den Blattknospen beider Pflanzengattungen.
 - c) Fasermaterial aus epidermalen Streifen der Blätter und Stengel einer gewissen endogenen Species, wie Palmen usw.

5. Pseudofasern oder falsches Fasermaterial.

- a) Gewisse Moose, wie die Spezies Sphagnum für Packmaterial.
- b) Gewisse Blätter und Seetang in getrockneten Zustände, feines Packmaterial.
- c) Seetang, verarbeitet zu Seilwaren.
- d) Schwammgewächse oder das Myzelium gewisser Schwämme, welches ähnlich verwendet wird, wie einige der echten Fasern.

Die Bastfasern sind genau bestimmt, ebenso auch alle solche Fasern, welche nur ausgeschält werden. Sie sind sich untereinander ähnlich in Form und äußerem Ansehen, unterscheiden sich aber hauptsächlich in Farbe, Feinheit und Stärke. Ein Beispiel einer feinen Bastfaser ist der Hanf. Die Holzfasern sind nur in weiterem Sinne faserig, da die Zellulosefäserchen sehr kurz sind und gut getrennt werden können. Sie können zu verschiedenen Zwecken auf chemischem Wege verändert werden, z. B. zu Papierbrei, Kunstseide usw. Die meisten Holzfasern sind stark verholzt. In Form von biegsamen, dünnen Zweigen oder Weiden dienen sie hauptsächlich zur Korbfabrikation. Die größeren Äste können gesplißt oder in flache Streifen geschnitten werden und dienen so zur Herstellung größerer Korbwaren. Die weicheren Hölzer, in noch feinerer Verteilung ergeben ein Produkt, das unter dem Namen Exzelsior bekannt ist und nur noch zu den Fasern gezählt werden kann wegen seiner Verwendung als Polster und Packmaterial. Die Stützfasern kommen in verschiedenen Formen vor und differieren untereinander stark; die Oberflächenfasern sind in ihrer Form womöglich noch verschiedener.

Die folgende Tabelle zeigt die Einfuhr verschiedener Rohpflanzenfasern nach den U. S. A. im Jahre 1912, Ende Juni:

	Pfund	Wert \$
Baumwolle	109780071	20217581
Flachs	21800000	3778501
Hanf	10014000	1100273
Istle	19670000	776351
Jute	202002000	7183385
Kapok	4198000	570084
Manilahanf	137072000	8000865
Neuseelandflachs	10728000	483310
Sisalgras	228934000	11866843
Übrige	18540000	703254
Total:	762738071	54680447

Unter den vielen Formen der Stützfasern können folgende aufgezählt werden: Die steifen, weißen oder gelblichen Fasern, welche das Stützgebilde von fleischblättrigen, aloeartigen Pflanzen wie Yucca, Agave und Ananas oder den fleischigen Stamm der Banane bilden; die groben Bündel der steifen Fasersubstanz, welche den Stämmen, Blättern und Stengeln Halt geben; steife Fasern, gewonnen aus den Blättern der Kabispalme, oder geschnittene Blätter der afrikanischen Fächerpalme; Streifen und Fasermaterial von Bambus, Schilfen und Gräsern; andere Formen sind die Kokosfaser, welche die Kokosnuß umhüllt, die Fasern der Kiefernadeln und die faserige Füllung der Schwammgurke. Letztere ist ein typisches Beispiel einer exogenen Pflanze mit Stützfasern.

Als Oberflächefasern bezeichnet man die verlängerten Haare, welche die Hülsen der Disteln umgeben, oder die faserigen Gewächse um die Samenkapseln, wie bei Baumwolle usw.; oder die Blätterschuppen (Tomentum), welche sich unter der Oberfläche der Blätter befinden; oder die Epidermalstreifen von Palmblättern wie bei Raffiabast.

Vom wirtschaftlichen Standpunkt aus hat es Dewey unternommen, eine umfangreiche Tabelle über die vegetabilen Fasern aufzustellen.

1. Baumwollen mit weicher, flachsähnlicher Faser, $\frac{1}{2}$ —2 ins lang, aus einer einzelnen Zelle bestehend, getragen von den Samen verschiedener Baumwollpflanzen.

2. Die weichen Bastfasern, einschließlich Hanf, Flachs und Jute; biegsame Fasern von weichem Gewebe, 10—100 inches lang, aus vielen, übereinanderliegenden Zellen bestehend; sie befinden sich innerhalb der Rinde der Pflanzen.

3. Die harten oder Blattfasern, einschließlich Manilahanf, Sisalhanf, Mauritiushanf, Neuseelandflachs. Sie alle haben steife, holzige Fasern von 1—10 Fuß Länge, bestehen aus vielen Zellenbündeln und wachsen im Gewebe von Blättern und Stengeln.

Wirtschaftliche Einteilung.

A. Spinnfasern.

1. Stofffasern.

a) Erstklassige Fasern zum Spinnen und Weben für feinere Gewebe für Kleidung und Haushalt, für Segel und Zelte. Handelsform: Baumwolle, Flachs, Hanf, Ramie, Ananas und Neuseelandflachs.

b) Fasern zweiter Klasse, verwendet zu Baumwollverpackung, gewobenen Matten, Bodenteppichen usw. Handelsbeispiel Kokos und Jute.

2. Netzfaseren.

a) Spitzenfasern wie Baumwolle, Flachs, Ramie, Agave usw.

b) Rauhe Netzfaseren für alle Arten Netze und Hängematten. Beispiele im Handel: Baumwolle, Flachs, Ramie, Neuseelandflachs, Agave usw.

3. Zwirnfaseren.

a) Fein gesponnene Fäden und Garne, Schnüre, Litzen und Zwirne. Alle Handelsformen von Gespinnstfasern, Sonnen-, Mauritius- und Bogensehnenhanf, Neuseelandflachs, Manila-, Sisalhanf, Pandanus¹.

b) Tauwerk und Kabel, hauptsächlich Hanf, Sisal- und Manilahanf.

B. Bindematerial.

Rauhes Material, wie gesplißte Palmblätter, geschälte Baumrinde und andere rauhe Fasern, in ursprünglicher Form verarbeitet.

¹ Die Pandanusfaser wird von den Blättern der Pandanus odoratissimus gewonnen. Unter dem Mikroskop bemerkt man Fasergebilde, Vaskulargewebe, und kleinzelliges Parenchym mit kleinen Calcium-oxalat-Kristallen. Die Fasern sind 1—4 mm lang und haben zahlreiche verschiedene Formen. Sie sind bis zu 20 Mikron breit und sehr dünn.

C. Naturgewebe.

1. Baumbast mit durchflochtenen Fasern.

- a) Ersatz für Tuch, auf einfachste Art hergestellt. (Solches Tuch war lange Zeit im Gebrauch bei den Eingeborenen der Pazifikinseln und unter dem Namen Tappa oder Kapa bekannt.) Eine andere Art Damajagua ist in Ecuador, Südamerika, im Gebrauch.
- b) Geflochtene Rinde dient zur Herstellung von Krawatten, Halskrausen, Peitschen und Riemen usw. Der Baum, der diese Rinde liefert, heißt *Lagetta lintearia* und kommt hauptsächlich auf Jamaika vor. Die Fasermasse wird der inneren Rinde entnommen, wo sie konzentrisch lagert und leicht



Abb. 147. Schnürbast. (Herzog.)

abzunehmen ist. Sie eignet sich vorzüglich zur Herstellung feiner Textilien; ausgebreitet gleicht sie einem Spitzengeflechte.

2. Bandbaste, in dünne, biegsame Streifen ausgezogen, z. B. Kubabast, findet Verwendung in der Putzwarenbranche und in der Herstellung von Zigarettenetuis. Der hier erwähnte Kubabast ist die geflechtähnliche Rinde der *Hibiscus elatus* und wurde früher zum Binden der Habanazigarrenbündel benutzt. Die Pflanze liefert auch noch eine rauhe, aber sehr starke Faser. Sie dient zur Herstellung von Bindschnüren und Kaffeesäcken.
3. Blattscheidefasern.
 - a) Sie entstammenden Blättern und Blattstengeln der Palmen (Kokospalmen).
 - b) Blumenknospen.

Die natürlichen Kappen oder Hüte verschiedener Arten von Palmen.

D. Bürstenfasern.

1. Bürstenfabrikate aus präparierter Faser.
 - a) Für weiche Bürsten (Ersatz für Tierborsten) wie Tampiko.
 - b) Für harte Bürsten. Beispiele: Palmettofaser, Palmyra, Kittul usw. Kittulfaser liefert eine Palmenart, *Cariotta urens*. Die Strukturalfaser ist bräunlich-schwarz und glänzend, die Fäserchen sind gerade und weich. Sie gleicht etwas dem Pferdehaar und kräuselt sich wie Kokosbast, wenn sie über Daumen und Zeigefinger gespannt wird.
Auf Ceylon verwendet man diese Faser zur Herstellung sehr starker Stricke und Taue, welche zum Anbinden der Elefanten nötig sind. Sie dient auch zur Herstellung von Bürsten aller Art, speziell Maschinenbürsten, welche Leinen und Baumwollgarne polieren.
2. Besen und Wischer.
 - a) Grasähnliche Faser. Beispiele: Ginsterwurzeln, Ginsterkorn¹ usw.
 - b) Mattenfasern (Monkeymatten usw.).
3. Sehr rauhe Bürsten und Besen. Material für Straßenreinigung. Gewöhnlich Zweige und Splissen.

E. Flecht- und Rauhwebefasern.

1. Für Hüte, Sandalen usw.
 - a) Strohgeflechte. Vom Weizen, Roggen, Hafer und Reis.
 - b) Geflechte von gespaltenen Blättern, hauptsächlich von Palmen und ähnlichen Pflanzen (Panamahüte). Die echte Panamafaser, woraus die Hüte dieses Namens gemacht werden, kommt von der *Planta de Torquilla* oder *Carludovica palmata*, welche in den Sümpfen des tropischen Amerikas wild wächst. Die Blätter, welche das Panamahutmaterial liefern, werden gepflückt, bevor sie ausgewachsen sind, in Wasser, welchem etwas Zitronensaft beigelegt ist, gekocht, dann in freier Luft zum Trocknen aufgehängt, jedoch im Schatten. Während der ganzen Behandlung, auch beim Flechten, darf das Stroh nie der Sonne ausgesetzt werden, da es sonst unregelmäßig gebleicht würde. Wenn die Blätter fast trocken sind, werden sie in ganz schmale Streifen ge-

¹ Die Faser vom Ginstergras, *Sarothamnus vulgaris*, ist sehr geeignet für Papierfabrikation. Nach Vétillard zeigt sie folgende mikroskopische Eigenschaften: Die Bastfasern sind 2—9 mm (meist 5—6 mm) lang und 10—25 Mikrons (meist 15 Mikron) breit. Das Verhältnis der Länge zur Breite ist durchschnittlich 330:1. Die Fasern werden durch Jodschwefelsäure blau gefärbt, seltener violett oder gelblich. Sie sind kurz, gestreift, voll und rund und haben einen sehr gleichmäßigen Querschnitt. Das Lumen erscheint wie eine Linie, die mittlere Lage, welche gelb gefärbt ist, reicht oft nicht bis zur Spitze der Faser, welche meistens abgerundet, gelappt oder gezackt ist. Es können zwei verschiedene Fäserchen unterschieden werden. Das eine hat ein Lumen, ist vieleckig, scharfkantig, mit sichtbaren Schichten, nicht zahlreich, aber gut bemerkbar. Die anderen Fäserchen sind unregelmäßig, aber kleiner und nicht so dunkel gefärbt wie die ersteren. Das Lumen ist linienförmig und hat etwas Inhalt.

schnitten, dann in Bündel geknüpft und fertig getrocknet. Nach dem Flechten werden die Hüte mit Seife und Zitronensaft gewaschen, poliert und sind dann verkaufsfertig.

- c) Geflechte aus verschiedenem Material (Bast und dünnes Holz), verarbeitet zu Besatzartikeln für Modistinnen.
- 2. Matten und Dachstroh.
 - a) Die japanischen Bodenmatten sind entweder aus Binsen, *Juncus effusus*, oder aus *Cyperus unitans* (the Shi-chito-i mat rush); die bessere Qualität kommt vom erstgenannten Produkt. *Juncus effusus* wächst auch an der Pazifikküste von U. S. A., ebenso eine ähnliche Spezies, *Juncus robustus*.
 - b) Schlafmatten, Schutzwände usw.
 - c) Dachbedeckungen aus Baumbast, Palmblättern, Gräsern usw.
- 3. Korbwaren.
 - a) Erstellt aus Holzfasern.
 - b) Aus ganzen oder gesplißten Blättern.
- 4. Verschiedene Produkte.

Weidengeflecht ein verschiedenen Formen, Sesselgeflechte von Splissen oder Binsen.
- F. Füllmaterial.
 - 1. Stopfmateriel für Polstermöbel.
 - a) Watte, im Handel meist Baumwollscharpie.
 - b) Federnersatz zum Füllen von Kissen usw., Baumwolle, Samenhaare und anderes feines Fasermaterial.
 - c) Matratzen und Möbelfüllungen; Abfall von verarbeiteten Fasern, unverarbeiteter Bast, Stroh, Gräser, spanisches Moos usw.
 - 2. Verkleidungen.
 - a) Kesselverkleidungen, Werg von verschiedenen Faserstoffen.
 - b) Faßverkleidungen, Blätter von Schilf und Riesengräsern.
 - 3. Einlegematerial für Baugewerbe und als Ersatz für Kuhhaar bei Verputzmateriel, Stuck usw. Neuseelandflachs, Palmfaser.
 - 4. Packmateriel.
 - a) Für Transportgüter usw., Kokosfaser, Stroh; für Ventildichtungen bei Maschinen, für Flansche.
 - b) Transportschutzmittel, verschiedene Fasern von weichen Gräsern, Exzelsior.
- G. Papiermateriel.
 - 1. Textilpapier.
 - a) Spinnfasern in rohem Zustand; zweite Qualität oder Abfall von Spinnfasern, als Papierstock verwendet zusammen mit Juteenden und Manilahanfabfällen.
 - b) Baumwoll- oder Flachsfaser aus Lumpen, verwendet zu Papiermateriel.
 - 2. Bastpapier.

Japanisches Papier aus weichem Bast, wie Papiermaulbeer¹.

¹ Die Faser der *Broussonetia (Morus) papyrifera* wird in China und Japan zur Papierfabrikation verwendet und in Europa ausnahmsweise zur Fabrikation von

3. Palmenpapier.

Aus faserigem Material von Palmen und ähnlichen Pflanzen.

4. Bambus- und Gräserpapiere.

Umfaßt alles Papiermaterial aus grasähnlichen Pflanzen, Bambus, Spartgras usw.

5. Holzbrei oder Zellulose.

Das Holz von Fichten, Pappeln und ähnlichem, auf chemischem oder mechanischem Wege hergestellt.

Wiesner gibt folgende botanische Einteilung der wichtigsten Pflanzenfaser:

A. Pflanzenhaare.

1. Baumwolle (Samenhaare von *Gossypium*).
2. Bombaxbaumwolle (Fruchthaare der Bombazeen).
3. Pflanzenseide (Seidenhaare von verschiedenen *Asclepiadaceae* und *Apocynaceae*).

B. Bastfasern von Stielen und Stengeln der Dikotyledonen.

a) Flachsartige Fasern.

4. Flachs (*Linum usitatissimum*).
5. Hanf (*Cannabis sativa*).
6. Gumbohanf (*Hibiscus cannabinus*).
7. Sonnenhanf (*Crotalaria juncea*).
8. Queenslandhanf (*Sida retusa*).
9. Yercumfaser (*Calotropis gigantea*).

b) Boehmeriafaser.

10. Ramie- oder Chinagrass (*Boehmeria nivea*).

c) 11. Jute (*Carchorus capsularis* und *C. olitorius*).

12. Raibhenda (*Abelmoschus tetraphyllos*).

13. Pseudo-Jute (*Urena sinuata*).

d) Rauhe Bastfaser.

14. Bastfasern von *Bauhinia racemosa*.

Die *Bauhinia* ist eine baumartige Kletterpflanze, die in den Tropen vorkommt. Die Faser wird aus dem Bast der inneren Rinde gewonnen. Sie wird zu rauhem Tauwerk verwendet, verdirbt aber schnell im Wasser. Die Faser ist rötlich, zähe und stark; sie wurde in Indien beim Brückenbau verwendet.

15. Bastfasern von *Thespesia lampas*.

16. Bastfasern von *Cordia latifolia*.

extrastarkem Papier. Nach Höhnel ist diese Faser sehr lang, meistens 6—15 mm bis zu 25 mm sogar, und 25—35 Mikron dick. Unter dem Mikroskop unterscheidet man dicke und dünne Fasern, teils dickwandig und weich, rund, teils bandförmig und flach. Das Lumen läßt sich nicht gut erkennen. Es enthält hier und da nahe der Spitze eine gelbliche Substanz. In den bandförmigen Fasern sind die Enden breit und abgerundet; die dickwandigen Fasern haben zum Teil scharfe Spitzen. Alle Querschnitte zeigen die reine Zellulosefaser, eingefaßt in ein gelbliches Netzwerk. Wenn das Netzwerk von den Fasern entfernt ist, gleicht der Querschnitt dem der Baumwolle, hat aber eine feinschichtige Struktur, welche bei dem der Baumwolle vollständig fehlt.

- e) Baste.
17. Lindenbast (*Tilia* sp.)¹.
 18. Bast von *Sterculia villosa*.
 19. Bast von *Holoptelea integrifolia*.
 20. Bast von *Kydia calycina*.
 21. Bast von *Lasioyphon speciosus*.
 22. Bast von *Sponia Wightii*.
- C. Vaskularbündel von Monokotyledonen.
- a) Blattfasern.
23. Manilahanf (*Musa textilis*).
 24. Pita (*Agave americana*) und *A. mexicana*.
 25. Sisal (*Agave rigida*).
 26. Mauritiushanf (*Agave foetida*).
 27. Neuseelandflachs (*Phormium tenax*).
 28. Aloefasern (*Aloe* sp.).
 29. Promeliafasern (*Promelia* sp.).
 30. Pandanusfasern (*Pandanus* sp.).
 31. Sansevieriafasern (*Sansevieria* sp.).
 32. Spartofasern (*Stipa tenacissima*).
 33. Piassave (*Attalea funifera*, *Raphix vinifera* usw.).
- Piassave ist eine Stützfaser, gewonnen aus den Blattstengeln einer Palmenart (*Attalea funifera*). Sie ist steif, drahtig, hell schokoladenbraun und wird hauptsächlich zur Bürstenfabrikation verwendet, ebenso für Straßenbürstmaschinen. Die Palme wächst in Brasilien, wo die Eingeborenen aus ihrer Faser rauhe Tawe verfertigen, welche sehr dauerhaft sind und so leicht, daß sie auf dem Wasser schwimmen.
- b) Stengelfasern.
34. Tillandsiafasern, Southen moss (*Tillandsia usneoides*).
- c) Fruchtfasern.
35. Kokosnußfasern (*Cocos nucifera*).
 36. Torffasern.
- d) Papierfasern.
37. Strohfasern (Roggen, Weizen, Hafer, Reis).
 38. Spartgrasfasern (Blattfasern von *Stipa tenacissima*).
 39. Bambusfasern (*Bambusa* sp.).
 40. Holzfasern (Föhre, Espe usw.).
 41. Bastfasern vom Papiermaulbeerstrauch (*Broussonetia papyrifera*).
 42. Bastfasern von *Edgeworthia papyrifera*.
 43. Torffasern.

¹ Die Fasern vom Lindenbast sind vollständig verholzt. Sie sind 1—5 mm (meistens 2 mm) lang und 14—20 Mikrons (meistens 16 Mikrons) stark. Das Verhältnis der Länge zur Breite ist ungefähr 125:1. In der Längsrichtung betrachtet erscheint die Faser sehr kurz, dünn, steif und voll. Die Spitzen sind scharf und unregelmäßig. Die meisten der kleinen Teilchen sind polygonal, mit geraden Seiten und spitzigen Kanten und fest zu Gruppen zusammengehalten durch die Interzellulärschubstanz. Mit Jodschwefelsäure behandelt erscheint dieselbe dunkelgelb. Das Lumen erscheint als Punkt.

Lecomte (Textiles végétaux) gibt folgende Einteilung mit Rücksicht auf die Botanik der Textilfasern:

A. Pflanzenhaare.

Baumwolle.	}	Geringere Pflanzenfasern.
Asclepias		
Calotropias		
Epilboium		
Typha etc.		

B. Bastfasern.

I. Dikotyledonen.

- | | |
|--|---|
| a) Familie der Urticaceae.
Hanf (Cannabis).
Ramie (Boehmeria).
Nessel (Urtica).
Papiermaulbeer (Broussonetia). | e) Familie der Malvaceae ² .
Queenslandhanf (Sida).
Caesar weed (Urena).
Pseudohanf (Hibiscus). |
| b) Familie der Linaceae.
Leinen (Linum). | f) Familie der Papilionaceae.
Sonnenhanf (Crotolaria).
Klee (Melilotus).
Ginster (Genista). |
| c) Familie der Thymeleaceae.
Spitzenrinde (Lagetta).
Nepalpapier (Daphne). | g) Familie der Cordiaceae.
Cordiafaser. |
| d) Familie der Tiliaceae.
Jute (Corchorus).
Linde (Tilia). | h) Familie der Asclepiadaceae.
Riesenasklepia (Calotropis). |

Die Bastfaser besteht aus reiner Zellulose. Die Fasern sind gleichmäßig dick und zeigen zwei Formen: dünne, sehr dickwandige Fasern mit einem linienartigen Lumen, welches nur bemerkbar ist, wenn es mit einer Masse gefüllt ist, mit langen, konischen scharfen Punkten; flache, bandähnliche Fasern mit breiten, abgerundeten Spitzen und großem Lumen. Im Querschnitt ist speziell das feine Netzwerk der Interzellularsubstanz bemerkbar. Einzelne Netzmaschen sind manchmal leer. Die Form des Querschnittes hat Ähnlichkeit mit dem des Hanfes, doch sind die Lumen fast immer offen und gefüllt mit gelber, körniger Substanz. Auch die Schichtung in den Wänden ist weniger ausgeprägt und schwerer zu erkennen.

¹ Die Hopfenfaser, welche für Papierfabrikation immer mehr an Bedeutung gewinnt, besteht nach Höhnel aus Faserelementen von 4—19 mm (meist 10 mm) Länge und 12—26 Mikrons (meist 16 Mikrons) Breite.

² Eine sehr bemerkenswerte Faser aus der Familie der Malvaceae ist die des *Adansonia tigitata* oder Affenbrotbaumes, in Afrika heimisch. Es ist einer der größten Bäume der Erde und erreicht wohl das höchste Alter aller bekannten Pflanzen, und kommt vom Senegal bis Abessinien vor. Die Faser wird aus der Rinde gewonnen, ist sehr stark und eignet sich zur Herstellung von Tauwerk. In Afrika verfertigt man daraus Stricke, Zwirn und Sackleinwand, in Indien Elefantensättel, in England dient sie zur Fabrikation von Spezialpapieren.

II. Monokotyledonen.

- | | |
|--|---|
| a) Familie der Gramineae.
Spartgras ¹ (<i>Stipa</i>).
Silberweide (<i>Lygeum</i>). | f) Familie der Naiadaceae.
Seetang (<i>Zostera</i>). |
| b) Familie der Liliaceae.
Neuseelandhanf (<i>Phormium</i>).
Yukka (<i>Yucca</i> sp.).
Bogenschnenhanf (<i>Sansevieria</i>) | g) Familie der Palmen.
Kokos (<i>Cocos</i>).
Raffia (<i>Raphia</i>).
Murmurupalme (<i>Astrogaryum</i>).
Crin végétal (<i>Chamaerops</i>). |
| c) Familie der Amaryllidaceae.
Sisalhanf (<i>Agave</i>). | Rattan (Schilfrohr?) (<i>Calamus</i>). |
| d) Familie der Bromeliaceae.
Ananas (<i>Ananas</i>).
Bromeliafaser (<i>Bromelia</i>). | Sagopalme (<i>Arenga</i>).
Dattelpalme (<i>Phoenix</i>).
Talipotpalme (<i>Corypha</i>).
Ölpalme (<i>Elaeis</i>). |
| e) Familie der Musaceae.
Manilahanf (<i>Musa</i>). | |

5. Physikalische Struktur der Samenhaare. Die Samenhaare oder Federfasern werden in 3 Klassen eingeteilt, je nach ihrer Form:

1. Solche, welche aus einer einzelnen Zelle bestehen. Ein Ende der Faser ist geschlossen und konisch zugespitzt, das andere ist plötzlich abgebrochen, dort wo es am Samen angewachsen ist.

Zu dieser Klasse gehören die wichtigsten Federfasern, wie Baumwolle und Pflanzenseide.

2. Solche, welche aus einer Serie von Zellen bestehen, verbunden zu einer fortlaufenden Faser. Diese Klasse umschließt die Tomentum- oder Epidermalhaare. Diese sind praktisch wertlos als Textilmaterial und werden meist als Polstermaterial verwendet.

3. Solche, welche aus verschiedenen Serien von Zellen bestehen, wie z. B. Baumwollgras und Elefantengras. Die Haarfasern entstehen auf fast allen Organen der Pflanzen, welche der Luft ausgesetzt sind. Die folgende Tabelle bezeichnet die Herkunft des Großteils solcher Fasern.

Haarfasern.

- | | |
|---|---|
| 1. Die Samen ganz oder teilweise bedeckend: | 2. Enthalten in den Blumen oder Blumenhüllen: |
| Baumwolle (<i>Malvaceae</i>), | Typha (<i>Tuphaceae</i>), |
| Marsdenia | Eriophorum (<i>Cyperaceae</i>). |
| Calotropis | 3. das Innere der Frucht ausfüllend: |
| Asclepias | Ochroma |
| Vincetoxicum | Bombax |
| Beaumontia | Eriodendron |
| Strophantus | 4. Stengel und Blätter bedeckend: |
| Epilobium (<i>Oenotheraceae</i>). | Cibotium (Farnkraut). |

¹ Diese Faser wird von den Blättern beider Gräser, *Stipa tenacissima* und *Ligacium spartum*, gewonnen, die bekannt unter dem Namen Alfafaser oder Esparto sind. Sie findet speziell zur Papierbereitung Verwendung. Die Faser der *Stipa tenacissima* ist 0,5—3,5 mm lang und 7—18 Mikrons breit; diejenige der *Ligacium spartum* ist 1,3—4,5 mm lang und 12—20 Mikrons breit. Beide Fasern sind kurz, dünn, voll, glänzend und von sehr gleichmäßigem Durchmesser. Das Lumen erscheint als feine Linie und enthält oft eine gelbliche Substanz. Die Enden sind konisch und entweder etwas abgerundet oder schräg abgeschnitten.

Die Zellwand der Federfaser ist in einigen Fällen verhältnismäßig dünn, in andern dagegen dick. Sie ist in der Regel ohne augenscheinliche Struktur, doch sieht man manchmal, daß sie Poren enthält und gelegentlich ein netzförmiges Spitzengeflecht, speziell am Fuße der Faser. Die innere Oberfläche der Zellwand ist gewöhnlich mit einem Häutchen von trockenem Protoplasma bedeckt, welches erwiesenermaßen gleicher Konstitution wie die äußere Oberhaut ist, da sie ebenfalls unlöslich bleibt, wenn die Faser in konzentrierte Schwefelsäure oder in Kupferoxydammoniaklösung getaucht wird.

Lecomte gibt folgende Einteilung der Pflanzenfasern in Rücksicht auf die Zellulosestruktur:

1. Fasern, bestehend aus einer einzelnen Zelle: Baumwolle, Asklepiaseide, Bombaxbaumwolle.

2. Einzelfasern in Bündeln: ungebleichte Jute, Leinen (schlecht präpariertes Leinen enthält oft parenchyme Zellen und Epidermalzellen), Ambarihanf (*Hibiscus*), Ramie, Hanf (gut präpariert).

3. Fasern mit Markzellen: Queenslandhanf (*Sida retusa*), *Cordia latifolia*, *Thespesia lampa*s.

4. Fasern mit Parenchymzellen: *Abelmoschus tetraphyllos*, *Urena sinuata*, Sonnenhanf (*Crotolaria juncea*), *Calotropis gigantea*, Hanf (präpariert).

6. Physikalische Struktur der Bastfasern. Die Generalbezeichnung Bastfaser umfaßt eigentlich zwei ausgesprochene Formen. Wenn die Faser im Bast selber vorkommt, sollte sie als echte Bastfaser bezeichnet werden, z. B. Leinen, Hanf und Jute. Wenn dagegen die Faser nicht im Bast vorkommt, sondern in einzelnen Bündeln in der Blattstruktur der Pflanze, sollte man sie als sklerenchyme Faser bezeichnen. In der echten Bastfaser werden selten ausgesprochene Poren bemerkt, während die sklerenchymen Fasern reichlich damit versehen sind. Andererseits zeigt die echte Bastfaser oft eigenartige Veränderungen, verursacht durch ungleichmäßigen Zellendruck beim Wachstum der Pflanze; das kommt bei den sklerenchymen Fasern ganz in Wegfall. Die Enden aller Bastfasern sind gewöhnlich ganz charakteristisch und weisen verschiedene Formen auf; manchmal sind sie scharf spitzig und dann wieder stumpf; einige haben eine einzelne Spitze, während andere zerfasert oder gegabelt sind. Wenn die Zellen in Bündeln vorkommen, sind sie meistens getrennt voneinander durch die sog. Mittelschicht, welche eine Art Matrice bildet, in welche die einzelnen Faserbündel eingebettet sind. Diese Schicht unterscheidet sich gewöhnlich in ihrer chemischen Zusammensetzung von der Zellwand und gibt verschiedene Farbreaktionen mit zahlreichen Reagenzien. Sie besteht gewöhnlich aus ver-

Die meisten Fasern sind nicht holzig; mit Jodschwefelsäure behandelt färben sie sich gelblich. Die mit dieser Reagens behandelten Querschnitte erscheinen teils gelb, teils blau. Die innerste Schicht der Wände ist meistens nicht verholzt, die äußere immer. Die Querschnitte sind rund. Neben der Faser selbst sind die Netz-(Cuticula) Teilchen meist nicht zu beobachten. Sie bestehen aus feinen Zellen, Spaltzellen und Haaren, welche oft in Form eines Haken gebunden sind. Das Netz der Cuticula hat deutlich gezähnte Wände. Sie enthalten Kieselsäure, welche in der Asche nachzuweisen ist.

holztem Geflecht. In bezug auf die verhältnismäßige Größe der Zellwand und den innern Kanal oder das Lumen können die Bastfasern summarisch in 4 Klassen geteilt werden:

1. Das Lumen nimmt ungefähr $\frac{4}{5}$ des Durchmessers der Faser ein; Ramie- und Chinagrass.

2. Das Lumen nimmt ungefähr $\frac{2}{3}$ des Faserdurchmessers ein: Ananasfaser, Hanf, Pita und Sonnenhanf.

3. Das Lumen ist meist weniger als die Hälfte des Durchmessers: Ambarihanf (Hibiscus), Yukka-, Neuseelandhanf (Phormium tenax), Manilahanf.

4. Das Lumen ist oft bis zu einer Linie reduziert: Leinen.

Das Lumen ist sehr regelmäßig und auch die Zellwände von gleichmäßiger Dicke, in den Fasern von Yukka, Neuseelandhanf, Sonnenhanf, Agavehanf, Leinen, Ramie und Federfasern. Andererseits ist der Kanal sehr unregelmäßig und die Zellwände von sehr unregelmäßiger Dicke in den Fasern von Jute, Kokos, Urena sinuata, Abelmuschus usw. Alle Pflanzenzellmembrane sind doppelbrechend, hauptsächlich bei dickwandigen Zellen, welche mit der Faser parallel laufen.

Unter dem Mikropolariskop zeigt eine solche Faser eine schöne Zusammenstellung glänzender, prismatischer Farben. Der Grat der doppelten Refraktion variiert bei verschiedenen Fasern. In einigen, z. B. Kokos, ist sie sehr schwach, während sie in andern, wie Leinen und Hanf sehr stark ausgeprägt ist. Die folgende Tabelle zeigt die Polarisationsfarben bei den verschiedenen Fasern:

Fasern:	Polarisationsfarben:
Vaskuläre und parenchyme Zellen von Holz und Stroh	} dunkelgrau.
Epidermalzellen von Stroh und Spartgras	
Kokos	dunkelgrau.
Baumwolle	dunkel- bis hellgrau, auch weiß bis gelb.
Neuseelandflachs	do.
Faserzellen von Jute und Spartgras	dunkel- bis hellgrau, gelblich bis rot.
Bastzellen von Flachs und Hanf	weiß, gelblich, orange, rot, violett, übergehend zu gelblichweiß und violett.

Es ist schwierig, mehrere scharfe Unterscheidungen zu formulieren zwischen den Bastfasern, da eine Klasse verschiedene Ähnlichkeiten aufweist mit der nächsten. Die Form der Zellenden variiert von spitzig zu stumpf oder zackig im gleichen Beispiel irgendeiner Bastfaser. Es ist daher nutzlos, irgendeinen Schluß zu ziehen zur Bestimmung der Faser vom Aussehen der Faserenden allein. Die gliederige Struktur der Bastfaser erlaubt etwas besser die Bestimmung, doch läßt sich auch da nichts verallgemeinern. Leinenfasern zeigen oft dieses gegliederte Mark, jedoch zeigen auch manche Leinenfasern gar keine Gliederung.

7. Mikroskopische Eigenschaften der Pflanzenfasern. Die folgende Tabelle zeigt die Eigenarten der gewöhnlichsten Pflanzenfasern der Textil- und Papierindustrie.

Fasern	Größe und kleinste Fasern		Mikroskopisches Bild	Farbreaktion mit	
	Länge inches	Durchmesser inches		Chlor- zinkfod	Phlorogluzin Anilinsulfat
Baum- wolle	$1\frac{1}{2}$ — $1\frac{3}{4}$ av. = $1\frac{1}{4}$	0,0047—0,0070 av. = 0,0062	Erscheint als flaches Band, mehr oder weniger um die Längsachse gedreht. Fasergeflecht nicht in einer Richtung fortlaufend; Zellwände dick, Lumen breit und dicker als die Zellwand, zwischen verdickten Zacken körnige Oberfläche; Durchmesser gleichmäßig für $\frac{3}{4}$ Länge, dann konisch bis zur Spitze; Spitze zylindrisch und solid.	Weinrot	Nicht farbig
Flachs	$\frac{1}{5}$ — $2\frac{3}{5}$ av. = $1\frac{1}{5}$	0,0030—0,0062 av. = 0,0040	Zylindrisch, konisch bis zur scharfen Spitze. Zellwand so dick, daß das Lumen als Faden erscheint. Feingekreuzte Linien mit Unterbrüchen, erscheinen verbunden, übereinander geknüpft wie ein X.	Purpur bis gelb	Schwach rot oder nicht farbig
Hanf	$\frac{1}{20}$ — $\frac{1}{4}$	0,0040—0,0080 av. = 0,0050	Lumen breit, gleich dick oder dicker als die Zellwände; ausgesprochene Längstreifen; Ende der Faser stumpf, dickwandig, oft mit Seitenästen; Verschiebungen, geschwelltes und gekreuztes Geflecht. Faser weniger durchsichtig als bei Flachs; Kanal schwieriger zu unterscheiden.	Purpur bis gelb	Schwach rot
Jute	$\frac{1}{20}$ — $\frac{1}{5}$	0,0025—0,0080 av. = 0,0045	Lumen unregelmäßig, zu Zeiten so groß oder größer als die Zellwand. Ende der Faser lumen breiter, Ende rund. Längstreifen ohne querlaufende Merkmale, keine knotigen Anschwellungen.	Gelb	Dunkel- rot
Manila- hanf	$\frac{1}{10}$ — $\frac{1}{2}$ av. = $\frac{1}{4}$	0,0040—0,0080 av. = 0,0060	Lumen breit, ausgesprochen und gleichmäßig, Zellwand dünn; Enden eng und scharf. Durchmesser gleichmäßig.	Ungekocht gelb, gekocht rot	
Stroh	$\frac{1}{250}$ — $\frac{1}{20}$ av. = $\frac{1}{85}$		Bastzellen sind lange, dünne Fasern regelmäßiger Struktur mit engem Kanal, sehr biegsam und konisch bis zur feinen Spitze. Epidermalzellen dickwandig, kurz, breit, gezähnt. Parenchymzellen dünnwandig in Form von Kaffeebohnen.	Blau bis grün- lich	Farblos bis rot
Spartgras	$\frac{1}{50}$ — $\frac{1}{10}$	0,0017—0,0045 av. = 0,0030	Zellen kleiner, aber ähnlich wie Stroh. Spartgras hat keine dünnwandigen, Bohnen ähnliche Zellen, sondern sehr kleine, ausgesprochen birnförmige Zellen. Kreuzzeichnungen zahlreich.	Blau bis grün- lich	Farblos bis rot

1 av. = Mittelwert.

Ramie	$\frac{1}{4}$ —2,0 av. = 1,0	0,010—0,020 av. = 0,0125	Bastzellen sehr lang und breit, Durchmesser sehr unregelmäßig; Fuß sehr unregelmäßig, Lumen manchmal deutlich, dann wieder fast verschwindend. Fasern zeigen zahlreiche Knoten und Quergeflechte. Enden der Fasern dickwandig, runde Spitze mit einem zur Linie reduzierten Lumen.	Dunkelrot bis grünlichgelb	Farblos	Farblos
Neuseelandflachs	$\frac{1}{10}$ — $\frac{3}{5}$ av. = $\frac{1}{3}$	0,0020—0,0070 av. = 0,0040	Faserzellen sehr regelmäßig und gleichförmig. Oberfläche glatt. Lumen enger als Zellwände, gleichmäßig groß. Enden scharfspitzig und ungeteilt. Spuren von Parenchym und Epidermis werden oft beobachtet.	Dunkelgelb od. bräunlich	Rötlich	Gelblich oder grünlichgelb
Manihanhaf od. Sisal od. Domingo-hanf	$\frac{1}{10}$ — $\frac{1}{4}$	0,0050—0,0085	Faser steif und kurz, gegen die Mitte breit. Lumen breit. Dicke, breite Enden. Oberflächen porig. Eigentümliche Spiral- und Parenchymzellen häufig.	Gelb	Rot	Gelb
Pitafaser	$\frac{1}{10}$ — $\frac{1}{5}$	0,0040—0,0080 av. = 0,0055	Faser steif und kurz, ziemlich dünnwandig. Faser ausgesprochen wellenförmig und sehr elastisch. Mikroskopische Erscheinung dem Sisalhaf sehr ähnlich.	Gelb	Rot	Gelb
Ananasblattfaser	$\frac{1}{10}$ — $\frac{2}{5}$	0,0010—0,0020	Faser sehr fein und dauerhaft. Das enge Lumen erscheint wie eine Linie. Diese Faser zeichnet sich vor allen anderen Blattfasern durch extreme Feinheit aus.	Blau bis grünlichgelb	Farblos bis schwach rot	Farblos bis gelb
Koniferenholzfasern			Fasern von Koniferen haben charakteristisch flaches, bandähnliches Aussehen. Viele von ihnen zeigen runde Tupfen oder Poren. Die runden Merkzeichen werden deutlicher sichtbar in starken Sulfaten, sind aber weniger ausgesprochen in gekochtem Brei. Die Zellen sind manchmal gezwirnt, ähnlich wie bei Baumwolle. Die Form und Verteilung der Poren gibt in manchen Fällen Aufschluß über die Herkunft der Faser.	Blau	Farblos	Farblos
Breitblätter, harte Holzfasern			Die Faser vom Breitblattbaum ist kürzer und mehr zylindrisch, immer an beiden Enden zugespitzt oder zeigt nie und da Kreuzmerkmale. Im Gegensatz zu echten Fasern sind es immer eine Anzahl röhrenförmige Gefäße, kurz und breit im Durchmesser, welche zahlreiche Grübchen aufweisen.	Dunkelblau	Farblos	Farblos

8. Physikalische Eigenschaften, Farben. Die Pflanzenfasern differieren in rohem Zustand beträchtlich in ihrer Farbe. Einige, wie Baumwolle, Ramie und Pflanzenseide sind fast ganz weiß; andere, wie Leinen, sind graubraun, während wieder andere, wie Jute und Hanf, ausgesprochen braun sind. Diese Farben gehören aber meist zu krustigen Unreinheiten der Faser, da die Zellulosefaser gereinigt und befreit von all solchen Fremdkörpern stets weiß ist.

9. Glanz. Die Pflanzenfasern sind in der Regel weniger glänzend, als diejenigen tierischen Ursprungs, speziell Seide, obgleich sie in dieser Hinsicht stark differieren. Baumwolle z. B. hat am wenigsten Glanz von allen, da ihre Oberfläche keineswegs glatt und eben ist, sondern faltig und knitterig. Andere Federfasern, wie die verschiedenen Pflanzenseiden, haben eine sehr glatte Oberfläche und zeigen daher einen bemerkenswerten Glanz. Leinen, Jute, Ramie und die Bastfasern im allgemeinen, wenn sie in ihre feinen Fäden verteilt und von allen Unreinheiten befreit sind, zeigen einen ziemlichen Glanz. Abgesehen von mehr oder weniger rauen Stellen und Unregelmäßigkeiten, so sind doch die meisten glatt und regelmäßig.

10. Elastizität. Je mehr sich die Faser der reinen Zellulose nähert, desto größer ist ihre Biegsamkeit und Elastizität, und je mehr sie verholzt, desto schlechter wird die Qualität. Das heißt, die stark verholzten Fasern sind steif und brüchig und eignen sich sehr wenig zum Spinnen von feinen Garnen. Ein Apparat zur Bestimmung der elastischen Eigenschaften der Garne, der automatisch die Bruchstärke bestimmt, ist von J. A. Matthew beschrieben (Journ. Text. Inst. 1922, S. 45, Abb. 153). Matthew studierte die Beziehungen der totalen und permanenten Streckung in verschiedenen Garnen und fand ein annähernd regelmäßiges Verhalten zwischen Totalstreckung (Y_t) und Permanentstreckung (Y_p) bei Flachsgarn und Hanf. Die folgende Tabelle zeigt die mittleren Werte dieser Verhältnisse.

Wert von Y_t und Y_p .

Belastung vor dem Strecken Unzen	Baumwolle 10's, Amerika		Flachs 30/3 lea			Hanf 25' lea
	grau	ge- bleicht	grün	ge- sotten	ge- bleicht	
2	1,6	1,81	1,72	—	1,53	—
6	1,49	1,64	1,69	1,54	1,47	1,62
10	1,36	1,50	1,69	1,53	1,48	1,59
14	—	1,42	1,70	1,55	1,50	1,59
18	—	1,38	1,72	1,56	1,50	1,60
22	—	1,34	—	1,58	—	1,58
26	—	—	—	—	—	1,58
Durchschnitt	—	—	1,7	1,55	1,5	1,59

11. Dehnbarkeit. Die Dehnbarkeit der Pflanzenfasern variiert beträchtlich. Infolge der großen Unterschiede in der physikalischen Beschaffenheit der verschiedenen Fasern ist es schwierig, Werte zu geben, die ein richtiges Bild der Verhältnisse zeigen. Die folgende Tafel gibt den Vergleich zwischen den wichtigsten Fasern.

Faser	Festigkeit	Bruchfestigkeit Kilogramm per Quadratmillimeter
Baumwolle	23,0	34,27
Leinen	24,0	36,00
Jute	34,5	49,51
Hanf	52,0	78,00
Kokosbast	17,8	—
Manilahanf	31,8	—
Chinagrass	30,8	—
Rohseide	30,8	40,04

12. Hygroskopische Eigenschaften. Die Pflanzenfasern enthalten bedeutend weniger Feuchtigkeit als Wolle oder Seide; während die letzteren unter normalen atmosphärischen Bedingungen im Durchschnitt 12 bis 16% Feuchtigkeit haben, weisen Baumwolle und Leinen nur 6—8% auf. Die folgende Tafel (nach Wiesner) zeigt die Feuchtigkeitsmenge verschiedener Pflanzenfasern unter normalen Bedingung und auch die größte Menge, welche sie hygroskopisch aufnehmen können:

Feuchtigkeit in Pflanzenfasern.

Faser	Normal- zustand	Maximale hygroskopische Wassermenge
	%	%
Baumwolle	6,66	20,99
Flachs (belgischer)	5,70	13,90
Jute	6,00	23,30
Chinagrass	6,52	18,15
Manilahanf	12,50	50,00
Sonnenhanf	5,31	10,87
Hibiscus cannabinus	7,38	14,61
Abelmoschus tetraphyllus	6,80	13,00
Spartgrass	6,95	13,32
Urena sinuata	7,02	15,20
Piassava	9,26	16,98
Sida retusa	7,49	17,11
Aloe perfoliata	6,95	18,03
Bromelia karatas	6,82	18,19
Thespesia lampas	10,83	18,19
Cordia latifolia	8,93	18,22
Bauhinia racemosa	7,84	19,12
Tillandsiafaser	9,00	20,50
Pita	12,30	30,00
Calotropis gigantea (Bast)	5,67	13,13

Nach Scheurer¹ besitzt jede Faser eine bestimmte Kapazität, wenn sie der Behandlung durch Dampf unter konstanten Bedingungen ausgesetzt wird. Wenn das Gleichgewicht hergestellt ist, ergibt sich folgendes Resultat:

Faser	Feuchtigkeit	Faser	Feuchtigkeit
Baumwolle	23,0 %	Gebleichte Seide	36,5 %
Rohleinen	27,7 „	Gefärbte und gebleichte Wolle	50,0 „
Rohjute	28,4 „		

¹ Bull. Soc. Ind. Mulhouse 1900, S. 89.

Höhnel machte verschiedene interessante mikroskopische Feststellungen in bezug auf den Feuchtigkeitsgehalt und die Dimension der Fasern. Seine Resultate sind folgende:

1. Jede Faser wird dicker, wenn sie der Feuchtigkeit ausgesetzt wird, ob sie gezwirnt ist oder nicht. Pflanzenfasern differieren von Tierfasern in ihrem Verhalten. Tierfasern, befeuchtet, werden 10—14 % dicker; z. B. Menschenhaar 10,67 %, Angorawolle 10,2 %, weiß Alpakawolle 13,7 %, Tussahseide 11 %. Nur diejenigen Haare, welche ein großes Mark besitzen, schwellen stärker auf, da die Markzellen sich meist stark ausdehnen, z. B. Kuhhaar 16 %. Die Pflanzenfasern schwellen bis zu 20 % und mehr auf. So gibt Neuseelandflachs bei drei Bestimmungen 19,5, 20,0 und 22,3 %; Aloehanf 25,8 %, Leinen 17,1 %, Hanf 21,1, 25,2 und 21,0 %, Baumwolle 27,5 % usw.

2. Beim Befeuchten kann eine Faser länger oder kürzer werden oder die Originallänge beibehalten. Das gleiche kann auch der Fall sein beim Trocknen der Faser. Es hängt von den Bedingungen ab, unter denen die Faser sich befindet, und von der Behandlung, welcher sie unterworfen ist.

3. Die Veränderung in der Länge bei den Pflanzenfasern schwankt zwischen 0,05 und 0,10 % und bei Tierfasern zwischen 0,50 und 1,00 %.

4. Wenn ein und derselbe Teil eines Fadens wiederholt befeuchtet und wieder getrocknet wird, ergeben sich folgende Resultate:

a) Eine natürliche, ungezwirnte Faser von Flachs, Hanf, Aloe, Chinagras, Baumwolle und Manilahanf wird verlängert beim Befeuchten und kürzer beim Trocknen an der Luft (0,05—0,10 %).

b) Neuseelandflachs (im Handel) verhält sich gerade umgekehrt.

c) Die meisten Pflanzenfasern zeigen die Eigentümlichkeit, daß sie beim Befeuchten mit dem Atem die größte Länge bekommen, mit Wasser benetzt, verkürzen sie sich ungefähr um 0,01—0,03 %. Wenn eine nasse Faser getrocknet wird, wird sie zuerst länger und dann schnell kürzer.

d) Wenn eine nasse Pflanzenfaser stark gestreckt wird und erlaubt, in diesem Zustand getrocknet zu werden, zeigt sie nachher entweder 1. im nassen Zustand oder im trockensten eine bestimmte Kürzung von 0,05—0,10 % (roh Chinagras); oder 2. kommt es vor, daß zuerst Kürzung eintritt und darauf sich nicht ändert, oder 3. die Faser verkürzt sich zuerst und verlängert sich darnach (Manilahanf).

e) Alle stark gezwirnten Fasern zeigen die Eigentümlichkeit, daß sie sich beim Trocknen verlängern und beim Netzen verkürzen. In diesem Falle ist die Kürzung durch das Quellen bedingt.

f) Jede natürliche Tierfaser wird sich immer verlängern beim Befeuchten und verkürzen beim Trocknen. Beide Werte sind ungefähr bei 0,5—1,0 %.

g) Jede einzelne, starke, gezwirnte Faser verkürzt sich zuerst (1—2 %) und dann verhält sie sich wie jede ungezwirnte Faser, bloß sind die Veränderungen meist geringer.

h) Eine gestreckte, getrocknete Tierfaser verkürzt sich beim Netzen zuerst (1 %) und dann verhält sie sich wie eine Faser, die nicht gestreckt wurde.

Aus diesen Resultaten ist ersichtlich, daß die Veränderung der Faser beim Aufsaugen von Wasser sehr charakteristisch ist, und daß ein wesentlicher Unterschied besteht zwischen Tier- und Pflanzenfaser. Diese Feststellungen erklären auch die Tatsache, warum Taue sich im Wasser verkürzen. Fasern, welche nicht oder nur wenig gestreckt sind, werden im Tau fest zusammengehalten. Da die Faser sich wenig oder gar nicht verlängern kann, nachdem sie zu 20—25 % durch Aufschwellen verdickt ist, müssen die Taue ebenso wie einzelgezwirnte Fäden kürzer werden.

Wenn die Spiralfaser sehr elastisch ist, wie bei Tierfasern, welche 5—36 % gestreckt werden können ohne zu brechen, wird der Faserzylinder beim Aufschwellen nur leicht gekürzt oder gar nicht, weil die Spiralen sich durch Ausdrehen verlängern können.

Man kann beobachten, daß ein Hanftau sich beim Befeuchten um 8—10% verkürzt, während eine Seidenschnur sich nur um 0,24 bis 0,95% verkürzt. Eine gezwirnte Pflanzenfaser wird sich meist wenig verkürzen; eine Tierfaser ausdehnen, und bei einer Seidenfaser wird die geringste Verkürzung zu bemerken sein.

13. Die chemischen Eigenschaften der vegetabilen Fasern. Die Zellulose ist das hauptsächlichste Baumaterial der pflanzlichen Faser. Während nun bei Samenhaaren die Zellulose in fast chemisch reiner Form erscheint, liegt sie bei Bastfasern und Holz in sehr veränderter Form vor, oder ist stark mit Fremdmaterial durchsetzt. Die Samenhaare bestehen fast ausschließlich aus nur einer Zelle; die Bastfasern sind aus unzähligen Faserelementen aufgebaut, zwischen welche Lignin, Gummistoffe, Harze und mineralische Stoffe eingelagert sein können. Alle vegetabilen Fasern enthalten auch mehr oder weniger Farbpigmente. Es gibt ganz weiße Baumwolle und Ramie, hellgelbe bis braune Baumwolle, während Jute, Hanf und Flachs immer stark gefärbt sind.

Bei der Pflanzenfaser (Faserelement) kann man nach mikroskopischem Befund wie auch in chemischer Hinsicht die 3 Teile: Zellgeflecht (Zellulose), Holzgeflecht (Lignin) und Korkgeflecht (Kutose) unterscheiden. Chemisch zeigen sie folgende Differenzen:

A. Reines Zellgeflecht (Hauptbestandteil der Zellmembran) ist fast chemisch reine Zellulose und gibt mit Chlorzinkjod oder Jodschwefelsäure die Blaufärbung. Diese ist löslich in Kupferoxydammoniak und ebenso in Schwefelsäure (konzentriert) ohne Gelbfärbung.

B. Holzgeflecht reagiert auf Chlorzinkjod mit Gelbfärbung. Mit Anilinsulfat und mit Phlorogluzin tritt Rötung auf. In Kupferoxydammoniak ist das Holzgeflecht unlöslich, in konzentrierter Schwefelsäure dagegen mit starker Braunfärbung löslich.

C. Korkgeflecht zeigt mit Chlorzinkjod Gelb- bis Braunfärbung; ist in Kupferoxydammoniak und Schwefelsäure unlöslich; löslich in heißer Kalilauge.

Holzgeflecht und Korkgeflecht können beide von der Zellulose abge sondert werden durch geeignete chemische Behandlung. Erhitzen mit Schulzes Reagens: Salpetersäure und Kaliumchlorat verursachen Lösung der Zellmembran vom Skelett aus Kochgeflecht und Holzgeflecht. Die nämliche Reaktion tritt ein beim Verkochen des Holzbreies zu Papierbrei mit Natriumbisulfid unter Druck.

Neben Lignin und Zellulose ist hauptsächlich bei den vegetabilen Seiden noch die Korksicht deutlich ausgeprägt. Diese Kutose (von Bedecken, die Haut) ist in konzentrierter Schwefelsäure unlöslich, wenig löslich in kochender Kalilauge und wird als ein Derivat der Pflanzenwachse angesprochen.

Im Lumen vieler Pflanzenfasern treffen wir noch Eiweißstoffe in meist trockener Form an. Man findet sie auch als dünne Häutchen, die die inneren Zellwände bedecken. Beim Behandeln mit Schwefelsäure bleiben sie unlöslich, zeigen indessen alle Reaktionen auf Eiweißkörper.

An den Rändern der Stigmen (Atemöffnungen der Pflanze) und in manchen Deckzellen kann auch Kieselsäure in chemisch reiner Form

angetroffen werden. Beim Verkochen mit Salzsäure kann die Kieselsäure gefaßt werden. Manche Monokotyledonen zeigen auch deutliche Kristallansammlungen von Calciumoxalat; die Kieselsäure dagegen erscheint meist strukturlos. Kokosfasern, Piassava und Manilahanf sind besonders deutlich mit anorganisch verstärkten Stigmen ausgerüstet. Calciumoxalat ist in Essigsäure unlöslich, löslich dagegen in Salzsäure. Beim Veraschen der Faser resultiert aus dem Calciumoxalat das Calciumkarbonat.

Die Verholzung setzt den Wert einer Faser für ihre praktische Verwendung stark herunter. Über den Grad der Verholzung kann man auch aus der Intensität der Farbreaktion mit folgenden Reagenzien schließen, ohne erst langwierige physikalische Messungen durchzuführen: Anilinsulfat gibt mit der Holzsubstanz eine goldgelbe Färbung; Phlorogluzinsalzsäure gibt Rotfärbung, Phenolsalzsäure gibt Grünfärbung wie die Indole; Chlorzinkjod färbt braungelb.

Durch alkalisches Hypochlorit (beim Bleichprozeß) können geringe Holzmengen zerstört werden. Dies gelingt nicht immer, wenn die Faser stark verholzt ist, ohne daß die Zellulose in Mitleidenschaft gezogen wird. Es wird nie gelingen, eine weiße Jutefaser herzustellen, die noch genügend Festigkeit besitzt. Mit den genannten und im folgenden noch ausführlicher beschriebenen Reaktionen lassen sich die Fasern, Papier u. dgl. auf Reinheit bzw. auf Begleitstoffe leicht mikrochemisch untersuchen (siehe auch die Tabellen S. 230). Reaktionen mit Jodschwefelsäure auf verschiedene Fasern:

a) Blau.

Baumwolle.

Rohfaser von *Hibiscus cannabinus*.

Rohfaser von *Calotropis gigantea* (grünblau bis blau).

Rohe Flachsfasern.

Baumwollisierte Ramie.

Rohsonnenhanf (oft kupferrot)

Rohhanf (grünblau bis reinblau).

b) Gelb bis Braun.

Bombax-Baumwolle.

Roh-Jute

„ Faser von *Abelmoschus tetraphyllus*.

„ „ „ *Urena sinuata*.

„ „ „ *Bauhinia racemosa*.

„ „ „ *Thespesia lampas*.

„ Spartgras (rötlichbraun).

„ Aloe (meist rötlichbraun, grün bis blau, auch blau).

Neuseelandflachs (gelb, grün bis blau, abhängig von der Reinheit der Faser).

14. Lignin. Die zweitklassigen Fasern zeigen ihre Zellulose stark mit Lignin durchsetzt und haben daher den Charakter von Holzgeweben. Es ist aber zu bemerken, daß bei Behandlung mit Salpeter-Säure oder beim Kochen in kaustischem Kali unter Druck die Faser das meiste Lignin verliert und dann den Charakter gewöhnlicher Zellulose aufweist (in Schweitzers Reagens löslich, mit Jodschwefelsäure Blau-

färbung). Kupferoxyd-Ammoniak (Schweitzers Reagens) gibt ausgesprochene Reaktionen bei vielen Pflanzenfasern, z. B.:

a) Die Fasern werden bis auf Spuren aufgelöst¹:

Baumwolle.

Baumwollisierte Ramie.

Rohfaser von *Hibiscus cannabinus*.

„ „ *Calotropis gigantea*.

Rohflachs.

Rohhanf (nur die Bastzellen sind löslich, parenchyme Zellen bleiben unlöslich).

Rohsonnenhanf.

b) Die Faser wird blau und schwillt mehr oder weniger auf:

Rohjute.

Rohfaser von *Abelmoschus tetraphyllus*.

„ „ *Urena sinuata*.

„ „ *Bauhinia racemosa*.

„ „ *Thespesia lampas*.

Roh-Neuseelandflachs.

Rohfaser von *Aloe perfoliata* (schwach geschwellt).

„ „ *Bromelia karatas* (stark geschwellt).

„ „ *Sida retusa* (wird grünlich, dann blau und schwillt auf).

c) Die Faser färbt sich ohne aufzuschwellen:

Pflanzenseide (blau).

Bombax-Baumwolle (blau).

Rohspartgras (lichtgrün).

Rohfaser von *Cordia latifolia* (blau).

„ „ *Sterculia villosa* (blau).

Um Verholzung in der Faser festzustellen, prüft man mit einer Lösung von Anilinsulfat, welche dann folgende Farbenreaktionen zeigt:

a) Die Farbe in der Faser ändert sich nicht oder nur wenig:

Baumwolle.

Bombax-Baumwolle (schwach färbend).

Baumwollisierte Ramie, auch Bastzellen von Rohramie.

Rohflachs.

Rohbastfaser von *Hibiscus cannabinus* (schwache Färbung).

„ „ *Calotropis gigantea*.

Rohsonnenhanf.

Roh-Neuseelandflachs (schwach färbend).

Manilahanf.

b) Die Faser ist ausgesprochen oder sehr stark gefärbt:

Pflanzenseide (Zitronengelb).

Rohjute (goldgelb bis orange).

Rohbastfaser von *Abelmoschus tetraphyllus* (goldgelb).

„ „ *Urena sinuata* (goldgelb).

¹ Mit Ausnahme der Oberhaut, der inneren Zellwand und der trockenen Protoplasmae.

Rohbastfaser von *Sida retusa* (gelb).
 „ „ *Thespesia lampas* (goldgelb).
 „ „ *Cordia latifolia* (mattgelb).

Rohhanf (hellgelb).

Rohspartgras (schwefelgelb).

Rohfaser von *Bromelia karatas* (goldgelb).

Eine Methode zum Abschätzen der Ligninmenge zeigt Herzog¹. Sie basiert auf der Bestimmung der Methylzahl, die für reines Lignin zu 52,9 bestimmt ist.

Die folgende Tabelle zeigt den Methylwert und die berechnete Menge an Lignin in den verschiedenen Fasern.

Faser	Wasser %	Methylwert, getrocknet, 100° C	Lignin %
Bombax-Baumwolle	6,77	6,87	12,99
Pflanzenseide	6,88	8,18	15,46
Manilahanf	6,81	15,92	30,11
Pita	7,10	8,47	16,02
Aloe	7,90	9,11	17,32
Kokos	7,36	22,00	41,59
Tillandsia	8,10	11,18	21,13
Nessel	8,15		
Ramie	7,84	0,77	1,46
Faser von <i>Morus papyrifera</i>	6,08	2,50	4,74
Leinen, russisch	8,40	4,81	0,92
„ courtrai	8,71		
Hanf, italienisch	7,93	2,80	5,33
„ polnisch	8,20	2,87	5,46
Jute	8,06	21,20	40,26

Wenn eine Substanz, welche Methoxygruppen enthält, mit Jodwasserstoffsäure erhitzt wird, bildet sich unter Verseifung derselben Methyljodid. Der Methylwert ist die gemessene Menge Methyljodid pro Mol oder Gramm Substanz. Die Bestimmung wird folgendermaßen vorgenommen: Das Fasermaterial wird fein verteilt; 0,2—0,3 g davon werden in einer mit Glyzerin gefüllten Flasche zusammen mit 10 ccm Jodwasserstoffsäure (1,70) erwärmt. Man durchlüftet das Glyzerin mit Kohlensäure und absorbiert in drei Waschflaschen aus derselben das mitgerissene Wasser, die Jodwasserstoffsäure und das Jod. Das gasförmige Methyljodid geht zusammen mit der Kohlensäure durch die Waschflasche und wird in Silbernitratlösung (alkoholische) als Silberjodid absorbiert. Das ausgeschiedene Jodsilber wird gewogen und daraus die Methylzahl berechnet.

15. Chemie der Pflanzenfasern. Trotz vieler Untersuchungen ist die Zelluloseforschung noch in den Anfängen stehend. Wohl haben wir für die verschiedenen Formen, in welchen uns sogar reine Zellulose entgegentritt, schöne Namen, wie Lignozellulose, Pektzellulose. Die Kenntnisse aber vom Zellulosemolekül sind noch sehr gering.

Um in die Untersuchungen über vegetabile Fasern einiges System zu bringen, sind von Cross und Bevan und anderen Forschern folgende Wegleitungen ausgearbeitet worden:

¹ Chem.-Ztg. Bd. 20, S. 461.

1. **Feuchtigkeit.** — Hygroskopisches Wasser, Wassermenge, welche beim Konditionieren als Feuchtigkeit, der bei 110° C. zur Gewichtskonstanz getrockneten Faser bestimmt wird¹. Trocknet man bei 100° C, so bleibt ca. 1 % Feuchtigkeit zurück. Der Feuchtigkeitsgehalt schwankt mit dem Grad der Feuchtigkeit der die Faser umgebenden Luft.

Daher werden die Resultate der Analysen nach dem Trockengewicht der Faser bestimmt. Es ist interessant zu beobachten, daß der Gehalt an hygroskopischer Feuchtigkeit in der Faser einen Gradmesser der Empfindlichkeit gegen Hydrolyse bildet, und daß die höchststehende Faserklasse relativ am wenigsten Feuchtigkeit aufweist.

2. **Asche** ist der gesamte Rest, welcher nach dem Verbrennen der Faser zurückbleibt. Dieser Rest ist der Mineralbestandteil der Faser. In der Lignozellulose ist der Mineralgehalt niedriger als bei Pektoszellulose, speziell wenn der Nichtzellulose-Anteil hoch ist. Beimischung von nicht faserigem Geflecht erhöht die Aschenmenge ebenfalls, da dieses Geflecht einen höheren Gehalt an Mineralien aufweist. Der natürliche Aschengehalt der pflanzlichen Faser variiert zwischen 0,5 und 2 %. Den Hauptanteil an der Asche nimmt die Kieselsäure ein, deren Funktion noch nicht restlos aufgeklärt sein dürfte (siehe Ladenburg 1872 S. 568 und Lange 1884, S. 822).

3. **Hydrolyse.** — Es ist dies der Gewichtsverlust der Faser, wenn diese: a) während 5 Minuten mit 1 %iger Sodalösung gekocht und b) während einer Stunde gekocht wird. Die erste Zahl gibt den alkalilöslichen Anteil an, die zweite bestimmt den effektiven Verlust bei der Hydrolyse. Die Hydrolysezahl ist ein Gradmesser für die Widerstandsfähigkeit der Faser gegen Kochen, Färben, Seifen usw.

4. **Zellulose.** — Man kocht die Faserprobe während 5 Minuten in einer 1 %igen Sodalösung, wäscht gut aus und setzt sie eine Stunde bei gewöhnlicher Temperatur einer Chlorgasatmosphäre aus. Man wäscht und behandelt mit Natriumsulfidlösung (Antichlor), wobei man langsam zum Kochen treibt. Nach wenigen Minuten wird gewaschen und mit Essigsäure neutralisiert und gewaschen. Das so gewonnene Material gibt den Zellulosewert.

5. **Merzerisieren.** — Beim Merzerisieren treten Gewichtsverluste auf, welche man bestimmt, indem man eine Stunde lang in 33 %iger kalter Kalilauge behandelt und wäscht. Faserbündel zeichnen sich durch großen Gewichtsverlust aus.

6. **Nitrieren.** — Beim Nitrieren tritt Gewichtserhöhung ein. Man behandelt während einer Stunde mit gleichen Teilen Schwefelsäure und Salpetersäure².

¹ Nach Ostwald enthält die Zellulose das Wasser in 5 Formen: 1. Wasser der Zellulose, 2. Kapillarwasser, 3. Kolloidalwasser, 4. Osmotisch gebundenes Wasser, 5. chemisch gebundenes Wasser (Hydratwasser).

² Hierbei entstehen keine einheitlichen Produkte. Die Vorgeschichte der behandelten Baumwolle, der Feuchtigkeitsgehalt, die Nitriertemperatur, Konzentrationen usw. sind von so bedeutendem Einfluß, daß nur mit größtem Vorbehalt Vergleiche auf Grund dieser Reaktion angestellt werden sollen. Beim Aufarbeiten der Nitrozellulose können wieder verschiedene Produkte erhalten werden. Es wird auch nur mit besonderen Maßregeln gelingen, sämtliche Schwefelsäure wieder zu entfernen (siehe Chardonnetseide).

7. Säurereinigung. — Kocht man die Faser mit 20%iger Essigsäure, so wird die Faser nicht chemisch verändert. Es kann Gewichtsverlust eintreten.

8. Kohlenstoffgehalt. — Man oxydiert die Faser zu Kohlenoxyd und Kohlensäure, indem man mit Chromsäure-Schwefelsäure kocht. Die Volumina der Gase werden bestimmt und können auf den Kohlenstoffgehalt umgerechnet werden.

In Baumwolle beträgt die Kohlenstoffmenge 44,4%. Pektoszellulose zeigt einen niedrigeren Kohlenstoffgehalt, während ligninhaltige Zellulose höhere C-Werte gibt.

Nach diesem Schema sind von den verschiedenen Fasern die Werte in nachfolgender Tabelle zusammengestellt.

Faser	Feuchtigkeit	Asche	Hydrolyse		Zellulose	Merzerisieren	Nitriren	Säurereinigung	Kohlenstoff
			a	b					
	%	%	%	%	%	%	%	%	%
A { Flachs	9,3	1,6	14,6	22,2	81,9	8,4	123,0	4,5	43,0
Ramie	9,0	2,9	13,0	24,0	80,3	11,0	125,0	6,5	—
Calotropis	7,3	2,5	13,0	17,6	76,5	—	153,0	8,5	44,6
Marsdenia	4,5	1,5	6,2	10,1	88,3	4,6	150,5	0,8	44,3
Sisalhanf	8,5	1,4	8,3	11,7	83,0	11,3	128,0	2,7	47,0
B { Jute	10,3	1,1	13,3	18,6	76,0	11,0	137,2	2,5	45,2
Sida retusa	10,7	0,6	6,6	12,2	83,1	6,6	—	0,4	—
Urena	10,7	1,8	11,9	18,5	77,7	13,6	—	4,0	—
Hibiscus can. . . .	10,6	2,2	14,0	19,5	73,0	16,0	—	—	—
Hibiscus sp. . . .	10,7	1,5	9,8	14,2	74,0	9,6	—	3,4	45,2
Agave amer. . . .	10,5	1,4	10,0	20,0	75,8	11,0	109,8	1,1	44,9
C { Sansevieria	9,7	—	12,0	16,5	73,1	—	106,3	2,5	44,5
Musa	13,4	—	11,0	33,0	64,6	11,0	91,3	4,0	—
Fourcroya	12,2	—	—	11,8	70,0	—	104,0	—	—

XIII. Baumwolle.

1. Geschichtliches. Der Gebrauch von Baumwolle als Textilfaser datiert weit zurück ins Altertum; Aufzeichnungen darüber finden wir in den Schriften von Herodotus (445 v. Chr.): „Es gibt Bäume hier (Indien), welche wild wachsen; ihre Frucht ist eine Wolle, welche die der Schafe an Schönheit und Güte weit übertrifft. Die Indier machen ihre Kleider aus dieser Baumwolle.“ Der gleiche Schreiber erwähnt ferner, daß auch die Gewandung von Xerxes' Armee aus Baumwollfasern hergestellt war. Theophrastus (350 v. Chr.) gibt eine genaue Beschreibung, wie die Baumwollpflanze in Indien gezogen wurde. Baumwolle wurde in Indien, Ägypten und China gebraucht. Es scheint, daß Spanien das erste europäische Land war, welches Baumwolle verarbeitete.

Ein etwas unklarer Abschnitt der Historia Critica de España führt an, daß Leinen-, Seiden- und Baumwollindustrie schon im 9. Jahrhundert in Spanien existierten. De Marles berichtet, daß die Baumwollfabrikation in Spanien im 10. Jahrhundert unter der Regierung Abderahman III. von den Mauren eingeführt worden war. Im 14. Jahrhundert war Granada in bezug auf seine Baumwollindustrie bekannt. Ein

Handelsgeschichtschreiber von Barcelona schreibt, daß die Baumwollindustrie eine der berühmtesten und nützlichsten Industrien dieser Stadt sei; ihre Arbeiter vereinten sich im 13. Jahrhundert zu einer Zunft. Die Namen von zwei noch heute existierenden Straßen überliefern das Gedächtnis an die Anwesenheit ihrer Warenhäuser. Es ist sehr unbestimmt, zu welcher Zeit die Baumwollindustrie zum ersten Male in England eingeführt wurde, die erste glaubwürdige Aufzeichnung darüber finden wir in Roberts „Treasure of Traffic“, herausgegeben im Jahre 1641.

In Indien datiert der Baumwollgebrauch bis zurück in prähistorische Zeiten, und er wird oft in den alten Gesetzbüchern Manus erwähnt (800 v. Chr.). Es kann angenommen werden, daß vom 15. Jahrhundert v. Chr. bis ungefähr zum Beginn des 16. Jahrhunderts Indien den Mittelpunkt der Baumwollindustrie darstellte, und ihren Erzeugnissen kommt, was Güte und Feinheit betrifft, nur selten etwas von unseren Produkten gleich.

Die frühesten Aufzeichnungen über Baumwolle scheinen die in der *Asvaláyana Sranta Seitra* (ungefähr 800 v. Chr.) zu sein. Die folgenden Sätze sind den Büchern Manus entnommen: Die heilige Schnur des Brahmanen muß aus Baumwolle (*karpasi*) gedreht sein und sie muß in drei Reihen um den Hals zu liegen kommen. Ein Weber, welcher 10 „*palas*“ Baumwolle erhalten hat, soll, da das Stück durch Stärke und ähnliche Zusätze während des Webens an Gewicht zunimmt, mindestens 11 „*palas*“ zurückerstatten; falls er es nicht tut, soll er eine Strafe von 12 „*panas*“ bezahlen. Diebe von Baumwollfasern konnten mit Bußen bis zur dreifachen Höhe des Wertes der gestohlenen Sachen bestraft werden. In den hebräischen Schriften wird die Baumwolle mit dem Namen „*Kirbas*“ (oder *Karpas*) bezeichnet, unter anderem in der Beschreibung einer grünen Draperie im Schlosse von Susa (*Esther I, 6*). Lateinische Schriftsteller erwähnen des öfteren Vorhänge und Zelttücher aus „*Carbasa*“.

Über Indien schreibend, sagen zwei arabische Reisende aus dem Mittelalter: „In diesem Lande machen sie Kleidungsstücke von solcher Vollkommenheit, wie man es nirgends anders sehen kann; sie sind so fein gewoben, daß man sie durch einen engen Ring ziehen kann.“ *Marco Polo*, ungefähr im Jahre 1298, erwähnt Indien als das Land, wo man „die schönste und feinste Baumwolle der ganzen Erde“ herstellt. *Tavernier* schreibt in seinem Buch „*Travels*“, daß in Indien manche Gewebe so fein hergestellt werden, daß man sie kaum in der Hand spüren könne und der gesponnene Faden kaum zu sehen sei; daß die Reichen *Turbane* tragen aus so feinem Stoff, wovon 30 Ellen weniger als 4 ozs wiegen. Die poetischen Schriftsteller des Orients nennen dieses Tuch: „Gewebe aus gewobenem Wind“. Ein *Turban* von 30 yards Länge, welcher in einer mit Juwelen geschmückten Kokosnuß aufbewahrt wird und so außerordentlich fein ist, daß man ihn beim Berühren kaum fühlt, gilt als Rekord¹.

¹ Diese hervorragende Feinheit einiger indischer Gewebe und ihre längere Gebrauchsfähigkeit, verglichen mit europäischen Erzeugnissen, hat oft schon den

In China und Japan wurde die Baumwolle von Indien her eingeführt; ihre Anpflanzung und Ausbeutung nahm jedoch nur allmählich an Bedeutung zu.

Fesca (Japanische Landwirtschaft, Pt. II, S. 485) sagt, daß die Baumwolle im Jahre 781 vorübergehend in Japan eingeführt worden sei, aber daß man sich mit ihrer Anpflanzung nicht weiter befaßte. Mehrere Jahrhunderte später wurde sie ohne Zweifel von Portugiesen wieder eingeführt. Jedoch ist die Baumwollzucht in Japan nicht vor dem 17. Jahrhundert, während der Regierung Tokugawas, allgemein geworden. Viel Baumwolle wird nur in Korea gepflanzt, wohin sie vor etwa 500 Jahren von China eingeführt worden ist. Die koreanische Baumwollpflanze ergibt längere Fasern und ist aus besserer Qualität als die chinesische, da das Klima und die landschaftlichen Verhältnisse

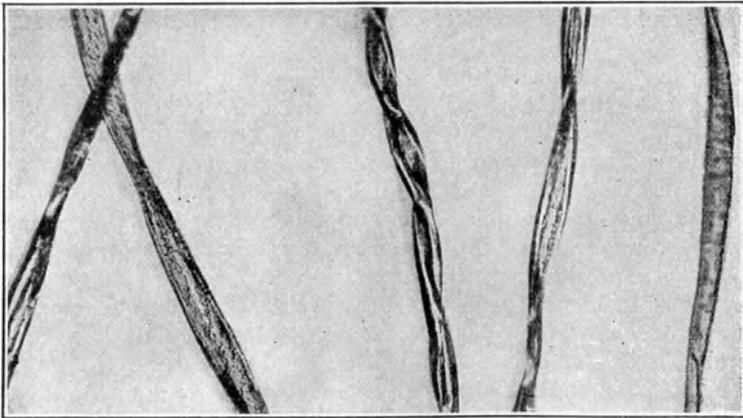


Abb. 148. Mikroskopische Aufnahme gewöhnlicher amerikanischer Baumwolle.

Koreas für das Gedeihen der Pflanze günstiger sind. Im 7. Jahrhundert wurde die Baumwollpflanze in chinesischen Gärten als Zierbusch verwendet, und erst nach dem Jahre 1000 n. Chr. wurde sie daselbst auch für Handelszwecke angepflanzt.

Glauben erweckt, daß die dazu verwendeten Baumwollfasern von besserer Sorte seien als alle anderen auf der Erde. Das entspricht den Tatsachen allerdings bei weitem nicht. Im Gegenteil, man findet in Indien keine Baumwollpflanze, welche der viel besseren Sorte, die in Amerika wächst, gleichkäme. Die Vorzüglichkeit der indischen Gewebe muß man allein der Sorgfältigkeit und Geduld der Arbeiter zuschreiben, wie man es deutlich an der verschiedenen Art und Weise des Spinnens und Webens erkennen kann. Ihr Garn ist auf einen Rocken gesponnen und dank der außerordentlichen Geschicklichkeit des Zeigefingers und Daumens beim Drehen des Fadens, sowie der dadurch abgesonderten Feuchtigkeit, welche er aufnimmt, können die Fasern vollkommener bearbeitet werden, als es mit einem Instrument je der Fall sein kann. Jedoch sind diese so feinen Gewebe, welche vom hervorragenden Können manches Ostindiers Zeugnis ablegen und poetisch als „Gewebe von gewobenem Wind“ beschrieben werden, immerhin auch im eigenen Lande eine Seltenheit und werden nur in sehr geringer Anzahl hergestellt.

Die Baumwolle ist in China wahrscheinlich zur Zeit der Überflutung der Tataren dort eingeführt worden, jedoch wurde sie nicht vor dem Jahre 1300 n. Chr. zu eigenem industriellen Zwecke angebaut. Marco Polo (2. Buch, Kap. 24) schreibt über keine Baumwollzucht in China, ausgenommen in der Provinz Ko-Kien, aber er spricht von der Seide als der gewöhnlichen Kleidung der Leute.

Es ist ungewiß, seit wann die Baumwolle in Ägypten in Gebrauch gewesen ist, erst aus der späteren Zeit ist man über die Tatsache unterrichtet. Sonst war Flachs das gewöhnliche Material zur Herstellung



Abb. 149. Ein amerikanischer Upland-Baumwollstrauch. (Nach Dodge.)

der Kleider. Aber den früheren Chronisten sind allem Anschein nach Irrtümer unterlaufen bei der Benennung von Flachs und Baumwolle. Es kann sein, daß den alten Ägyptern die Verwendung der letzteren besser bekannt gewesen ist, als wir ahnen. Immerhin wissen wir, daß die Baumwollpflanze zu sehr frühen Zeiten dort gezogen wurde. Herodotus stellt fest, daß die ägyptischen Priester Leinenkleider trugen; aber Plinius erwähnt, daß sie auch Baumwollanzüge besaßen. Darum nehmen wir an, daß alle Stoffe, aus Flachs oder Baumwolle gefertigt, „Leinen“ genannt wurden. Daß die Bekleidung aller Mumien, soweit sie geprüft worden sind, aus Flachs gemacht zu sein scheint, ist kein Beweis gegen den wahrscheinlichen Gebrauch von Baumwolle bei diesen Leuten; es beweist nur, daß bei gewissen religiösen Riten nichts anderes

als Flachserzeugnisse gebraucht worden sind, während Baumwolle, Wolle und Seide wahrscheinlich nur dem Volk zur Bekleidung dienten.

Den Griechen ist augenscheinlich der Gebrauch von Baumwolle bald nach dem Eindringen Alexanders in Indien bekanntgeworden. Dies will jedoch nicht sagen, daß die Griechen selbst Baumwolle pflanzten oder sich mit der Verarbeitung der Faser befaßten. Aristobulus, ein Zeitgenosse Alexanders, erwähnt die Baumwollpflanze unter dem



Abb. 150. Sea-Island-Baumwollstrauch. (Nach Dodge.)

Namen: „der wolltragende Baum“. Er erzählt, daß die Frucht dieses Baumes Samen enthalte, welcher herausgenommen werde, worauf die übrigbleibenden Fasern wie Wolle gekämmt würden. Nearchus, ein Admiral Alexanders, sagt ungefähr 327 v. Chr.: „In Indien gibt es Bäume, welche sozusagen Wollbüschel tragen. Die Eingeborenen machen leinene Gewänder davon. Sie tragen ein Hemd, welches bis zur Mitte der Beine reicht, ein Tuch über die Schultern gelegt und einen um den Kopf gerollten Turban. Diese aus dieser Pflanze gewonnene Leinwand ist feiner und weißer als jede andere.“

Es scheint, daß die Baumwollpflanze in Italien nicht vor dem Beginn der christlichen Zeitrechnung angebaut worden ist, obschon dort der Gebrauch des aus der Baumwollfaser gewonnenen Gewebes schon lange vorher bekannt gewesen ist. Müller¹ stellt fest, daß die römischen Priester A. D. 284 Baumwollkleider zu tragen pflegten. Die eigentliche Einführung der Baumwollkultur und die Herstellung von Stoffen müssen wir den Mohammedanern zuschreiben, welche diese Kenntnisse zur Zeit ihrer ausgedehnten Herrschaft in allen am Mittelländischen Meer gelegenen Ländern verbreiteten. Abu Zacaria Ebn el Awam, ein maurischer Schriftsteller, gibt eine genaue Beschreibung der Baumwollzucht. Er erwähnt ferner, daß die Baumwolle in Sizilien angebaut wurde.

Die verschiedenen Namen, welche der Baumwollfaser in den einzelnen Ländern gegeben werden, mögen von Interesse sein. Es sind die folgenden:

Indien	Pucü
Spanien	Algodon
Yucatan und Alt-Mexiko . . .	Yehcaxihvitl
Tahiti	Vavai
Frankreich	Coton
Italien	Cotone
England	Cotton
Persien	Pembeh oder Poombeh
Arabien	Gatn, Kotan oder Kutn
Hinterindien	Cay Haung
China	Hoa mein
Japan	Watta ik oder Watta noki
Siam	Tonfaa
Hindustan	Nurma
Mysore und Bombay	Deo Kurpas und Deo Kapas
Mongolei	Kohung

Das englische Wort „cotton“ kommt in der Tat vom arabischen Katan (oder qutn, kuteen). Anfänglich glaubte man jedoch, daß dieses Wort „Flachs“ bedeute. Zur Bezeichnung der Baumwolle wurde eine Zeitlang das Wort „linon“ gebraucht, und sogar heute noch sprechen die Amerikaner von der Baumwollfaser als „lint“. In früheren Zeiten wurde das Wort mehr zur Benennung einer speziellen Industrie, als zur Klassifizierung einer Art Faser gebraucht. Zum Beispiel finden wir im Jahre 1590 eine Aufzeichnung über „Manchester Cottons“, womit eine bestimmte Wollstoffsorte benannt wurde. England ist um 1635 das früheste in Europa in Betracht kommende Land, welches eine Baumwollindustrie aufzuweisen hatte, weil es Rohmaterial aus dem Osten beziehen konnte. Lange vor diesem Zeitpunkt jedoch haben England, wie auch andere europäische Staaten, indische Baumwollerzeugnisse (Gewebe usw.) auf dem Wege über Venedig eingeführt. In England stieß die Einführung der billigeren Baumwollprodukte zuerst auf heftigen Widerstand wegen der Konkurrenz zur Wollindustrie. Im Jahre 1720 war das Tragen von bedruckten, bemalten oder gefärbten Baumwollstoffen gesetzlich verboten.

¹ Handbuch der klass. Altertums-Wissenschaften Bd. 4, S. 873.

Auf der westlichen Halbkugel scheint die Zucht und Verwertung der Baumwollpflanze schon in sehr früher Zeit bekannt gewesen zu sein. Als Kolumbus zum ersten Male nach „Westindien“ kam, fand er dabelbst eine ausgebreitete Baumwollkultur, und die Einwohner verfertigten sich aus dem daraus gewonnenen Material ihre Kleider. Bei den Mexikanern bestanden die Kleidungsstücke hauptsächlich aus Baumwolle, da sie weder Wolle noch Seide besaßen und ihnen auch der Gebrauch von Flachs, der dort zwar vorkommt, fremd war. Viele von den von Cortez an Karl V. von Spanien geschickten Geschenken waren Baumwollgewebe. In Peru wurde die Baumwolle auch schon zu sehr früher



Abb. 151. Blatt der Baumwollpflanze.

Zeit gebraucht. Unter der Herrschaft Pizarros 1522, trugen die Einwohner schon Baumwollkleider. Man hat auch die ältesten peruanischen Mumien in Baumwolltücher gewickelt gefunden. Die Baumwollpflanze ist in Peru einheimisch, und das daraus gewonnene Produkt unter dem Namen „peruanische Baumwolle“ bekannt. Nach Bancroft wurde der erste Schritt zur Baumwollzucht im Jahre 1621 in Virginia unter Wyatts Gouvernement gemacht. 1733 wurde in Karolina damit begonnen und das folgende Jahr in Georgia. 1748

wurde zum erstenmal Georgiabaumwolle zum Verkauf nach England geschickt. 1758 führte man die weiße, siamesische Baumwolle in Louisiana ein. 14 Ballen Baumwolle kamen im Jahre 1784 aus Amerika in Liverpool an; acht davon wurden beschlagnahmt mit der Begründung, daß sie nicht aus Amerika stammen können, da so viel Baumwolle in den Vereinigten Staaten gar nicht produziert werde. 1786 wurde die schwarzsamige Baumwolle von Bahamas in Georgia eingeführt.

Man nimmt an, daß die erste Baumwollspinnerei in Amerika im Jahre 1787 in Beverly, Massachusetts, errichtet worden ist.

2. Herkunft und Wachstum. Die Baumwollfaser besteht aus den Samenhaaren verschiedener Sorten der Familie Gossypium, welche zur natürlichen Art der Malvazeen¹ gehört. Die Baumwollpflanze ist ein

¹ Nachstehend eine naturwissenschaftliche Beschreibung der Baumwollpflanze aus dem Bulletin Nr. 33 des U. S. Department of Agriculture: Die Baumwoll-

4—6 Fuß hoher Busch. Sie ist anscheinend in allen, tropischen Gegenden naheliegenden Ländern zu Hause. Ihrer Anpflanzung ist ein warmes, feuchtes Klima mit sandigem Grund und die Nachbarschaft von Seen, Meeren oder breiten Flüssen am günstigsten.

Sie gedeiht gut in Nord- und Südamerika, Indien und Ägypten; sie wurde auch in Australien angepflanzt, aber bis jetzt ohne großen Erfolg. Schlechtere Sorten werden auch an den afrikanischen Küstengebieten kultiviert. Was die Pflanzungen in Italien und Spanien betrifft, so sind

pflanze gehört in die Familie der Malvazeen und ist wissenschaftlich unter der allgemeinen Bezeichnung *Gossypium* bekannt. Sie ist hauptsächlich auf den Inseln und in den Küstengebieten der Tropen heimisch, aber ihr Anbau hat sich nun bis zum 40. Breitengrad auf jeder Seite des Äquators ausgebreitet, wo eine Durchschnittstemperatur von 60° F herrscht. In den Vereinigten Staaten bildet der 37. Breitengrad die äußerste Grenze für ihre Anpflanzung. Die *Gossypium*pflanze ist ein kleiner, baumartiger Strauch, der sich alle Jahre von der Wurzel an neu aufbaut. Kultiviert dauert er oft auch zwei Jahre. Er ist entweder mit langen, einfachen oder leichtgespaltenen, oder mit kurzen, samtartigen, kaum zu sehenden, oder mit rauhen Haaren bewachsen. Stamm, Äste, Blattstiele, Blütenstiele, Blätter, Blumenkrone, Fruchtknoten, Griffel, Samenkapseln und manchmal die Samenkeime selbst sind mehr oder weniger mit kleinen schwarzen Flecken oder Warzen bedeckt. Die Pfahlwurzel geht tief und verzweigt sich im Boden. Der Stamm ist gerade, mit vielen gegabelten, weitausladenden Ästen. Die Rinde, von dunkel aschroter Farbe, verbirgt ein weißes Holz. Die langen, aufwärtsstrebenden Äste sind vielfach gegabelt und werden in der Kultur oft sehr kurz gehalten. Die langstieligen Blätter sind wechselständig, herzförmig, 3—7 mal, selten 9 mal gelappt und 3—7 mal genervt. Die Nerven sind verzweigt und netzartig. Der Mittelnerv, gelegentlich auch ein Zweignerv, weist im ersten Drittel der Länge eine kleine Warze auf, welche jedoch auch fehlen kann. Die paarweise am Ansatz der Blätter sitzenden Blattansätze sind länglich, lanzenförmig, scharf und leicht ablösbar. Die Blüten sind gestielt. Die Blütenstiele, in den Blattwinkeln stehend, gegen das Ende hin dicker werdend, sind kurz bis sehr kurz und gerade. Die hängende Frucht, oft mit Warzen bedeckt, steckt in einer blättrigen Blumenhülle. Diese Hülle besteht aus drei Blättern, bei Kulturpflanzen manchmal auch aus vier. Die herzförmigen Kelchdeckblätter sind eher groß, gerade und oben erweitert; manchmal wachsen sie auch gegeneinander oder sind am Kelche festgewachsen. Sie sind gezähnt, des öfteren vollständig oder beinahe vollständig und nicht geradlinig. Der kurze Kelch ist becherförmig, am Ende wie abgebrochen, er ist entweder fünfmal kurz gezähnt oder fünfmal mehr oder weniger geteilt. Die Blütenkrone ist gewölbt. Die fünf Blütenblätter sind unten oft zusammengewachsen und eins mit dem Fruchtknoten. Die Staubfäden, den Fruchtknoten umgebend, sind am Anfang dicker und werden gegen oben dünner. Die nierenförmigen Staubbeutel bestehen aus einer Zelle und sind durch eine halbrunde Öffnung in zwei Hälften geteilt. Sie tragen die Staubgefäße. Diese sind reichlich vorhanden, ausgebreitet, einfach oder gespalten und gut sichtbar.

Der stiellose Fruchtknoten besteht aus 3—5 Zellen. Die Rudimentsamenkörner sind in zwei Reihen gelagert, je nachdem mehr oder weniger. Der kegelförmige Griffel ist 3—5 teilig, die Kanäle laufen parallel und gerade oder gewunden; er trägt die Narbe. Die lederartigen Samenkapseln sind mehr oder weniger dick, oval eiförmig, spitz zulaufend und mit 3—5 Flügeln bewachsen. Der reichlich vorhandene Samen ist dicht mit Baumwollfasern bedeckt und nur selten einmal kahl. Man unterscheidet 2 Arten von Fasern: eine ist kurz und dicht um das Samenkorn gelagert, die andere ist länger, seidenartiger, aus einfachen flachen Zellen, sie ist mehr oder weniger spiralförmig gewunden und leichter vom Samen zu lösen. Eiweiß ist nur wenig oder keines vorhanden. Der Keim ist gespalten, ohrförmig, auf dem Grund liegend und die spätere Wurzel umgebend.

Es gibt ungefähr 2000 verschiedene Malvazeenarten und viele darunter kann man zu industriellen Zwecken verwenden.

sie für Handelsbegriffe kaum erwähnenswert. Außer den kultivierten Baumwollarten findet man noch viele andere in manchen Ländern. Sir George Watt beschreibt in seinem Werk „The Wild and Cultivated Cotton Plants of the World“ alle für die Botanik in Betracht kommenden Einzelheiten der Baumwollpflanze. Im allgemeinen kann man die wilde Baumwollpflanze an der roten Farbe der wolligen Samenhülle erkennen; in manchem erinnert sie an einen dichten kurzen Pelz; er wird „fuzz“ genannt. Andere Arten besitzen zwei solcher Mäntel aus Fasern, den

unteren Filz und den äußeren Wollmantel. In einer dritten Klasse ist kein innerer Filz vorhanden.

Monie gibt uns die folgende Beschreibung der Baumwollkultur: Die Pflanze, wengleich auch fast in allen warmen Ländern heimisch, kann zu Handelszwecken doch nur in einem ziemlich begrenzten Gebiet mit Vorteil angebaut werden. Die hauptsächlich für ihre Kultur in Betracht kommenden Länder sind die südlichen Provinzen der Vereinigten Staaten, Indien, Brasilien, die West- und Ostküste Afrikas und die westindischen Inseln. Eine

große Menge weißer Baumwolle wird in China produziert, wird aber fast gänzlich im eigenen Lande verwertet. Die Aussäezeit hängt in den verschiedenen Ländern vom Klima ab, in Amerika dauert sie von Mitte Mai bis Mitte April, in Ägypten von Ende März bis Ende April, in Peru und Brasilien von Ende Dezember bis Ende April,



Abb. 152. Blüte und Blatt der Sea-Island-Baumwollpflanze. (Nach dem Bulletin Nr. 33 U. S., Dept. Agric.)

in Indien und Surate vom Mai bis Anfang August. In den verschiedenen amerikanischen Pflanzungen beginnt und endet die Saezeit meistens zur selben Zeit, während sie in anderen Ländern hauptsächlich wegen der vielen Witterungsumschläge ständig schwankt. Es kommt vor, daß an einem Ort die Pflanze schon einige Zentimeter hoch ist, während im gleichen Lande an einem anderen Ort erst der Boden bearbeitet wird. Vor und nach dem Säen ist es von großer Bedeutung, den Boden von Unkraut rein zu halten, sonst wird der Grund zu arm und hat eine schlechtere Qualität Baumwolle zur Folge. In ca. 8—14 Tagen zeigen sich die jungen Schößlinge; sie kommen winkelförmig aus der Erde heraus. Aber schon nach wenigen Stunden erheben sich die Keimenden und machen zwei übereinanderliegende, zusammengerollte Blätter frei. Die Blätter und Stiele dieser jungen Pflanze sind sehr weich, ölig und von fleischfarbenem Ton und, wie gesagt,

außerordentlich zart (Abb. 154a). Schon nach kurzer Zeit sieht die Pflanze so aus, wie untenstehende Abbildung zeigt; sie beginnt sich zu strecken, ihre Farben werden dunkler, die Blätter teilen sich, bis sie eine wie in der Abb. 154 b und c gezeigte Form angenommen haben. Sind sie einmal so weit, so geht es rasch mit der ferneren Entwicklung, genau in derselben Weise wie bei jedem anderen Busch, bis daß er ausgewachsen ist.

Beim gelegentlichen Beschauen der Baumwollpflanze während der Zeit ihres Wachstums kann man einige interessante und nützliche Vorkommnisse beobachten. Erstens, was die Bildung der Blätter betrifft, wird man finden, daß sie in Form und Farbe an verschiedenen Teilen des Stammes anders sind. Z. B. an einer ägyptischen Galinipflanze (*G. barbadense*)

sind die unteren Blätter ganz, die in der Mitte dreifach und die obersten fünffach geteilt. In der Familie der *G. hirsutum* sind



Abb. 153. Blatt und Blüte der indischen Baumwolle *Gossypium herbaceum*. (Nach dem Bulletin der U. S., Dept. Agric.)

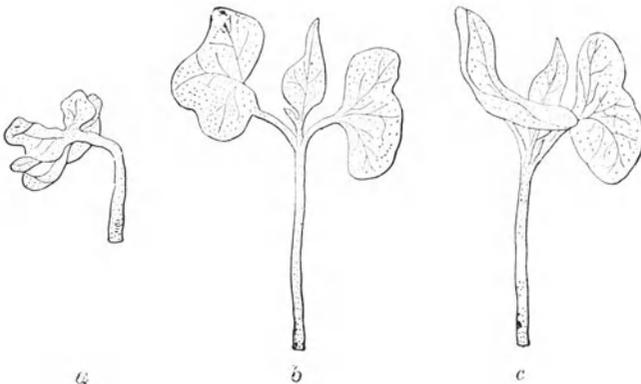


Abb. 154. Die Baumwollpflanze in ihrer frühesten Entwicklung.

die unteren Blätter fünf- und einige dreiteilig mit kleinen behaarten Blattansätzen an den Zweigen, während die oberen Blätter ganz und ungeteilt sind. Die peruanische Baumwollpflanze hat oval ge-

formte, ganze untere Blätter, die oberen weisen hingegen 5 Lappen auf.

Noch etwas Interessantes kann man bei der aufwachsenden Pflanze beobachten. Auf der unteren Seite jedes Blattes am Anfang des Hauptnervs befindet sich ein kleines Loch. Durch diese Öffnung wird an heißen Tagen jeglicher Überfluß der durch die Blätter rinnenden Säfte ausgeschieden. Sobald die Pflanze ausgewachsen ist, beginnen die normalerweise dünnen, aber langen Blütenstiele zu treiben, an deren äußerstem Ende nach einiger Zeit die Blütenknospen aus drei verschieden lang gezackten Kelchblättern hervorkommen. Die Knospe schwellt, bis sie ungefähr die Größe einer Bohne angenommen hat, dann berstet sie und die Blüte entfaltet sich. Das Blühen dauert ungefähr 24 Stunden, nach einem vollen Tag ist es vorüber. Nach dem Abfallen der Blüte erblickt man eine kleine, drei-, in manchen Fällen fünffach abgeteilte, dreieckige

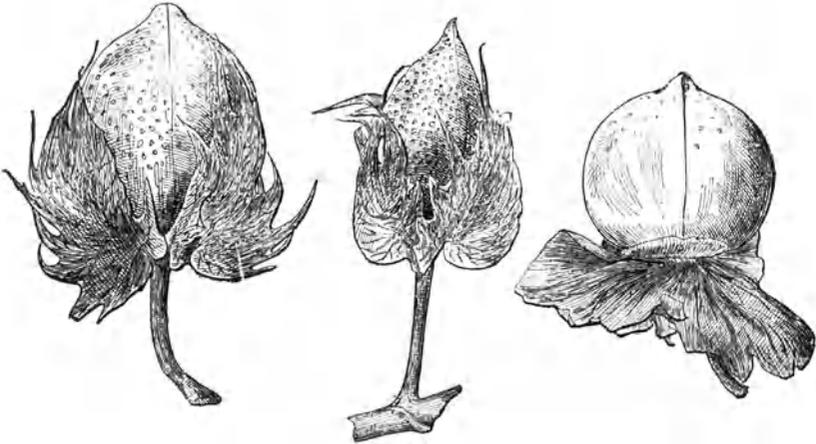


Abb. 155. Baumwollfrüchte.

Hülse von dunkelgrüner Farbe. Diese wächst, bis sie ungefähr die Größe einer Haselnuß (Abb. 155) erreicht hat. Inzwischen haben sich die Samenkörner in der Frucht entwickelt, und die zu dick werdenden Fasern verursachen, daß die Hülse den Zellwänden entlang springt und so die Samen mit ihren Wollfasern ans Tageslicht kommen.

In Amerika, Indien und Ägypten erneuert sich die Pflanze jährlich, aber in heißen, tropischen Ländern bleibt sie während 2 Jahren bestehen und bekommt dadurch ein mehr baumartiges Aussehen.

Humboldt lehrt, daß das beste Klima für die *Gossypium barbadense*, *G. hirsutum* und *G. arboreum* in den zwischen dem 34. Breitengrad und dem Äquator liegenden Ländern zu finden sei, wo eine jährliche Durchschnittstemperatur von 68—86° F. herrscht. Die *G. herbaceum* wird am besten da gepflanzt, wo die Wintertemperatur nicht unter 50° F fällt und die Sommertemperatur nicht über 77° F steigt. In den Vereinigten Staaten wird die Baumwolle bis zum 37. nördlichen Breitengrad angebaut. Die besten Fasern erzielt man der östlichen Küste entlang, zwischen 25° 10' und 32° 40' nördlicher Breite, welche die

Florida-, Georgia- und Süd-Karolina-Staaten einschließt. Die Nähe des Meeres ist ohne Zweifel von bestem Einfluß auf die Qualität der Baumwollfaser, dank der salzreichen Luft und Erde. Das gleiche kann man bei der indischen und ägyptischen Baumwolle auch feststellen. Die einzige Ausnahme der Regel bildet die brasilianische Baumwolle, wo die im inneren Lande gepflanzte von besserer Qualität ist als die der Küste entlang angebaute. Als Grund hierfür nimmt man den in den Küstengebieten während neun Monaten des Jahres reichlich fallenden Regen an. In China und Japan wird die Baumwolle bis zum 41. Breitengrad angepflanzt und in Europa am Schwarzen Meer sogar bis zum 46.

Das Blatt der Baumwollpflanze hat dreifach zugespitzte Lappen. Die Blüte hat 5 Blütenblätter, am Grunde von gelblicher Farbe und gegen die Ränder beinahe weiß werdend. Die Frucht der Baumwolle ist eben dieser Knollen, welcher die Samen mit ihren wollartigen Fasern enthält. Die Fasern stellen eine Schutzmasse für die jungen Samenkörner dar, solange sie noch nicht ausgebildet sind. Man kennt derartige Schutzmassen nicht nur bei der Baumwollpflanze, manche andere Pflanzen haben dies mit ihr gemein. Der Fruchtknoten besteht aus 3—5 Abteilungen, welche beim Reifwerden aufbrechen und dadurch eine Unmasse weicher, flaumiger Fasern hervorquellen lassen, worin die schwarzbraunen Samenkörner eingebettet sind.

Die Zeit, die die Pflanze zum vollen Auswachsen braucht, verteilt sich wie folgt: vom Säen bis zum Blühen in New Orleans 80—90 Tage, auf Sea-Island 100—110 Tage; vom Blühen bis zur Fruchtreife in New Orleans 70—80 Tage und auf Sea-Island ungefähr 80 Tage; die ganze Wachperiode dauert demnach ca. $6\frac{1}{2}$ Monate.

Die Baumwolle sollte gleich nach dem Reifwerden geerntet werden. Die Samenkörner werden von den Fasern getrennt. Diesen Vorgang nennt man „egrenieren“.

3. Baumwollgrenierung. Wenn die Baumwolle von der Staude geerntet wird, so ist sie immer noch mit den Samenkörnern verbunden. Ehe man sie egreniert, säubert man sie mittels einer Reinigungsmaschine, damit alle eventuell noch darin verstrickten Fruchtknollen aufbrechen, und damit die Verunreinigungen entfernt werden. Das Prinzip einer Egreniermaschine besteht darin, die Fasern durch einen engen Spalt zu zwängen, welcher den Samenkörnern nicht erlaubt, mitzukommen. Es gibt 2 Arten von Egreniermaschinen, eine Walzenmaschine und eine Sägemaschine. Die erstere kommt nur für langstapelige Baumwolle in

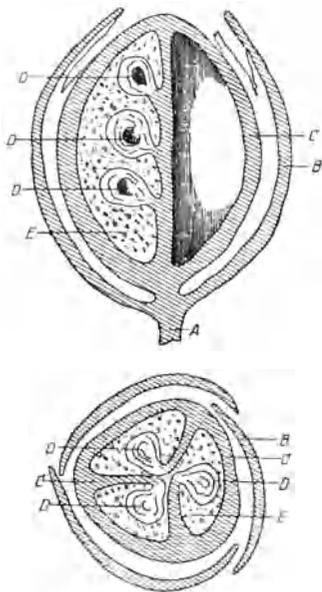


Abb. 156. Durchschnitt der ägyptischen Baumwollfrucht. (Nach Witt.) A Stempel; B Kelch; C Fruchthülse; D Samen; E Baumwollfasern.

Betracht, wo es darauf ankommt, die Länge der Fasern zu bewahren. Sie arbeitet viel langsamer als die Sägemaschine. Die letztere wurde von Eli Whitney erfunden und wird noch immer nach dem

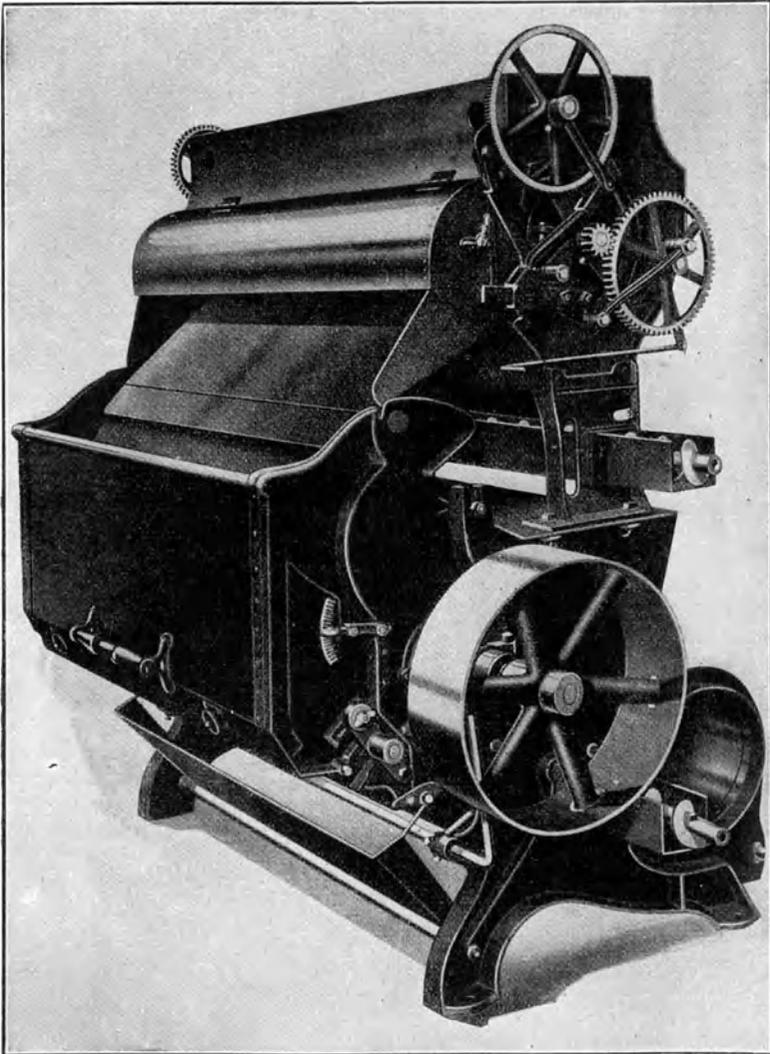


Abb. 157. Pneumatische Huller-Egreniermaschine. (Murray & Co.)

gleichen Prinzip konstruiert wie zur Zeit ihrer Erfindung 1793. Kurz beschrieben, besteht die Sägemaschine aus einem kistenartigen Zuführtisch; auf einer Seite dieses Tisches ist ein Rost aus Stahlstäben, durch dessen enge Öffnungen schnell rotierende, dünne, gebogene Sägezähne durchgreifen, die Baumwolle mitzerren und so von den Körnern, welche

abspringen, trennen. Diese letzteren fallen durch einen unter dem Rost befindlichen Schlitz herunter. Die Fasern werden der Egreniermaschine mittels einer sich drehenden, walzenförmigen Bürste zugeführt. Die von dem Samen gelöste Baumwolle ist unter dem technischen Namen „lint“ bekannt. Die Upland- und die gewöhnliche amerikanische Baumwolle wird durch den Egrenierprozeß nicht völlig von den Samenkörnern getrennt, es bleiben verschieden lange Fasern und der untere Filz an den

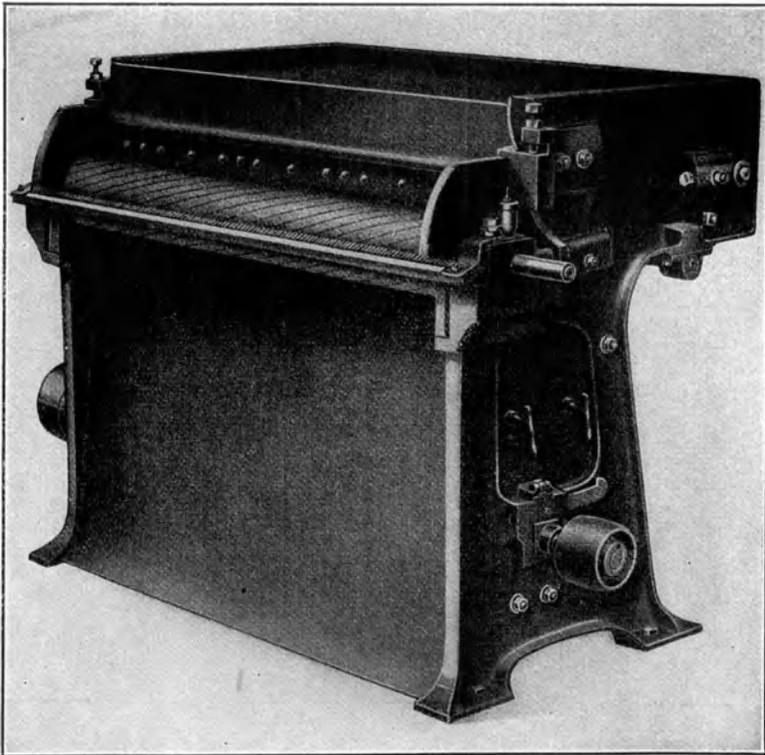


Abb. 158. Walzenmaschine für langstapelige Fasern. (Murray Co.)

Körnerhülsen hängen, was meistens einen Gewichtsverlust von 10 % der geernteten Masse ausmacht. In der letzteren Zeit werden diese Samen noch einmal durch die sog. Linteregreniermaschine gelassen, welche dichter beieinander gesetzte Zähne aufweist. Die aus diesem zweiten Vorgang gewonnenen Baumwollfasern, „Linters“ genannt, werden hauptsächlich als Watte oder zur Herstellung von Schießbaumwolle verwendet.

4. Bestandteile der Baumwollpflanze. Außer der Faser selbst werden heutzutage beinahe alle anderen Bestandteile der Baumwollpflanze für industrielle Zwecke ausgebeutet. Die Samenkörner sind von besonderem Wert, da sie sehr ölhaltig sind. Man preßt sie aus und verwendet die so

gewonnene Flüssigkeit zur Seifenbereitung und zu manchen anderen Zwecken. Die ausgepreßten Hülsen und die Abfälle werden zu Viehfutter und zu Düngstoffen verarbeitet.

Die folgende Tabelle zeigt die nutzbaren Bestandteile in einer bestimmten Menge Baumwollpflanzen, welche 100 Pfund Fasern per acre einbringen; in Pfund und per acre ausgedrückt. Das Gesamtgewicht der per acre geernteten Masse betrug 847 Pfund.

Pflanzenteil	engl. Pfd.	Stickstoff	Phosphorsäure	Pottasche	Kalk	Magnesia
Wurzeln	83	0,76	0,43	1,06	0,53	0,34
Stämme	219	3,20	1,29	3,09	2,12	0,92
Blätter	192	6,16	2,28	3,46	8,52	1,67
Knollen	135	3,43	1,30	2,44	0,69	0,54
Samen	218	6,82	2,77	2,55	0,55	1,20
Lint	—	0,34	0,10	0,46	0,19	0,08
Total	847	20,71	8,17	13,06	12,60	4,75

Dem Bulletin Nr. 33 (U. S. Dept. Agric.) entnehmen wir hier eine Tabelle der Bestandteile der getrockneten Baumwollpflanze:

Pflanzenteil	Gewicht		%
	Unzen	Gramm	
Wurzeln	0,513	14,55	8,80
Stämme	1,350	38,26	23,15
Blätter	1,181	33,48	20,25
Knollen	0,829	23,49	14,21
Samen	1,343	38,07	23,03
Lint (Fasern)	0,615	17,45	10,56
Total	5,831	165,30	100,00

Diese Tabelle stellt das Durchschnittsgewichtsverhältnis einer großen Menge Pflanzen dar.

Die folgende Tabelle gibt in Prozenten die Zusammensetzung der verschiedenen Teile der Baumwollpflanze an, nach den Analysen einer großen Menge Versuche des U. S. Dept. of Agric.

Pflanzenteil	Wasser	Asche	Protein	Fasern	Stickstofffreie Extrakte	Fett
Ganze Pflanze . .	10,00	12,01	17,57	22,04	35,11	4,15
Wurzeln	10,00	7,23	9,89	48,57	39,15	2,77
Stämme	10,00	9,64	20,45	49,44	39,87	3,50
Blätter	10,00	12,87	21,64	12,57	36,82	6,05
Knollen	10,00	4,90	15,89	19,72	45,42	4,07
Samen	9,92	4,74	19,38	22,57	23,94	19,45
Lint	6,74	1,65	1,50	83,71	5,79	0,61

Die folgende Aufstellung zeigt die aus 2000 Pfund zu gewinnenden Produkte:

- A. Linters, 27 Pfund.
- B. Hüllen, 841 Pfund.
 - 1. Bran, Fütterungsstoffe.
 - 2. Fasern, für hochwertige Papiere.
 - 3. Heizmaterial, Asche und Düngstoff.
- C. Fleisch, 1012 Pfund (d. h. eigentliches Fruchtfleisch).
 - 1. Ölkuchen, 732 Pfund.
 - a) Mehl.
 - 1. Fütterungsstoffe.
 - 2. Düngstoffe.
 - 2. Rohöl, 280 Pfund.
 - a) Seifenbereitung.
 - b) Sommergelböl.
 - 1. Wintergelböl.
 - 2. Salatöl.
 - 3. Baumwollspeck.
 - 4. Cottolin.
 - 5. Grubenöl.
 - 6. Seife.

Ein Versuch zeigt, daß die Samen der Uplandbaumwolle nach dem Egrenieren aus 54,22% Kernen (zusammengesetzt aus 36,88% Öl und 63,12% Mehl) und aus 45,78% Hüllen (zusammengesetzt aus 27,95% Linters und 72,05% Hüllenresten) besteht. Im egrenierten Samen ist demnach folgendes enthalten:

Mehl	34,22 %	Hüllen	35,78%
Öl	20,00 „	Linters	10,00 „

Nach Adrian¹ enthalten die ägyptischen Baumwollsamensamen 37,45% Hüllen und 62,55% Kerne.

5. Baumwoll-Linters. Die kurzen Fasern oder Noppen, welche nach dem ersten Egrenieren noch am Samenkorn hängengeblieben sind, werden in einer zweiten Behandlung losgelöst. Man nennt sie „linters“, und sie werden für Watte und Schießbaumwolle gebraucht. Die egrenierte ägyptische und Sea-Island-Baumwolle hinterläßt keine Fasern am Samenkorn; bei der Uplandbaumwolle hingegen beträgt das Gewicht der noch an den Samen sitzenden Fasern 10% des Gesamtgewichts der Ernte.

Nach Kreß und Wells² sind unter 2000 Pfund (einer Tonne) an die Baumwollmühlen abgelieferten Baumwollsamensamen 200 Pfund Restfasern. Bei der ersten Bearbeitung dieser Fasern erhält man ungefähr 75 Pfund Linters, lang genug, um als Füllmaterial Verwertung zu finden; beim zweitenmal erhält man nochmals ca. 75—100 Pfund Linterfasern, absolut frei von jeglichen Hüllenteilchen. Man verwendet diese letzteren mit Vorteil zur Papierbereitung. Nach der Egrenierung werden diese Faserreste in einer Abreibungsmaschine bearbeitet und ergeben ein sehr fleckiges Spänematerial. Die durchschnittliche Länge der Linterfaser ist 4,62 mm, während die Durchschnittslänge der Spanfaser nur 2,41 mm mißt.

Es gelingt nicht immer, die Fasern vollkommen von Samenteilchen zu befreien, und oft findet man dieselben dann in Form von kleinen Flocken

¹ Chem. News, Jan. 1865. ² Pulp and Paper Mag., 1919, S. 697.

oder Mücken im Baumwolltuch, und weil sie ein gewisses Quantum Öl und Tannin enthalten, entstehen leicht Flecken und Ungleichmäßigkeiten während des Färbens und Ausrüstens. Bei der Berührung mit Eisen nehmen diese Flecken einen violetten Schimmer an, jedoch oft erst nach Monaten.

6. Physiologie der Baumwollfaser. Die Entwicklung der Baumwollfaser geht folgendermaßen vor sich: „Wenn ein noch sehr junger Baumwollfruchtknoten quer durchschnitten wird, sieht man, daß er drei oder mehr Längsabteilungen hat, und man kann beobachten, daß die Samenkörner am inneren Wandwinkel angewachsen sind. Die Körner bleiben in dieser Stellung, bis daß sie nahezu ausgewachsen sind und die Fasern auf ihnen zu wachsen begonnen haben. Durch das Größerwerden der Fasern werden die Samen aus ihrer ursprünglichen Lage weggedrängt und kommen nach und nach in die Mitte der Zelle zu liegen. Die Faser

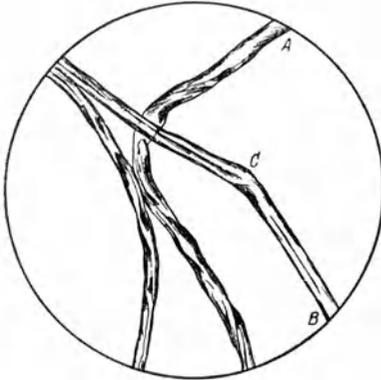


Abb. 159. Typische Baumwollfaser (300 ×).
A Normalfaser mit regelmäßigen Windungen;
B gerade Faser ohne Drehungen; C Unregelmäßigkeit im Wachstum.

beginnt an dem vom angewachsenen Samenkorn am weitest entfernten Ende zu sprießen und verbreitet sich von da über das ganze Korn. Die Fasern erscheinen eine beträchtliche Zeit, bevor der Samen vollständig ausgereift ist, und zwar indem sich an der äußeren Schicht des Kornes Zellen bilden. Es scheint, daß diese Zellengebilde ihren Ursprung in einem unter der obersten Zellschicht liegenden zweiten Zellgewebe haben. Sie dringen durch diese äußere Schicht, welche mit der Zeit ganz verschwindet. Die Zellen, welche die Fasern erzeugen, sind charakteristisch durch das Verhältnis der Dicke ihrer Zellwände zum Durchmesser¹.“

Bowman gibt eine ausgezeichnete Schilderung der Entwicklung der Baumwollfaser, der wir folgendes entnehmen: Es scheint, daß die Baumwollfaser in ihrer frühesten Entwicklung einen runden Querschnitt aufweist, was durch Verdickung der Zellwände verursacht ist. Aber da diese Wände nach und nach dünner werden, teils durch das Längerwerden der Faser und teils durch den Druck der umgebenden, in der gleichen Frucht eingeschlossenen Fasern, wird sie mit der Zeit platt, und gerade vor dem Aufbrechen der Frucht sind die äußeren Zellwände so dünn und fein geworden, daß sie beinahe unsichtbar werden, sogar unter einer starken Mikroskoplinse; die Faser hat dann das Aussehen eines dünnen, durchsichtigen Bandes. Nach dem Bersten des Knotens geht allerdings eine Veränderung vor sich. Der Zutritt von Luft und Sonne bewirkt ein langsames Entfalten der haarigen Masse, und die schnelle Verhärtung der an den inneren Zellwänden vorhandenen Feuch-

¹ Bull. Nr. 33.

tigkeit gibt der Faser eine größere Festigkeit und Dichte, welche durch das Einschrumpfen der Wände selbst noch zunimmt. Die Faser verdickt sich nun nach und nach wieder, was den Ablagerungen an der inneren Zellwand zuzuschreiben ist. Da dies nicht ganz regelmäßig geschieht, weil nicht alle Teile der Sonne und dem Licht gleichmäßig ausgesetzt sind, ist die Folge ein korkzieherartiges Sichdrehen der Faser. Dies ist eine charakteristische Eigenschaft der unter dem Mikroskop betrachteten Baumwollfaser. Die flachen, gewundenen Teile der Faserröhre bilden so viele Spiegelflächen, daß man ihnen ohne Zweifel den Glanz der zwischen den Fingern gestreckten Faser zuschreiben muß. Noch eine andere Änderung geht vor sich in diesem Stadium, eine Änderung, welche mit dem Reifwerden der Frucht zusammenhängt. In ihrer frühesten Entwicklung sind die Zellen mit Säften angefüllt, welche mehr oder weniger bindende Eigenschaften besitzen. Unter dem Einfluß von Luft und Licht macht dieser Zellinhalt eine chemische Veränderung durch. Diese adstringierenden Substanzen werden durch mehr oder weniger zuckerhaltige oder neutrale Säfte ersetzt, bis daß nach dem vollständigen Reifwerden der Baumwollfaser die Zellwände aus beinahe reiner Zellulose bestehen.

Flatters¹ gibt uns eine detaillierte Beschreibung der Physiologie der Baumwollfaser, aus welcher wir das Folgende entnommen haben: Bald nach der Befruchtung des Samens kann man eine Veränderung in den äußeren Zellen derselben wahrnehmen. Eine dünne Schicht Protoplasma bildet sich an der inneren Zellhaut. Die dazwischenliegenden Zellen beginnen sich in die Länge zu strecken, bis daß die ganze Außenseite des Samens voller winziger Schwellungen zu sein scheint. Dies hält an, bis man eine richtige, faserige Bedeckung erkennen kann. Beim Beginn dieser Hautveränderung ist die darunterliegende Schicht mit Protoplasma durchtränkt, in welcher Nahrungsstoffe enthalten sind, die aber von der sich entwickelnden Faser bald aufgesogen werden. Die Faserentwicklung geht gleichzeitig mit der Keimentwicklung vor sich, als dessen Schutz sie auch dient. Außer dem Protoplasma und dem Kern findet man in der Baumwollfaser während ihres Wachstums mikroskopisch kleine Körperchen, die Endochrome. Die Menge der Endochrome ist in den wilden Pflanzen größer als in den kultivierten. Darum haben die Fasern beinahe aller wilden Baumwollpflanzen eine dunkle, rostige Farbe (Khaki oder rote Baumwolle). Watt² sagt, daß diese Eigen-

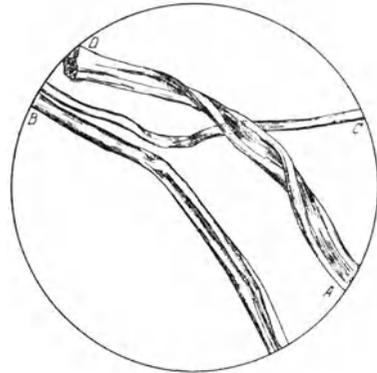


Abb. 160. Typische Baumwollfaser. A Fläche, breite Anfangsfaser; B dicke, gerundete Faser; C Faser nahe dem zugespitzten Ende; D Faserdurchschnitt.

¹ „The Cotton Plant“, S. 59: Eine sehr eingehende Beschreibung der Physiologie der Baumwollpflanze ist in diesem Buch enthalten (siehe S. 17 ff.).

² Wild and Cultivated Cotton Plants, S. 28.

schaft so sehr den wilden Pflanzen eigen sei, daß beim Auftreten solcher dunkler, rostiger Baumwollfasern in einer Pflanzung man mit Sicherheit annehmen könne, daß minderwertige Pflanzen vorhanden seien, oder daß ihre Pflege nicht verstanden wird, oder daß ihnen die Gegend nicht bekömmlich ist. Es ist auf jeden Fall ein Zeichen von Rückschritt zum früheren, wilden Wachstum. Die Anwesenheit oder Abwesenheit von Endochrom bestimmt die Farbe der Faser, welche in manchen Fällen tiefbraun, wie bei der „braunen ägyptischen Baumwolle“ und bei anderen sogar noch dunkler, wie bei der „roten, peruanischen Baumwolle“ ist. Endochrome findet man in größerer oder kleinerer Anzahl in jeder Baumwollsorte. Ausgenommen in wenigen Fällen durchdringen sie die Fasernzellwände nicht, konzentrieren sich aber während des Ausreifens der Faser und formen einen festen Körper im Innersten der

Fasernröhre. Diese feste Masse gibt der Faser ihre Farbe, indem sie sich in den durchsichtigen Zellwänden spiegelt.

Flatters nimmt an, daß die Baumwollfaser aus drei hauptsächlichlichen Materien aufgebaut sei: a) dem äußeren Häutchen, b) der dahinter gelagerten Zellulose, c) der endochromen Farbsubstanz.

Die Zellwand der Baumwollfaser ist dünn im Vergleich zu der der Bastfaser, aber mit anderen Samenhaaren verglichen ist sie sehr dick. Dies ist die Ursache ihrer größeren Stärke und Festigkeit. In ganz ent-

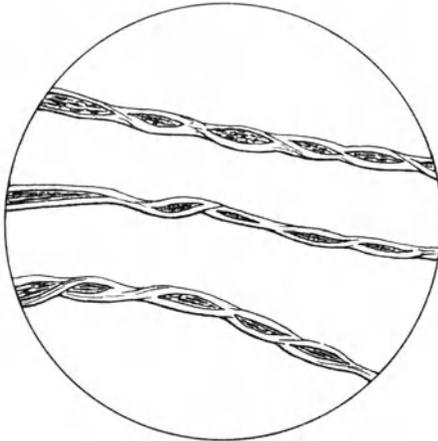


Abb. 161. Sea-Island-Baumwolle.

wickelten Fasern beträgt die Dicke der Zellwände ein Drittel bis zwei Drittel des ganzen Faserdurchschnitts.

7. Qualität der Faser und wovon sie abhängt. Die Qualität der Baumwollfaser hängt nicht nur von der Sorte ab, sondern hauptsächlich von der Art ihrer Kultur. Die Bedingungen von größtem Einfluß auf den guten Ertrag einer Baumwollpflanzung sind a) der Samen, b) der Boden, c) die Art und Weise der Kultur, d) die klimatischen Verhältnisse. Das Saatgut muß sorgfältig, je nach den Umständen, gewählt werden. Ein sehr trockener Boden erzeugt eine rauhe, leicht brüchige Baumwolle, deren einzelne Fasern von sehr verschiedener Länge sind; ein feuchter, sandiger Grund produziert eine sehr begehrte Baumwolle mit langem, feinem Stapel. Einen leicht lehmigen Grund bezeichnet man als den besten, während eine feuchte, schwere Tonerde am schlechtesten geeignet zu sein scheint. Ausgiebiger Regen veranlaßt die Pflanze zu schnellem und schönem Wachstum, jedoch auf Kosten der Früchte, welche dann natürlich auch nur sehr wenig Fasern ergeben. Eine lange Trockenheit verhindert die Pflanze am Wachsen, es gibt wenig Früchte und diese

reifen zu früh. In nahe am Meer liegenden Gegenden erzielt man die besten und wertvollsten Baumwollprodukte. Der salzhaltige Grund muß einen sehr guten Einfluß auf das Wachstum und die Beschaffenheit der Faser ausüben. Die beste durchschnittliche Tagestemperatur beträgt 60—68° F während der Keim- und Blühperiode und 68—78° F von der Blütezeit bis zur Reife. Nach Dr. Wight¹ ist zum Erzielen einer vorzüglichen amerikanischen Baumwolle eine Erhöhung der Temperatur während der stärksten Wachperiode nötig. Es sei dem zuzuschreiben, daß in Indien eine gleich gute Art Baumwolle doch weniger gute Fasern ergibt, da während des Wachstums die Temperatur eher ab- als zunimmt. Flatters bestätigt, daß eine feuchte Temperatur von ungefähr 70° F. an aufwärts und ein lehmiger, alkali- und kalksalzhaltiger Boden, welcher mindestens 3% Phosphorsäure enthält, für das gute Gedeihen der Baumwollpflanze am günstigsten ist.

8. Botanische Klassifizierung der Baumwollpflanze. Die Klassifizierung der verschiedenen Arten der Baumwollpflanze ist je nach den Autoritäten verschieden: Das beste ist vielleicht, die verschiedenen Varietäten als 1. baumartig, 2. strauchartig, 3. grasartig zu bezeichnen.

Die folgende Tabelle stellt eine Reihe von den Botanikern mehr oder weniger anerkannter und klassifizierter Baumwollarten dar:

- Gossypium album* Hamilton, ein Synonym der *G. herbaceum*; im Handel als Uplandbaumwolle bekannt; hat einen weißen Samen.
- G. arboreum* Linn., eine baumartige Pflanze, mehrjährig, aus Indien stammend; ergibt kurze Fasern.
- G. barbadense* Linn., aus Amerika und den vorgelagerten Inseln stammend; erzeugt die weitberühmte Sea-Island-Baumwolle.
- G. brasiliense* Macfad., eine tropische Art; gehört zu der sog. „Nierenbaumwolle“; die Samen hängen in Büscheln zusammen.
- G. chinense* Fisch & Otto, ein Synonym der *G. herbaceum*; eine chinesische Baumwolle.
- G. croceum* Hamilton, ein Synonym der *G. herbaceum*; hat einen gelben Lint.
- G. eglandulosum* Cav., ein Synonym der *G. herbaceum*.
- G. elatum* Salisb., ein Synonym der *G. herbaceum*.
- G. frutescens* Lasteyr, ein Synonym der *G. barbadense*.
- G. fuscum* Roxb., ein Synonym der *G. barbadense*.
- G. glabrum* Lam., ein Synonym der *G. barbadense*.
- G. glandulosum* Steud., ein Synonym der *G. herbaceum*.
- G. herbaceum* Linn., aus Asien stammend; synonym mit *G. hirsutum*, gewöhnliche Uplandbaumwolle.
- G. hirsutum* Linn., amerikanischen Ursprungs; Georgia-Upland-Baumwolle.
- G. indicum* Lam., ein Synonym der *G. herbaceum*.
- G. jamaicense* Macfad., ein Synonym der *G. barbadense*; wächst in Jamaica.
- G. javanicum* Blume, ein Synonym der *G. barbadense*; wächst in Java.
- G. kirkii* Masters, eine wilde, nie kultivierte afrikanische Art; die einzig bekannte Art, wo der Samen nach dem Trennen von der Faser ganz nackt zurückbleibt.
- G. latifolium* Murr., ein Synonym der *G. herbaceum*.
- G. leoninum* Medic., ein Synonym der *G. herbaceum*.
- G. macedonicum* Murr., ein Synonym der *G. herbaceum*.
- G. maritimum* Tod., ein Synonym der *G. barbadense*.
- G. micranthum* Cav., ein Synonym der *G. herbaceum*.
- G. molle* Mauri, ein Synonym der *G. herbaceum*.
- G. nanking* Meyen, ein Synonym der *G. herbaceum*.

¹ Journ. Agr. Hort. Soc. India, Band 7, S. 23.

- G. neglectum* Tod., aus Indien stammend; ähnlich der *G. arboreum*; nur in Indien angepflanzt; ergibt die Dacca- und Chinabaumwolle.
G. nigrum Hamilton, ein Synonym der *G. barbadense*.
G. obtusifolium Roxb., ein Synonym der *G. herbaceum*, ohne Zweifel eine orientalische Art, welche man in Indien, Ceylon usw. findet.
G. oligospermum Macfad., ein Synonym der *G. barbadense*.
G. paniculatum Blanco, ein Synonym der *G. herbaceum*.
G. perenne Blanco, ein Synonym der *G. barbadense*.
G. peruvianum Cav., ein Synonym der *G. barbadense*.
G. punctatum Schum. & Tonn., ein Synonym der *G. barbadense*.
G. racemosum Poir, ein Synonym der *G. barbadense*.
G. religiosum Par., ein Synonym der *G. arboreum*; so genannt, weil ihr Gebrauch für die Gewebe der Priesterturbane reserviert ist; auch weil sie nur in den Tempelgärten wächst; sie hat den Handelsnamen Nurma- oder Deobaumwolle. Ein Abart der *G. barbadense*.
G. roxburghianum Tod., eine Abart der *G. neglectum*; ähnlich wie die indische Daccabaumwolle.
G. siamense Tenore, ein Synonym der *G. herbaceum*.
G. stoksii Masters, ein Synonym der *G. herbaceum*; als die Ursprungsform aller aus letzterer Familie kultivierten Arten angesehen.
G. strictum Medic., ein Synonym der *G. herbaceum*.
G. tomentosum Nutt., auf den Hawaiinseln heimisch und dort unter dem Namen Mao oder Huluhulubaumwolle bekannt. Die Rinde wird zu Zwirn verarbeitet.
G. tricuspidatum Lam., ein Synonym der *G. herbaceum*.
G. vitifolium Lam., ein Synonym der *G. barbadense*.
G. vitifolium Roxb., ein Synonym der *G. herbaceum*.
G. wightianum Tod., ein Synonym der *G. herbaceum*; Todaro behauptet, es sei eine primitive Form der indischen Baumwolle; sie erzeugt die sog. langstapelige indische Gujarat-Baumwolle.

Parlatore sagt, daß die im Handel eine Rolle spielenden Baumwollpflanzen von 7 Arten der *Gossypium* herkommen. Es sind die folgenden:

1. *G. barbadense*, welche die langstapeligen, seidenartigen Fasern ergibt; bekannt als barbadosische, sea-isländische, ägyptische und peruanische Baumwolle¹.

¹ Die Botanik beschreibt diese Art wie folgt: Strauchartig, ausdauernd, 6—8 Fuß hoch, in Kultur krautig, 1—2jährig, 5—6 Fuß hoch, glatt, mit größeren oder kleineren schwarzen Drüsen besetzt. Stengel aufrecht, langgeästet. Äste graziös ausgebreitet aufwärtsstrebend, an der Spitze etwas gebogen. Blätter wechselständig, rundlich, eiförmig, herzförmig, 3—5 mal gelappt, manchmal einige der unteren oder oberen Blätter ungeteilt, rundlich, oval; Lappen oval, zugespitzt, oben nervig, einwärts gebogen, bei den Nerven heller grün, glatt; Unterseite blaßgrün und glatt (kahl), 3—5nervig; der Mittelnerv und manchmal die Nebennerven tragen am Grunde eine dunkelgrüne Drüse. Nebenblätter anliegend oder ausgebreitet, gebogen, lanzettlich, scharf, ganz oder etwas gezähnt, Blütenstiele gleichlang oder kürzer als die Blattstiele, gerade, nach dem Blühen noch auswachsend, eher dick, im Blattwinkel stehend, unten an der Blütenhülle manchmal eine große, ovale Drüse aufweisend. Blütenhülle dreiteilig, gerade, an der Spitze ausgebreitet, nervig, kurz herzförmig, oval, mehr als halb so lang als die Blütenkrone, 9—12 mal lanzettlich scharf geteilt. Kelch viel kürzer als Blütenhülle. Deckblätter becherförmig, leicht fünfgezähnt oder ganzrandig. Blütenkrone länger als die Deckblätter. Blütenblätter geöffnet, aber nach dem Blühen nicht weit ausgebreitet, eiförmig, stumpf zulaufend oder eingerollt, gelb oder schwefelgelb mit purpurnen Flecken an der Basis, mit dem Alter allgemein purpurfarben werdend. Staubfäden etwa halb so lang wie die Blütenkrone, Röhre unten kahl, oben die Staubbeutel tragend. Griffel 3—5 fach geteilt, etwas länger als die Staubfäden. Fruchtknoten eiförmig, mit Drüsen besetzt, 3-, selten 4—5fächerig. Fruchthüllen etwas länger als die

Die Pflanze erreicht eine Höhe von 5—6 Fuß und hat gelbe, am Grund purpurfarbene Blütenblätter. Die kleinen Samenkörner sind schwarz und unterscheiden sich von der gewöhnlichen amerikanischen Baumwolle dadurch, daß sie keinen feinen unteren Haarwuchs besitzen. Infolgedessen bleibt der Samen nach dem Egrenieren glatt und kahl übrig. Die Sea-Island-Baumwolle ist immerhin ziemlich von der Originalpflanze barbadense verschieden, was der geänderten Art ihres Anbaues

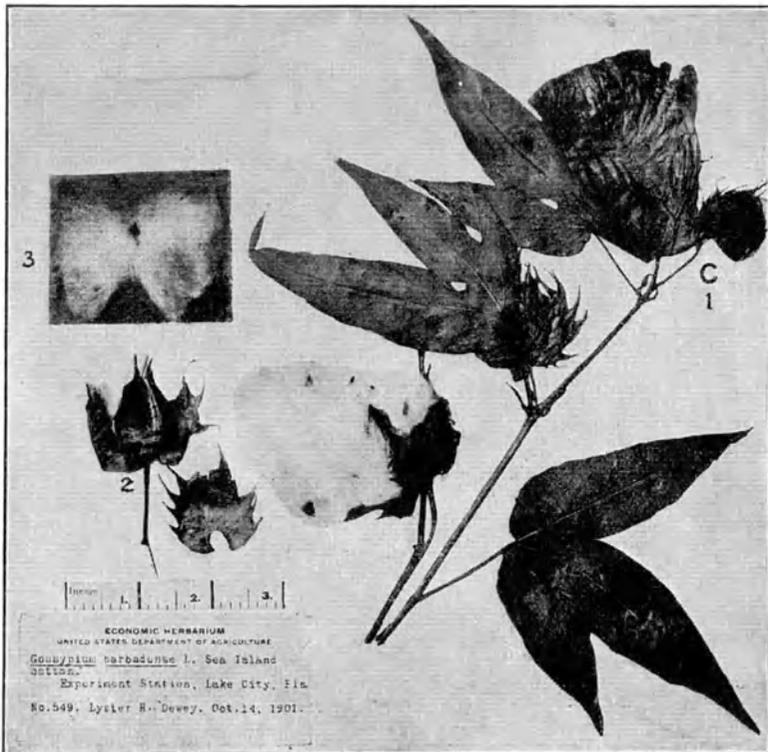


Abb. 162. Frucht und Blatt von *Gossypium barbadense*. (Watt.)

zuzuschreiben ist. Die folgend angeführten Arten sind als Synonyme der *Gossypium barbadense* bekannt: *G. frutescens* Lasteyr., *G. fuscum* Roxb., *G. glabrium* Lam., *G. jamaicense* Macfad., *G. javanicum* Blume, *G. maritimum* Todaro, *G. nigrum* Ham., *G. oligospermum* Macfad., *G. perenne* Blanco, *G. peruvianum* Cav., *G. punctatum* Schum. & Thonn., *G. racemosum* Poir., *G. religiosum* Par., und *G. vitigolium* Roxb.

Blumenhüllen, oval in eine Spitze zulaufend, grün, glänzend, in 3, selten in 4 bis 5 Fächer geteilt. Fächer länglich, zugespitzt, die Spitzen auseinandergebogen, in jedem Fach 6—9 Samen; rundlich, an der Basis schmaler, schwarz, Faser weiß, 3—4 mal oder mehr die Länge des Samens, seidenartig, leicht vom Samen lösbar, Keimblätter gelblich, fleckig.

Georgia-Upland-Baumwolle ist höchstwahrscheinlich aus einer dieser Arten entstanden. Sie wird hauptsächlich zum Spinnen von feinem Garn gebraucht. Pimabaumwolle ist eine langstapelige Sorte, welche im Salt-River-Tal und im Yumatal von Arizona wächst. Sie wird hauptsächlich für die Herstellung von Schleiern kultiviert.

2. *G. herbaceum* ist die Familie der meisten in Indien, Südasien, China und Italien¹ vorkommenden Baumwollpflanzen. Parlatores sagt, daß sie bestimmt aus Indien stamme, während Todare behauptet, daß sie in Asien und wahrscheinlich auch in Ägypten heimisch und daß die *G. wightianum* eine primitive Art der indischen Baumwolle sei; andere wieder sind davon überzeugt, daß Afrika ihr Heimatland ist. Nach dem Bulletin Nr. 33 (U. S. Dept. of Agric.) ist es als unwahrscheinlich anzunehmen, daß die *G. herbaceum* eine ursprüngliche Pflanzensorte darstelle, sondern daß sie die veredelte Kreuzung verschiedener wilder Sorten ist. Sie vertritt darum keine bestimmte Pflanze, sondern eine Gruppe von untereinander mehr oder weniger verwandter Individuen. Die hier aufgezählten Sorten gehören zu ihr: *G. album* Ham., *G. chinense* Fisch., *G. croceum* Ham., *G. eglandulosum* Cav., *G. elatus* Salis., *G. glandulosum* Steud., *G. hirsutum* Linn., *G. indicum* Lam., *G. latifolium* Murr., *G. leoninum* Medic., *G. macedonicum* Murr., *G. micranthum* Cav., *G. molle* Mauri, *G. nanking* Meyen, *G. religiosum* Linn., *G. siamense* Tenore, *G. sinense* Fisch., *G. strictum* Medic., *G. tricuspidatum* Lam. und *G. vitifolium* Roxb. *G. obtusifolium* Roxb., *G. paniculatum* Blanco, *G. punctatum* Guil.

¹ Hier die botanische Beschreibung dieser Art: Strauchartig, ausdauernd, in Kultur krautig, 1—2jährig. Behaarung wechselnd, zum Teil lang, einfach oder sternförmig, anliegend oder abstehend, zum Teil kurz, sternförmig, zahlreich; oder die Pflanze ist dicht behaart, seidenartig, oder jegliche Behaarung fehlt und die Pflanze ist kahl oder fast kahl. Drüsen mehr oder weniger reichlich. Stengel rund oder oberhalb etwas kantig, verzweigt. Äste ausgebreitet oder aufwärtsstrebend. Blätter wechselständig, gestielt, Blattstiele etwa gleich lang wie Blattspreiten, herzförmig oder annähernd herzförmig, 3—5-, selten 7fach gelappt. Lappen oval bis eiförmig, zugespitzt, oben hellgrün, unten noch heller, an den Nerven mehr oder weniger behaart; 3—5—7nervig, der Mittelnerv und manchmal ein Zweignerv weisen an der Basis Drüsen auf, oder sollten solche aufweisen. Blattwinkel stumpf. Untere Blätter manchmal herzförmig, zugespitzt, ganzrandig oder leicht gelappt. Nebenblätter aufrecht oder ausgebreitet oval-lanzettlich bis länglich-lanzettlich, zugespitzt, ganzrandig, gelegentlich etwas gezähnt. Blütenstiele während der Anthese aufrecht, während der Fruchtreife sich etwas nach unten krümmend. Involucum 3-, selten 4teilig, kürzer als die Blumenkrone, anliegend, während der Fruchtreife ausgebreitet, breit herzförmig, sägenförmig eingeschnitten, die einzelnen Zacken lanzettlich zugespitzt, ganzrandig oder wenig gezähnt. Kelch weniger als die Hälfte der Deckblätter lang, becherförmig, kurz gezähnt. Blütenblätter aufrecht, ausgebreitet oder keilförmig, stumpf oder ausgerandet, eingerollt oder fein gekerbt, weiß oder blaßgelb, gewöhnlich mit einem purpurnen Fleck am Grunde, mit dem Alter rötlich werdend. Staubblätter halb so lang wie die Krone. Stempel gleich lang oder länger als die Staubblätter. Fruchtknoten rundlich, stumpf oder zugespitzt, drüsig, 3—5fächerig. Griffel ungefähr zweimal so lang als der Fruchtknoten, 3—5teilig, oft mit 2 Reihen Drüsen besetzt. Kapsel aufrecht, rundlich, stumpf oder zugespitzt, blaßgrün, 3—5fächerig. Klappen länglich mit ausgebreiteten Spitzen; 5—11 Samen in jedem Fach, frei, rundlich, manchmal kahl, an der Basis schmaler, mit 2 Arten von Fasern bedeckt, die eine kurz und dicht, den Samen dicht umschließend, die andere 2—3mal so lang wie der Samen, weiß, seidenartig, etwas schwierig vom Samen zu lösen. Keimblätter etwas drüsig.

Die *G. herbaceum* ist eine einjährige Pflanze und erreicht eine Höhe von 5—6 Fuß; sie unterscheidet sich von der *G. barbadense* dadurch, daß sie mit einem weichen, daunenähnlichen Unterfilz bedeckt ist, welcher ein begehrtes Material ergibt. Die Blüte ist von blaßgelber Farbe mit einem purpurnen Fleck am Boden. Diese Art Baumwolle



Abb. 163. *Gossypium herbaceum*. (Watt.)

ist vielleicht die zähste Art, und man kann sie am weitesten nördlich und südlich kultivieren. Von ihr stammen die meisten indischen Baumwollarten ab, wie auch die gelbfarbene Nankingbaumwolle von China und die kurzstapeligen Arten Ägyptens und Smyrnas. Man braucht sie zum Spinnen von weniger gutem Garn und als dichtes Garn zur Baumwollflanellbereitung.

Todaro schreibt, daß die *G. wightianum* hauptsächlich in Indien kultiviert werde. Sie unterscheidet sich von der *G. her-*

baceum durch ihre breiteren und gerundeteren Blätter und ihre dünneren und weiter eingeschnittenen Deckblätter¹.

Man kennt noch eine andere, ähnliche Art, welche in Indien heimisch ist, die *G. neglectum*; sie wächst als ein großer Busch, und aus ihren Fasern wird der größte Teil der bengalischen Baumwolle gewonnen².

Trotz der im Vergleich zur amerikanischen schlechteren Qualität der indischen Baumwolle produzieren die Daccaspinner aus einem sehr armen Baumwollstapel ein Garn gerade so fein wie dasjenige, welches in Amerika oder in England aus den feinsten Sorten gewonnen wird. Dies bleibt ein Rätsel der Baumwollindustrie. Es scheint, daß die Handspinner etwas Besseres erreichen können als die Maschinenspinner.

Die kultivierte Baumwolle von heutzutage ist weit entfernt davon, ihrem Original, der *G. herbaceum*, welche nur ca. 28—29% Fasern mit ca. 20—300 mm langen Stapeln ergab, ähnlich zu sein. Die Ausbeute an Fasern hat sehr zugenommen und beträgt 36—40% bei manchen Varietäten, während die Länge der Fasern im Verhältnis zur ursprünglichen Länge ihrer Art manchmal das Dreifache erreicht.

Die *G. vine* von Kuba gehört zur *G. herbaceum* und unterscheidet sich durch ihre große Menge Früchte und Samen.

3. *G. hirsutum* schließt die meisten in den südlichen Provinzen der Vereinigten Staaten wachsenden, als Upland- oder Peelerbaumwolle bekannten Baumwollarten ein. Amerikanische oder Mainlandbaumwolle ist die typische Baumwolle der Welt. Sie wird in Amerika von Südost-Virginia bis nach Texas angebaut. Diese Baumwolle kann man für jede Art und Nummer Garn verwenden, von 50er Zettel (Kette), bis zu 80er Einzug (Schuß). Sie ist rein, regelmäßig in der Länge der Stapel und gut geformt. Sowohl diese Eigenschaften, als auch die Tatsache, daß die in Amerika produzierte Menge größer ist als alle übrige auf der Erde

¹ Die Botanik beschreibt die *G. wightianum* wie folgt: Stengel aufrecht, etwas behaart, Äste ausgebreitet und aufwärtstrebend. Blätter in der Jugend dicht mit kurzen Sternhaaren bedeckt, mit dem Alter kahl werdend; rundlich, schwach herzförmig, 3—5-, selten 7fach gelappt; Lappen eiförmig, länglich, scharf, an ihrer Basis in rundliche Buchten einmündend. Nebenblätter fast eiförmig, manchmal länglich-lanzettlich, in eine Spitze zulaufend. Blüten gelb mit tief purpurnem Fleck an der Basis, mit dem Alter rötlich werdend, Kelchdeckblätter klein, etwas zusammengewachsen an der Basis, eiförmig, herzförmig, zugespitzt und kurz gezähnt. Blütenstiele aufrecht in der Anthese, gebogen in der Fruchtreife, $\frac{1}{4}$ so lang wie die Blütenblätter. Kapsel klein, oval, zugespitzt, 4fächerig, mit 8 Samen in jedem Fach. Samen klein, oval, rundlich, von 2 Arten Fasern bedeckt, die innere Schicht kurz und dicht anliegend, die äußere länger, weiß oder rötlich.

² Ihre Botanik ist wie folgt: Stengel aufrecht. Äste dünn, graziös ausgebreitet. Die unteren Blätter 5—7fach handförmig gelappt; Lappen lanzettlich zugespitzt, selten behaart, gerundet, die kleineren Lappen in den Buchten weniger ausgeprägt als bei *G. arboreum*; oben Blätter 3teilig. Nebenblätter an den Blattstielen halb oval, die anderen länglich-lanzettlich zugespitzt. Blütenstiele kurz verzweigt, 2—4blütig. Kelchdeckblätter an der Basis zusammengewachsen, tief und spitzig gezähnt. Blütenblätter etwas weniger als zweimal die Länge der Hülle, länglich, unregelmäßig keilförmig, gelb mit dunkel purpurnem Fleck am Grunde. Staubfadenröhre halb so lang als die Blütenkrone, unten nackt. Kapsel klein, oval, zugespitzt, 5—8 Samen in jedem Fach. Samen rundlich, klein, mit 2 Arten Fasern bedeckt; die eine Art kurz und dicht anliegend, von aschgrüner Farbe, die andere länger, eher rauh und weiß.

produzierte Baumwolle, bewirken, daß die amerikanische Baumwolle auch den Marktpreis reguliert. Von diesen amerikanischen Baumwollarten sind die Gulf- (New Orleans), Benders- oder Bottomlandvarietäten die wichtigsten und variieren in der Länge der Fasern von $1-1\frac{3}{8}$ in. Baumwollen, welche im Markt als Mobile, Peelers und Allen-seed gehandelt

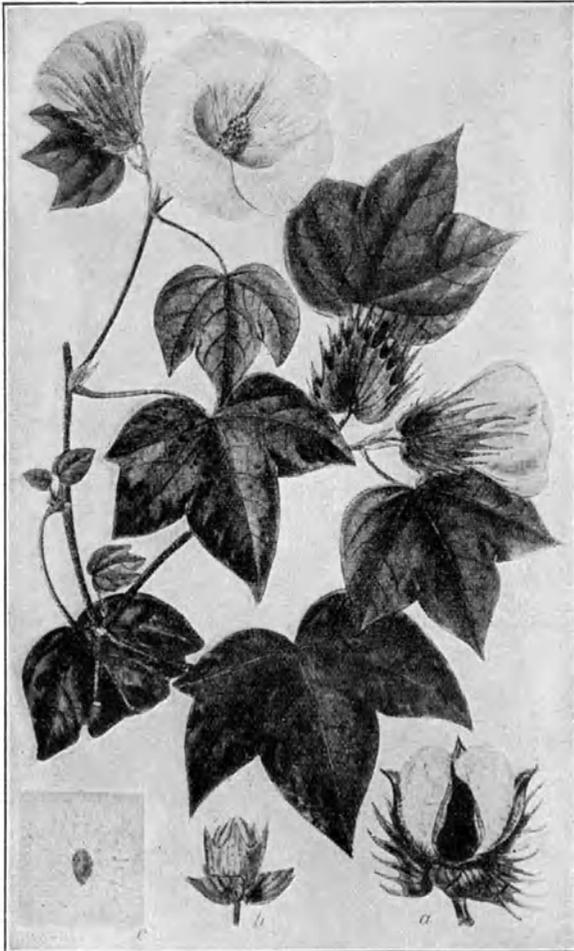


Abb. 164. Amerikanische Baumwolle, *G. hirsutum*. (Watt.)

werden, gehören zu den gleichen Varietäten und sind die zweitwichtigsten, während Mississippi-, Louisiana-, Selina-, Arkansas- und Memphisbaumwolle weniger Bedeutung besitzen. Texasbaumwolle variiert in der Länge ihrer Fasern von $\frac{7}{8}$ bis zu 1 inch und kann als Zettelgarn bis zu 32's gebraucht werden. Nächst wichtig ist die Uplandbaumwolle mit einer Länge der Fasern von $\frac{1}{4}$ bis zu 1 inch, sie kann bis zu 30's gebraucht werden. Baumwolle, welche unter dem Namen Georgia,

Boweds, Norfolk und Savannah verkauft wird, gehört auch zu den Uplandvarietäten.

Die Baumwollpflanze der südlichen Provinzen ist ein kleiner, einjähriger Strauch von 2—4 Fuß Höhe, sich immer sehr verzweigend. Die Astglieder sind am Anfang am längsten und werden gegen die Spitze



Abb. 165. Baumwolle; *G. arboreum*. (Watt.)

hin kurz und leicht. Die Blüten sind am ersten Tag weiß oder blaßgelb oder cremefarben; sie werden rötlich am zweiten Tag und fallen am dritten oder vierten Tage ab, einen winzigen, entwickelten Fruchtknoten im Kelch zurücklassend. Dieser Knoten wächst, bis daß er in der Reife die Größe eines Hühnereies hat. Bei völliger Reife berstet die Frucht und öffnet ihre 3—6 Abteilungen, welche die Samenkörner und die Fasern enthalten.

Die *G. hirsutum* ist buschartig, selten mehr als 7 Fuß hoch; wie bei den vorher behandelten Arten ist der Samen auch mit einem feinen unteren Filz bewachsen. Die Blüte ist entweder gelblichweiß oder von einer schwachen Schlüsselblumenfarbe.

Todaro sagt, daß diese Art aus Mexiko stamme, von wo sie sich in alle warmen Gegenden der Erde verbreitet habe. Zu dieser Art zählt



Abb. 166. Rote peruanische Baumwolle; *G. microcarpum*. (Watt.)

er auch die langstapelige Uplandbaumwolle. Parlatore anderseits nimmt an, daß die Inseln im Golf von Mexiko ihre Heimat sind, wie auch das Festland, und daß alle grünsamigen Arten, wo sie auch kultiviert werden, von dieser Art abstammen. Bei der Kultur verändert sich diese Pflanze in vieler Hinsicht. Gewöhnlich ist sie ein rauher, verkrüppelter, sehr verzweigter, gerader, grünroter, staubbedeckter Busch (dies letztere ist eine Folge der Menge, der Länge und Stärke der Haare, womit die Blattstiele usw. bedeckt sind). Die Blätter, welche zuerst ganz sind, werden bald dreilappig, oder als Folge einer sehr üppigen

Kultur auch nur teilweise gelaopt. Die Blüten sind erst klein, blaßgelb und werden dann groß und gelb mit einem Stich ins Rote. Die Frucht ist gewöhnlich vierzellig, die Samen sind immer groß, oval, abgestumpft an einem Ende und mit einem ausgesprochenen Unterfilz, welcher gräulich, rostig oder grün sein kann, bedeckt¹.

4. *G. arboreum*, umfaßt die Arten der arabischen und der Ceylonbaumwolle usw.².

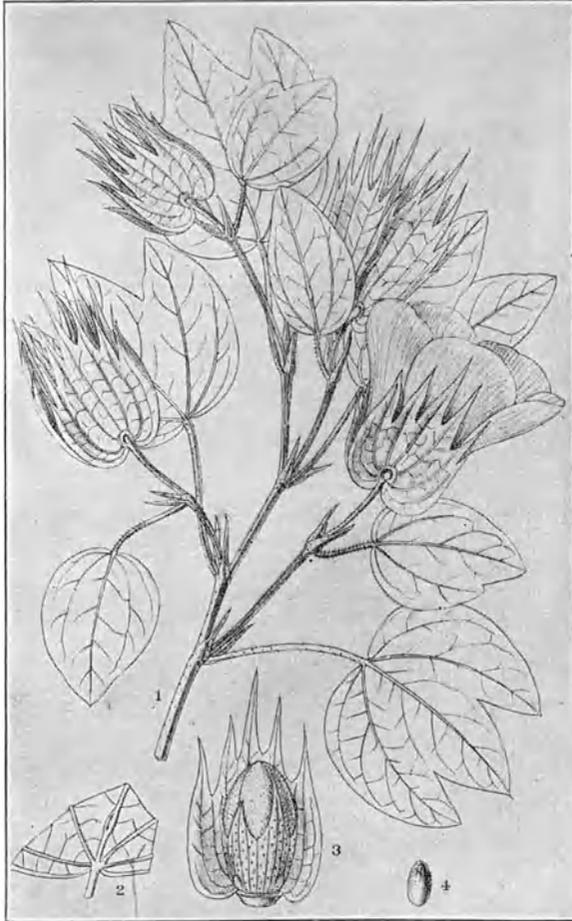


Abb. 167. Tahitibaumwolle; *G. tahitense*. (Watt.)

¹ Watt, Wild and Cultivated Cottons, S. 183, 184.

² Die Botanik beschreibt diese Art wie folgt: Strauchartig, ausdauernd, in Kultur manchmal nur 1—2jährig, filzig behaart mit 2 Arten Haaren, die eine lang und einfach, die andere reichlich, kürzer und sternförmig. Drüsen klein, wenig hervorragend, mehr oder weniger zerstreut. Stengel aufrecht, sehr verzweigt, rund, Äste ausgebreitet, rund. Blätter wechselständig, gestielt; Blattstiele etwas kürzer als die Spreiten; herzförmig, 5—7lappig, Lappen länglich lanzettlich oder lanzettlich zugespitzt, mit rauhen Haaren bedeckt; Nerven oben rinnig, oft mit kleinen

Wie der Name es schon andeutet, ist es eine baumartige Pflanze und wird 12—18 Fuß hoch. Die Fasern haben eine grünliche Farbe und sind sehr rau. Die Blüte ist purpurfarben. Ein Synonym dieser Art ist die *G. religiosum*, welche aus Indien zu stammen scheint. Die Pflanze ist mehrjährig, kann 5—6 Jahre bestehen. Die Faser ist fein, seidenartig und von stattlicher Länge, gibt jedoch nur wenig Ertrag. In Amerika werden für Handelszwecke keine dieser Varietäten kultiviert; auch in Indien selbst, wo sie doch in der Hauptsache angepflanzt wird, ist dieser Baumwolltyp kein sehr wertvoller und wird nie auf Feldern kultiviert. Sie ist gewöhnlich unter dem Namen „Baum-Baumwolle“ oder „Baumwollbaum“ bekannt. In Indien ist ihre Kultur anscheinend älter als die aller andern Arten.

5. *G. peruvianum* umfaßt die in Brasilien und Peru heimischen Baumwollarten. Diese unterscheiden sich von andern dadurch, daß sie mehrjährig sind und ihr Ertrag erst im zweiten oder dritten Jahr gebraucht werden kann.

6. *G. tahitense* wird hauptsächlich auf Tahiti und auf andern Pazifik-Inseln gefunden.

7. *G. sandwicense* kommt hauptsächlich auf den Hawaii-Inseln vor.

Diese Klassifikation schließt alle für den Handel in Betracht kommenden Varietäten ein; immerhin kann man die zwei letzten Arten auch unter die *G. barbadense* und *G. hirsutum* reihen, da ihre Fasern die gleichen Eigenschaften aufweisen.

Dr. Royle reduziert die Zahl der Arten auf die folgenden vier:

- | | |
|--------------------------------|----------------------------------|
| 1. <i>Gossypium arboreum</i> , | 3. <i>Gossypium barbadense</i> , |
| 2. „ herbaceum, | 4. „ hirsutum. |

Andere Autoritäten der Baumwollbotanik anerkennen viel mehr Arten als die oben beschriebenen. Agostino Todaro hat 52 Varietäten

Lappen in den Buchtungen, Blattwinkel stumpf; unten blaßgrün mit weicher Behaarung, 5—7 nervig, der Mittelnerv und oft die beiden nächstliegenden Nebenerven mit rötlichgelben Drüsen an der Basis. Obere Blätter handförmig, 3—5 lappig. Nebenblätter aufrecht, ausgebreitet, lanzettlich zugespitzt. Blütenstiele in den Blattwinkeln stehend, aufrecht vorn ausgebreitet oder horizontal nach der Blüte und niederhängend in der Fruchtreife; etwa $\frac{3}{4}$ der Länge der Blattstiele, rund, ohne Drüsen, 1—2-, gewöhnlich 1 blütig, unterhalb der Mitte vereinigt, ein kleines Blatt und zwei Nebenblätter an dieser Stelle tragend. Involucrum 3teilig, anliegend oder etwas ausgebreitet an der Spitze, vielnervig, ausgeprägt herzförmig, oval zugespitzt, 5—9, selten 3fach gezähnt, beinahe ganzrandig. Kelch viel kürzer als Tragblätter, rundlich abgestumpft, gezackt oder gezähnt, mit einer großen Drüse an der inneren Basis des Involucums. Blütenkrone glockenförmig. Blütenblätter aufrecht oder ausgebreitet, breit keilförmig, abgestumpft, gezackt oder gekerbt, Purpurfarben oder rosa mit einem dunkelpurpurnem Fleck an der Basis. Staubfadenröhre etwa halb so lang wie die Blütenkrone. Stempel gleich lang oder länger als die Staubblätter, Fruchtknoten oval, zugespitzt, drüsig, gewöhnlich 3fächerig. Griffel länger als der Fruchtknoten, 3teilig, ohne Drüsen. Kapsel hängend, etwas länger als die ausdauernde Hülle, oval, rundlich, mit Drüsen besetzt, 3—4fächerig, mit Klappen, dieselben sind länglich, oval, geöffnet, scharf zugespitzt, mit zurückgebogenen Spitzchen. 5—6 Samen, oval, schwachkantig, schwarz. 2 Arten Fasern, eine, weiß, lang, liegt über einer dunkelgrünen bis schwarzen, flaumigen Schicht, welche nur schwierig vom Samen zu lösen ist.

täten beschrieben, während der Index Kewensis 42 bestimmte Arten aufstellt und von weiteren 88 anderen als Abarten spricht. Hamilton reduziert die Arten auf drei, nämlich die schwarzsamigen, die weißsamigen und die gelbfaserigen. Er gibt ihnen die folgenden botanischen Namen: *nigrum*, *album* und *croceum*. Die Hauptschwierigkeit in der Klassifizierung der Baumwolle besteht darin, daß sie sich gerne kreuzen läßt und leicht Veränderungen eingeht, welche mit dem Wechsel des Klimas, des Grundes und der Behandlung zusammenhängen mögen. Die folgenden Bemerkungen über die Kreuzung von Baumwollpflanzen entnehmen wir dem Bulletin Nr. 33 (siehe oben): Die Blüte der Baumwolle ist so groß und entwickelt sich so schnell, daß eine Kreuzbefruchtung leicht zu erreichen ist. Die Blüte, welche befruchtet werden soll, muß unter denen der frühesten Saison und immer nur die von einer gesunden, kräftigen Pflanze sein. Die zu behandelnden Blüten sollten spät am Nachmittag auserlesen werden. Eine Seite der noch dichten Knospe wird mit einem scharfen, dünnen Messer der Länge nach aufgeschlitzt und die Staubfäden weggenommen. Die Staubbeutel, die befruchtenden Teile der Staubfäden, wird man schon gut entwickelt und weit weg von dem Pistill stehend vorfinden; immerhin sind sie noch nicht so reif, um ihren Staub abgeben zu können. Sie sind leicht vom Boden lösbar durch wenige Messerschnitte. Die emaskulierte Blüte wird nun in einen Papiersack eingebunden, um das Bestäuben aus unbekannter Quelle zu verhindern. Am nächsten Morgen haben sich der Griffel und die Narbe schon gänzlich entwickelt, um eine Bestäubung empfangen zu können. Eine neu aufgebrochene Blüte einer gesunden Varietät, mit welcher man die Kreuzung zu vollziehen beabsichtigt, wird gepflückt und zu der am vorigen Abend operierten Blüte gebracht. Man entfernt die Papierhülle, und mittels einer Kamelhaarbürste wird der Staub auf die Narbe und den oberen Teil des Griffels gebürstet. Der Papiersack wird wieder darüber gehängt und erst nach zwei Tagen wieder abgenommen.

In Europa wird die Baumwolle ihrem Wert nach wie folgt beurteilt:

- | | | |
|-------------------|-----------------|-------------------|
| 1. Lange Georgia. | 4. Louisiana. | 7. Kurze Georgia. |
| 2. Makko. | 5. Cayenne. | 8. Surate. |
| 3. Pernambuco. | 6. New Orleans. | 9. Bengal. |

Außer diesen oben angeführten Baumwollvarietäten, welche praktisch alle für den Handel in Betracht kommenden sind, gibt es noch eine Pflanze, welche Fasern ähnlich denen der Baumwolle erzeugt. Sie ist bekannt unter dem Namen Seidenbaumwolle und gehört zur gleichen natürlichen Art der Malvaceen wie die gewöhnliche Baumwolle, aber zu einer andern Familie, der *Samalia* anstatt der *Gossypium*. Sie wächst hauptsächlich an den Küsten Afrikas und in manchen Gegenden des tropischen Asiens. Die Pflanze ist eher ein großer Baum und erreicht eine Höhe von 70—80 Fuß. Die Blüten sind rot und der Samen ist mit langen, seidenartigen Fasern bedeckt, welche jedoch zum Spinnen nicht verwendet werden.

9. Handelsmarken der Baumwolle. Wenn auch die Fasern der verschiedenen Arten Baumwolle im allgemeinen das gleiche physische Aus-

sehen haben, so gibt es doch charakteristische Fasern, welche einer sorgfältigeren Betrachtung wert sind. Dem Gelegenheitsbeobachter scheinen alle verschiedenen Varietäten der Baumwolle mehr oder weniger gleich; trotzdem besteht ein großer Unterschied in Qualität und Zusammensetzung. Derselbe muß vom Fabrikanten sorgfältig geprüft werden, damit er das Material auswählt, welches für das von ihm herzustellende Garn am tauglichsten ist. Es verlangt langjährige, vielseitige Kenntnisse, um die verschiedenen Qualitäten der Baumwolle richtig einschätzen zu können. Am besten erwirbt man sich diese Routine, wenn man in ständiger Berührung mit den aktuellen Fabrikationsmethoden bleibt; jedoch kann auch eine mikroskopische Untersuchung der Beschaffenheit der Faser von großem Wert sein.

10. Sea-Island-Baumwolle. Diese Art ist vielleicht von allen anderen Varietäten die wertvollste¹.

Ihre Hauptvorteile sind a) ihre Länge, welche mehr als $\frac{1}{2}$ inch größer ist als bei anderen Baumwollfasern; b) die Feinheit ihres Stapels; c) ihre Stärke; d) die Regelmäßigkeit und Zahl ihrer Drehungen, welche ein Spinnen zu feinem Garn ermöglichen; e) ihre seidenartige und weiche Beschaffenheit. Sie hat eine charakteristische helle Cremefarbe. Die Sea-Island-Baumwolle wird meistens zur Herstellung von sehr feinem Garn gebraucht (120's bis zu 300's); man sagt, daß man sie sogar bis zu 2000's² fein gesponnen habe.

Unter der Nummer des Baumwollgarnes versteht man die Zahl der auf 1 Pfund gehenden Knäuel zu 840 yards. Die Nummer 120's z. B. bezeichnet demnach ein Garn, von dem 120 Knäuel von 840 yards (= 100800 yards) 1 Pfund wiegen. Diesen für die Mercerie so ausgezeichneten Fähigkeiten zufolge wird die Sea-Island-Baumwolle auch meistens zur Faden- und Garnherstellung verwendet, natürlich auch für größere Sorten.

Einige Forscher behaupten, daß die Sea-Island-Baumwolle von ausgesprochen amerikanischer Herkunft sei, und zwar sei sie von Kolumbus auf der Insel San Salvadore entdeckt und von dort nach Spanien verbracht worden. Andere nehmen an, unter ihnen Masters³, daß sie aus Zentralafrika stamme. Sea-Island-Baumwolle wurde im Jahre 1786 in den Vereinigten Staaten eingeführt und zum erten Male auf der St.-Simons-Insel an der Küste Georgias angepflanzt. Es scheint, daß sie von der Insel Angulla im Caraibischen Meer nach den Bahama-Inseln und von dort nach der Küste von Georgia gebracht worden war. Von St. Simons wurde die Pflanze auf der Charlestoninsel verbreitet, wo nun die feinste und beste Varietät der Baumwollpflanze angebaut

¹ Sea-Island-Baumwolle ist die wertvollste aller Baumwollarten. Sie ist von besonderer Bedeutung in der Spitzenfabrikation und in der Automobilreifenindustrie. Unglücklicherweise ist der Ertrag der Ernte in stetigem Abnehmen begriffen, meistens wegen der Verheerungen, welche die Bollenwürmer in den Fruchtknoten anrichten. Im Jahre 1917 betrug der Ertrag in den Vereinigten Staaten 92619 Ballen, was einem Gewicht von 39990000 Pfund entspricht.

² Siehe Monie, Structure of the Cotton Fiber, S. 40. Ein so feiner Faden würde für Handelszwecke nie in Betracht kommen, ist auch nie verfertigt worden, ausgenommen vielleicht als Kuriosum.

³ Journ. Linn. Soc., Bd. 19, S. 213.

wird. Sehr feinstapelige Baumwolle wächst auch an den Küsten Ostfloridas. Sea-Island-Baumwolle kann in jeder Gegend in der Nähe des Meeres, wo auch die Olive wächst, kultiviert werden. Die hauptsächlichste Bedingung ist eine feuchte, heiße Atmosphäre; aber das Resultat der Akklimatisation hat gezeigt, daß die feuchte Atmosphäre nicht unbedingt erforderlich ist, wenn eine genügende Bewässerung stattfinden kann. Diese Art wird zweifellos auch in Ägypten ausschließlich angebaut. In der Regel wird die Qualität der Faser um so besser, je näher sich die Pflanzung beim Meere befindet. Aber es gibt Ausnahmen von dieser Regel. Die Baumwolle, welche auf Jamaica und auf einigen anderen Inseln wächst, ist eher von geringer Qualität, während die besten Fasern längs den Küsten von Georgia und Karolina¹ erzeugt werden. Sea-Island-Baumwolle verlangt einen viel feuchteren Grund als die Uplandbaumwolle. In der Tat hängt die Qualität ihrer Faser ganz von der Feuchtigkeit des Bodens ab. Trockene Jahre ergeben eine arme Faser und nasse Jahre eine gute.

Es ist schwierig, eine genaue Statistik der Länge der Fasern der nun so weit verbreiteten Sea-Island-Baumwolle zu geben; denn ihre Kultur beschränkt sich nicht mehr nur auf die Inseln. Sie variiert darum ziemlich je nach dem Klima, dem Ort und der Behandlung. Im Maximum ist sie 2 inches und im Minimum $1\frac{1}{2}$ inches lang, was einer Durchschnittslänge von $1\frac{3}{4}$ inches entspricht. Sea-Island-Baumwolle ergibt einen kleineren Ertrag als jede andere in Amerika gepflanzte Art, aber in Hinsicht auf die größere Stärke und Feinheit des Stapels hat sie einen viel höheren Marktwert. Der durchschnittliche Ertrag ist ungefähr 100 Pfund Lints per acre, und es braucht ca. $3\frac{1}{2}$ — $4\frac{1}{4}$ Pfund Saat, um 1 Pfund Lints zu ergeben. Der Normalertrag der mit Sea-Island-Baumwolle angebauten Fläche beträgt ca. 90 000—110 000 Ballen. Neun Zehntel davon wachsen in Georgia und Florida. Diese gleiche Fläche könnte eigentlich 500 000 Ballen ergeben.

Florida-Sea-Island-Baumwolle ist der eigentlichen Sea-Island-Baumwolle sehr ähnlich, sie hat ungefähr die gleiche durchschnittliche Länge der Fasern, aber ihr Maximum ist etwas kleiner. Diese beiden Varietäten zeigen einen maximalen Durchmesser von 0,000 714 in. und einen minimalen Durchmesser von 0,000 625 inches und einen durchschnittlichen Durchmesser von 0,000 635 inches.

Fiji-Sea-Island-Baumwolle ist weniger regelmäßig als die zwei vorher beschriebenen Varietäten. Ihre maximale Länge ist etwas größer als die der Sea-Island-Baumwolle selbst, doch ist die Durchschnittslänge, sowie auch der Durchmesser ungefähr der gleiche. Diese Baumwolle produziert wie gesagt sehr ungleich lange Stapel und enthält einen großen Prozentsatz unvollkommener Fasern; demnach ist der Abfall ziemlich groß. Die Zahl der korkzieherartigen Drehungen ist kleiner und nicht regelmäßig.

Gallini-Egyptian ist Sea-Island-Baumwolle, welche in Ägypten wächst. Sie ist im allgemeinen etwas minderwertiger als die ameri-

¹ B. Nr. 33 U. S. Dept. of Agric.

kanische Varietät. Sie besitzt eine gelbliche Farbe und unterscheidet sich dadurch von den Produkten aller anderen Länder. Gallinibaumwolle hat die schlechte Eigenschaft, eine Menge unentwickelter und kurzer Fasern zu enthalten, was ihren Handelswert etwas vermindert.

Die Bahmia varietät der ägyptischen Baumwolle ist auch eine Form der Sea-Island-Baumwolle, welcher Todaro den Sortnamen *polycarpum* gegeben hat. Sie ist charakterisiert durch viele an einem Blütenstiel sitzenden Blüten und durch ein aufwärtsstrebendes, gerades und verzweigtes Aussehen. Sie ergibt einen großen Ertrag per acre. Man vermutete früher, die Bahmiabaumwolle sei eine Kreuzung zwischen Okra und Baumwolle, aber in einem „Kew-Report“ (1887, S. 26) wird gezeigt, daß dies nicht stimmt.

Peruvianische Sea-Island-Baumwolle besitzt dieselben Fehler und enthält dazu noch eine große Menge Fremdkörper wie Blattstücke, Sand, Samentteile usw. Die maximale Länge der Faser ist $1\frac{5}{8}$ inch. und die minimale $1\frac{1}{4}$ inch., die Durchschnittslänge ca. $1\frac{1}{2}$ inch. Die Fasern differieren sehr wenig im Durchmesser, der durchschnittliche Wert beträgt 0,000675 inch. Die peruvianische Sea-Island-Baumwolle ist von etwas gröberer Struktur als die eigentliche Sea-Island-Baumwolle und ist mehr behaart. Sie ist schwach goldgetönt.

Tahiti-Sea-Island-Baumwolle gleicht stark der Fijivarietät, sie ist cremefarben. Die Länge des Stapels variiert von $1\frac{1}{4}$ — $1\frac{3}{4}$ in., mit einem Durchschnitt von $1\frac{1}{2}$ inch. Sie weist einen größeren Prozentsatz unvollkommener Fasern auf, was von dem kurzen Unterfilz herzukommen scheint. Die durchschnittliche Faserdicke beträgt 0,000641 inch.

11. Ägyptische Baumwolle. Die erste Varietät, welche in Ägypten wuchs, wurde „Makko-Jumel“ genannt. Diese machte mit der Zeit viele Änderungen und Entwicklungen durch und bekam so nach und nach eine gelbbraune Farbe. Sie wurde nun Ashmoun benannt, nach dem Tale Ashmoun, wo man diese Änderung zuerst konstatiert hatte. Die hauptsächlichsten Varietäten, welche nun in Ägypten angepflanzt werden, heißen: Mitafifi, Ashmouni, Joanovich, Umbari, Sakellarides,

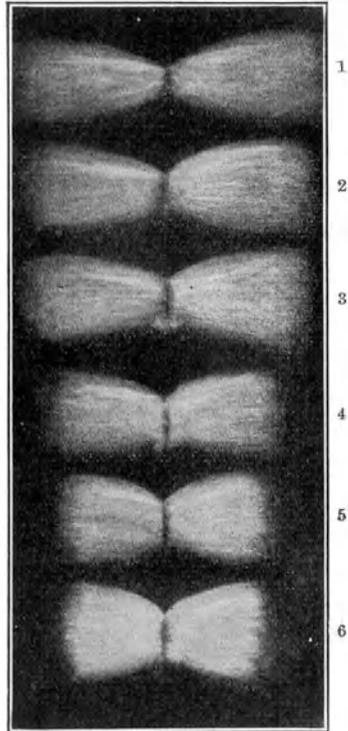


Abb. 168. Gekämmte Linters von:
1 Sea Island; 2 Egyptian Pima;
3 Meade; 4 Durango; 5 Acala; 6 Lone
Star ($\frac{1}{3}$ natürliche Größe).

Assili und Hinde. Erwähnenswert sind auch noch die Arten Bahmia, Abassi und Gallini¹.

Mitafifi oder braune ägyptische Baumwolle ist die Durchschnittsqualität der ägyptischen Baumwollarten. Man sagt, sie sei von dem griechischen Kaufmann dieses Namens zum ersten Male im Jahre 1883 kultiviert worden, heute jedoch ist sie die am meisten gepflanzte Art in ganz Ägypten. Ihr Marktpreis bildet die Grundlage für alle anderen Varietäten. Die Pflanze ist charakterisiert durch einen bläulichgrünen unteren Belag am Samenkorn. Ihre Farbe ist voller und tiefer braun als die der Ashmouni. Die Faser ist lang, stark, seidenartig und fein; sie ist auf dem Markt sehr begehrt. Ihr Stapel ist ungefähr $1\frac{3}{8}$ in. lang und ist bekannt für seine Regelmäßigkeit in Farbe und Länge. Früher war sie sehr populär wegen ihres großen Ertrages, per acre 500 bis 600 Pfund, aber in den letzten Jahren wendet sich die allgemeine Gunst höher stehenden Varietäten zu. Die Pflanze soll einer Trockenperiode, sowie einer Insektenplage besser als jede andere Art widerstehen. Sie verlangt auch keine besondere Sorgfalt beim Pflücken, und beim Egrenieren ergibt sie weniger Abfall.

Ashmouni machte ehemals den Hauptteil der ägyptischen Ernte aus, ist nun aber von anderen Arten weit überflügelt worden. Sie wird je doch in Oberägypten noch beinahe ausschließlich angepflanzt. Ihre Farbe ist hellbraun und der Stapel etwas über 1 inch lang. Es ist die älteste in Ägypten existierende Baumwolle und unterscheidet sich durch ihren absolut kahlen Samen, ohne den geringsten daran haftenbleibenden Fasernbelag. Ashmouni wird heute als eine der ärmsten ägyptischen Baumwollarten bezeichnet. Ihr Ertrag ist ziemlich klein (390 Pfund per acre). Die Faser ist manchmal $1\frac{1}{2}$ in. lang, ist aber schwächer, unregelmäßiger und schmutziger als andere Varietäten. Sie wird hauptsächlich zum Spinnen von grobem Garn verwendet.

Joanovich (oder Yannovitz) wird von manchen als die beste ägyptische Baumwolle bezeichnet. Sie wird nach dem Griechen benannt, welcher sie durch eine künstliche Kreuzung mit der Mitafifi gezogen hatte. Die Faser ist stark, rein und seidenartig, ungefähr $1\frac{1}{2}$ in. lang. Immerhin hat sich heutzutage ihre Anpflanzung zugunsten der Sakellarides sehr vermindert.

Unkari ist eine neuerdings gewonnene Varietät der Mitafifi, ist aber nicht so gut wie Joanovich. Sie ist schwächer, dunkler und unregelmäßiger. Immerhin ist ihre Farbe noch heller als die der Mitafifi.

Sakellarides wurde zum ersten Male im Jahre 1910 angepflanzt und ist in der allgemeinen Gunst fortwährend gestiegen. Die Faser ist weich, seidenartig, cremefarben mit einem Stich ins Rote. Der Stapel ist 1,4—1,7 in. lang. Sie besitzt manche der Sea-Island eigenen Eigenschaften, auch ist ihr Ertrag per acre ein hoher. Ihre Kultur ist in stetem Steigen begriffen, im Jahre 1915 gehörte mehr als die Hälfte der ganzen ägyptischen Baumwollernte zu dieser Varietät.

¹ Viele der ägyptischen Baumwollpflanzen sind Kreuzungen der *G. brasiliense*, z. B. Ashmouni, Mitafifi, Zafiri und Abassi. Es kann jedoch auch sein, daß, wie einige Forscher behaupten, Ashmouni eine Abart der *G. microcarpum* ist.

Assili ist eine braune Baumwolle, ähnlich der Mitafifi. Es scheint eine ältere, dort heimische Varietät zu sein, wird aber nur sehr wenig angebaut und verschwindet nach und nach. Die Faser ist stark und ziemlich regelmäßig. Es sind in den letzten Jahren verschiedene Versuche unternommen worden, ihren Anbau wieder populär zu machen. Sie hat eine feine, goldgelbe Farbe und ist charakterisiert durch große Zugfestigkeit und Weichheit. Immerhin ist sie kürzer und gröber als Mitafifi. Der Durchschnittsstapel mißt ungefähr $1\frac{1}{4}$ Inches.

Hinde ist eine einheimische Baumwolle, in Abessinien heutzutage wild wachsend. Sie hat eine grobe, weiße, minderwertige Faser, ca. 1 inch lang. Sie findet sich manchmal wildwachsend in Mitafifefeldern.

Bahmia wurde einmal mehr oder weniger erfolgreich angepflanzt, die Faser ist aber eher minderwertig, hellbraun und nicht sehr stark.

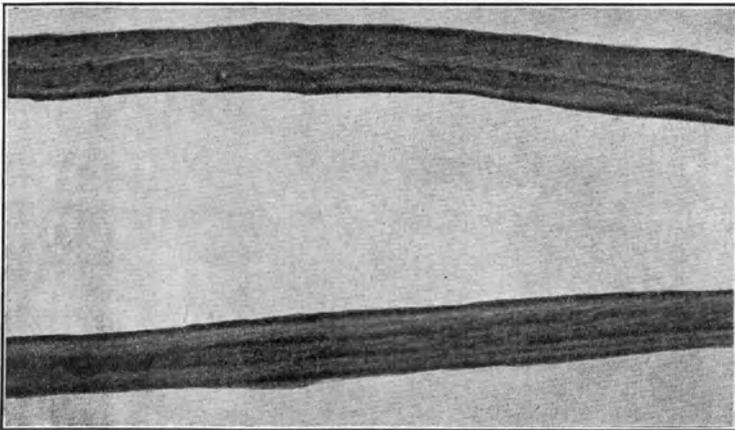


Abb. 169. Ägyptische Baumwolle.

Abassibaumwolle ist eine jüngere Abart; sie wurde zum erstenmal 1891 von dem Griechen Parahimona gezogen, welcher sie nach dem Khediven von Ägypten benannte. Die Faser ist weiß und ist im Handel als weiße ägyptische Baumwolle bekannt, da es in Ägypten die zur Zeit einzige weiße, kultivierte Art ist. Die Faser ist länger und seidenartiger als die der Mitafifi, aber nicht so stark.

Gallinibaumwolle stammt von der Sea-Island-Baumwolle ab, hat aber keine große Bedeutung erlangt. Die jährlichen Erträge nahmen rasch ab, und nun ist ihr Anbau sehr gering geworden.

Sultain ist eine sehr lange und seidenartige Varietät, ähnlich der Sea-Island-Baumwolle. Sie ist kostspielig im Unterhalt und der Ertrag mäßig.

Ägyptische Baumwolle als Klasse ist weniger gut als die Sea-Island-Baumwolle, aber sie ist besser als die amerikanische Uplandbaumwolle, d. h. für einen Zweck, welcher Weichheit und Glanz verlangt, da ihre Stapel stark und seidenartig ist.

Die ägyptische Baumwollfaser eignet sich hauptsächlich gut zur Herstellung von Strumpfwaren und merzerisierten Garnen. Die Vereinigten

Staaten importieren jährlich für ca. 10 000 000 \$ ägyptische Baumwolle. Der Gesamtertrag der ägyptischen Baumwollernte beträgt 850 000—875 000 Ballen. Die seidenartige Natur der ägyptischen Baumwolle und ihre tiefere Farbe deuten wahrscheinlich auf eine Herkunft von der Sea-Island-Baumwolle hin, doch kann das Auftreten der tieferen Farbe auch auf eine Kreuzung mit einer dunkler gefärbten Art, z. B. der peruanischen Baumwolle, zurückgeführt werden.

Man dachte, daß der typische ägyptische Boden der Grund für die Farbe sein könnte, aber es existiert in Ägypten eine reine, weiße Varietät, Abassi, welche keinerlei Neigungen zu einer Braunfärbung zeigt, wonach die Berechtigung jener Annahme dahinfällt.

Ägyptische Baumwolle ist auf Grund ihrer langen, starken und seidenartigen Stapel hauptsächlich zu Nähfaden, feiner Wäsche und zur

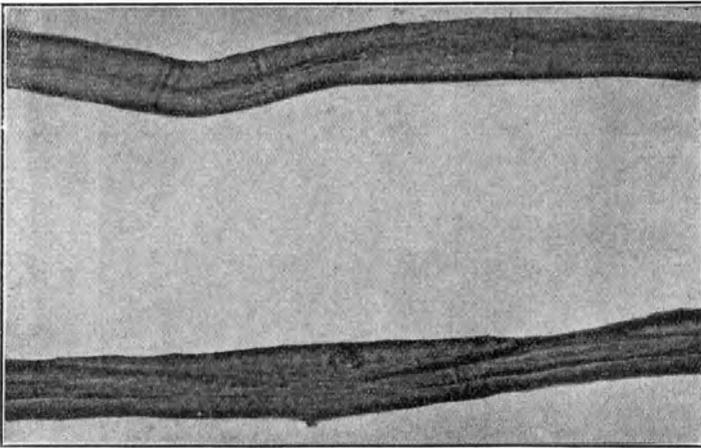


Abb. 170. Afrikanische Baumwolle.

Strumpffabrikation gut zu gebrauchen. Es ist interessant, zu konstatieren, daß Garn von ägyptischer Baumwolle feiner ist, als dieselbe Nummer aus amerikanischer Baumwolle hergestellt. Die Fasern der ersteren sind schmaler und elastischer, welches ein festeres Zusammen-drehen der einzelnen Fasern erlaubt und darum einen feineren und festeren Faden ergibt.

12. Afrikanische Baumwolle. Die afrikanischen Baumwollarten stammen alle von der *G. herbaceum* ab¹. Diese Baumwollarten sind schwachbraun getönt und enthalten immer kurze Fasern. Dieselben sind auch sehr ungleich im Durchmesser und in der Dicke der Röhrenwände; manche erscheinen auch ganz durchsichtig unter dem Mikroskop. Garn aus diesen Fasern ist immer ungleichmäßig dick. Die Länge des

¹ Watt ist der Meinung, daß die eigentliche *G. herbaceum* in Afrika nicht vorkommt. Die Hauptarten, welche in Afrika kultiviert werden, stammen von der *G. obtusifolium* und der *G. nankin*, Varietäten der vorhin beschriebenen Arten.

Stapelschwankt zwischen $\frac{1}{8}$ und $1\frac{1}{8}$ inch. mit einer Durchschnittslänge von 1 inch. Der mittlere Durchmesser beträgt 0,00082 inch.

Smyrnabaumwolle wächst hauptsächlich in Türkisch-Asien. Sie weist unter dem Mikroskop charakteristische Eigenschaften auf. Sie ist sehr regelmäßig im Durchschnitt, aber sehr ungleich in den Drehungen; es gibt sogar viele Fasern ohne eine einzige Drehung. Die Länge des Stapels beträgt $\frac{7}{8}$ — $1\frac{7}{8}$ in. mit einer Durchschnittslänge von 1 inch. Der mittlere Durchmesser ist ca. 0,00077 inch.

13. Indische Baumwolle. Hingunghatbaumwolle ist eine indische Varietät. Ihre Qualität hängt vom Boden und vom Klima der Provinz, wo sie kultiviert wird, ab. Indien ist vielleicht das älteste Baumwolle produzierende Land, aber die Ernte hat in den letzten Jahren sehr abgenommen. Der durchschnittliche Ertrag per acre ist etwa die Hälfte des amerikanischen Ertrages; denn wenn auch der indische Boden für die Baumwollkultur sehr günstig ist, so ist das Klima im Gegenteil sehr

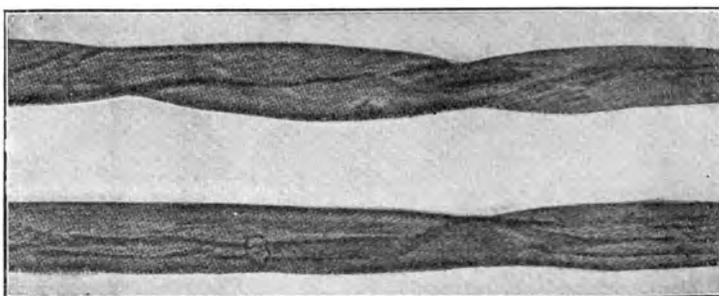


Abb. 171. Upland-Baumwolle.

unvorteilhaft. Indische Baumwolle gibt einen sehr niedrigen Ertrag. 1917 ergaben 24781000 acre mit Baumwolle angepflanztes Land nur 3228800 Ballen (je 500 Pfund) Fasern, was einem Durchschnittsertrag von 65 Pfund per acre entspricht. Die entsprechende Statistik der Baumwollernten für das Jahr 1918 von anderen Baumwollarten zeigt: Amerika 87073000 acres, mit einer Ernte von 12500000 Ballen, oder 170 Pfund per acres; Ägypten: 1315572 acres mit einer Ernte von 4930000 Ballen oder 375 Pfund per acre. In der Regel ist die indische Baumwolle von eher minderwertiger Qualität. Die beste Varietät ist Suratebaumwolle. Die feinste orientalische Baumwollart ist unter dem Namen „Adenos“ bekannt. Unter dem Mikroskop zeigt die Hingunghatbaumwolle große Ungleichheit im Querschnitt, auch weist sie weniger Drehungen auf als bessere Baumwollarten, jedoch kommt es, im Gegensatz zur afrikanischen Baumwolle, sehr selten vor, daß sie gar keine Drehungen besitzt. Die Länge des Stapels variiert von $\frac{7}{8}$ — $1\frac{1}{8}$ inch., im Mittel 1 inch. Der mittlere Durchmesser beträgt 0,00084 inch.

Broach, Tinnewelly, Dharwar, Oomrawuttee, Dhollerah, Western Madras, Comptah, Bengal und Scinde sind andere indische Baumwollvarietäten, alle zur Art der Herbaceum gehörend. Sie

haben alle die gleichen allgemeinen Eigenschaften und Stapel, wie die vorher beschriebenen, und sind in der oben gegebenen Reihenfolge von abnehmender Qualität. In den letzten Jahren ist der indische Baumwollhandel zurückgegangen. — Das Produkt geht in Spinnereien, welche keine extra feine oder lange Qualität Stapel verlangen, dagegen eine gleichmäßige. Als Quelle für Rohmaterial für England kommt Indien darum nicht mehr in Betracht. Die indischen Spinnereien selbst sehen sich gezwungen, in fremden Ländern ihren gegenwärtigen Bedarf an hochwertigen Stapeln zu decken.

Caravonicabaumwolle ist eine neue Varietät, wird in Australien angebaut und auch in Ägypten und Peru eingeführt. Die dort erzielten Fasern sind jedoch minderwertiger. Die Caravonicabaumwolle enthält alle Eigenschaften einer guten Qualität Faser. Sie hat einen langen Stapel von ca. 4,5 zu 5 cm Faserlänge; auch ist sie sehr regelmäßig. Es gibt zwei hauptsächliche Arten, eine wollige und eine seidenartige. Unter dem Mikroskop und in ihren chemischen Reaktionen ist die Caravonicabaumwolle der gewöhnlichen amerikanischen sehr ähnlich. Der Hauptunterschied beruht darin, daß, wengleich die Faser auch weiß ist, ihre Spitzen doch einen Stich ins Gelbe haben.

14. Amerikanische Baumwolle. Orleans- oder Gulfbaumwolle ist die typische amerikanische Varietät und vielleicht die beste aller amerikanischen Baumwollarten. Die Faser ist ziemlich gleichmäßig in ihrer Länge, durchschnittlich 1 inch lang und von einem mittleren Durchmesser von 0,00076 inch. Sie ist meistens von rein weißer Farbe. Wie der Name schon sagt, wird die Gulfbaumwolle in den am Golfstrom liegenden Gebieten und im Mississippibecken angebaut. Unter diesem Namen jedoch verstehen manche auch eine etwas längere Qualität Stapel von $1\frac{1}{16}$ inch. Die Länge der Faser bestimmt nicht den Namen, denn ein großer Teil dieser Baumwolle von $1\frac{1}{16}$ bis zu $1\frac{1}{8}$ inch. wird im Uplanddistrikt gewonnen. Die gewöhnliche Farbe der Gulfbaumwolle ist weißer und die Blätter sind größer und schwärzer als die der Upland- oder Texasbaumwolle. Die Benennung „Gulf“ wird heutzutage im Handel nicht mehr viel gebraucht, man hat nähere und mehr detaillierte Bezeichnungen. Die gewöhnlichsten dieser Handelsnamen sind: Peellers, Benders, Rivers, Canebrake und Red River, auch gibt es wieder verschiedene Varietäten, welche unter diesen Namen verkauft werden. „Peellers“ war ehemals eine Varietätsbezeichnung, bezieht sich nun aber fast ausschließlich auf die $1\frac{1}{4}$ inch. Mississippidelta-Baumwolle. „Benders“ ist kein Varietätsname. Man bezeichnet damit die $1\frac{1}{8}$ bis $1\frac{3}{16}$ inch. lange Baumwollart, welche längs des Mississippi in Arkansas und im White-River-Tal gedeiht. Früher wurde diese Bezeichnung nur für die in Mississippi, Arkansas und Louisiana längs dem Fluß wachsenden Baumwollarten gebraucht. „Rivers“ ist die Benennung einer Baumwolle, welche eine Länge des Stapels von $1\frac{1}{16}$ — $1\frac{1}{8}$ inch. aufweist; hat sie jedoch ein sehr geringes Gewicht, so nennt man sie auch „Greeks“. „Canebrake“ wird die in Süd-Zentral-Alabama auf einem Stück schwarzer Prärie angepflanzte Baumwolle genannt. Die meiste dieser Baumwolle besitzt einen gut $1\frac{1}{16}$ inch. langen Stapel und erzielt einen höheren Preis als alle

Baumwollen von Alabama. „Texasbaumwolle“ gleicht der voranbeschriebenen sehr, hat aber einen leichten Goldton. Die Länge und der Querschnitt sind die gleichen. „Texas“ ist der Handelsname für Baumwollarten, welche in Texas und Oklahoma vorkommen. Sie hat ungefähr die gleiche Stapellänge wie die Uplandbaumwolle, außer in den Flußtälern und in der schwarzen Prärie, wo die Länge gewöhnlich $1\frac{1}{16}$ inch. beträgt. Der Charakter der Texasbaumwolle variiert bedeutend von Jahr zu Jahr. Wenn die Wachstumsperiode trocken ist, wird die Faser rauh und kurz und die Farbe erhält manchmal einen Stich ins Rötliche. Viele Blätter trocknen in der Hitze und Trockenheit während der Erntezeit aus. Dieses ist zweifellos der Grund der vielen unreifen Früchte,

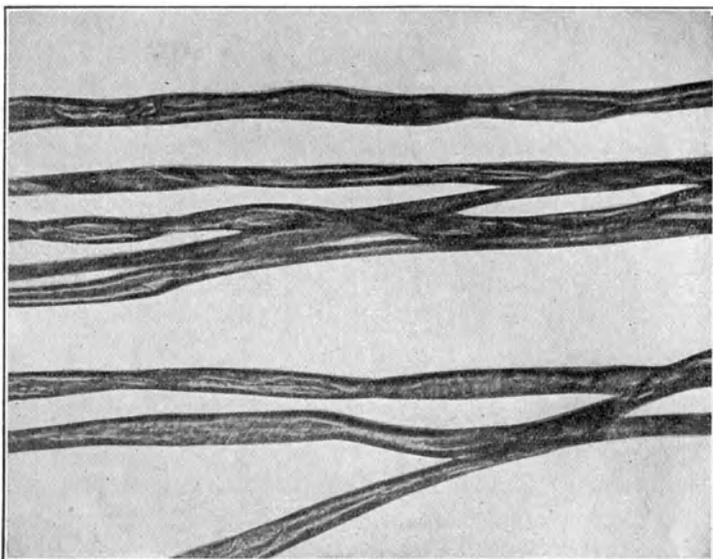


Abb. 172. Mississippidelta-Baumwolle.

welche diese Pflanze hervorbringt, der schöneren Farbe und größeren Brüchigkeit, als sie jegliche andere Varietät der Gulf- oder Atlantikstaaten besitzt. Diese Art enthält eine große Menge Fruchthüllen, Stiele und andere Bestandteile. Besonders in Oklahoma und Nordtexas ist dies der Fall, wo auch meistens die obersten Früchte nie ausreifen wegen der kürzeren Wachstumszeit. Diese halbgeöffneten oder gar nicht geöffneten Fruchtbollen werden auf einer „double-rib“-Eggeniermaschine eggeniert und die so gewonnene Baumwolle wird im Handel als „bollies“ bezeichnet. Es gibt noch eine andere Art Baumwolle, bei der die reifen und die unausgereiften Fruchtbollen am Ende der Erntezeit miteinander gepflückt werden. Aber diese Baumwolle, wenn sie auch den „bollies“ gleicht, hat doch eine bessere Faser und kann wie die andere Baumwolle eggeniert werden. Uplandbaumwolle ist eine sehr ähnliche Varietät. Ihr Stapel ist jedoch etwas

kleiner als der der oben beschriebenen Art, im Durchschnitt nur $\frac{15}{16}$ in. Ihre Drehungen sind weniger vollkommen als die von Orleans, und eine Menge Fasern sind überhaupt ganz gerade. Die Meinungen über die Herkunft der Uplandbaumwolle sind sehr verschieden. Man betrachtet sie als eine Abart der *G. herbaceum* oder der *G. hirsutum*, welche zwei Arten von anderen wieder als Synonyme angesehen werden. Die Frage der Herkunft dieser Pflanze ist noch viel verwickelter als die der Sea-Island-Baumwolle. Wenn wir die Uplandbaumwolle in zwei Arten teilen könnten, in *G. herbaceum* und *G. hirsutum*, wäre die Beantwortung der Frage wohl einfacher, da die erstere von asiatischer Abstammung zu sein scheint, während die andere in Amerika zu Hause ist.

Es gibt mehr als hundert von den Pflanzern anerkannte Varietäten der kultivierten Uplandbaumwolle, welche alle zur gleichen botanischen Art der *G. hirsutum* gehören und in den amerikanischen Tropen heimisch

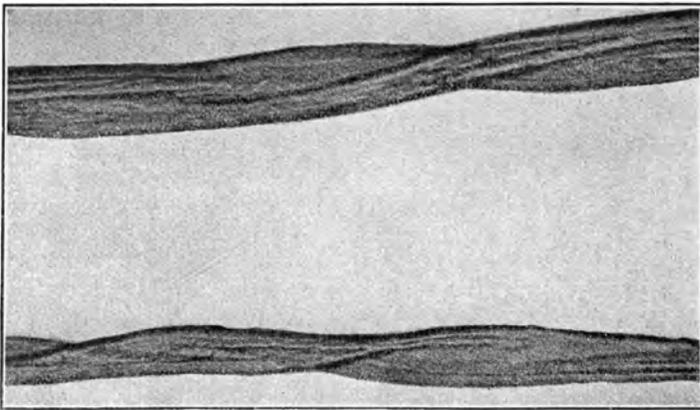


Abb. 173. Amerikanische Deltabaumwolle.

sind. Die wildwachsenden Originalpflanzen in den tropischen Zonen waren mehrjährig, während sie kultiviert nur einjährig sind. Die Uplandbaumwolle stellt den Hauptertrag der amerikanischen Ernte dar und ist vielleicht die nutzbarste Baumwolle, die man anpflanzt. Sie wird beinahe im ganzen Inlanddistrikt für Baumwollpflanzungen angebaut, hauptsächlich in Nordkarolina, Südkarolina, Georgia, Alabama, Tennessee und Virginia. Viel Baumwolle, welche in den hügeligen Gegenden von Mississippi, Louisiana und Arkansas gewonnen wird, wird unter dem Namen Uplandbaumwolle gehandelt. Im Uplanddistrikt erzielt man sehr gute Resultate mit einer $\frac{7}{8}$ —1 inch langen und noch mit einer Anzahl langstapeliger $\frac{15}{16}$ in. und längeren Baumwollarten. In der Gegend von Piedmont ist die Faser des öfteren länger als 1 inch, während sie in den Sandhügeln $\frac{7}{8}$ in. nicht erreicht. Baumwolle aus Piedmontgegenden hat gewöhnlich eine schöne Cremefarbe oder „bloom“ und wird von den Spinnern sehr geschätzt. Das Blatt ist gewöhnlich schwarz und eher klein. Jedoch ist die auf Sandboden gewachsene Baumwolle meist von weißerer Farbe und das Blatt größer und schöner. Mobile-

baumwolle ist die minderwertigste aller amerikanischen Varietäten; ihre Stapellänge variiert von $\frac{3}{4}$ bis zu 1 inch, mit einem Durchschnitt von $\frac{7}{8}$ in. und einem durchschnittlichen Durchmesser von 0,00076 inch. Sie zeigt ungefähr das gleiche mikroskopische Aussehen wie die Uplandbaumwolle.

15. Peruanische und brasilianische Baumwollen. Rauhe peruanische Baumwolle ist leicht cremefarben, eher rau und haarig im Griff. Die peruanische Baumwolle wird oft auch „kidney“- (Nieren-) Baumwolle genannt, nach der Form ihrer Samen, welche in einem zusammenhängenden Klumpen in einem Abteil liegen. Die Samenkörner sind schwarz und ohne einen zurückbleibenden unteren Pelz. Der Lint zeigt große Verschiedenheiten in Farbe und Beschaffenheit, er ist weiß, braun, rötlich, rau und hart, oder weich und elastisch. Die meisten sind kürzer und unregelmäßiger als die amerikanische Uplandbaumwolle. Der Lint von manchen Arten sieht fast aus wie Wolle. Sie wird hauptsächlich importiert, um sie mit Wolle zu verweben oder für andere Spezialzwecke.

Nierenbaumwolle findet man in Zentralamerika und auch auf den Philippinen und anderen tropischen Pazifikinseln, doch wird sie für Handelszwecke nur in Südamerika angebaut. Die Länge des Stapels variiert von $1\frac{1}{8}$ bis zu $1\frac{7}{16}$ in., mit einem Durchschnitt von $1\frac{1}{4}$ inch. Der mittlere Durchmesser ist ungefähr 0,00078 inch. Die meisten dieser Fasern sind nur teilweise gedreht. Die Ernte der eigenen peruanischen Baumwolle ist sehr hoch; sie soll im Durchschnitt 625 Pfund per acre betragen.

Rauhe peruanische Baumwolle wächst meistens längs den Flüssen Chira und Piura. Die Pflanze ist ein Baumwollbaum, welcher ungefähr 6—7 Jahr alt werden kann. Er wird ca. 8—10 Fuß hoch; man schneidet ihn aber so niedrig wie möglich, um das Ernten zu vereinfachen. Der Baum gibt zwei Ernten im Jahr, was sehr bemerkenswert ist, da in jenem Gebiet kein oder sehr wenig Regen fällt. Die Feuchtigkeit stammt von den Flußüberschwemmungen und von dem schweren Tau. Die Ernte der „vollrauh“ (fullrough) Baumwolle ist nicht groß; eine Rekordernte erhielt man 1913, wo man 8799216 Pfund auf den Markt brachte. Wie schon gesagt, erntet man zweimal im Jahr; eine Ernte wird San-Juan-Ernte und die andere Navidad-Ernte genannt. Ungefähr zwei Drittel aller produzierten Baumwolle ist als Catacaosbaumwolle bekannt. Man egreniert auf Eagle- oder Brown-Egreniermaschinen. Der Preis richtet sich nach Gewicht und Größe der Ballen, welche von 175 bis zu 360 Pfund wiegen. Dies kommt daher, daß die Ballen auf Maultieren transportiert werden. Nach dem Egrenieren wird die Baumwolle ihrer Farbe nach sortiert. Die erste Sorte wird „segunda“, oder „zweite“ genannt; die nächste „mestizo“ oder „halbgute“; die dritte „omarillo“ oder „gelbe“. Es gibt auch eine double-omarillo (AA), die minderwertigste Sorte von allen. Eine andere Art besteht aus der rauhesten Baumwollfaser; sie ist dunkel gefärbt. In England nennt man sie „Foxred“, in Peru ist sie als „pards“ (braun) bekannt, nach ihrer Kamelhaarfarbe. Die Produktion dieser Art ist sehr gering. Es gibt auch eine mittelrauh

peruanische Baumwolle, welche in der Hauptsache nur den amerikanischen Fabrikanten bekannt ist. Sie hat beinahe die gleichen Charaktereigenschaften wie die vollrauhe Varietät, ist aber, wie ihr Name andeutet, nicht ganz so rau und hart wie ihre nördlichen Verwandten. Die Schätzung dieser Qualität wird nicht so sorgfältig gehandhabt wie bei der andern Baumwolle, da die Ernte in ständigem Abnehmen begriffen ist und ihre Stelle von der wertvolleren Mitafifivarietät eingenommen wird. Die Ernte der „mittelrauh“ Varietät beträgt ca. 4 500 000 Pfund im Jahr. Der Catacaosdistrikt ergibt die beste vollrauhe Baumwolle, und aus diesem Gebiet kommt auch die berühmte F.H.C.- und D.F.C.-Baumwolle. Diese Bezeichnung wurde ihr zuerst von bekannten Firmen gegeben. In den Vereinigten Staaten ist es üblich, die Produkte der verschiedenen Gegenden mit Namen und Nummern zu benennen, z. B.: Nr. 1 „vollrauhe Catacaos“, „Nr. 1 vollrauhe Gullana“. Die Eigenschaften der „vollrauh“ peruanischen Baumwolle sind die folgenden: durchschnittliche Länge $1\frac{3}{8}$ in.; sie ist rau und fühlt sich wie Wolle an; der Durchmesser der Faser ist ungefähr zweimal so groß wie derjenige der Texasbaumwolle, während ihre Farbe diejenige der Wolle ist. Sie kann leicht bis zu Garn Nr. 70 gesponnen werden und besitzt große Zugfestigkeit. Ihr Preis wird von dem der amerikanischen Baumwolle beeinflusst und stellt sich einige Cents höher als der der guten mittleren Texasbaumwolle. Der Abfall, oder der Gehalt an Fremdkörpern ist der niedrigste, welchen man bei jeder für den Handel angepflanzten Baumwolle findet. Es rührt daher, daß sie eine „Baum“-baumwolle ist und ihre Fasern deshalb nicht so leicht beschmutzt werden können wie die der Buschbaumwollen.

Weiche peruanische Baumwolle ist weich und samtartig, aber ihre Stapel sind nicht so stark wie die der vorher beschriebenen Art. Die Länge ist ungefähr die gleiche und auch der Durchmesser. Pernambuco ist leicht golden getönt und fühlt sich hart und spröde an. Es ist eine Abart der brasilianischen Baumwolle. Sie ist ziemlich regelmäßig in ihrer Stapellänge, durchschnittlich $1\frac{1}{4}$ inch., der mittlere Durchmesser beträgt 0,00079 inch. Unter dem Mikroskop erscheinen die Drehungen regelmäßig und deutlich.

Maranhams ist eine brasilianische Baumwolle, unter dem Mikroskop der obigen sehr ähnlich, auch in der Länge und im Durchmesser¹. Ceara ist auch eine brasilianische Baumwolle, eher minderwertig im Vergleich mit den anderen, infolge ihrer sehr unregelmäßigen Stapellänge. Maceo ist eine ähnliche Varietät, aber etwas härter. Die unter dem Namen *G. brasiliense* bekannte Varietät ist eine Vertreterin der sog. Nierenbaumwolle. Bei dieser Baumwolle sind die Samenkörner zu einem ovalen Ganzen verbunden, während bei allen anderen Baumwollarten die Samenkörner einzeln auftreten. *G. brasiliense* ist eine baumartige Pflanze mit sehr großen, 5—7fach gelappten Blättern und sehr tief gezackten Kelchdeckblättern. Die brasilianische Baumwolle, welche

¹ Brasilianische Baumwolle war von 1781—1800 die Hauptquelle für die Herstellung von Lancashirebaumwolle; aber nach dieser Zeit übernahm die amerikanische Baumwolle rasch ihren Platz.

im Handel unter dem Namen Santos, Ceara, Pernambuco usw. bekannt ist, gehört allem Anschein nach nicht zur *G. brasiliense*, da sie keine Nierenbaumwollart ist, sondern eher zur *G. barbadense* und *G. herbaceum*.

Die westindischen Baumwollarten gehören beinahe alle zu der Familie der Peruvianum, sie sind gewöhnlich langstapelig, hart und rau und nicht sehr stark. Die Länge ist sehr regelmäßig, im Mittel $1\frac{1}{4}$ inch., der Durchmesser variiert stark und beträgt durchschnittlich 0,00077 inch.

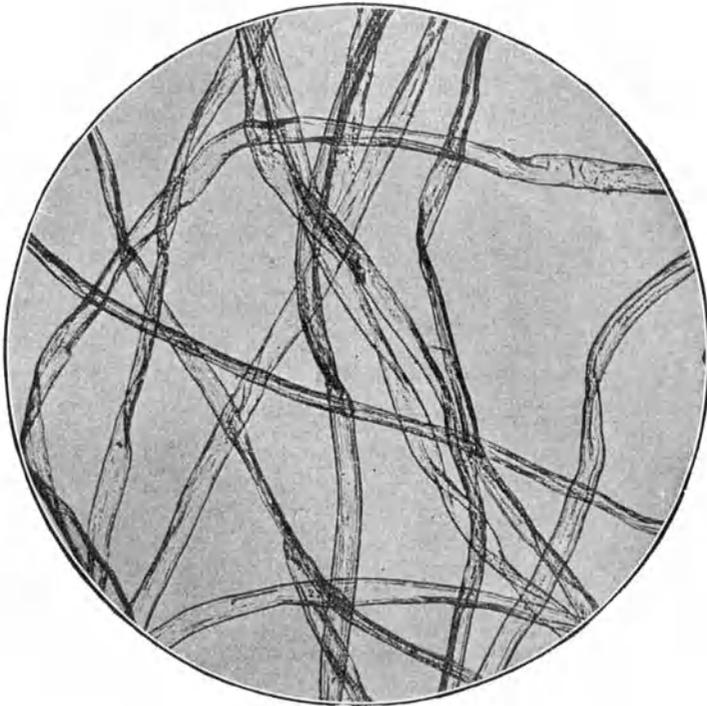


Abb. 174. Baumwollfaser der *G. religiosum*. (Herzog.)

Die Drehungen sind kurz und ebenfalls sehr regelmäßig; in dieser Hinsicht übertrifft sie sogar die Sea-Island-Baumwolle.

Es ist ihrem wollartigen Aussehen zuzuschreiben, daß beinahe alle produzierte brasilianische Baumwolle zur Merinozeugbereitung verwendet wird, d. h. man verwebt sie in verschiedenen Verhältnissen mit richtiger Wolle. Sie findet großen Absatz zum Stricken von halb-wollenen Unterkleidern. Wenn sie gekämmt ist, gleicht sie der tierischen Wolle fast vollständig und weist ganz ähnliche Eigenschaften auf. Sie ist rau, wollartig, stark und spröde. Wenn sie mit Wolle zusammen verarbeitet ist, kann man die beiden Fasern bei oberflächlicher Betrachtung nicht unterscheiden. Das Verweben der Wolle mit Baumwolle hat noch weitere Vorteile; es verhütet einigermaßen das zu starke Eingehen der Wolle, es gibt dem Ganzen ein solideres, festeres

Aussehen, verleiht ihm einigen Glanz und verbilligt die Herstellung des Stückes bedeutend.

16. Chinesische Baumwolle. Unter diesem Namen faßt man die meisten im Handel zu gebrauchenden Baumwollarten von China und Bengalen zusammen, welche in der Hauptsache von der *G. arboreum* abstammen. Eine Varietät der chinesischen Baumwolle, Nankin genannt, ist als *G. religiosum* klassifiziert. Sie hat eine natürlich gefärbte Faser von gelbbrauner Farbe. Sie wächst vorherrschend in China und Siam. Die Dakkabaumwolle, von welcher die berühmten Musseline fabriziert werden, stammt von der *G. neglectum*, einer Abart der *G. arboreum*. Diese Art ist in Indien heimisch, wo man sie fast ausschließlich kultiviert. Der Fruchtbollen ist klein und enthält nur wenig Samenkörner. Die Faser ist von hervorragender Feinheit und Seidenartigkeit, ist aber ziemlich kurz. In den letzten Jahren ist die Kultur dieser Baumwolle sehr zurückgegangen und beschränkt sich nun auf ein sehr kleines Gebiet. Auch was die gute Qualität anbetrifft, so hat sie im letzten Jahrhundert bedenklich abgenommen.

17. Bewertung der Baumwolle. Bei der Bewertung der Baumwolle kommen hauptsächlich in Betracht die Länge des Stapels, die Regelmäßigkeit, Festigkeit und Farbe, Reinheit und Elastizität. Das erste kann bestimmt werden, indem man aus einem Faserbündel einzelne Fasern herauszieht und sie einzeln mißt. Die Gleichmäßigkeit des Stapels ist auch sehr wichtig, denn eine unregelmäßige Art Faser ist weniger wert als eine im Verhältnis kürzere, aber regelmäßige. Auch die Farbe spielt eine Rolle, denn es ist wichtig, beim Färben einen gleichmäßigen Ton zu erhalten. Von der Reinheit der Faser hängt natürlich der Abfall in den Spinnereien ab; je reiner die Fasern sind, desto weniger Abfall ergeben sie. Die Biegsamkeit der Fasern beurteilt man am besten durch Anfühlen. Elastische Fasern sind nicht bedingt durch Dünne oder Schwäche; im Gegenteil neigt eine schwache Faser eher zu Brüchigkeit als zu Elastizität. Andernfalls kann eine Faser noch so stark und hart und doch nicht elastisch und infolgedessen zum Spinnen von feinem Garn nicht brauchbar sein. Die stärksten Baumwollen verwendet man zu Zettelgarn, da dieses mehr beansprucht wird während des Webens als das Einzuggarn. Das letztere verlangt eine feine, elastische Faser. Nach Earl und Dean (U. S. Bureau of Plant Industry) datiert diese Art der Baumwollverwertung zurück bis 1800. Bis vor kurzem konnten nur wenige Pflanzer ihre Baumwolle selbst schätzen und klassifizieren. Der Grund, warum man Baumwolle schätzt und klassifiziert, besteht erstens darin, die Verschiedenartigkeit der Baumwollqualitäten besser zur Geltung zu bringen, und zweitens, die Baumwolle beim Angebot besser beschreiben zu können, falls keine Muster vorhanden sind. Die beim Ankauf hauptsächlich bei kurzstapeligen Varietäten ($\frac{3}{4}$ bis $1\frac{1}{16}$ inch.), dem Produzenten bezahlten Preise werden auf Grund der oben beschriebenen Bewertungsmethode festgesetzt. Die Stapelbaumwolle wird meistens nur auf Muster hin gehandelt (Stapel von $1\frac{1}{8}$ inch. und mehr). Das Muster gibt jeder Partei die Gelegenheit, die Ware selbst zu beurteilen, und dies ist sehr nötig, da alle Baumwollhändler

und Baumwollspinner ihre eigene Ansicht über Charakter und Länge der Stapel haben.

Die amerikanische Festlandbaumwolle wird nach sieben Graden eingeteilt, welche auch in halbe und viertel Grade geteilt werden können; man hat somit Spielraum zwischen 7 vollen, 13 halben oder 25 viertel Graden, je nachdem die Umstände es verlangen. Die vollen Grade sind: fair, middling fair, good middling, low middling, good ordinary und ordinary. Die halben Grade bezeichnet man mit der Vorsilbe „strict“ und die viertel Grade mit der Vorsilbe „barely“, wenn es den Grad zwischen dem halben und dem darüberstehenden vollen Grad, und mit „fully“, wenn es den Grad zwischen dem halben und dem darunter stehenden Grade bezeichnen soll. Sea-Island-Baumwolle wird wie folgt bewertet: extra fine, fine, medium fine, good medium, medium, common und ordinary. Ägyptische Baumwolle wird in der Regel in vier oder fünf Graden gehandelt: good, fully good fair, good fair und fair. Zwischen den Graden „good“ und „fully good fair“ wird oft noch ein Zwischengrad eingeschoben, „extra·fully good fair“ genannt. Für die Bewertung der Baumwolle im Handel hat man die untenstehende Klassifizierung je nach der Qualität der Faser adoptiert. Die gewöhnliche Benennung der Grade ist wie folgt:

Fair	Good middling
Strict middling fair	Strict middling
Middling fair	Middling
Strict good middling	Strict low middling
Strict good ordinary	Middling tinged
Good ordinary	Strict low middling tinged
Strict good middling tinged	Low middling tinged
Good middling tinged	Middling stained

„Fair“, „middling fair“, „middling“ usw. benennen die vollen Grade, während die dazwischen stehenden die halben Grade bezeichnen. Der „middling“-Grad ist die Basis des allgemeinen Baumwollmarktes, jeder Preis geht von diesem Standard aus.

Die oben angeführte Liste von 16 Graden ist diejenige der auf Kontrakt zu liefernden Baumwolle der New Yorker Baumwollbörse (April 1908). Vor dem 1. Januar 1908 anerkannte man noch 9 andere Zwischengrade, die Viertelsgrade, aber von jenem Tage an wurden sie ausgeschlossen, wie auch noch die Grade „low middling stained“ und „strict good ordinary tinged“. Am 1. April 1908 wurde auch noch „strict low middling stained“ von den gangbaren Graden an der New Yorker Börse ausgeschaltet.

Die Gradbezeichnungen, welche im allgemeinen in den Vereinigten Staaten üblich sind, sind die folgenden:

Über „Middling“		Unter „Middling“
1. Fair	} 7. Middling	8. Strict low middling
2. Strict middling fair		9. Low middling
3. Middling fair		10. Strict good ordinary
4. Strict good middling		11. Good ordinary
5. Good middling		12. Strict ordinary
6. Strict middling		13. Ordinary

Die zur Zeit vorbereitete offizielle Gradliste des U. S. Dep. of Agric. besteht nur aus 9 Graden, nämlich „middling fair“ bis und mit „good ordinary“. Für eine Durchschnittsernte ist diese Gradliste praktisch hinreichend für alle gewonnene weiße Baumwolle. Die mit „strict“ bezeichneten Grade bezeichnen im Handel halbe Grade und die anderen die vollen Grade¹.

Die Grade von „fair“ bis zu „good ordinary“ in der obigen Liste werden zur Bewertung der weißen Baumwolle gebraucht. „Tinged“ und „stained“ bezeichnen mißfarbene Baumwolle. „Tinged“-Baumwolle ist nicht so sehr verfärbt wie „stained“ Baumwolle, welche viel dunkler ist. Die oben gegebene Gradliste wird in ungefähr allen südlichen Marktplätzen gehandhabt. Die Ausdrücke „tinged“ und „stained“ werden im allgemeinen im Süden auch angewendet, jedoch mehr, um wenig verfärbte Baumwolle des gleichen Grades zu bezeichnen und nicht für eine besondere Art Baumwolle wie in New York. Die Gradfolge der in New Orleans gehandelten Baumwolle ist ungefähr dieselbe wie die in New York. Jedoch ist auf dem New Orleans-Markt eine niedrigere Qualität als „good ordinary“ oder eine bessere Qualität als „fair color“ nicht zulässig. Die New Orleans-Konvention läßt somit beträchtliche Mengen Baumwolle nicht zu, während New York sie bis vor kurzem handelte. Die New Orleans-Klassifizierung ist als sehr genau bekannt, was in New York nicht so sehr der Fall ist, so daß eine in New York bewertete Baumwolle in New Orleans nicht unbedingt denselben Grad erhalten muß. Die relativen Werte verschiedener Baumwollgrade und verschiedener Stapel auf demselben Markt (New Orleans April 1913) stehen auf der nachfolgenden Tabelle²:

Grade	Stapellänge in inches									
	1 Cent	1 ¹ / ₁₆ Cents	1 ¹ / ₈ Cents	1 ³ / ₁₆ Cents	1 ¹ / ₄ Cents	1 ⁵ / ₁₆ Cents	1 ³ / ₈ Cents	1 ⁷ / ₁₆ Cents	1 ¹ / ₂ Cents	
Middling fair . . .	13 ³ / ₈									
Strict good middling	12 ⁷ / ₈	14	16 ¹ / ₂							
Good middling . . .	12 ³ / ₄	13 ³ / ₄	16	17	18	19 ¹ / ₂	21	22	22 ¹ / ₂	
Strict middling . . .	12 ⁹ / ₁₆	13 ¹ / ₄	15 ¹ / ₂	16 ¹ / ₂	17 ¹ / ₂	19	20 ¹ / ₂	21 ¹ / ₂	22	
Middling	12 ³ / ₈	12 ⁷ / ₈	15	16	17	18	19	20	20	
Strict low middling .	12 ³ / ₁₆	12 ¹³ / ₁₆	14	15	16	17	18	19	19	
Low middling . . .	11 ⁷ / ₈	12 ⁵ / ₁₆	13	14	15	16	17	18	18	
Strict good ordinary	11 ⁵ / ₈	12	12 ¹ / ₂	13	14	15	16	16	16	
Good ordinary . . .	11 ³ / ₈	11 ³ / ₄	12	12 ¹ / ₂	13 ¹ / ₂	14	14 ¹ / ₂	15	15	

¹ „Middling“ ist, wie der Name es schon sagt, das Mittel oder der Grundgrad, worauf die Marktlage sich begründet. Alle Grade über „middling“ erzielen einen höheren, und alle darunter einen niedrigeren Preis als „middling“ selbst. Die Preise der höheren und niedrigeren Grade variieren je nach ihrer Gebrauchsmöglichkeit. Viel mehr Gradbezeichnungen werden im Handel mit farbigter Baumwolle gebraucht, der Preis der weißen Baumwolle bildet jedoch immer die Grundlage auch für den der farbigen. Wenn die Baumwolle nicht weiß ist, so wird dies durch die Beifügungen „off color“, „fair color“, „spotted“, „tinged“ oder „stained“, wie es für den einzelnen Fall zutrifft, angezeigt. Mit andern Worten, es kann mehrere Klassen gleichwertiger Baumwollen geben, z. B. middling „off color“, middling „tinged“ oder middling „stained“.

² Bull. 591. U. S. Dept. Agric.

Im Handel spricht man von den Graden über „Middling“ als von den „higher grades“ und von den darunter als von „lower grades“.

Von Bedeutung für die kommenden Baumwollgeschäfte ist, daß im allgemeinen die auf Kontrakt gelieferte Baumwolle aus den Restbeständen oder dem Überschuß des besseren Grades besteht. „Even-running“-Baumwolle, d. h. Baumwolle, welche substantiell aus einem Grade besteht, kann leicht zu einem etwas höheren Preis an die Spinnereien verkauft werden als ein Lager aus gemischten Graden Baumwolle; daraus folgern wir, daß ein Käufer für eine gemischte Sendung Baumwolle weniger bezahlen wird als für eine „even-running“-Sendung. Der Platzverkäufer wird darum dafür sorgen, seine diversen Baumwollen in gleichwertige Bestände zu assortieren, und verkauft sie sodann unter der Hand, anstatt sie auf den Kontraktmarkt zu bringen. Er benutzt diesen nur, um seine Restbestände loszuschlagen; im Handel nennt man sie „overs“. Aus diesem Grund werden gemischte Restbestände oft durch einmaligen Kontraktverkauf abgegeben.

In der Baumwollbewertung werden Zahlen und Ausdrücke gebraucht, die zu erklären von einigem Interesse sein könnte. Eine glänzende, feste, gut egrenierte und verpackte Baumwollfaser reflektiert die Lichtstrahlen sehr gut und wird aus diesem Grunde „bloomy“ genannt. „Blush“ wird manchmal auch in diesem Sinne angewendet. „Tinged“, „stained“ und „spotted“ erklären sich selbst, wie auch „musty“, „sandy“ und „leafy“. „Musty“-Baumwolle entsteht durch die Feuchtigkeit, und der unverkennbare Modergeruch ist ein sicheres Zeichen eines Zersetzungsprozesses. „Sandy“ nennt man die Baumwolle, welche beim leichten Hin- und Herschütteln eine deutlich sichtbare Staubwolke erregt, und wenn man mit der Handfläche über die Stelle streicht, an der das Muster gelegen hat, kann man den feinen Sand gut fühlen. Sand kann immer nachgewiesen werden, auch wenn er nur in ganz geringer Menge vorhanden ist. „Bant“ ist ein meistens für Garn gebrauchter Ausdruck, welcher die Festigkeit und alle allgemeinen nützlichen Eigenschaften bezeichnet; „bony“ wird manchmal im gleichen Sinn gebraucht. „Soapy“ und „waxy“ nennt man die Baumwolle, wenn sie nach dem Berühren ein fettiges oder wachsiges Gefühl an den Fingern hinterläßt. Den Namen „green“ gibt man der Baumwolle, welche vor der richtigen Reife gepflückt wurde; diese Art trifft man nur selten und am Anfang der Erntezeit; sie ist absolut unreif und enthält viel natürliche Feuchtigkeit. Bei der grünen (green) Baumwolle haben sich die Drehungen nicht vollständig entwickelt und sie eignet sich nicht gut zum Spinnen. „Staple“-Baumwolle ist die, welche man zum Spinnen von Garn und Faden verwendet.

Die wichtigsten Faktoren, welche bei der Bewertung beachtet werden müssen, sind:

1. Fremdkörper:

- | | |
|-----------------------------------|-------------------------|
| a) Blätter. | e) Faserigkeit. |
| b) Schmutz und Sand. | f) Zerschnittene Samen. |
| c) Motten. | g) Unreife Fasern. |
| d) Neps und zerschnittene Fasern. | |

2. Farbe.

Grad und Wert gehen nicht parallel, ausgenommen für Baumwollen, für welche der Stapel gleiche Qualität besitzt. Der Baumwollhändler muß also die Festigkeit, Länge, Biegsamkeit, Drehung und Gleichmäßigkeit des Stapels auch in Betracht ziehen, so gut wie den Grad. Der relative Spinnwert der Baumwolle muß besonders bewertet werden. Die hauptsächlichsten Verunreinigungen der Baumwolle sind folgende¹:

Blätter, Schmutz und Sand. — Der Betrag an Blättern Schmutz und Sand im Muster hängt vom Wetter ab. Gewöhnlich befinden sich sehr wenig Blatteile darin, wenn die Baumwolle gepflückt wird, bevor der Frost die Pflanze tötet. Schmutz und Sand können vom Regen oder Wind verursacht sein. Viele dieser Unreinheiten können während des Egrenierens mittels „cleaners“ (Reiniger) ausgeschieden werden. 50 Pfund oder mehr können des öfteren in einem Ballen

¹ Von großer Wichtigkeit beim Bewerten des Grades der Baumwolle ist ihre Reinheit, d. h. daß sie keine Blätter, Knollen, Stiele, Sand und Samen enthält. Solche Unreinheiten sind bis zu einem gewissen Maße in allen Baumwollarten enthalten, aber es hängt viel von der Sorgfalt ab, mit der die Baumwolle gepflückt worden ist. Je größer der Betrag an Fremdkörpern, desto niedriger wird der Grad der Baumwolle sich stellen. Der Prozentsatz an Abfall usw. ist in den verschiedenen Mustern ein und desselben Grades nicht überall gleich, da eine Art z. B. durch ihre anderen guten Eigenschaften eine größere Menge Abfall wieder gutmacht, aber eine zweite Art z. B. mit einem geringeren Prozentsatz Fremdkörpern, aber mit weniger begehrten Eigenschaften einem gleich hohen Grade zugeteilt wird. Der durchschnittliche Prozentsatz der Verunreinigungen in den verschiedenen Graden beträgt wie folgt bei:

Strict good middling . . .	11,5 %	Low middling	14,75 %
Good middling	12 „	Strict good ordinary . . .	16 „
Strict middling	12,5 „	Good ordinary	17,50 „
Middling	13 „	Ordinary	19 „
Strict low middling . . .	13,75 „		

Die Differenzen der Werte dieser verschiedenen Grade sind für die Spinner gewöhnlich viel größer, als man diesen Zahlen nach annehmen möchte, da die Stapel niedrigerer Grade oft schwächer sind und von dunklerem Ton als die höherer Grade.

Um zu zeigen, wo die Unreinheiten während der Bearbeitung der Baumwolle entfernt werden, zeigen wir nachstehend das Resultat eines Versuchs mit einer „good-middling“-Baumwolle:

Öffner	{	Opener and Breaker	2,32 %
		Intermediate lapper	1,69 „
		Finish lapper	1,44 „
		Picker room total	5,45 %
Karden- Florteiler	{	Shipping on card	2,60 %
		Licker-in on card	0,50 „
		Flying on card	0,22 „
		Toppings on card	2,00 „
		Total on card	5,32 %
Zwirnung	{	Drawing (3 %)	0,33 %
		Slubber frame	0,08 „
		Intermediate frame	0,06 „
		Rowing frame	0,06 „
		Total on frames	0,53 %

Baumwolle eines niedrigeren Grades enthalten sein. Würden überall die neuesten Maschinen gebraucht, so gäbe es nur noch wenige Ballen eines niedrigeren Grades als „low middling“. Wenn dies der Fall wäre, so würde der höhere Preis den Gewichtsverlust decken, auch würden die Egrenierspesen verringert. Viel Blätter, Schmutz, Sand und Hüllenreste können mittels der „Huller“-Egreniermaschine entfernt werden. Alle Systeme von Egreniermaschinen ergeben ein reineres und besseres Resultat, wenn die zu egrenierende Baumwolle vollständig trocken ist.

„Motes“ sind unausgereifte Samen oder Samenendchen, welche beim Egrenieren abgerissen worden sind. Solche „motes“ findet man mehr oder weniger in jeder Baumwolle; ihre Zahl hängt von der Varietät und von dem während des Wachstums und Reifwerdens der Frucht herrschenden Wetter ab. Sie werden als Abfall ausgestoßen während des Verteilungsprozesses und ihre Anwesenheit drückt den Grad herunter.

Noppen und verschnittene Fasern entstehen bei zu schnellem Auffüllen der Egreniermaschine, oder wenn die Egreniermaschine in schlechtem Zustand ist, weiter durch Anwesenheit unreifer Fasern oder durch Feuchtigkeit. Neps (Noppen) sehen kleinen Knoten ähnlich. Man kann sie gut erkennen, wenn man eine dünne Lage Baumwollfasern gegen das Licht hält. Die verschnittenen Fasern kleben in Bündeln von V-Form zusammen und geben dem Muster ein rauhes Aussehen. Es ist schwierig, den Grad oder Wert solcher beim Egrenieren verschnittenen Baumwolle zu schätzen. Um sicher zu sein, gibt der Käufer besser 1—3 Cents weniger pro Pfund.

„Stringy“-Baumwolle ist fehlerhafte Baumwolle, welche dadurch entsteht, daß man nasse oder unreife Samenbaumwolle egreniert, oder indem die Bürste, welche die Fasern vom Messer wegnimmt, nicht richtig eingreift. Die Fasern dieser sog. „stringy“ (Stricke) lassen sich nicht teilen und viele davon werden im Reinigungsverfahren ausgeschieden und kommen unter den Abfall.

Zerschnittene Samen gibt es, wenn man zu schnell egreniert mit harten Rollen und wenn zerbrochene oder gebogene Zähne an der Säge sind. Man erkennt sie mit bloßem Auge und am Griff. Das Auftreten solcher Verunreinigungen kann durch richtiges Egrenieren vermieden werden.

Unreife Fasern sind erkennbar an ihrem Glanz, sie sind meistens zusammengeklebt. Fruchtknollen, welche gepflückt werden, bevor sie ganz geöffnet oder deren oberste Hüllen vom Frost geborsten sind, enthalten meistens unreife Fasern. Diese Fasern sind sehr schwach und drücken den Grad hinunter wie Schmutz und schlechte Fasern.

Bedingungen für gute Egrenierresultate. Die Baumwolle muß ganz trocken sein zum Egrenieren; die Säge, Bürsten und alle übrigen Teile der Egreniermaschine müssen in bester Ordnung sein, wenn ein weiches Muster erzielt werden soll. Falls man vor dem Egrenieren niedriger Grade Baumwollereiniger gebraucht, so wird dadurch das Muster um ein oder zwei Grade in der Bewertung steigen.

Farbe: Das Wetter und die Bodenbeschaffenheit beeinflussen die Farbe der Baumwolle. Die früh gepflückte Baumwolle ist, falls sie kei-

nem Regen ausgesetzt war, gewöhnlich von glänzender Cremefarbe, und wenn sie mit Sorgfalt gepflückt wird, sollte sie als „good middling“ oder höher bewertet werden. Wenn sie zu lange stehen gelassen wird, geht ihr Glanz verloren, die Farbe ändert sich und wird „tot“ oder weißlich-blau, was den Grad auf „good middling off color“ oder sogar auf „middling“ oder „low“ herabdrückt, je nach dem Gehalt an Unreinigkeiten. Ein Regen kann die gleiche Baumwolle ändern zu „middling tinged“ oder „middling stained“, je nach dem Boden und der Regenmenge. Solche durch den Regen verfärbte Baumwolle ist oft von bläulicher Farbe, und wenn sie nicht auf Sandgrund wächst, enthält sie meistens auch Schmutzflecken. Der Frost erzeugt auf den späteren Knollen auch Flecken (tinges and staines), von der Menge der mit der weißen vermischten farbigen Baumwolle abhängig. Diese „Frostbaumwolle“ hat eine gelbliche, pflaumenähnliche (buff) Farbe und ist gewöhnlich schwächer als andere Sorten, da die Knollen aufzubrechen gezwungen sind, bevor die Faser voll entwickelt ist.

Wenn die Baumwolle noch naß von Tau oder gleich nach dem Regen gepflückt wird, so wird sie leicht moderig. Es tritt Schimmel auf, und die Baumwolle sieht bläulich aus. Ein im Freien allem Wetter ausgesetzter Ballen bedeckt sich leicht mit Schimmel, und ein daraus gezogenes Muster ergibt kein gutes Bild über die Farbe.

Die in den Vereinigten Staaten geltenden, wie auch andere Bestimmungen verlangen, daß die Baumwolle von „good middling“ und darüber eine glänzend creme oder weiße Farbe, frei von jeglicher Verfärbung, aufweise. Bei den niedrigeren Graden ist eine bestimmte Farbe nicht verlangt. Z. B. eine „middling“-Baumwolle kann cremefarben oder „tot“-weiß sein und das gleiche Muster kann über oder unter dem Grade „middling“ eingereiht werden, je nach der Menge der darin enthaltenen Unreinheiten. In den Graden unter „strict low middling“ trifft man keine glänzende Cremefarbe, da die schlechtere Beschaffenheit des Bodens und die klimatischen Verhältnisse auch die Farbe der Faser beeinflussen, sie sind gewöhnlich fahlweiß oder grau oder schmutzig dunkelbraun oder rötlich, wenn sie im Handel auch als weiße Baumwolle verkauft werden.

Die oben beschriebenen Farbvariationen kann man am besten bei von Norden einfallendem Licht unterscheiden. Im Freien sollte man der Sonne den Rücken kehren, um die Baumwolle zu prüfen, so daß die Sehlinie parallel mit den Sonnenstrahlen verläuft. Das beste Licht zum Schätzen von Baumwolle ist an einem hellen Tag von 9 Uhr morgens bis 3 Uhr nachmittags. Es ist manchmal sehr schwer, die Ware an einem bewölkten Tag richtig zu beurteilen wegen des reflektierten Lichtes. Diese Schwierigkeit trifft man häufig an den Meeresküsten, wo es viel Wolken gibt. Wenn man in der Nähe eines größeren Wassers prüft, so wirkt dies noch mehr störend.

Bewertungsmuster. Um ein Muster eines Ballens zu prüfen und zu schätzen, ziehe man aus der Tiefe jeder Seite des Ballens etwa 3 Unzen Baumwolle. Wenn die Proben aus einem gepreßten Ballen gezogen werden, sollten sie sich erst 24 Stunden aufrichten, bevor man sie der Prüfung unterzieht, damit die tote Farbe und das gequetschte Aussehen

verschwinden. Sehr oft kommt es vor, daß auf einer Seite des Ballens noch eine dünne Lage besserer oder schlechterer Baumwolle sich befindet, welche von einem vorher egrenierten Haufen stammt und in der Maschine geblieben ist.

Man hat Proben über die Festigkeit des gesponnenen Garnes aus den verschiedenen Graden gemacht und folgende Resultate erhalten:

	Good Middling	Middling	Low Middling	Good Ordinary
Mittlere Bruchfestigkeit in Pfund .	68,4	71,81	65,4	63,1
Mittleres Gewicht von 60 yards in Gramm	36,03	38,2	36,9	36,0
Mittlere Anzahl	13,88	13,08	13,55	13,89
Festigkeit pro Gramm	1,89	1,88	1,77	1,75

Das U. S. Department of Agriculture hat Versuche gemacht, um den Verlust der verschiedenen zu Garnen versponnenen Grade und den Charakter des Garnes selbst zu studieren.

Die folgende Tabelle zeigt in Prozenten den Verlust (sichtbaren und unsichtbaren) während der Verarbeitung zu Nr. 22 Zettelgarn von den 5 Graden der 1 inch langen Upland-Baumwolle, und auch die Festigkeit des gebleichten und ungebleichten Garnes von jedem dieser Grade.

Grad	Abfall %	Bruchfestigkeit	
		Ungebleicht	Gebleicht
Middling fein . .	7,43	69,5	66,7
Good middling . .	8,49	63,2	61,5
Middling	10,38	60,5	58,3
Low middling . .	12,39	61,4	63,4
Good ordinary . .	16,47	56,4	60,9

Es ist von großer Wichtigkeit, den Verarbeitungs-verlust der verschiedenen Qualitäten zu kennen, um das Muster richtig zu bewerten.

18. Statistisches. Die umstehende Tabelle veranschaulicht die Verbreitung der Baumwollindustrie in den Vereinigten Staaten im Jahre 1919. Sie sind den U.S. Census Reports entnommen:

In Baumwollspinnereien verwendete Ware:

Herkunft	1919	
	Ballen	Pfund
Total	5 529 422	2 731 404 436
Rohes Baumwolle:		
Innland	5 329 973	2 612 851 431
Sea-Island	52 154	20 924 901
Amerikanische, Ägyptische	40 726	20 695 568
Andere langstapelige Baumwolle (1 ¹ / ₈ inches und darüber)	961 450	4 850 108 38
Kurzstapelige Baumwolle (unter 1 ¹ / ₈ inches)	4 275 643	2 086 340 124
Ausländische Baumwolle	199 449	1 185 53 005
Ägyptische	128 959	88 710 604
Andere	70 490	29 842 401

Die Baumwollindustrie der Vereinigten Staaten ist die führende der ganzen Welt. Im Jahre 1880 besaßen die südlich gelegenen baumwollproduzierenden Staaten nur 561 000 Spindeln, 1922 waren es bereits 15 000 000, oder 43,21% aller in den Vereinigten Staaten vorhandenen.

Verarbeitung der Baumwolle in den U. S. A.

Artikel	Total-Quadratyards		Totalwert		Wert per Quadratyard in Cents	
	1914	1919	1914	1919	1914	1919
Gewobenes Zeug, über 12 inches breit	6813540681	6317397984	489985277	1489610779	7,2	23,8
Ungebleichte und gebleichte Betttücher, Wäschestoff und Musselne	3852471903	3194100981	196520984	477407901	5,1	15,0
Segeltuch	251367711	336500457	49179212	327082551	19,5	70,0
Gingham	489661133	368307601	36706542	85070745	7,5	23,1
Drilch	289969885	314822109	21256698	73253640	7,4	23,0
Satins usw.	392108735	424478033	32891854	101056691	8,4	23,8
Zwisch	229380389	220381180	24947983	70080557	10,9	31,8
Baumwollflanell	263862227	268067853	24352020	60152426	9,2	22,2
Baumwoll-Samtplüsch usw.	29128703	40183780	8540143	36673551	29,3	91,3
Handtücher	75798907	75165515	9805232	31230370	12,9	41,6
Vorhänge	10137710	21705586	5411592	17295608	53,2	79,6
Kissenzeug	15212622	12112573	1483847	2555543	9,7	21,0
Moskitonetze	99981783	34425307	2820524	3273376	2,86	9,45
Sackzeug	129357002	82433300	9705616	13139820	7,5	16,3
Versch. Gewebe, über 12 inches breit	687151971	924713709	66363030	281338000		
Spitzen und Spitzenvorhänge	—	—	12521053	28258489		
Zwirnband	Linear Yards 1026231549	Linear Yards 1065551328				
	Pfund	Pfund				
Bindfaden	13284875	11860195	2792125	5935245		
Stricke und Schnüre	5515658	6815848	891223	2857275		
Faden	26507023	26441943	22917099	55009176		
Garne	497086999	618201812	127363952	453764883		
Baumwollausschuß für Verkauf	317360019	315314228	14421929	36357674		

Verteilung der Baumwollspindeln der Welt für 1920.

Land	Zahl der Spindeln	Spindeln im Betrieb	Ballen verbrauchter Baumwolle
Großbritannien	58 692 410	50 045 902	3 185 314
Frankreich	9 400 000	5 658 630	629 799
Deutschland	9 400 000	5 230 996	484 911
Italien	4 514 800	3 932 893	670 702
Tschechoslowakei	3 584 420	1 603 857	97 877
Spanien	1 800 000	1 800 000	390 000
Belgien	1 572 500	1 467 452	234 906
Schweiz	1 536 074	1 380 546	79 514
Polen	1 400 000	126 846	8 184
Schweden	670 350	403 399	70 667
Holland	597 492	593 942	107 975
Portugal	482 000	482 000	67 491
Finnland	239 828	239 828	26 257
Dänemark	116 644	92 404	23 516
Norwegen	72 724	62 340	10 269
Indien	6 689 680	5 318 603	1 695 365
Japan	3 610 090	3 155 271	2 083 433
China	1 600 000	1 280 036	690 398
Vereinigte Staaten von Amerika . .	35 872 000	35 499 000	6 425 344
Kanada	1 200 000	681 012	118 446
Mexiko	720 000	253 424	44 321
Brasilien	1 600 000	303 068	75 552
Verschiedene	250 000	46 140	16 700
Total	145 701 462	119 657 589	17 236 941

Die Baumwollspindeln der Welt.

Ort	1919 (in Millionen)	1922 (in Millionen)
Europa	96,37	99,46
Asien	8,88	13,42
Amerika	31,33	40,19
Verschiedene	0,25	0,25
Total	136,83	153,32

Die folgende Tabelle enthält interessante Statistiken über die Baumwollindustrie (1909):

	Pfund (englisch):
Weltproduktion an Baumwolle	8 505 191 000
Produktion von U. S. A.	5 157 691 000
„ „ Britisch-Indien	1 801 000 000
„ „ Ägypten	455 520 000
„ „ Rußland	360 000 000
„ „ China	300 000 000
„ „ Brasilien	180 000 000
„ „ der Türkei	16 000 000
Wert der amerikanischen Ernte	\$ 700 000 000
In der Industrie angelegtes Kapital	\$ 821 109 000
Wert der Produkte	\$ 629 000 000
Zahl der Fabriken	1 322
Beschäftigte Personen	387 252

Das folgende Diagramm enthält einige interessante Statistiken über den Baumwollmarkt:

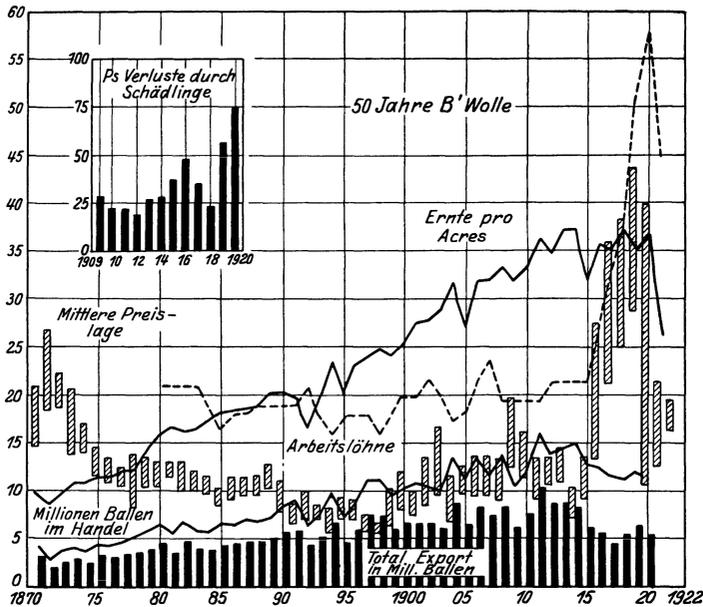


Abb. 175. Analytische Studie der Baumwollproduktion, -löhne, -preise und -export während 50 Jahren.

XIV. Die physikalische Beschaffenheit und Eigenschaften der Baumwolle.

1. Physikalische Struktur. Physikalisch betrachtet, besteht die Baumwollfaser aus einer einzigen, langen, röhrenförmigen Zelle, deren eines Ende direkt an der Oberfläche des Samens haftet. Ihre Länge beträgt etwa das 1200—1500fache der Breite. Das äußere Ende der Faser ist zugespitzt und geschlossen, das ursprünglich am Samen angewachsene Ende ist meist unregelmäßig abgebrochen. Während des Wachstums ist die Faser rund zylinderförmig und enthält einen in der Mitte durchlaufenden Kanal; nachdem die einschließende Haut aber geborsten ist, fällt die Zelle zusammen und bildet eine flache, bandähnliche Faser, welche manchmal unter dem Mikroskop verdickte Ecken zeigt. Die Säfte im Innern des Zylinders gehen beim Reifen in die Pflanze zurück, oder trocknen unter der Einwirkung von Licht und Luft ein und bewirken so, daß die Faser in Form einer unregelmäßigen Spirale oder korkzieherartig gedreht wird infolge des ungleichen Zusammenfalls und der Kontraktion der Zellwand.

Von W. L. Balls¹ wurde eine Untersuchung über das Wachstum der Baumwollfaser ausgeführt. Er benutzte die Methode von Brown und Cross zur partiellen Xanthogenierung für eine Hydratation der Zellulose

¹ Proc. Roy. Soc., 1919, S. 542.

und erzielte ein Quellen der Fasern, welche bei mikroskopischer Untersuchung deutlich unterscheidbare Wachstumsringe aufwiesen, die dem Wachstum während des Tages und während der Nacht entsprachen, wobei die letztere die aktive Periode war. Er fand, daß bis zum 26. Tag sehr wenig strukturelle Merkmale auftreten, vom 26. bis 50. Tag die Entstehung der Wachstumsringe beobachtet werden kann, zusammen mit der Bildung von Löchern in der Zellwand und der Tendenz zur Bildung der wohlbekanntesten Drehung der Fasern.

Die Zahl der Drehungen der Baumwollfaser im rohen Zustand wird zu 150—400 pro Inches angegeben. Bowman gibt folgende Annäherungswerte der durchschnittlichen Drehungen pro inch für verschiedene Baumwollklassen an:

Sea-Island	300	Amerika (Peeler)	192
Ägypten	228	Indien (Surate)	150
Brasilien	210		

2. Unreife oder abgestorbene Fasern. Fasern, welche nicht ausgereift sind, differieren manchmal in ihren Eigenschaften, sind gerade und

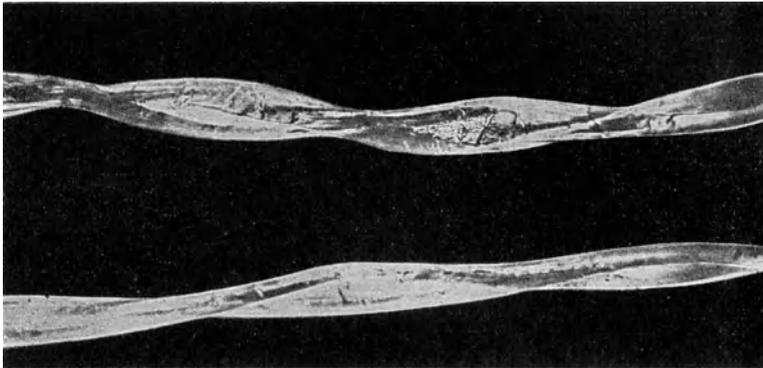


Abb. 176. Sea-Island-Baumwolle unter polarisiertem Licht ($\times 360$). (Herzog.)

haben den inneren Kanal mehr oder weniger gefüllt, infolgedessen lassen sie sich nicht gut spinnen und färben und zeigen sich in Fertigware als weiße Flecken, welche als tote Baumwolle bezeichnet werden. Die Gegenwart von unreifer oder „toter“ Baumwolle ist sehr unangenehm, da die Faser schwach und brüchig und dadurch die Festigkeit und Dauerhaftigkeit des Garns herabgesetzt wird. In Baumwollfeldern sind immer bedeutende Mengen von unreifen oder halbreifen Bollen vorhanden, und die Fasern daraus bestehen fast ausschließlich aus „toter Baumwolle“ (Abb. 177). Die Verwendung dieser Baumwolle ist ein schwieriges Problem, da die Faser zum Spinnen zu schwach und die Kosten zur Gewinnung für die meisten andern Zwecke, wie für absorbierende Baumwolle oder als Ausgangsmaterial für Schießbaumwolle zu hoch sind.

Nach Kuhn ist die Menge von toten Fasern in gröberen Baumwollvarietäten größer als in feineren, da die ersteren aus den Samen mehr

Saft aufsaugen und denselben so vor der Reife aller anhaftenden Fasern schwächen. Tote Baumwolle tritt ferner viel mehr bei den indischen als bei Sea-Island- oder ägyptischen Arten auf. Haller gibt an, daß unreife Baumwolle von ausgereifter sich auch in ihrem chemischen Verhalten unterscheidet. Eine Jod-Jodkalilösung gibt eine dunkelgelbe Färbung mit der reifen Faser und nur eine hellgelbe mit toter Baumwolle. Bei Behandlung mit Zinkchlorid-Jodlösung gibt die tote Baumwolle die blaue Färbung rascher als die normale Faser. Ebenso zeigen

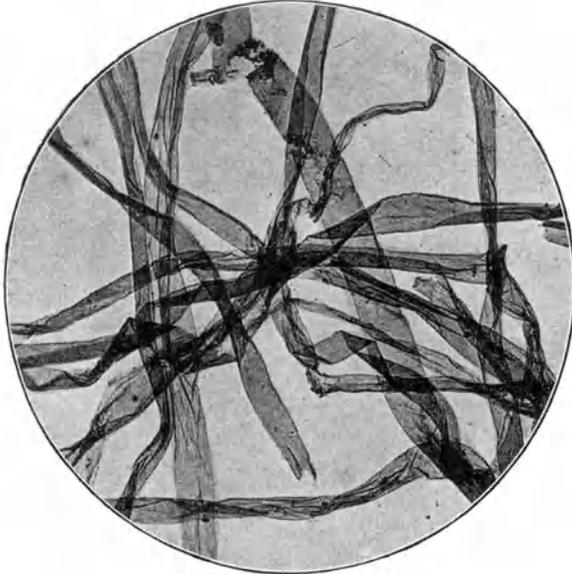


Abb. 177. Unreife, tote Baumwolle.

die toten Fasern gegenüber manchen Farbstoffen verschiedenes Verhalten.

Haller gibt folgende Beschreibung der Eigenschaften von unreifer Baumwolle¹:

Unter dem Mikroskop scheint das Lumen eine beträchtliche Menge Substanz zu enthalten, und die Fasern sind nicht so stark gedreht wie die reifen Fasern. Mit ammoniakalischem Kupferoxyd behandelt, quellen dieselben auf, ohne sich zu lösen. Wenn ein Gemisch von reifen und unreifen Fasern mit einer Zinkchloridjodidlösung behandelt wird, zeigen die unreifen viel rascher die blaue Farbe als die reifen. Eine Lösung von Jod in Jodkali färbt die reifen Fasern dunkelgelbbraun, die unreifen nur hellgelb. Mit 18 prozentiger Natronlauge behandelt, behält das Samenhaar seine Drehungen bei und wird nur heller und durchsichtiger. Es zeigen sich auch Unterschiede bei der Betrachtung im polarisierten Licht. Wenn ein Gemisch der beiden mit Natronlauge von 2° Bé gekocht, gesäuert, gewaschen und mit Indigo gefärbt wird, nehmen

¹ Chem. Ztg. 1908, S. 838.

die reifen Fasern den Farbstoff leicht auf, während die unreifen nur in sehr geringem Grade angefärbt werden. Umgekehrt verhalten sie sich gegen substantive Farbstoffe, wo die unreife Faser tiefer gefärbt wird. Beim Färben mit basischen Farbstoffen auf Tannin-Brechweinsteinbeize wird das unentwickelte Samenhaar nur oberflächlich angefärbt¹.

3. Innerer Kanal oder Lumen der Faser. Das Vorhandensein eines Kanals in der Baumwollfaser deutet zweifellos auf eine Vergrößerung ihrer Absorptionsfähigkeit für Flüssigkeiten hin, und die kapillaren Reaktionen desselben befähigen die Baumwolle, Salze, Farbstoffe usw. mit erheblicher Kraft zurückzuhalten. Doch muß in bezug auf diese Eigenschaften dem Kanal nicht zu viel Wichtigkeit beigemessen werden, da bei merzerisierter Baumwolle derselbe durch die zusammengedrückten Zellwände fast vollständig verschwindet (siehe Abb. 178), und doch ist merzerisierte Baumwolle für Farbstoffe usw. aufnahmefähiger als gewöhnliche Baumwolle. Die Kapillarität der Baumwollfaser beruht zur Hauptsache zweifellos auf der Existenz winzig kleiner Poren, welche von der Oberfläche nach innen verlaufen. Die Kristallisation von Salzen in diesen Poren und im Lumen bewirkt Brüchigkeit, wie auch Sättigen von Baumwollfasern mit Wasser und nachfolgendes Gefrierenlassen, nach welchem Prinzip z. B. Filterpapier hergestellt wird.

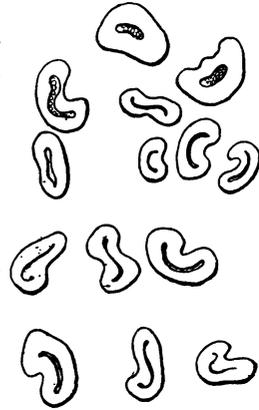


Abb. 178. Durchschnitt durch merzerisierte Baumwollfasern, welche das Aussehen des inneren Kanals zeigen.

4. Dimensionen der Baumwollfasern. Die folgende Tabelle gibt die mittleren Werte der von verschiedenen Forschern erhaltenen Längen und Durchmesser diverser Baumwollfasern:

Baumwollart	Länge mm	Durchmesser Mikrons	Baumwollart	Länge mm	Durchmesser Mikrons
Sea Island . . .	41,9	9,65	Ägypten . . .	32,1	16,7
Edisto . . .	46,6	—	Gallini . . .	37,2	17,1
Wodomalam . .	39,0	—	Braun . . .	34,4	18,7
John Isle . . .	39,3	—	Weiß . . .	31,8	19,5
Florida . . .	45,7	16,18	Smyrna . . .	28,5	22,8
Fitschi . . .	48,7	16,7	Brasilien . . .	—	18,8
Tahiti . . .	42,9	16,3	Maranham . .	28,8	20,4
Peru	38,9	15,3	Pernambuco . .	35,2	20,0
			Surinam . . .	30,2	—
			Paraiba . . .	29,7	—
			Ceara . . .	28,1	20,0
			Maceio . . .	29,3	—

¹ Clegg und Harland (Journ. Text. Ind. 1923, S. 125) haben die Resultate einer Untersuchung über den Einfluß der „Noppen“, welche aus toten Baumwollhaaren bestehen, auf das Färben der Produkte veröffentlicht. Es wird dort bemerkt, daß ein Unterschied gemacht werden müsse zwischen „unreifen“ und „toten“ Fasern. Letztere werden beobachtet in Form von kleinen Ballen oder

Baumwollart	Länge mm	Durch- messer Mikrons	Baumwollart	Länge mm	Durch- messer Mikrons
Peru, rauh . .	29,9	21,5	Afrika	27,6	20,8
„ , weich . .	30,0	21,5	Indien	—	19,3
Agerian . . .	37,5	—	Hingunghat . .	28,3	20,0
West-Indien .	32,3	19,6	Dhollerah . . .	28,2	21,5
Amerika . . .	—	20,9	Broach	20,9	21,8
Orleans . . .	27,0	19,2	Tinnevelly . . .	23,0	21,0
Upland	29,5	19,4	Dharwar	23,6	21,0
Texas	24,3	16,6	Oomrawuttee . .	24,1	21,5
Mobile	25,0	19,4	Comptah	23,8	21,5
Georgia	25,4	10,3	Madras	21,8	21,8
Mississippi . .	24,2	13,4	Scinde	20,4	21,3
Louisiana . . .	25,0	—	Bengal	25,7	23,7
Tennessee . .	25,1	15,0	China	21,4	24,1

Die Baumwollfaser ist im größten Teil ihrer Länge ziemlich gleichmäßig im Durchmesser, obwohl sie sich am äußeren Ende langsam zuspitzt. Das Ende der Faser tritt in verschiedenen Formen auf: konisch, flach, abgerundet, kolbenförmig usw. Gewöhnlich ist sie sehr dickwandig. Viele Baumwollvarietäten weisen einen deutlichen „Schwanz“ an der Spitze auf, besonders die feineren und längeren Stapel. Diese Schwänze besitzen keine Drehungen und praktisch auch kein Lumen, da der Zwischenraum durch die sekundäre Verdickung fast ausgefüllt wird. Die Spitze selbst ist verschieden geformt, kegelförmig, stumpf, flach, kolbenförmig, obwohl wenig über ihre genaue Beschaffenheit bekannt ist¹.

Diese Enden sollen bei manchen Fabrikationsprozessen, welche dem Spinnen vorangehen, abbrechen, doch ist diese Behauptung nicht nachgewiesen. Die verschiedenen Baumwollvarietäten zeigen sowohl in Länge als auch im Durchmesser der Faser erhebliche Abweichungen; für Sea-Island-Baumwolle ist die Länge annähernd 2 in., während die der indischen Varietäten oft weniger als 1 inch beträgt. Der Durchmesser variiert von 0,00046 bis 0,001 inch, die längsten Fasern haben den kleinsten Durchmesser.

Das Bulletin Nr. 33 (U. S. Dept. Agric.) gibt folgende Werte (siehe Tabelle S. 299), aus vielen Messungen während verschiedener Jahre ermittelt, welche das Maximum und Minimum und die mittlere Länge, wie auch die mittleren Durchmesser der wichtigsten Baumwollfasern angeben.

Bei diesen Messungen ergibt sich als Regel, daß die Faser um so dünner wird, je länger sie ist. Die extreme Variation in obigen Werten

Klumpen, mehr oder weniger auf der Oberfläche der Faser vorkommend, und diese kleinen Partien widerstehen der Färbung oder werden wenigstens viel weniger stark angefärbt als die umgebenden Fasern. Dieses Nichtgefärbtwerden ist hauptsächlich der Tatsache zuzuschreiben, daß diese Fasern so dünnen Querschnitt besitzen, daß sie, obwohl richtig gefärbt wie die übrige Baumwolle, fast ungefärbt erscheinen, in gleicher Weise, wie ein von einer dicken Platte gefärbten Glases geschnittenes dünnes Stück heller erscheint als die Platte. Mit anderen Worten, die Erscheinung beruht auf einem optischen Effekt und nicht auf einem Widerstand der Faser gegenüber dem Anfärben.

¹ Höhnel: Die Mikroskopie der technisch verwendeten Faserstoffe. 1905, S. 30.

in bezug auf die Länge beträgt 0,25—0,30 inch. Im Verhältnis der Masse der Faser ist der Unterschied im Durchmesser viel größer als in der Länge.

Varietät	Länge in inches			Durchmesser Inches
	Max.	Min.	Mittel	
Sea-Island	1,80	1,41	1,61	0,000640
New Orleans	1,16	0,88	1,02	0,000775
Texas	1,12	0,87	1,00	0,000763
Upland	1,06	0,81	0,93	0,000763
Ägypten	1,52	1,30	1,41	0,000655
Brasilien	1,31	1,03	1,17	0,000790
Indische Varietäten:				
Einheimisch	1,02	0,77	0,89	0,000844
Amerikanischer Samen	1,21	0,95	1,08	0,000825
Sea-Island-Samen . .	1,65	1,36	1,50	0,000730

Deschamps¹ klassifiziert die Handelsbaumwolle in a) feine Baumwolle mit Fasern bis zu 20 Mikrons Durchmesser; b) gewöhnliche Baumwolle mit Fasern von 20 bis 23 Mikrons Durchmesser; c) grobe Baumwolle mit Fasern von 23 Mikrons Durchmesser und darüber.

5. Messung des Baumwollstapels. Es gibt zwei charakteristische Merkmale, nach denen der Spinner die Baumwolle einteilt: den Grad und den Stapel. Die Faktoren, welche die Qualität hauptsächlich beeinflussen, sind erstens Blätter, Schmutz, Sand und andere Fremdkörper, zweitens die Farbe und drittens die Behandlung oder das Egrenieren. Der Stapel bezieht sich in erster Linie auf die Länge der Faser und bezeichnet den Prozentgehalt von Fasern in einem gegebenen Quantum. Als Baumwollstapel wird im Handel gewöhnlich Baumwolle von $1\frac{3}{16}$ und mehr inches Faserlänge bezeichnet. Länge, Festigkeit, Glanz, Griff und andere Spinnqualitäten werden nur in allgemeinen Standardwerten angegeben, sind aber im Stapel speziell charakterisiert. Der Stapel der Baumwolle ist tatsächlich ein Ausdruck für ihre Brauchbarkeit für gewisse Zwecke, gewissermaßen als Zusammenfassung der verschiedenen in Betracht fallenden, maßgebenden Eigenschaften. Die Schärfe des Urteils hängt von den verschiedensten Faktoren ab und ist weiter abhängig vom Temperament und den praktischen Erfahrungen in bezug auf die notwendigen Eigenschaften der Faser desjenigen, der die Ausecheidung vornimmt. Es kommt selten vor, daß der Käufer auch seine persönlichen Kenntnisse abstellen kann oder will. Die Schätzung der Baumwollspinner beruht auf einem Mittel verschiedener Faktoren, z. B. auf der Faserlänge; diesem Faktor wird scheinbar aus zwei Gründen besondere Bedeutung zuerkannt: die Länge der Faser deutet in gewissem Grade auch auf andere Eigenschaften hin, und zweitens ist sie am leichtesten zu prüfen. Aus diesem letzteren Grunde erklärt sich am ehesten die Beliebtheit dieser Prüfungsmethode.

Es gibt eine allgemeine Methode zur Bestimmung der Länge der Fasern, die darin besteht, ein Bündel auseinander zu teilen, indem man die einzelnen Haare zwischen Daumen und Zeigefinger auszieht und

¹ Le Coton, S. 165.

die Länge des gebildeten Büschels mißt. Nach diesem Verfahren erhält man nun die Werte für einen gewissen Teil der im Büschel enthaltenen Haare und gibt den relativen Gehalt der im Büschel verborgenen kurzen Haare oder der während der Operation entfernten Fasern nicht an. Eine allgemeine Kenntnis von der Gleichmäßigkeit der Fasern erhält man, wenn man mit jeder Hand ein ziemlich breites Büschel Fasern auszupft; das Auftreten von Ecken an beiden Büscheln zeigt die Regelmäßigkeit der Fasern an, doch ist auch diese Methode unbestimmt. Eine „harte“ Ecke, d. h. eine solche, bei welcher die Enden der Baumwolle alle von gleicher Länge zu sein scheinen, wird als Zeichen für einen regelmäßigen Stapel betrachtet. Diese Methode kann mit verschiedenen Genauigkeitsgraden angewendet werden. Der Kardenmeister beurteilt den Stapel an Hand weniger Haare, welche er aus der gekämmten Probe gezogen hat, während der Baumwollkäufer das Büschel sorgfältig präpariert und jedes einzeln auf einen mit schwarzem Samt oder Plüsch belegten Block legt, sorgfältig mißt und die übrigen Eigenschaften beobachtet. In ersterem Falle entgehen die meisten natürlichen kurzen Haare der Beobachtung, während manche langen beim Kämmen und Reinigen zerrissen worden sind. In letzterem Falle dagegen werden soviel kurze Haare wie möglich zurückbehalten und für die Prüfung verwendet. Ein routinierter Käufer kann bei dieser Methode die Menge des beim Spinnen zu erwartenden Abfalls ziemlich genau ermitteln, vorausgesetzt natürlich, daß die Maschinerie technisch korrekt läuft.

Die obige Methode kann als technische oder kommerzielle betrachtet werden, eine wissenschaftliche ist durch Dr. N. A. Cobb, einem Baumwollxperten, dem früheren Chef des Departments of Agriculture in Washington, D. C., eingeführt worden. Bei dieser Methode werden die Fasern aus der Menge der egrenierten Baumwolle (oder von Samen) genommen und in dünner Schicht zwischen zwei Glasplatten ausgebreitet. Das Bild der Fasern wird auf einen Schirm projiziert unter Anwendung einer Linse und einer starken Lichtquelle. Die Fasern werden so stark belichtet und unter natürlichen Bedingungen auch verschiedene andere Merkmale sichtbar gemacht, wie die Krümmung der Haare, die Drehungen usw. Die Länge der Faser wird durch einen Meßstift, welcher jeder Faser entlang läuft, gemessen. Dr. Cobb schreibt dieser Methode keine praktische Bedeutung zu, doch stellt sie ein wertvolles Hilfsmittel für Untersuchungsarbeiten dar. Ein Nachteil besteht darin, daß zu gleicher Zeit nur wenige Haare gemessen werden können, ferner verlangt das Handhaben des Meßstiftes Übung.

Es wurde erwähnt, daß bei der Vorbereitung des Baumwollbüschels für die Handelseinschätzung der Länge viele kurze Fasern herausgekämmt werden, wahrscheinlich nicht die kürzesten, z. B. von $\frac{1}{4}$ inch, aber meistens die durchschnittlichen Längen. Wenn gerade die ersteren alle entfernt würden, veränderten sie den relativen Gehalt sehr wenig. Zur Erläuterung dieses Effektes wurde eine Kollektion Baumwollfasern aus einem Ballen von $1\frac{3}{16}$ inches amerikanischer Baumwolle nach der Methode von Dr. Cobb gemessen und folgendes erhalten:

Fasern von $\frac{1}{4}$ bis $\frac{3}{8}$ inch	4 %
„ „ $\frac{1}{2}$ „ $\frac{5}{8}$ „	11 „
„ „ $\frac{3}{4}$ „ $\frac{7}{8}$ „	16 „
„ „ 1 „ $1\frac{1}{8}$ inches	18 „
„ „ $1\frac{1}{4}$ „ $1\frac{3}{8}$ „	27 „
„ „ $1\frac{1}{2}$ „ $1\frac{5}{8}$ „	16 „
„ „ $1\frac{3}{4}$ „ 2 „	8 „

Wenn dagegen die Fasern ausgekämmt wurden, bis alle Fasern unter 1 inch Länge eliminiert waren, zeigten die resultierenden ein verschiedenes und offenbar unrichtiges Bild. Das Resultat der Messung war folgendes:

Fasern von 1 bis $1\frac{1}{8}$ inches	26 %
„ „ $1\frac{1}{8}$ „ $1\frac{1}{4}$ „	40 „
„ „ $1\frac{1}{2}$ „ $1\frac{5}{8}$ „	23 „
„ „ $1\frac{3}{4}$ „ 2 „	11 „

d. h. ein ganz verschiedenes Verhältnis vom Standpunkt des Spinners aus. Es ist sehr wohl möglich, daß beim Kämmen auch ein Teil der längeren Fasern verlorengeht.

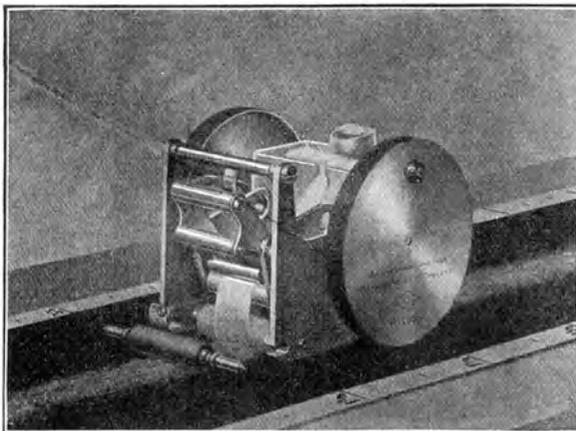


Abb. 179. Sledge Pattern Sorter. Vorderansicht, teilweise aufgedeckt.

Die Einteilung der Baumwolle in Stapel kann betrachtet werden als eine Sortierung der Fasern nach ihrer Länge, unter Ausscheidung von unbrauchbaren Haaren. Jede in der Ausrüstung und Spinnerei gebrauchte Maschine kann auch allgemein als eine Sortiermaschine angesehen werden, die gewisse Faserlängen ausliest oder sie durch entsprechende ersetzt. Der praktische Spinner weiß oder kann sich auf mannigfache Art leicht davon überzeugen, wie seine Schätzung der rohen Baumwolle sich bei den entstehenden Garnen oder Schnitten als richtig erweist; doch müssen da verschiedene Faktoren berücksichtigt werden, wie seine geistige Einstellung im Moment der Auswahl und der Effekt der Maschinen auf diese spezielle Art Baumwolle.

Um individuelle Einflüsse so gut wie möglich auszuschalten, hat Dr. Lawrence Bolls eine mechanische Einrichtung erfunden, welche

eine kleine Menge Baumwolle nach der Länge ihrer Fasern sortiert. Er nennt dieselbe „Sledge Pattern Sorter“ und beschreibt sie ausführlich in einem durch die „Fine Cotton Spinners and Doublers Association Experimental Departement“ herausgegebenen Handbuch. Während dieser Sortierapparat auf der ausscheidenden Wirkung einer Serie von Walzen beruht, unterscheiden sich die in der Spinnerei verwendeten insofern davon, als diese letzteren einen ausgleichenden Effekt auf die verschiedenen Faserlängen besitzen, und das Ziel des Sortierens besteht in einer Fraktionierung, indem die kürzeren von den längeren Fasern geschieden, aber die ganze Kollektion zurückbehalten wird. Ihre Einführung verdankt sie dem Bedürfnis nach einer Methode, welche mit praktisch genügender und eindeutiger Genauigkeit die Länge jedes Haares in einer großen Anzahl von Fasern (welche ihrerseits als bloßes

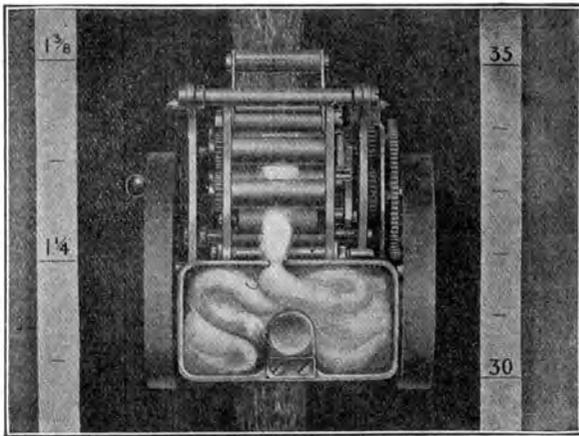


Abb. 180. Sledge Pattern Sorter. Grundriß, zeigt die auf dem Plüsch ausgebreiteten Fasern.

Beispiel dienen) mißt, ohne dabei subjektive Fehler zu begehen, und die Prüfung in kürzester Zeit erlaubt. Die beschriebene Maschine soll diesen Anforderungen genügen.

Das Instrument besteht aus einem kleinen Rahmen, welcher halb gleitet (als Schlitten), halb auf zwei hinteren Rädern einem 6 Fuß langen Streifen schwarzen Plüsch entlang rollt. Der Plüsch dient dazu, die sortierten Haare aufzufangen und zurückzuhalten, während der Wagen alle Handgriffe und Mechanismen enthält, ferner die Büchse, in welche das präparierte Baumwollstück gebracht und den Walzen zugeführt wird. Die zu prüfende Baumwolle wird gekämmt, um die Haare zu entwirren, gedreht, geglättet und parallel in einen Schnitt gebracht, um sie den Walzen in einer Art auszusetzen, daß jede einzelne Faser dem Sortierprozeß unterworfen wird. Diese Operationen können von Hand ausgeführt werden, wobei Sorge getragen werden muß, daß bei jedem Prozeß alle Fasern zurückgehalten werden. Die Menge der im Sortierer zu behandelnden Baumwolle soll 7 g mit einer Länge von 8 inches nicht überschreiten.

Auf dem Plüsch wird etwa ein Büschel von $2\frac{1}{2}$ inches Baumwolle bis zu einer Länge von 72 inches ausgebreitet. Die kurzen Fasern entfallen der unteren Seite der „Delivery“-Walzen zuerst, die langen zuletzt, während die mittleren Fasern in verschiedenen Lagern dazwischen auf dem Plüsch zurückbleiben, jede aber entsprechend ihrer Länge für sich. Um diese Längen anzuzeigen, ist längs des Plüschstreifens eine Skala angebracht, welche in Teile geteilt ist, die einer Faserlänge von $\frac{1}{16}$ inch oder 1 mm entsprechen.

Wenn dieser Apparat auch vom experimentellen Standpunkt aus großen Wert besitzt, ist er praktisch doch nicht brauchbar, wenn es sich darum handelt, aus den Ballen verschiedene Proben von Baumwolle vor dem Kauf zu untersuchen, da der Apparat die Vorbereitung eines besonderen Stückes verlangt, welches nicht aus einer kleinen, mit der Hand herausgezupften Probe hergestellt werden kann.

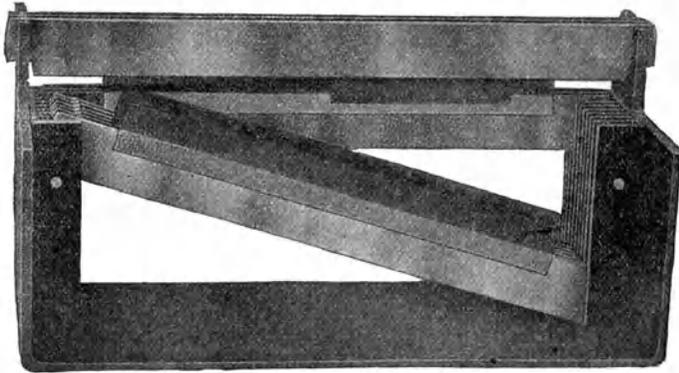


Abb. 181. Baer-Apparat zur Messung von Baumwollstapeln.

Eine andere Form zur Messung der Länge von Baumwollstapeln ist der Baer-Apparat (Abb. 181). Er besteht aus einem Rahmen mit vertikalen Schienen, in welche neun feine Kämme aus Stahlnadeln auf Messinghaltern eingefügt sind. Diese Kämme können mit Hilfe von zwei Hohladeln am oberen Ende der Schienen festgehalten werden. Über den neun Kämmen sind drei weitere, welche so angebracht sind, daß sie zwischen die hinteren vier hinabfallen. Mit dem Apparat verbunden sind ferner ein Paar weitbackige Zangen, um die Fasern aufzuhalten, ein kleiner hölzerner Rechen, um die Fasern in die Drahtkämme zu leiten, und eine Nadel, um die Fasern auszugleichen und parallel zu richten, wenn sie auf die sammetbedeckte Platte gelangen.

Die Probe Baumwolle, welche mit den Fingern gekämmt und geteilt und dann leicht gedreht werden soll, so daß sie einem Stück Faden Nr. 1 von ca. $2\frac{1}{2}$ inches Länge gleicht, wird auf die linke Seite des Apparates quer zu den unteren Kämmen gelegt. Die Spitze des Stümpchens muß etwa 1 inch aus dem Apparat heraussehen. Derselbe wird dann herumgedreht, bis seine hintere Seite gegen den Operateur gekehrt ist, welcher den hervorstehenden Teil der Probe mit den Zangen

Handelsorten der Baumwolle (nach Hannan)

Typ	Varietät	Länge Inches	Durch- messer Inches	Nummer des Garns	Verwendung	Eigenschaften
Sea-Island	Edisto	2,20	0,00063	100—400	Kette od. Einzug	Lang, fein, seidenartig, von gleichmäßigem Durchmesser
	Florida	1,85	0,00063	150—300	do.	Kürzer, aber obiger ähnlich
	Fiji	1,75	0,00063	100—250	do.	Weniger regelmäßig in der Länge, aber seidenartig und zusammenhängend
Ägypten	Tahiti	1,80	0,00063	100—250	do.	Gut, fein, glänzender Stapel
	Braun	1,50	0,00070	120 und weniger	do.	Lang, stark endochromatisch
	Gallini	1,60	0,00066	250 und weniger	Kette	Hochwertiger Stapel von guter Festigkeit
	Menouffieh	1,50	0,00066	200 und weniger	do. Einzug	Von gutem Stapel und Glanz
Peru	Mitaffi	1,25	0,00066	100	Kette od. Einzug	Recht guter Stapel
	White	1,00	0,00078	70	do.	Perlenweiß, guter, langer Stapel
	Rauh	1,25	0,00078	50—70	Kette	Stark, wollig, harter Stapel
	Weich	1,00	0,00078	50—70	Einzug	Weniger wollig und weicherer Stapel
	Rot	1,25	0,00078	40—50	Kette	Farbe schwächer und härter als braune ägyptische Art
	Pernambuco	1,50	0,00079	50—70	do.	Stark und drahtig
	Maranham	1,15	0,00079	50—60	do.	Hart und drahtig
	Ceara	1,15	0,00079	60	Einzug	Gut, weiß, zusammenhängender Stapel
	Paraiha	1,20	0,00079	50—60	Kette	Ziemlich stark, hart, gute Farbe
	Rio Grande	1,15	0,00079	40—50	Einzug	Weich, weiß, harter Stapel
Brasilien	Maceio	1,20	0,00084	40—60	Kette od. Einzug	Weich, biegsam, gut für Strumpfwaren
	Santos	1,30	0,00084	50—60	Einzug	Fremdländisch aus amerikanischem Samen, weicher und seidenartiger Stapel
	Bahia	—	—	40—50	Kette od. Einzug	Ziemlich stark, aber hart und drahtig
	Orleans	1,1	0,00077	34—36	do.	Mittellang, perlweiß
	Texas	1,05	0,00077	32—40	do.	Ähnlich obiger, eher härter und glänzender
	Allanseed	1,20	0,00077	50—60	Kette	Gut, weiß, lang, gemischt mit der braunen ägyptischen Art
	Mobile	1,00	0,00076	40—50	Kette od. Einzug	Gleichmäßiger, weicher und zusammenhängender Stapel
	Norfolks	1,00	0,00076	40—50	Einzug	Für Oldham counts 50's verwendet
	St. Louis	0,90	0,00076	30—32	Kette	Stapel unregelmäßig, glänzend, kurz
	Roanokes	0,90	0,00076	30—34	do.	Weißer und starker Stapel

Boweds	—	—	36	Einzug	Ähnlich der Upland-Art
Benders	1,10	0,00077	60	Kette	Stark, creme oder weiß für Türkischrot
Memphis	1,00	0,00077	40—50	do.	Bläulichweiß, für extra harte Zwirne
Peelers	1,25	0,00077	60—80	Einzug	Lang, seidenartig, feiner Stapel, für Sammet verwendet
Uplands	1,00	0,00077	36—40	do.	Rein glänzend, aber auch dunkel, sandig, blättrig
Alabama	0,90	0,00077	26—30	Kette od. Einzug	Kurz Stapel, wenig Festigkeit, verschiedene Farbe
Linters	—	—	8—10	Einzug	Kurzstapeliger Egrenierabfall
Tennessee	0,90	0,00077	28	Kette od. Einzug	Von verschiedener Länge und Farbe
Smyrna	1,25	—	36—40	Kette	Hart und stark, für Doppelgarne verwendet
Lagos	0,80	—	20—26	Einzug	Dunkel u. ölflechtig, unregelmäßig in Länge u. Festigkeit
Cartagena	1,50	—	26	Kette	Aus fremden Samen, ziemlich stark
La Guayra	1,20	—	40	Kette od. Einzug	Unregelmäßig und kurz, aber seidenartiger Stapel
China	1,00	—	30	Einzug	Hart, kurz und weiß
Queensland	1,75	0,00066	120—200	Kette od. Einzug	Lang, weiß, seidenartig, dünn
Oomrawutte	1,00	0,00083	26—32	Kette	Kurz, stark, weiß
Hingunghat	1,00	0,00083	28—36	Einzug	Bester weißer indischer Stapel
Comptah	1,05	—	—	Kette od. Einzug	Im allgemeinen dunkel und mit Laub behangen
Broach	0,90	—	28—36	Einzug	Wie Hingunghat, für schön weißen Einzug
Dharwar	1,00	—	28	Kette	Fremd aus amerikanischem Samen
Assam	0,50	—	15—20	do.	Weiß, aber hart, mit anderen Arten mischbar
Bengal	0,80	—	20—30	Kette od. Einzug	Wie Comptah
Bilatu	0,50	—	10—20	do.	Weiß, laubig und grob
Dhollehah	0,70	—	15—20	do.	Stark, dunkel, zusammenhängend
Surat	0,60	—	10—15	do.	Dunkel und blättrig, oft fleckig
Seinde	0,50	—	bis 10	do.	Sehr stark, dunkel, kurz, geringer Stapel
Tinnevelly	0,80	—	24—30	do.	Glänzend weiß, weich, für Strumpfwaren geeignet
Bhowunggar	1,00	—	28—30	Kette	Wenn rein, weiß, oft blättrig und schmutzig
Cocoonada	0,70	—	10—14	brauner Einzug	Braun und dunkel, als Ersatz für ägyptische gebraucht
Bourbon	1,00	—	30	Einzug	Fremd, guter Stapel, selten
Kandeish	0,80	0,00083	20—26	Kette od. Einzug	Ähnlich wie Bengal
Madras oder Western	0,70	—	15—20	do.	Für mildere Garne und für grobe Tücher
Rangoon	0,60	—	bis 10	Kette od. Einzug	Schwach, dunkel, oft fleckig und blättrig
Kurrachee	0,90	—	28	do.	Ziemlich stark, dunkel und blättrig
Calabria	1,25	—	26—28	do.	Ziemlich stark, unregelmäßig und dunkel, blättrig
Levante	1,25	0,00077	36—40	Kette	Flach, stark und weiß

faßt und die Faser ausdreht. Um sie zu reinigen, zieht er die Fasern mehrere Male durch den letzten Kamm und legt sie mit einer Seite auf die unteren Kämme, wo sie nachher durch die feineren oberen Kämme erfaßt werden können. Währenddessen sind die Zangen in Berührung mit dem letzten Kamm. Die Operation wird wiederholt, indem man nur die extremen Fasern nimmt, bis alle ausgeschieden, gereinigt und auf die Kämme gelegt sind. Die Fasern werden dann in die Kämme hineingezogen mit dem kleinen Holzrechen. Dann werden die drei oberen Kämme in ihre Stellung gebracht, wobei die Zähne durch den vorbereiteten Strang hindurchgehen. Hierauf wird der Apparat umgedreht, so daß der vordere Teil gegen den Operateur steht und auf die Sammetplatte ein Kreidestrich als Grundlinie gezogen. Wenn Fasern hinter dem ersten Kamm hervorstehen, wird die längste von ihnen durch die Zange erfaßt, herausgezogen und auf die linke Hälfte der Platte gelegt. Diese Operation wiederholt sich, wobei die Kämme in dem Maße ausgeschaltet, wie die längeren Fasern entfernt werden. Endlich werden auch die oberen Kämme sukzessive mit den unteren entfernt, bis das letzte Fäserchen auf die Sammetplatte gelegt ist.

Der Zweck des Apparates ist, aus einer Probe Baumwolle eine Auswahl von Fasern nach ihrer Länge herzustellen und sie so zusammenzustellen, daß ein genaues Diagramm entsteht. Dasselbe wird hergestellt, indem man, wie oben beschrieben, die einzelnen Fasern nebeneinander auf eine sammetbedeckte Aluminiumplatte legt. Über dieses Faserdiagramm legt man eine Glasplatte, welche in Inches eingeteilt ist und so eine genaue Messung und Gehaltsbestimmung gestattet. Noch eine andere Methode besteht darin, über das Diagramm ein durchsichtiges kariertes Papier zu spannen, auf welches der Umriß des Diagramms gezeichnet und so ein bleibendes Resultat von dem Beispiel erhalten werden kann.

6. Stapel von Handelsbaumwolle. Hannan gibt in der Tabelle auf S. 304 u. 305 die Arten und Qualitäten der im Handel vorkommenden Baumwolle an.

Auf den Tabellen S. 308 und 309 ist die Beschreibung der hauptsächlichsten Baumwollvarietäten nach Monie angeführt. Die Angaben unterscheiden sich in mancher Hinsicht von denen Hannans, so daß vorteilhaft beide zum Vergleich herangezogen werden. In Verbindung mit diesen Zusammenstellungen bemerkt Monie, daß die Fiji- und Sea-Island-Baumwolle die unregelmäßigste in bezug auf die Länge der Fasern sei, die größte Differenz betrage $\frac{1}{2}$ inch. Da lang- und kurzfaserige Baumwollarten zusammengesponnen nie in Aussehen und Fläche regelmäßige Garne ergeben, fällt bei obigen Arten bei der Verarbeitung ziemlich viel ab. In jeder Spinnmaschine, in welcher sie verwendet werden, findet man, daß die Menge der abfallenden „Flaums“, Kämmlinge usw., sehr groß ist. Der Grund liegt darin, daß in jeder Baumwolle, welche kurze und lange Fasern enthält, die langen und starken Haare die kurzen und schwachen auszuscheiden suchen. Die regelmäßigste Baumwollart ist die Orleansbaumwolle. Beim Vergleich der Durchmesser verschiedener Arten mit ihrer Länge

findet man, daß die längsten Fasern im allgemeinen zugleich die feinsten sind.

Höhnel gibt folgende Werte für die Dicke verschiedener Baumwollarten:

	Dicke in Mikron:
Nordamerika:	
Sea-Island	14
Louisiana und Alabama	17
Florida	18
Upland und Tennessee	19
Süd- und Zentralamerika	15—21
Mittel	19
Ostindien:	
Dhollerah in Bengal	20
Madras	28
China:	
Nankin	25—40
Ägypten:	
Makko	15
Levante	24
Europa:	
Spanische	17
Italienische	19

Nach Wiesner ist die Baumwollfaser nicht direkt an der Basis am dicksten, sondern mehr oder weniger gegen die Mitte zu (Abb. 182). Er gibt folgende Werte für verschiedene Teile der Faser an:

Stellung	G. arboreum	G. acuminatum	G. herbaceum
	25 mm lang Mikron	28 mm lang Mikron	25 mm lang Mikron
Spitze	0	0	0
1	8,4	4,2	4,2
2	21	21,6	5,8
3	29	16,8	10,0
4	25	29,4	16,8
5	29	17,0	21,0
6	25	21,1	16,9
7	21	21,1	21,0
Basis	17	21,0	16,8
Mittel	19,5	16,9	12,5

Die Länge der an einem einzelnen Samenkorn haftenden Baumwollfasern ist bei weitem nicht konstant. Die längste Faser findet sich gewöhnlich an der Spitze des Samens, während die kürzeste an der Basis erscheint. Da entsteht gewöhnlich ein Unterwuchs von sehr kurzen, filzigen Fasern. Das Baumwollsamenkorn ist mehr oder weniger eckig, und die längsten Fasern wachsen aus

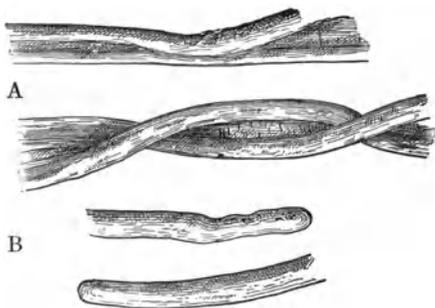


Abb. 182. Baumwollfaser. A Mittlere Teile der Faser; B Spitze.

Handelsorten der Baumwolle (nach Monie).

Handelsname	Länge der Faser Inches			Größte Diffe- renz Inches	Mittlerer Durch- messer der Faser Inches	Counts des Garns	Klasse Z = Zwirn E = Bin- zug	Merkmale
	Max.	Min.	Mittel					
	Sea-Island	2	1,75						1,87	0,25	0,000635	180—300	Z u. E	Längster und kleinster Durchmesser, seidenartig, frei von Verunreinigungen, enthält etwas kurze und unentwickelte Fasern.
Florida	1,81	1,50	1,65	0,31	0,000367	150—200	do.	do.
Fiji, Sea-Island	2,12	1,67	1,87	0,50	0,000637	150—200	do.	Der vorigen ähnlich, aber schwächer und mehr unreife Fasern enthaltend.
Gallini	1,67	1,25	1,43	0,37	0,000675	70—150	do.	Von leicht goldgelber Farbe, sehr stark und leichter auf Garn zu verarbeiten als Sea-Island.
Peruvian, Sea-Island	1,75	1,37	1,56	0,37	0,000675	80—140	do.	Nicht so fein oder seidenartig wie Sea-Island selbst, leicht goldfarben, Fasern mäßig stark, kann viel Schmutz enthalten.
Tahiti, Sea-Island	1,75	1,25	1,50	0,50	0,000641	100—130	E	Ähnlich Fiji in Farbe und Aussehen, aber ziemlich schwach, enthält mehr „Noppen“.
Brown, Ägypten	1,50	1,12	1,31	0,37	0,000738	50—90	Z + E	Goldfarben, stark, rein und leicht zu verarbeiten.
Rough, Ägypten	1,44	1,12	1,28	0,31	0,000781	40—70	Z	Hell, cremefarben, Griff hart und drahtig, sehr rein, mäßig stark.
Smooth, Ägypten	1,44	1,12	1,28	0,31	0,000769	40—70	E	Weich, glatt, biegsam; gleicht der Orleans in der Farbe, im übrigen der Rough-Varietät.
White, Ägypten	1,37	1,12	1,25	0,25	0,000769	40—70	Z + E	Enthält ziemlich viel gebrochene Blätter, Farbe hellgoldene, Fasern ziemlich stark.
Pernambuco	1,37	1,12	1,25	0,25	0,000787	40—60	Z	Feinste brasilianische Art, in der Farbe der obigen ähnlich, härter und drahtiger im Stapel.
Maranham	1,19	0,94	1,06	0,25	0,000787	30—52	Z + E	Dunkel goldfarben, Fasern nicht so stark wie Pernambuco, hier und da stark schmutzig.
Ceara	1,19	0,87	1,03	0,32	0,000787	30—50	do.	Ziemlich rein, Farbe grauweiß, mittelstark.

Orleans	1,12	0,94	1,03	0,19	0,000757	30—50	do.	Feinste weiße amerikanische Baumwolle, meist rein, sparsam, Fasern weich, feucht und ziemlich stark.
Texas	1,12	0,87	1,00	0,25	0,000763	30—50	do.	Hellgoldfarben, im übrigen ähnlich Orleans.
Upland	1,06	0,81	0,94	0,25	0,000763	bis 42	E	Ähnlich Orleans, aber etwas schwächer.
Mobile	1,00	0,75	0,87	0,25	0,000763	bis 36	do.	Nicht so rein wie Orleans oder Upland, nicht ganz so stark.
Smyrna	1,12	0,87	1,00	0,25	0,000769	„ 42	do.	Grauweiß, ziemlich rein, mittelstark.
Westindische	1,37	1,06	1,22	0,31	0,000769	„ 40	Z + E	Mehr oder weniger verunreinigt, mäßig stark, Fasern eher hart und trocken.
Afrikanische	1,19	0,87	1,03	0,31	0,000819	„ 36	Z	Klar goldfarben, enthält immer etwas kurze Fasern, sonst ziemlich rein, mäßig stark.
Hingunghat	1,19	0,87	1,03	0,31	0,000833	„ 36	Z	Hellgoldfarben, Fasern stark, oft ziemlich schmutzig, feinste indische Varietät.
Broach	1,00	0,69	0,84	0,37	0,000833	„ 28	Z + E	Goldfarben, ziemlich rein, mäßig stark.
Tinnevelly	1,06	0,69	0,87	0,25	0,000826	unter 20	Z	Ziemlich stark, dunkel cremefarben, sehr elastisch, mäßig rein.
Dharwar	0,93	0,69	0,87	0,25	0,000826	bis 20	Z + E	Ziemlich rein, viel gebrochene Fasern, ähnlich Broach.
Oomrawuttee	1,06	0,75	0,90	0,31	0,000847	„ 20	do.	Immer eher schmutzig, cremefarben, stark, regelmäßig.
Dhollerah	1,06	0,84	0,93	0,25	0,000847	„ 20	E	Sehr schmutzig, weißlich, Fasern eher schwach.
Madras (Western)	1,00	0,75	0,87	0,25	0,000833	„ 20	Z	Sehr schmutzig und verlustreich beim Verarbeiten, ziemlich stark, dunkler als Oomrawuttee.
Comptah	1,00	0,75	0,87	0,25	0,000847	„ 15	E	Enthält viel Blätter, in feine Stückchen zerbrochen, braun, Fasern eher schwach.
Bengal	1,00	0,75	0,87	0,25	0,000869	„ 15	Z	Sehr unrein, Fasern hart, aber stark, goldfarben.
Scinde	0,87	0,50	0,65	0,37	0,00084	„ 12	Z + E	Die geringste Handelsbaumwolle, ziemlich rein, grauweiß.

dem breiten, die kürzesten aus dem schmalen Ende. Zu gleicher Zeit wird der Samen bedeckt mit einer Schicht kurzer Haare (2—3 mm Länge), welche meist gelb, braun oder schmutziggrün gefärbt und sehr dünnwandig und schwach sind. Dieser Unterwuchs erscheint als feiner Flaum über dem ganzen Samen, wie bei *G. flavidum*, *arboreum*, *hirsutum*, oder mehr an der Spitze und Basis des Samens, wie bei *G. conglomeratum* und *religiosum*.

Bei der Egrenage bezweckt man nicht die Entfernung dieser sehr kurzen Haare, aber mehr oder weniger davon erscheinen trotzdem nachher in der Baumwolle. Die kurzen Fasern werden „Noppen“ genannt (neps), und ihr Vorkommen in beträchtlicher Menge beeinträchtigt den Handelswert der Baumwolle.



Abb. 183. Wurzel der Baumwollfaser. Man sieht die unregelmäßige Abbruchstelle, herührend vom Reißen der Faser vom Samen.

Diese kurzen Noppen scheinen aus unvollständig entwickelten und unreifen Fasern zu bestehen, obwohl sie sich auch durch Brechen der Fasern bei unvollkommener Handhabung beim Kämmen und Spinnen bilden können.

Bowman gibt folgende Werte über die extreme Variation in der Länge und im Durchmesser von verschiedenen Baumwollarten an:

Baumwolle aus	Variation in der Länge. Inches	Variation im Durchmesser. Inches
Amerika (Orleans)	0,28	0,000390
Sea-Island	0,39	0,000360
Brasilien	0,28	0,000340
Ägypten	0,22	0,000130
Indien (Surate)	0,25	0,000391

Nach den Messungen von Wiesner besitzt die mittlere Weite (Durchmesser auf der Breitseite) bei verschiedenen Baumwollen folgende Werte:

<i>Gossypium herbaceum</i>	18,9 Mikrons
„ <i>barbadense</i>	25,2 „
„ <i>conglomeratum</i>	25,5 „
„ <i>acuminatum</i>	29,4 „
„ <i>arboreum</i>	29,9 „
„ <i>religiosum</i>	33,3 „
„ <i>flavidum</i>	37,8 „

Bowman macht darauf aufmerksam, daß die ägyptische Baumwolle in bezug auf Länge und Durchmesser die regelmäßigste ist. Die Sea-Island-Art variiert, obwohl sie die größte Länge und Feinheit der Faser aufweist, auch am stärksten.

Es ist ferner bemerkenswert, daß der Durchmesser viel stärker variiert als die Länge. Bowman zeigt einen interessanten Vergleich

der Dimensionen der Baumwollfaser. Wenn eine einzelne amerikanische Baumwollfaser vergrößert würde, bis ihr Durchmesser 1 inch beträgt, so würde sie über 100 Fuß lang, während eine Sea-Island-Faser von gleichem Durchmesser 130 Fuß messen würde. Es braucht 14000—20000 Fasern von amerikanischer Baumwolle für 1 grain (englisch), also enthält 1 Pfund 140000000 davon, und jede Faser wiegt im Mittel nur etwa 0,00006 grain. Wenn die einzelnen Fasern von

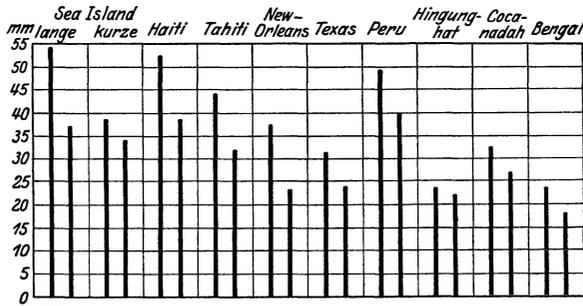


Abb. 184. Vergleichende Längen verschiedener Baumwollarten (Maxima und Minima). (Nach Lecomte.)

1 Pfund Baumwolle in eine gerade Reihe gelegt würden, bedeckten sie eine Linie von 2200 Meilen¹.

Höhnel gibt folgende Tabelle der verschiedenen Baumwollvarietäten, nach ihrer Stapellänge geordnet, an:

Gossypium	barbadense (Sea Island)	. . .	4,05 cm
„	„ (Brasilien)	. . .	4,00 „
„	„ (Ägypten)	. . .	3,89 „
„	vitifolium (Pernambuco)	. . .	3,59 „
„	conglomeratum (Martinique)	. . .	3,51 „
„	acuminatum (Indien)	. . .	2,84 „
„	arboreum (Indien)	. . .	2,50 „
„	herbaceum (Mazedonien)	. . .	1,82 „
„	„ (Bengal)	. . .	1,03 „

7. Physikalische Daten der Baumwollfaser. Die folgende Tabelle von Dr. W. L. Ball gibt Aufschluß über die physikalischen Eigenschaften der Baumwollfaser:

¹ Burhett (Cotton, S. 328) macht folgende Angaben über den Wert der aus einem Pfund roher Baumwolle im Werte von 10 cents (amerik.) entstehenden Produkte:

1 1/2 yards	Denien gelten	. . . . .	18 cents
4	„ Betttücher gelten	. . . . .	20 „
4	„ gebleichter Musselin gelten	. . . . .	32 „
7	„ Calico gelten	. . . . .	35 „
6	„ Gingham (Gingam) gelten	. . . . .	45 „
10	„ Shirtwaists (Unterleibchen) gelten	. . . . .	\$ 1,50
16	„ Lawn gelten	. . . . .	\$ 2,50
25	„ Handkerchiefs (Taschentücher) gelten	. . . . .	\$ 2,50
56	„ Spulen Nr. 40 (Nähfaden) gelten	. . . . .	\$ 2,80

Diese Werte gelten nur als Mittel für das Jahr 1910.

	Sea- Island	Ägypten	Amerika	Peru	Mittel
Gewöhnliche Länge (inches)	2	1,37	1	1,25	
Stapellänge (inches)	2,25	1,75	1,37	1,75	
Bandweite (mm · 10 ⁻⁴)	154	194	202	215	191
Gewicht pro m ³ Haare (mg · 10 ⁻⁵)	97	136	171	225	165
Bruchhaare (g)	3,92	4,70	5,04	7,00	5,16

In bezug auf die Dimensionen von Gewicht und Länge sind folgende Angaben interessant: Ein einzelnes Haar hat im Mittel 2 deniers, die Festigkeit beträgt 2—3,5 g pro denier (ähnlich der entbasteten Seide). Wird das Baumwollgewebe als Zylinder angenommen (mittlerer Durchmesser angegeben), so entsprechen 0,2 mg pro Meter Länge 0,315 mm³ und, das spezifische Gewicht der Baumwolle zu 1,53 angenommen, einem Volumen von 0,130 mm³, d. h. 40% des obigen Wertes. Das Volumen der eingeschlossenen Luft beträgt 0,185 mm³ oder 60%. Für 100er Baumwollgarn gilt:

Durchmesser des Fadens	0,1 mm
Volumen von 10 m	78,6 mm ³
Gewicht von 10 m	60,0 mg

Das Volumen des Garnzylinders repräsentiert ungefähr 50% Baumwollsubstanz und 50% Luftraum, und die entstehende Oberfläche des Zylinders beträgt ungefähr 550 cm².

Pierce¹ gibt folgende interessante physikalische Daten über die Baumwollfaser, als Mittel vieler Versuche:

Varietät	Länge cm	Steifheit Dyn · cm ²	Gewicht 10 ⁻⁶ g
Sea-Island	4,2—5	0,010—0,021	5,9—6,7
Ägypten, nubarri	3,6	0,024	6,3
„ affifi	3,1	0,032	5,6
Peru, Kreuzung	2,9	0,063	7,7
Trinidad, einheimisch	2,6	0,045	4,9
Upland, Memphis	2,6	0,039	5,3
Amerika, FGM	2,4	0,061	5,6
Upland, cross	2,3	0,045	5,0
Pernams	2,2	0,071	6,7
Indien, Bharat	1,7	0,111	5,8

Die Steifheit der Faser bedeutet die Torsion oder die drehende Kraft, welche eine Faser von 1 cm Länge einer einmaligen vollständigen Drehung entgegensetzt. Von Pierce stammt auch folgende Tabelle, welche die physikalischen Werte für die Baumwollfaser, annähernd aus der Stapellänge berechnet, enthält:

Stapellänge	L (in cm)
Fasermasse	$5,8 \cdot 10^{-6} g$
Masse pro cm	$(5,8/L) \cdot 10^{-6} g$
Wandquerschnitt	$(3,9/L) \cdot 10^{-6} cm^2$
Steifheit (Rigidity)	$0,3/L^2$ Dyn · cm ²
Tragfähigkeit	$20/L g$
Fasern	$1000 L/N$ oder $(L''/4 N) \cdot 10^4$ $300 t/L \cdot N$ oder $300 p/L \sqrt{N}$

¹ Journ. Text. Ind. 1923, S. 7.

Die Dichte der Baumwollfaser ist zu 1,51 angenommen, N ist die Nummer des Garnes, L'' ist die Stapellänge in inches, t ist die Zwirnung und p der Spinnfaktor t/\sqrt{N} .

8. Anatomische Struktur. Wie aus ihrem Verhalten zu ammoniakalischer Kupferoxydlösung hervorgeht, scheint die Baumwolle aus vier strukturell voneinander deutlich verschiedenen Teilen zu bestehen. Wenn sie mit der erwähnten Lösung behandelt und dann unter dem Mikroskop betrachtet wird, so sieht man, daß die Faser aufquillt, aber nicht einheitlich; in regelmäßigen Abständen scheinen ringartige Partien vorhanden zu sein, welche nicht quellen. Infolgedessen nimmt die Faser eine Form eines aufgeblasenen Rohres an, in gewissen Abständen nach der Art einer Reihe Würste eingeschnürt (Abb. 185). Höhnel schreibt diese Einschnürungen einem Mehrgehalt an Kutikula zu; er erklärt ihre Bildung so, daß die Faser so stark anschwillt, daß

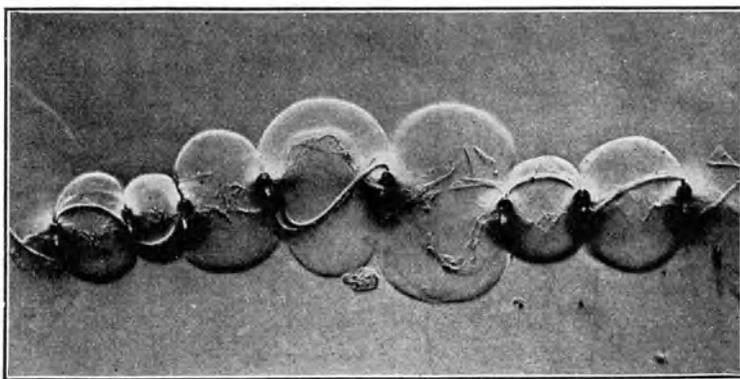


Abb. 185. In Schweitzers Reagens aufgequollene Baumwolle. (Herzog.)

die unveränderte Kutikula aufbricht, welche an gewissen Stellen an der Faser in Form von unregelmäßigen Fetzen, welche nur schwer sichtbar sind, haftenbleibt. An anderen Stellen, wo die Risse schief zur Faser entstehen, wird die Kutikula eingedreht in ringförmige Bänder um die Faser herum, während zwischen diesen Ringen die stark gequollene Zellulose in Form von Kugeln auftritt. Die innere Membran oder der Kanal, welcher übrigbleibt, wenn der Rest der Zellulose gelöst ist, besteht aus einem sehr dünnen Gewebe von getrocknetem Protoplasma, welches in der lebenden Faser vorhanden war.

Nach Höhnel ist das Lumen der Baumwolle sehr klein, da die Zellwände der vorderen und hinteren Seite fast aneinanderstoßen. Es ist zum Teil mit Luft und zum Teil mit einer sehr dünnen Schicht getrocknetem Protoplasma, welches in der lebenden Faser enthalten ist, gefüllt. Diese Membran, welche offenbar aus trockenem Eiweiß, wie die Kutikula, besteht, bleibt nach der Lösung der Zellulose sowohl in ammoniakalischem Kupferoxyd, als auch in konzentrierter Schwefelsäure ungelöst zurück. Da die Faser während des Lösens 40—60% kürzer wird, tritt dasselbe auch bei ihren Bestandteilen auf, welche infolge der gebildeten Falten kreuzförmige Marken zeigen.

In gebleichter Baumwolle soll die Kutikula fast vollständig fehlen, und infolgedessen zeigt sie beim Lösen nicht die oben erwähnte Erscheinung. Wenn die Faser durch die Einwirkung der Schweitzerschen Reagens stark gequollen ist, beginnt sie sich aufzulösen, wonach die Wände des inneren Kanals gut sichtbar werden. Die Lösung schreitet rasch fort, aber offensichtlich befindet sich eine dünne Kutikulaschicht um die Faser herum, welche der lösenden Wirkung viel länger widersteht als der Inhalt. Die Wände des Lumens widerstehen dem Reagens noch länger als die äußere Haut; die Einschnürungen bleiben auch bestehen, wenn der Rest der Zellulose gelöst ist.

Auf diese Weise kann man vier strukturelle Bestandteile unterscheiden:

a) Die eigentliche Zellwand, wahrscheinlich aus reiner Zellulose bestehend und im Reagens rasch und vollständig löslich.

b) Eine äußere Kutikula, aus veränderter Zellulose bestehend und widerstandsfähiger gegen Lösungsmittel.

c) Die Wand des inneren Kanals, welche vom Reagens noch weniger gelöst wird als die Kutikula.

d) Die ringförmigen Einschnürungen in Abständen um die Faser, welche auch noch widerstehen, wenn die Lumenwand gelöst ist.

Die Kutikula kann nicht immer deutlich unterschieden werden, da sie bald dünner, bald dicker, glatt oder rauh erscheint. Die dünnste und glatteste findet sich bei der Sea-Island-Baumwolle, d. h. der *Gossypium barbadense*, während die gröberen Varietäten, wie *G. flavidum*, *arborescens*, *herbaceum* und *religiosum*, eine harte, grobkörnige Kutikula besitzen. Damit im Zusammenhang ist das dunkle Aussehen dieser letztgenannten Varietäten. Bemerkenswert ist das Körnigwerden der Kutikula unter der Einwirkung von Luft. Die Streifen und andere strukturellen Merkmale, welche für die Baumwolle von Bedeutung sind, befinden sich hauptsächlich in der Kutikula. Die Zelluloseschicht selbst zeigt weder Flecken irgendwelcher Art noch andere strukturelle Eigentümlichkeiten. In gut gebleichter Baumwolle (Garn, Stoff usw.) soll die Kutikula fast vollständig entfernt sein. Auf der Oberfläche der Faser findet man sie gar nicht, und infolgedessen zeigt die gebleichte Faser beim Lösen mit ammoniakalischem Kupferoxyd nicht die oben erwähnten Erscheinungen.

O'Neill hat zuerst (1863) sich über diese komplexe Struktur der Baumwolle geäußert. Er sagt: „Ich glaube in den Baumwollhaaren vier verschiedene Teile unterscheiden zu können: Erstens die äußere Haut, welche sich in der Kupferlösung nicht löst; zweitens die eigentliche Zellulose dahinter, welche sich löst, wobei sie zuerst sehr stark aufquillt und die äußere Membran sprengt; drittens spiralförmige Fasern, offenbar in der äußeren Haut oder zu ihr gehörend, welche sich nicht leicht lösen. Dieselben sind nicht so elastisch wie die äußere Haut und finden sich als Schnüre auf ihr und bewirken dabei eine kugelartige Quellung von interessantem Aussehen. Viertens findet sich noch eine unlösliche Substanz im Kern des Haares, welche sehr den zusammengeschrumpften Hüllen im Innern der Federkiele gleicht. Er bemerkt

auch, daß die unlösliche Substanz bei gebleichter Baumwolle nicht vorkommt, und schließt daraus, daß sie entweder weggelöst oder eine harzige Schutzschicht entfernt worden sei, wonach sie löslich wurde. Ebenso erhält er im allgemeinen die gleichen Resultate bei der Behandlung mit Schwefelsäure oder Chlorzink an Stelle des ammoniakalischen Kupferoxyds.

Nach Butterworth, welcher die mit ammoniakalischem Kupferoxyd behandelte Baumwolle unter einer 1600fachen Vergrößerung betrachtete, finden sich spiralförmige Fäden, welche kreuz und quer über die Faser in unregelmäßigen Abständen verlaufen, ebenso solche, welche von einer Einschnürung zur andern führen. Der Kern der Faser hat spiralförmige Form und zeigt im Querschnitt konzentrische Ringe.

Es scheint ein Unterschied in der Reaktion von ammoniakalischer Kupferoxydlösung auf Fasern von verschiedener physiologischer Beschaffenheit zu bestehen. Unentwickelte oder unreife Fasern lösen sich leicht, ohne strukturelle Ungleichheiten zu zeigen. Die zylinderförmigen Fasern quellen ganz auf und lösen sich zum Schluß ohne Rückstand, außer daß in manchen Fällen die innere Kanalwand zurückbleibt.

Minajeff¹ hat die Struktur der Baumwolle unter der Einwirkung von konzentrierter Natronlauge untersucht, hauptsächlich im Zusammenhang mit der Merzerisierung. Seine Resultate können in folgendem zusammengefaßt werden: 1. Die Kutikula der rohen Faser widersteht der Reaktion mit ammoniakalischem Kupferoxyd, konzentrierter Schwefelsäure und Alkalien. Die Kutikula der Faser zeigt die gleichen Eigenschaften, aber weniger deutlich, während diejenige der oxydierten Faser schwach und brüchig ist. 2. Die Faserwand quillt in Kupferammoniumlösung auf und löst sich, ebenso in konzentrierter Schwefelsäure, unter Bildung von amyloidähnlichen Körpern. 3. Die innere Protoplasmaschicht ist in ihrem Verhalten der Kutikula sehr ähnlich.

Die feinste mikroskopische Untersuchung der Baumwolle hat keine Anhaltspunkte für eine zelluläre Struktur der Zellulosebestandteile der Faser ergeben, sie bestehen wahrscheinlich aus feinen Schichten spiralförmig ineinander liegender Fäserchen.

Die spiralförmige Fibrille, die in der Zellwand der Baumwollfaser auftritt, kann leicht bei nur mäßiger Vergrößerung bei den für die Papierfabrikation verwendeten, desintegrierten Baumwolllumpen beobachtet werden. Die Baumwollfasern wurden durch die vorhergehende Behandlung so aufgerissen und mechanisch zerquetscht, daß die einzelnen Fasern oft gut sichtbar wurden. Kuhn stimmt mit dem Verfasser in der Auffassung überein, daß die Faser aus spiralförmig liegenden Fibrillen aufgebaut ist, und er schreibt die Absorptionsfähigkeit der Baumwolle gegenüber Lösungen den zwischen diesen Fasern entstehenden durchlässigen Zwischenräumen zu. Auch Bowman² weist darauf hin. Dagegen vertritt Balls³ die Ansicht, daß die Struktur der Baumwollfaser stark von ihrer Entwicklung und dem Wachstum abhängt.

¹ Zeitschr. Farben-Ind. 1907, S. 233, 252, 309, 345.

² Structure of Cotton Fiber, S. 105. ³ The Cotton Plant in Egypt, S. 84.

Er gibt an, daß die konzentrischen Zelluloseschichten im Innern der empfindlichen Kutikula abgelagert werden, bis die definitive Dicke erreicht ist. Indem er ein Quellmittel auf Baumwolle, welche aus bekannten Samen erhalten war, einwirken ließ, war Balls imstande, das Vorhandensein dieser Ringe definitiv bis zu einer Zahl von 25 mit einer mittleren Dicke von je ca. 0,4 Mikron nachzuweisen, welche Zahl mit der Zahl der Tage, seitdem das Längenwachstum aufgehört hatte, übereinstimmte. Er führte die Verschiedenheit der ägyptischen von jeder andern Baumwollart auf das Stehenbleiben des Wachstums infolge des „Sonnenscheineffektes“ in der Mitte jedes Tages in Ägypten zurück.

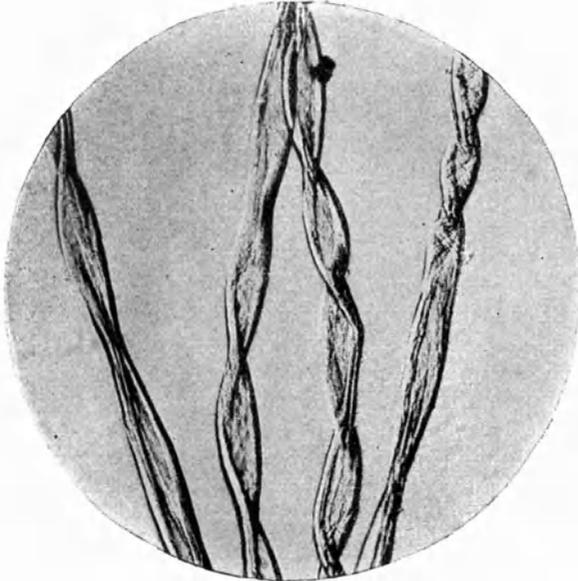


Abb. 186. Sea-Island-Baumwolle (185fach). (Herzog.)

Diese spirilige Struktur der Zellwände ist in Widerspruch mit den Angaben von de Mosenthal¹, welcher annimmt, daß die Baumwollzellulose aus kleinen sphärischen Körnchen von ca. 1 Mikron Durchmesser bestehe. Alle Autoritäten auf dem Gebiete der Mikroskopie sind aber gegen diese Ansicht der Struktur der Baumwolle.

Nach Dreaper² besteht die äußere Schale der Baumwollfaser aus reiner Zellulose, während die inneren Schichten sekundäre Zelluloseablagerungen sind, oder durch stufenweise Verdickung der äußeren Schichten sich bilden.

Ob die Substanz der äußeren Wandung der Baumwolle unter den allgemeinen Namen Kutin einbezogen werden kann, ist ein Problem chemischer Natur. Seine genaue Zusammensetzung ist nicht bekannt und Untersuchungen darüber sind im Gange. Sie ist sicher wachs- oder

¹ Journ. Soc. chem. Ind. 1904, S. 292.

² Chemistry and Physics of Dyeing, S. 12.

fettartiger Natur, gegenüber Säuren und Zelluloselösungsmitteln widerstandsfähig, gegen Alkalien empfindlich, welche nach Haller¹ bei der Merzerisation ihr Verschwinden bewirkten. Die Kutikula wurde lange Zeit als gegen mechanische Schädigung sehr empfindlich betrachtet, und von Garnen herrührende Haare zeigen oft abgeschabte Stellen und Risse, eine Tatsache, welche von Butterworth 1881 mitgeteilt, seither aber offenbar übersehen wurde. Solche abraisierte Stellen sind in trockener Baumwolle unter schwacher Vergrößerung in reflektiertem Licht als glänzende Flecken von körniger Beschaffenheit sichtbar, während von Pressungen herrührende Risse am besten gesehen werden

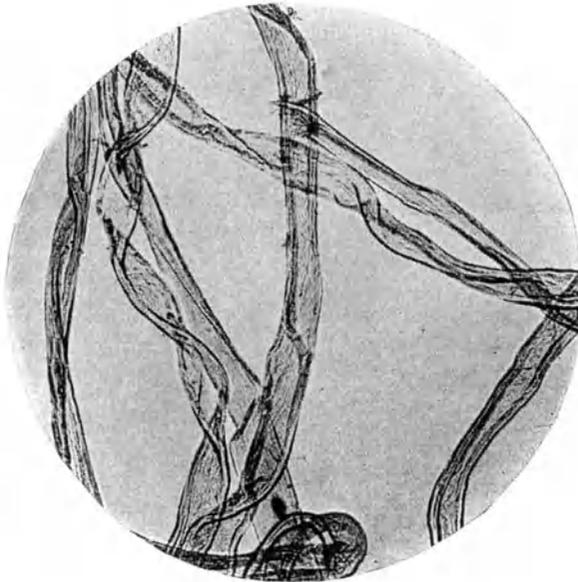


Abb. 187. Uplandbaumwolle (185fach). (Herzog.)

können, wenn die Probe in einem brauchbaren Medium unter stärkerer Vergrößerung betrachtet wird.

Eine Erscheinung in der Struktur der Baumwollfaser, die Gegenstand vieler Diskussionen war und zu gleicher Zeit in der Bleicherei und Färberei von großer Bedeutung ist, betrifft das Auftreten von Löchern oder Öffnungen in den Zellwänden. Risse, welche mehr oder weniger spiralförmig längs der Kutikula verlaufen, wurden von verschiedenen Forschern beobachtet, und sie können auch durch unrichtige mechanische Behandlung der Faser entstanden sein. Eigentliche Poren in der Kutikula dagegen sind von Mosenthal gefunden worden². Diese Löcher oder Poren, denen er den unglücklichen Namen „Stomata“ gegeben hat, treten nach ihm in Form von schrägen Reihen oder in schrägen Kanälen liegend auf. Es wird gewöhnlich als feststehend beobachtet, daß die den ersten Wall bildende Zellulose verschieden ist von der sekundären

¹ Text.- u. Färberei-Zg. 1907, S. 221. ² Journ. Soc. Chem. Ind. 1904, S. 292.

Ablagerung; während die Beziehung der Kutinsubstanz zur Substanz der Faserwand nicht bekannt ist, ob sie z. B. in ihrer Masse dispergiert ist oder mehr einen äußeren Mantel bildet (welch letzteres auf Grund ihres Verhaltens gegen Kupferammoniak richtiger erscheint), so besteht doch eine deutliche Verschiedenheit in der chemischen Zusammensetzung des Zellsaftes zu der Zeit, wo das Längenwachstum aufhört und die sekundäre Entwicklung beginnt. Die jungen Haare sind außerordentlich adstringent und enthalten möglicherweise Tannin, da sie beim Eintauchen in eine Eisensalzlösung schwarz werden, was bei reifen Fasern nicht der Fall ist.

9. Mikroskopie der Baumwollfaser. Die mikroskopischen Merkmale der Baumwollfaser sind so deutlich, daß sie leicht von allen anderen

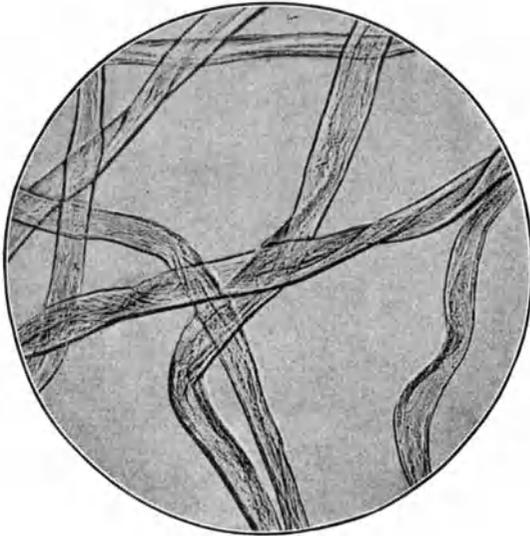


Abb. 188. Indische Baumwolle. (Herzog.)

unterschieden werden kann. Wie vorhin bemerkt, erscheint sie als flaches Band, um ihre Längsachse mehr oder weniger gedreht (Abb. 186, 187, 188). Die Kanten der Faser sind etwas verdickt und zeigen gewöhnlich unregelmäßige Runzeln. Manchmal treten auch eher glatte Bänder mit weniger oder nicht verdickten Kanten auf. Nach Höhnel erscheint die Faser als breites, feinkörniges Band, welches längs der Achse wiederholt gedreht ist. In diesem Falle sind die Wände relativ

dünn, die Faser ist 3—4mal so breit wie dick und das Lumen ist 3—4mal so breit als die Wände. Das alles ist wichtig bei der Betrachtung der gröberen Sorten Baumwolle (z. B. der indischen), deren maximaler Durchmesser 30 μ m beträgt. Bei den feineren Varietäten (Nordamerika, Ägypten), speziell der *G. barbardense*, erscheint die Faser nicht oder nur leicht zusammengedrückt, nur leicht seilförmig gezwirnt, relativ dickwandig und infolgedessen mit schmalen Lumen. Ferner zeigt die Faser glänzende, verdickte Ecken. Solche Baumwollarten sind oft fast zylindrisch auf beträchtliche Stücke ihrer Länge und ähneln in gewissem Grade der Leinenfaser.

Die Drehung der Faser scheint nicht kontinuierlich in einer Richtung zu verlaufen, ein Teil der Faser kann in bezug auf die Achse rechts, ein Teil überhaupt nicht, ein Teil links gedreht sein. Diese korkzieherartige Drehung scheint erst durch die Kultivierung entstanden zu sein, die wilden Baumwollarten besitzen sie nicht.

Monie¹ erklärt die Drehung der Baumwollfaser wie folgt: Die Drehbewegung beginnt im Zeitpunkte der Evakuierung der Faser, verursacht durch ein Zurückgehen der Flüssigkeit beim beginnenden Reifen, und vervollständigt sich langsam und progressiv, beginnend an dem vom Samen entferntesten Teil und gegen die Basis hin fortschreitend. Das freie Ende oder die Spitze dreht sich mehrere Male um seine eigene Achse und bewirkt so die unter dem Mikroskop sichtbare eingerollte Form.

Nach Hanausek² ist die Faser um so wertvoller, je größer die Anzahl und die Regelmäßigkeit der Drehungen in einem gegebenen Stück Faserlänge ist. Herbig dagegen bestreitet die Richtigkeit dieser Angabe. In etwa drei Viertel ihrer Länge besitzt die Faser einen verhältnismäßig gleichmäßigen Durchmesser, läuft dann allmählich in eine Spitze aus, wo sie vollkommen zylindrisch und oft massiv ist (Abb. 190).

In manchen Fällen zeigen Teile der Faser zylindrische und scheinbar kompakte Gestalt, ohne Zweifel durch unregelmäßiges Wachstum der Zellen verursacht. An diesen Stellen ist die Faser geschwächt und absorbiert Flüssigkeiten nicht in nàmlichem Maße wie der übrige Teil der Faser. Die Zellwand ist eher dünn und das Lumen nimmt ungefähr zwei Drittel der ganzen Breite ein und wird im polarisierten Licht stark sichtbar. Zwischen ihren verdickten Ecken besitzt die Faser das Aussehen einer fein gekörnten Oberfläche.

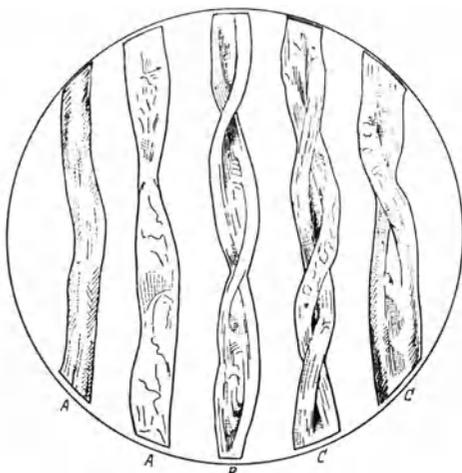


Abb. 189. Baumwollfasern. Längsansicht.

Fasern aus toter Baumwolle, oder solche, welche nicht vollständig entwickelt sind, sind selten spiralg gedreht und besitzen kein Lumen, sondern sind dünne, durchscheinende Bänder (Abb. 177). Infolgedessen hat unreife Baumwolle keinen Wert für die Fabrikation, da sie sich in der warmen Atmosphäre zusammenzieht und aufrollt, so daß Garn, welches viel unreife Fasern enthält, bedeutend an Wert verliert.

Denham gibt an, daß das Lumen der Baumwollfaser die Reste des sie aufbauenden Protoplasmas und Nucleïds in totem und ausgetrocknetem Zustand enthalte. Während der Glanz der Faser von der äußeren Oberfläche und den Drehungen abzuhängen scheint, ist die Farbe hauptsächlich durch den Inhalt des inneren Kanals bedingt, welcher zu diesem Zweck das labile „Endochrom“ zurückbehalten hat, obwohl dies tatsächlich der Farbstoffsubstanz selbst zugeschrieben werden sollte.

¹ The Cotton Fiber, S. 25.

² Mikroskopy of Technical Products, S. 61.

Merkwürdig pigmentierte Formen, wie „Khaki“, „Blue Bender“ und „Texaswool“, letztere hellgrün, und andere haben ein stark gefärbtes Fasermaterial.

Die Baumwollfasern unterscheiden sich unter dem Mikroskop bedeutend voneinander, können aber im allgemeinen in vier Klassen eingeteilt werden:

a) Fasern mit glattem, geradem, flachem Aussehen ohne scheinbare innere Struktur. Das betrifft unentwickelte und auch überreife Baumwollfasern. Die äußere Wandung ist sehr dünn.

b) Fasern, welche in manchen Teilen ihrer Länge normales Aussehen zeigen und in andern ein strukturloses wie in a). Diese werden „Kempi“-

Fasern genannt, der solide zylindrische Teil der Faser ist teilweise gegen Absorption von Flüssigkeiten und Farbstoffen resistent und bleibt infolgedessen ungefärbt, während der Rest gefärbt wird.

c) Gerade, zylindrische Fasern mit gut definierter innerer Struktur und einer durchscheinenden Zellwand von verschiedener Dicke. Fasern dieser Art werden unter dem Mikroskop oft fälschlicherweise für Leinen gehalten, besonders wenn die Zellwand dick ist. Die Fasern von *Gossypium conglomeratum* zeigen diese Form oft.

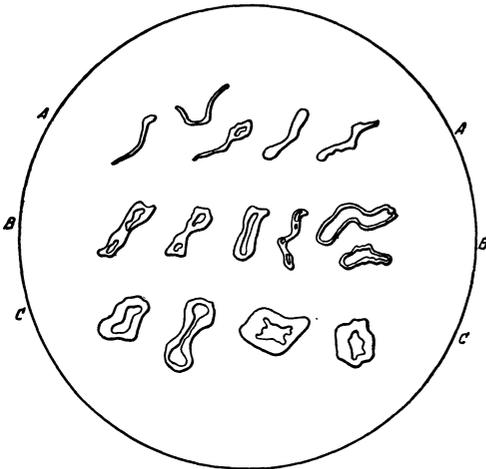


Abb. 190. Querschnitt durch Baumwollfasern. AA unreife Fasern; BB halbreife Fasern; CC vollreife Fasern.

d) Normale Fasern mit gedrehter, bandähnlicher Form.

Im Querschnitt zeigen die unreifen Fasern nur eine einfache Linie ohne Struktur (Abb. 190 A) und nur wenig oder keine Andeutung einer inneren Öffnung. Die reife Faser ist im Querschnitt dicker und zeigt eine zentrale Öffnung (Abb. 190 B und C).

Haller¹ unterscheidet bei der Beschreibung des mikroskopischen Bildes der Baumwollfaser 3 Teile, die Kutikula, die Zellmembran und das Lumen. Die Kutikula, bestehend aus „kutinierter Zellose“, hat feinkörnige oder faserige Struktur, ist in gewöhnlichen Zelluloselösungsmitteln unlöslich, aber löslich in starken Alkalien, und ist gegen Kochen mit Kalkmilch oder sogar Natriumhydroxyd von 2—8° Tw. widerstandsfähig. Es ist nach Haller immerhin zweifelhaft, ob die Kutikula ein Fett sei, wie Wiesner behauptet. Die Zellschicht, hauptsächlich aus reiner Zellulose bestehend, ist mehr oder weniger gefärbt, das Pigment ist in gewöhnlichen Lösungsmitteln unlöslich, wird bei längerer Behand-

¹ Zg. Farb. Chem. 1907, S. 125.

lung mit Oxydationsmitteln aber zerstört. Die Membran ist löslich in ammoniakalischem Kupferoxyd („Kupferammoniak“), bei der Behandlung mit dieser Lösung bleiben die Kutikula und die innere Haut in Fetzen zurück. Das Lumen enthält getrocknetes Protoplasma, welches auch in die anliegenden Schichten der Zellmembran übergeht. Das Protein wird sichtbar gemacht durch Betupfen mit Safranin, wobei die Haare in eine Lösung des Farbstoffes in verdünnter Essigsäure getaucht und dann mit Wasser und kochendem Alkohol gewaschen werden, nachdem die gerötete Faser zuerst mit „Kupferammoniak“ behandelt wurde.

Haller gibt an, daß die Kutikula in merzerisierter Baumwolle vollständig entfernt ist und daß bei gefärbter, nicht merzerisierter Baumwolle der Farbstoff nur an der Oberfläche absorbiert wird, während bei merzerisierter Durchdringung eintritt, besonders bei tieferen Farbtönen.

In einem späteren Bericht¹ bemerkt er, daß die äußere Membran zwei strukturelle Elemente enthalte, welche unter normalen Bedingungen wenig Unterschiede zeigen, aber leicht nachgewiesen werden können, wenn die Zellulose in Oxy- oder Hydrozellulose übergeführt wird.

Levine² kommt durch chemische und bakteriologische Behandlung und nachfolgende mikroskopische Untersuchung dazu, fünf strukturelle Elemente anzunehmen: a) die äußere Schicht oder Hülle, welche die Deckschicht und das Bindematerial der Faser bildet, bestehend aus einer Mischung von Kutin, Pektin, Gummi, Fett und andern Komponenten; b) die äußere Zelluloseschicht, eine deutliche Spirale, enthaltend eine beschränkte Anzahl von Bestandteilen, vielleicht einen oder zwei, und wahrscheinlich aus unreiner Zellulose bestehend; c) die zweite Ablagerung, bestehend aus Komponenten, welche in keinem Fall spirale Struktur besitzen und 5—10 an der Zahl sind; d) die Wand des Lumens, eine Spirale wie die äußere Zelluloseschicht, aber verschieden in der chemischen Zusammensetzung; e) das Lumen, welches strukturlos und stickstoffhaltig ist.

Die Anhaltspunkte, auf welchen diese Angaben beruhen, sind nicht näher angeführt.

Eine vergleichende Untersuchung der Materialien zur Herstellung von Zelluloseestern führt Noyer³ auf den Gedanken, daß die Kutikula aus Oxyzellulose bestehe, welche porös ist, stark osmotische Eigenschaften besitzt und mit esterifizierenden Mitteln nicht reagiert, denselben aber den Eintritt in die Fibrillen durch Osmose ermöglicht.

10. Mikrochemische Reaktionen. Die charakteristischste mikrochemische Reaktion auf Baumwolle ist die mit ammoniakalischer Kupferlösung, die bereits beschrieben wurde. Bei gebleichter Baumwolle soll die äußere Kutikula entfernt sein, und eine solche Faser darf infolgedessen keine Ausdehnung zeigen. Mit Jod und Schwefelsäure wird die Baumwollfaser blau, obwohl die Kutikula farblos bleibt⁴.

¹ Kolloid-Zeitschr. 1907, S. 127. ² Science 1914, S. 906.

³ Caoutchouc und Guttapercha 1913, S. 703.

⁴ In der rohen Faser kann immerhin eine bleiche oder purpurne Färbung auftreten, und auf verschiedenen Stellen der Oberfläche erscheinen dunkelgelbe Flecken,

Krapptinktur gibt Orangefärbung; Fuchsin Rotfärbung, welche auf Zusatz von Ammoniak verschwindet. Flachs zeigt diese letztere Reaktion nicht, welche infolgedessen zur Unterscheidung von Baumwolle und Leinen dienen kann, vorausgesetzt, daß der Leinen ungebleicht ist. Gebleichter zeigt praktisch gegenüber Baumwolle im chemischen Verhalten keine Unterschiede. Wasserfreies Zinnchlorid ergibt eine schwarze Farbe mit Baumwolle, und Schwefelsäure löst die Faser rasch auf.

Querschnitte der Baumwollfasern können hergestellt werden, indem man eine Anzahl Fasern in parallelen Reihen in Glyzeringummi einlegt, den Gummi durch Trocknen erhärten läßt und dann mit einem brauchbaren Instrument Scheibchen schneidet. Das Glyzeringummigemisch wird hergestellt aus 10 g Gummi arabicum, 1 cm³ Wasser und 40—45 Tropfen Glyzerin. Die Schnitte sollten in Wasser untersucht werden und wieder nach der Behandlung mit Jodschwefelsäurereagens. Das bewirkt ein Aufquellen der Schnitte zu breiten elliptischen oder unregelmäßigen Formen, ohne die Gestalt des Lumens zu verändern, die Zellwand wird blau gefärbt, während die Kutikula, welche deutlich als feine Linie sichtbar ist, gelb gefärbt ist, wie auch der Zellinhalt.

11. Physikalische Eigenschaften; Spinnqualitäten. Die natürliche spiralige Drehung der Baumwollfaser bedingt ihre besondere Brauchbarkeit zum Spinnen. Die Spinneigenschaften der Baumwolle hängen zwar nicht ausschließlich von dieser Drehung ab, welche die einzelne Faser fester zusammenhält, sondern auch von der Länge und Feinheit des Stapels. Diese drei Eigenschaften bestimmen den Charakter und die Feinheit des aus irgendeiner Art Baumwolle zu spinnenden Garnes allgemein. Die Sea-Island-Baumwolle erlaubt die Herstellung von sehr feinen Garnen, bis zu Nr. 300 herunter (d. h. 300 Knäuel zu je 840 yards wiegen 1 Pfund), und es wird angegeben, daß dieses Garn experimentell schon bis zu Nr. 2000 herunter gesponnen wurde.

Kuhn¹ bemerkt, daß die wilden Baumwollarten weniger und unregelmäßigere Drehungen zeigen als die kultivierten Spezies, und der Niedergang einer kultivierten in eine wilde Art ist immer begleitet von einer schwächeren Entwicklung der Zwirnung der Faser. Kuhn ist der Meinung, daß in der wilden Pflanze die Fibrillen, aus welchen die Zellwand der Faser zusammengesetzt ist, eine mehr spiralige Form zu erreichen suchen, welches eine größere Steifheit und geringere Elastizität bewirkt und die Entstehung von Drehungen verhindert. Die Kultivierung sucht der aufbauenden Fibrille eine mehr gerade, zur Achse der Faser parallele Lage zu geben, welches die letztere elastischer macht und die Bildung von Drehungen leicht erlaubt.

Beim Spinnen in Baumwollgarne werden zwei allgemeine Klassen unterschieden: a) gekrempeletes (carded) und b) gekämmtes (combed) Garn. Die ersteren werden hergestellt aus den kürzer-stapeligen Baum-

welche vom einhüllenden Material der rohen Faser herrühren. Der innere Kanal enthält ebenfalls oft körnige Protoplasmasubstanzen, welche eine dunkelgelbe Färbung ergeben. Praktisch hat sich ergeben, daß diese Merkmale genügen, um rohe und gebleichte Baumwolle voneinander zu unterscheiden.

¹ Die Baumwolle, S. 122.

wollvarietäten und in der Regel nur in verhältnismäßig niederen Nummern gesponnen (unter Nr. 80). Gekämmte Garne entstehen aus den länger-stapeligen Arten, und in diesem Falle ist es notwendig, auszukämmen, oder die kurzen Fasern zu entfernen. Das wird erreicht durch Anwendung der Baumwollkämmaschine, welche alle Fasern ausscheidet, welche eine bestimmte Länge nicht erreichen, so daß die gekämmten Stränge nur mehr aus den längern Fasern bestehen.

Die Fasern dieser Stränge sind also in ihrer Länge einheitlicher als die der gekrempelten Baumwolle, und diese zwei Bedingungen haben großen Einfluß auf die Qualität und das Aussehen des fertigen Garnes, das stärker und glätter wird. Im gekämmten Garn wird von der Festigkeit der einzelnen Faser die Festigkeit des Garnes abhängen, während bei Garnen, welche aus kürzeren oder unregelmäßigeren Stapeln gesponnen sind, die Zugfestigkeit hauptsächlich von dem Widerstand abhängt, den die ineinandergesponnenen Fasern einer Lockerung bzw. Auseinanderzerrung entgegensetzen. Diese Kohäsion oder dieses Aneinanderhängen verdankt das Garn der in der Faser vorhandenen natürlichen Drehung oder Zwirnung oder dem beim Spinnen erteilten Ineinanderdrehen verschiedener Fasern. Die Glätte des gekämmten Garnes kommt daher, daß die Fasern zueinander parallel und in der Längsrichtung des Garnes liegen. In gekrempelten Garnen liegen die Fasern dagegen in verschiedener Richtung, und viele Enden der kurzen Fasern stoßen aus dem Garn heraus und machen es ungleich und unansehnlich. Es ist also notwendig, gekrempelte Garne stärker zu zwirnen, um eine gewünschte Festigkeit zu erreichen. Die Eliminierung der kurzen Fasern im gekämmten Garne erlaubt ein gleichmäßigeres Spinnen und reduziert so das Auftreten von dickeren oder dünneren Stellen im Garn auf ein Minimum. Wenn man gekämmte Baumwolle den Nadeln des Kämmapparates aussetzt, liegen die Fasern viel besser parallel und das daraus hergestellte Garn hat deshalb viel mehr Glanz als gekrempeltes Garn. Ferner enthält gekämmtes Garn auch weniger Verunreinigungen, da der Kamm die Fasern sehr gründlich reinigt.

12. Zugfestigkeit (Dehnung). In bezug auf ihre Zugfestigkeit steht die Baumwolle zwischen Wolle und Seide, während sie in bezug auf Elastizität beiden Fasern erheblich unterlegen ist. Die Bruchfestigkeit der einzelnen Faser variiert von 2,5—10 g, je nach der Feinheit des Stapels; je feiner die Faser ist, um so geringer ist ihre Bruchfestigkeit.

Lecomte gibt folgende Tabelle über die Bruchfestigkeit verschiedener Baumwollarten:

Baumwolle	Bruchfestigkeit	Baumwolle	Bruchfestigkeit
New Orleans	9 g	Haiti	5,1 g
Texas	6,6 „	Tahiti	4,9 „
Peru (hart)	10,5 „	Ägypten (braun)	7,6 „
Peru (lang, seidenartig)	4,1 „	Bengal	4 „
Sea-Island	8 „	Tinnevely	3,2 „
Port-au-Prince	9,5 „		

Die folgende Tabelle zeigt die Resultate einer Untersuchung über die Zugfestigkeit verschiedener Baumwollvarietäten:

Baumwolle	Mittlere Bruchfestigkeit	
	Grains	Gramm
Sea-Island (Edisto)	83,9	5,45
Queensland	147,6	9,59
Ägypten	127,2	7,26
Maranham	107,1	6,96
Bengal.	100,6	6,53
Pernambuco	140,2	9,11
New Orleans	147,7	9,61
Upland	104,5	6,79
Surate (Dhollerah)	141,4	9,22
Surate (Comptah)	163,7	10,64

Die folgende Tabelle enthält die Vergleichswerte der Zugfestigkeit verschiedener Fasern. Die „Bruchlänge“ bezieht sich auf eine Fadlänge, bei der die Faser durch ihr eigenes Gewicht bricht.

Faser	Bruchlänge in Kilometern	Zugfestigkeit Kilogramm pro m ²
Baumwolle	25,0	37,6
Wolle	8,3	10,9
Rohseide	33,0	44,8
Flachs	24,0	35,2
Jute	20,0	28,7
Ramie	20,0	28,7
Hanf	30,0	45,0
Manilahanf	31,8	47,7
Kokosnußfaser	17,8	29,2
Vegetabilische Seide	24,5	35,9

Im gesponnenen Garn wird immerhin nicht die volle Zugfestigkeit der einzelnen Faser ausgenutzt. Einfaches Garn ergibt nur etwa 20% oder ein Fünftel der aus der Zugfestigkeit der einzelnen Fasern errechneten Gesamtzugfestigkeit, dop-

pelttes Garn ergibt etwa 25%. Heyfeld¹ gibt in folgender Tabelle eine Zusammenstellung der Zugfestigkeit in Gramm von einfachen Baumwollgarnen verschiedener Nummern, wobei die Numerierung des Garnes nach dem Metersystem verwendet wurde:

Nr.	Schwach	Mittel	Stark	Sehr stark	Nr.	Schwach	Mittel	Stark	Sehr stark
4	880	1000	1250	—	32	125	170	200	250
6	670	920	1080	1340	34	120	160	190	220
8	500	690	810	1000	36	110	150	180	210
10	400	550	650	800	38	105	140	170	200
12	330	460	540	660	40	100	135	160	190
14	285	390	460	570	50	—	110	130	140
16	250	340	400	500	60	—	90	110	125
18	220	300	360	440	70	—	80	90	105
20	200	280	320	430	80	—	70	80	95
22	180	250	215	360	90	—	60	70	85
24	170	200	270	330	100	—	55	65	80
26	150	210	250	310	110	—	50	60	70
28	140	200	230	290	120	—	45	55	60
30	130	180	215	260					

¹ Yarns and Textil Fabrics, S. 95.

Die folgende Tabelle von Monie enthält die Festigkeit der Baumwollfaser nach der Herstellung des Garnes, bezogen auf ihre Festigkeit in natürlichem Zustand.

Gekrempelte Baumwolle.

Art des Garns	Mittlere Anzahl der Fasern im Querschnitt d. Garns	Geprüfte Festigkeit jeder Faser in Grains	Berechnete Festigkeit des Garns in Pfund (engl.)	Gefundene Festigkeit des Garns in Pfund	Prozentsatz der utlizierten Festigkeit
32'er Zwirn, amerikanische Baumwolle	120	140	200	49,5	24,7
36'er " " "	110	140	176	40,0	22,7
40'er " " "	100	140	160	36,0	22,5
46'er ägyptische Baumwolle	132	146	220	52,0	23,5
50'er " " "	110	146	184	46,0	25,0
60'er " " "	100	146	167	33,5	20,6
70'er braune ägyptische Baumwolle .	74	150	127	27,5	21,6
80'er " " "	60	150	103	23,5	22,5

Gekämmte Baumwolle.

80'er Zwirn, ägyptische Baumwolle .	90	120	100	25	20,3
120'er " " " .	55	120	66	18	24,2
120'er " " " .	50	120	68	15	22,0
143'er " " " .	40	120	55	13	23,6
165'er " Sea-Island-Baumwolle .	45	100	55	13	24,4
190'er " " " .	38	100	43	10,5	24,4

Die folgende Tabelle zeigt die Bruchlänge und die entsprechende Elastizität (Verlängerung unterhalb der Bruchgrenze) von Garnen verschiedener Fasern.

	Bruchlänge in Kilometern	Elastizität
Baumwollgarn	13—14	3,97
Ramiegarn	11—12	0,8—1,8
Flachsgarn (naß gesponnen)	12—20	1,1—1,8
" (trocken gesponnen)	11—12	2,5—3,7
Jutegarn	9,9	2,0
Kunstseide	12,0	2,0
Holzfasergarn (Silvalin)	5,5	6,8

Bei der Bestimmung der Bruchfestigkeit von Baumwollwaren muß der Einfluß verschiedener Mengen von darin enthaltener Feuchtigkeit in Betracht gezogen werden, und verschiedene vergleichende Proben sollen unter den gleichen hygroskopischen Bedingungen ausgeführt werden. Scheurer¹ erhielt folgende Resultate über den Einfluß der Feuchtigkeit auf die Zugfestigkeit:

	Relative Festigkeit
1. Stoff mit normalem Feuchtigkeitsgehalt	100
2. Gleicher Stoff, schwach mit Wasser getränkt	104
3. Derselbe getrocknet und warm geprüft	86
4. Derselbe vollständig mit Wasser befeuchtet	103

¹ Bull. Soc. Ind. Mulh. 1902.

Greenwood¹ hat eine eingehende Untersuchung über den Einfluß verschiedener technischer Prozesse auf die Festigkeit der Baumwollfaser angestellt. Garn aus ausgelesener ägyptischer Baumwolle wurde hergestellt und Proben davon folgenden Behandlungen unterworfen: doppelt: 1. roh (grau), 2. roh merzerisiert, 3. gebleicht, 4. merzerisiert und gebleicht, 5. roh gesengt, 6. roh gesengt und merzerisiert, 7. gesengt und gebleicht, 8. gesengt, merzerisiert und gebleicht, 9. ohne Zug merzerisiert; ebenso einfaches Garn: 1. roh, 2. roh gesengt, 3. gereinigt, 4. gebleicht. Eine große Anzahl der Proben wurden bei einer konstanten Feuchtigkeit von 70 % gemacht. Es wurde gefunden, daß die verschiedenen Prozesse bis und mit dem Spinnen keinen nachteiligen Einfluß auf die Festigkeit der einzelnen Fasern besitzen. Wenn von der letzten Probe abgesehen wird, ist der Einfluß des Sengens widersprechend. Merzerisieren stärkt das Garn in allen Fällen, aber die Stärke der einzelnen Fasern bleibt dieselbe. Das Bleichen stärkt das Garn in fast allen Fällen, schwächt aber die einzelnen Fasern. Aus dieser Tatsache geht hervor, daß das Garn mehr von der vorhandenen Festigkeit ausnutzt, als vermutet wurde. Die vergrößerte Garnfestigkeit ist der größeren Kohäsion der Fasern zuzuschreiben. Es wurde auch behauptet, daß die Erhöhung der Festigkeit des Garnes nach dem Bleichen von der Entfernung der natürlichen Wachse herrühre, welche die Tendenz haben, das Garn schlüpfrig zu machen.

13. Bestimmung der Zugfestigkeit von Fasern. Es gibt eine ganze Anzahl Apparate zur Bestimmung der Zugfestigkeit und Elastizität von Garnen und Baumwollfabrikaten, und einige werden auch zur Prüfung der einzelnen Fasern benutzt. Da die einzelne Faser aber ein sehr schwaches und empfindliches Objekt ist, hauptsächlich bei gewissen vegetabilischen Fasern, verlangt die Bestimmung ihrer physikalischen Eigenschaften eine genaue Apparatur.

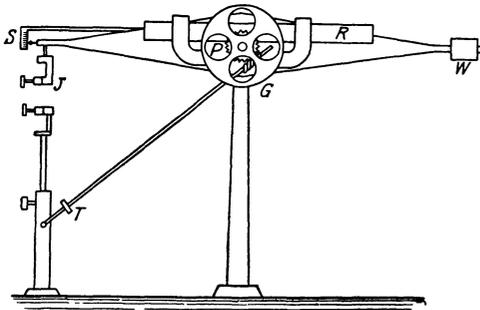


Abb. 191. Faserprüfungsapparat.

Bei Maschinen, welche die Tragkraft mit Hilfe von Gewichten messen, ist der Zug oft genügend, um die Faser zu zerreißen, bevor die tatsächliche Bruchgrenze erreicht ist. Das gleiche gilt für Apparate, welche Wasser als Gewicht benutzen. Eine vom Verfasser konstruierte Maschine wurde mit gutem Erfolge zur Bestimmung der Zugfestigkeit und Elastizität von fast allen Fasern angewendet, von sehr feinen und empfindlichen bis zu groben und starken Haaren.

Eine schematische Zeichnung dieses Apparates zeigt Abb. 191. Die zu prüfende Faser wird zwischen die Zangen bei J geklemmt, die am Ende des Balkens befestigte Nadel auf die Nullmarke der Skala bei S

¹ Journ. Text. Institute.

gestellt, während die untere Zange in ihrer Stellung verschoben wird, bis die gewünschte Distanz zwischen beiden Zangenbacken erreicht ist. Um vergleichbare Resultate zu erhalten, sollte diese Distanz immer gleich groß sein; 10 cm für lange und 2 cm für kurze Fasern sind als vorteilhaft befunden worden. Der gleitende Querbalken R wird durch Drehen des Stabes T vorwärts bewegt, welcher das Gestell mit der Feder bei P bewegt, bis die Einteilung auf dem Rad G mit der Marke auf Null stimmt. Unter diesen Bedingungen wirkt keine Kraft auf die Fasern. Eine solche wird ausgeübt, wenn man den Balken R durch Drehen des Stabes T rückwärts bewegt. Dasselbe wird langsam und gleichmäßig ausgeführt, bis die Faser unter der auf sie wirkenden Kraft bricht. Die Stellung des Rades G gibt dann in Zehntelgramm die Bruchfestigkeit der zu prüfenden Faser an. Die Elastizität wird erhalten, indem man die Spitze bei S sorgfältig auf der Skala nach oben verschiebt, bis die Faser bricht; die von der Nadel zurückgelegte Distanz bedeutet die wirkliche Dehnung der Faser, und wenn die zwischen den Zangen gewählte Distanz 10 cm beträgt, erhält man direkt die prozentuale Elastizität, in andern Fällen muß sie entsprechend umgerechnet werden. Das Gewicht W am rechten Ende des Wagebalkens kann vor- oder rückwärts bewegt werden und dient zur Herstellung des Gleichgewichts, so daß kein Zug auf die Faser bei J wirkt, wenn der Zeiger bei G auf Null steht. Das Rad G ist in Dezigramm eingeteilt und zeigt die Empfindlichkeit der Maschine, es enthält die Reihe von 0—400. Wenn Fasern von größerer Zugfestigkeit geprüft werden sollen, kann ein konstantes Zusatzgewicht von 10, 25, 50 g usw. bei W aufgehängt und dem von der Maschine angezeigten hinzugezählt werden. Wenn die Elastizität der Faser so groß ist, daß der Zeiger über das Ende der Skala S hinausreicht, so muß die Faser kürzer gewählt werden. Ein gutes Mittel der Bruchfestigkeit und Elastizität jeder Qualität Faser kann durch zehn verschiedene Bestimmungen und Berechnung des Durchschnittes erhalten werden. Wenn die Qualität der Faser in einem Beispiel dagegen nicht sehr gleichmäßig ist, erhöht man die Zahl der Proben vorteilhaft auf 20—50, um zu einem befriedigenden Mittelwert zu gelangen.

Das Bureau of Plant Industry in Washington hat sehr ausgedehnte Untersuchungen über die Zugfestigkeit der Baumwollfasern angestellt unter Verwendung eines Apparates ähnlich dem oben beschriebenen. Die einzelne Faser wird mit der Pinzette in die Zangen der Maschine eingeführt, deren runde Oberflächen, mit Federn zusammengedrückt, die Faser festhalten, ohne sie zu zerschneiden. Durch regelmäßige Drehung der Schraube wird die Belastung vergrößert, die Bruchfestigkeit auf der Skala in Zehntelgramm abgelesen und das Mittel aus 20 Bestimmungen genommen. Obwohl die einzelnen Beispiele sehr verschieden sind, wurde aus vielen Versuchen gefunden, daß das Mittel aus 20 Bestimmungen annähernd dasselbe ist wie aus einer größeren Anzahl. Dies trifft besonders zu bei den noch am Samen hängenden Faserbüscheln, wo es möglich ist, je eine einzelne Faser aus 20 Beispielen zu verwenden. Ferner wurde gefunden, daß die aus der Seitenmitte des Samens genommenen Fasern regelmäßiger sind als die an

beiden Enden; die am spitzen Ende variieren am stärksten. Die Resultate einer großen Zahl aller wichtigen Varietäten der 7 verschiedenen Gruppen der amerikanischen Upland-, sowie der Sea-Island- und ägyptischen Baumwolle sind in folgender Tabelle zusammengestellt.

Zugfestigkeit von Baumwollfasern.

Varietät	Hoch Grains	Niedrig Grains	Mittel Grains
Amerika, Upland:			
Großpollige, wetterfeste Art .	139	80	103
„ „ „ .	179	71	102
Buschige „ .	119	79	92
Halbbuschige „ .	109	72	90
Peterkin	92	77	88
Frühe Art	106	80	87
Langstapelige Art	86	54	73
Sea-Island	117	72	95
Ägypten			
Aus Arizona und Kalifornien . .	123	86	103

Die hohen und niederen Werte in obiger Tabelle bezeichnen die Mittel aus 20 Fasern, nicht die höchsten und niedrigsten Bruchfestigkeiten der einzelnen Fasern. Die Zugfestigkeit der einzelnen Upland-Baumwollfaser verhält sich im allgemeinen umgekehrt zu ihrer Länge, obwohl die längeren Stapel stärkeres Garn ergeben. Die Festigkeit ist in direkterer Beziehung zum Durchmesser. Die genauere Messung des Durchmessers der gedrehten bandartigen Baumwollfaser bietet solche Schwierigkeiten und erfordert so viel Zeit, daß sie nicht in allen Teilen enthalten ist.

Eine Reihe von Versuchen wurden auch gemacht zur Bestimmung der Kraft, welche notwendig ist, um die Faser vom Samen zu entfernen.

Bei amerikanischen Uplandvarietäten variiert dieselbe von 29,0—35,5 grains, bei Sea-Island-Baumwolle von 27,0—30,1 grains.

Barrett beschrieb eine Apparatur und Methode zur Bestimmung der Zugfestigkeit und Elastizität einzelner Fasern, welche auf der Anwendung einer kleinen Oertlingschen Waage beruht. Die Schalen sind entfernt und an ihrer Stelle befinden sich: rechts ein Bündel magnetisierter stählerner Klaviersaiten, vertikal aufgehängt, in der Hälfte ihrer Länge in einer Spule von isoliertem Kupferdraht, durch welchen ein elektrischer Strom gesendet werden und durch ein empfindliches Ampèremeter genau gemessen werden kann; links ein kleines Gewicht, um den Magneten auf der rechten Seite im Gleichgewicht zu halten. Längs des linken Wagebalkens, bis in die Hälfte fest mit ihm verbunden, ist eine Hilfsschneide angebracht (Abb. 192). An dieser Spitze hängt leicht bewegliche Spezialklammer FNA, um das eine Ende A der zu prüfenden Faser festzuhalten. Das andere Ende B der Faser kann genau senkrecht darunter in eine andere Klammer BC eingespannt werden, welche bei C fest mit dem zentralen Stativ der Waage verbunden ist.

Abb. 192. Barretts
Apparat zur Prü-
fung einzelner
Fasern.

Gewicht, um den Magneten auf der rechten Seite im Gleichgewicht zu halten. Längs des linken Wagebalkens, bis in die Hälfte fest mit ihm verbunden, ist eine Hilfsschneide angebracht (Abb. 192). An dieser Spitze hängt leicht bewegliche Spezialklammer FNA, um das eine Ende A der zu prüfenden Faser festzuhalten. Das andere Ende B der Faser kann genau senkrecht darunter in eine andere Klammer BC eingespannt werden, welche bei C fest mit dem zentralen Stativ der Waage verbunden ist.

Die Faser AB, gewöhnlich 13,5 mm lang, wird mit Hilfe von Klebstoff in kleine doppelte Papierstückchen eingefast.

Die Faser wird zuerst bei A eingeführt, die Nute N aufwärts gestoßen, so daß das Papierstück gefast wird, und die Klammer FNA nun an E aufgehängt. Die verstellbare Klammer B der Befestigungsvorrichtung BC wird senkrecht unter A eingestellt und das Ende B der Faser mit Hilfe der Schraube D festgeklemmt. Die Waage kann dann durch Verschiebung des Balkens längs des Fußes so eingestellt werden, daß die kleinstmögliche Kraft auf die Faser wirkt.

Die Resultate der Bestimmungen mit dieser Maschine sind in folgender Tabelle zusammengestellt:

Fasern	Bruchfestigkeit Gramm	Dehnung in % der ursprünglichen Länge
Gereinigte ägyptische Muster . . .	7,2	7,4
do., merzerisiert ohne Streckung .	6,7	12,2
Wolle, Merino	7,85	39,0
Seide	4,01	18,7
Kunstseide (Viskose)	10,8	14,5
Leinenfaser für Flugzeugstoff . . .	19,5	5,1
Abfallbaumwolle	4,7	2,4

a) Elastizität von merzerisierter Baumwollfaser. Nach Versuchen erzeugt eine Kraft von 10,2 p eine Elongation von 0,0552 cm in einer Faser von 1,35 cm Länge, die Oberfläche war annähernd 0,000003 cm².

$$\text{Elastizität} = \frac{\text{Stärke p. Oberflächeneinheit}}{\text{Elongation p. Längeneinheit}} = \frac{10,2 \cdot 981}{0,0552} = 0,8 \cdot 10^{11} \text{ c. g. s. Einh.}$$

Die Elastizität der Quarzfaser = 5 · 10¹¹ c. g. s. Einheiten, die von Gußeisen ca. 12 · 10¹¹ c. g. s. Einheiten.

b) Zugfestigkeit der Baumwollfaser. Eine Faser von 0,000003 cm² äußerer Oberfläche brach bei einer Belastung mit 7,2 g.

$$\text{Zugfestigkeit} = \frac{7,2 \cdot 981}{0,000003} = 2,4 \cdot 10^9 \text{ Dyn/cm}^2.$$

(Zugfestigkeit von Stahl = 15 · 10⁹ Dyn/cm².)

14. Bestimmung der Zugfestigkeit von Garnen und Fertigwaren. Da die Bestimmung der Festigkeit der einzelnen Faser eine ziemlich mühsame und schwierige Operation ist, ist es üblich, die Bruchfestigkeit von Garnen und Fertigwaren zu prüfen. Das ist für Handelszwecke in vielen Fällen vorteilhafter, als die Prüfung der einzelnen Faser, da man auf diese Weise die tatsächliche Festigkeit des Garnes oder Stoffes erhält, welche für praktische Zwecke meist in Frage kommt. Die Festigkeit und Elastizität von Garnen wird leicht mit Spezialprüfungsmaschinen, wie sie in den Abb. 193, 194 und 195 gezeigt werden, erhalten. Stoffprüfungsmaschinen sind ebenfalls in gleicher Art gebaut. Eine andere

Methode zur Bestimmung der Festigkeit von Stoffen ist die Ermittlung der „Berstfestigkeit“ mit Hilfe des wohlbekannten Mullenschen Apparates, welcher so oft zur Prüfung der Festigkeit von Papier angewendet wird.

Ein Garnprüfapparat, welcher automatisch die Festigkeit und Elastizität angibt, ist in den Abb. 196 a und 196 b gezeigt. Er ist als Zeid-

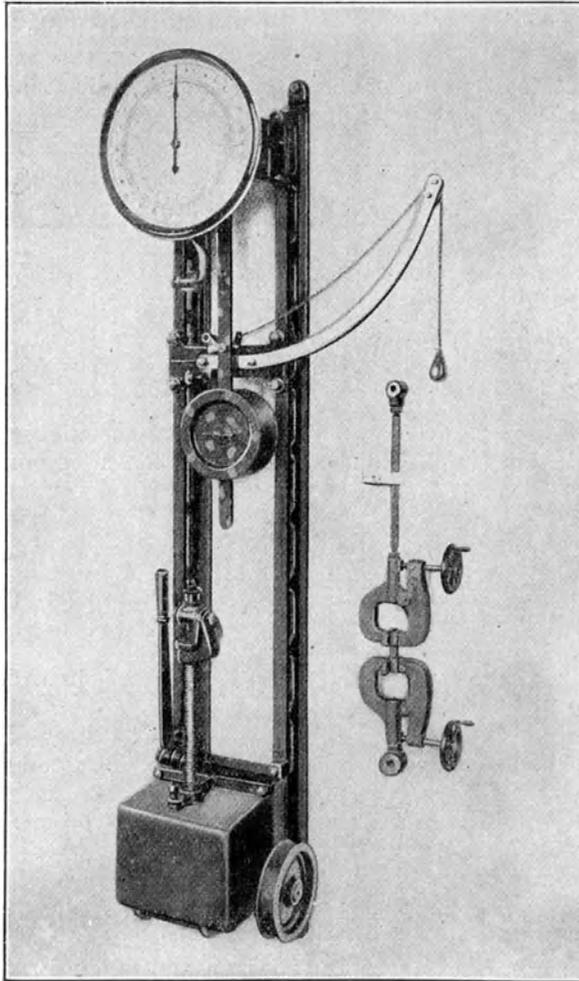


Abb. 193. Kombinerter Garn- und Stoffprüfungsapparat. (Scott.)

litzscher Apparat bekannt und funktioniert wie folgt: A ist das zu prüfende Garn, wie es aus den Cops kommt und über zwei halbrunde Blöcke durch a passiert, um gestreckt zu werden. B ist ein Band, welches über das Rad S läuft und an beiden Enden mit den Gewichten G und M ausbalanciert ist. D ist eine Klammer, an M befestigt, um das eine

Ende des Garns festzuhalten, C eine Befestigung für das andere Ende. E ist ein Hebel mit einem Zapfen oder Stützpunkt zwischen den Enden, F ein kleines Gewicht, an einer Schnur aufgehängt, welche über ein Rad um die Spitze einer Trommel P läuft und an H befestigt ist. Das

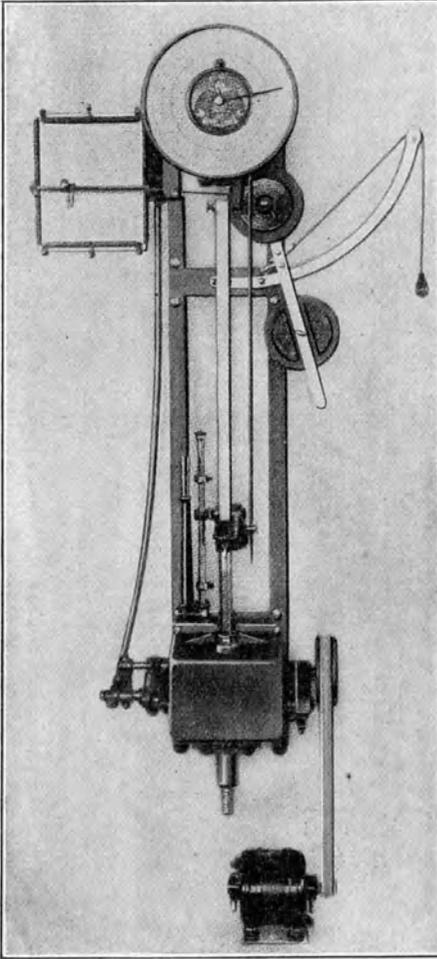


Abb. 194. Strangprüfer mit automatischer Registrierung. (Scott.)

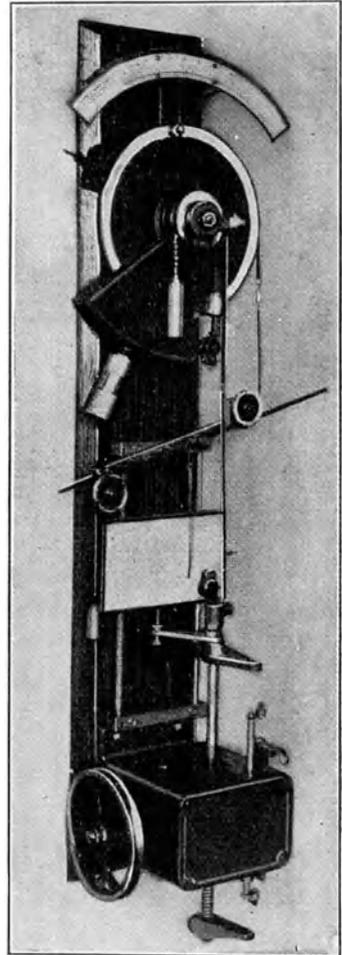


Abb. 195. Einfach-Garnprüfer.

Gewicht von F ist gleich dem Gewicht von H in Wasser. G ist ein an der Schnur B aufgehängtes Gewicht und gleich dem Gewicht von M, wenn dasselbe leer ist. M ist eine graduierte Glasflasche, an der Schnur B aufgehängt, mit der Befestigung an der Spitze von M. An derselben ist eine Klammer D befestigt, so daß, wenn H sinkt, D ebenfalls abwärts geht und das Garn auf Zug beansprucht. N ist ein Kessel mit Wasser, in dem H schwimmt. An der Spitze von N ist ein Rad be-

festigt, welches als Führung für die an F befestigte Schnur dient. Die Trommel P dreht sich durch die Kraft der Schnüre, welche F und H verbindet, um eine vertikale Achse. Um die Trommel herum ist ein Papier gewickelt, welches in ein koordiniertes System von wagerechten und senkrechten Linien geteilt ist. Die

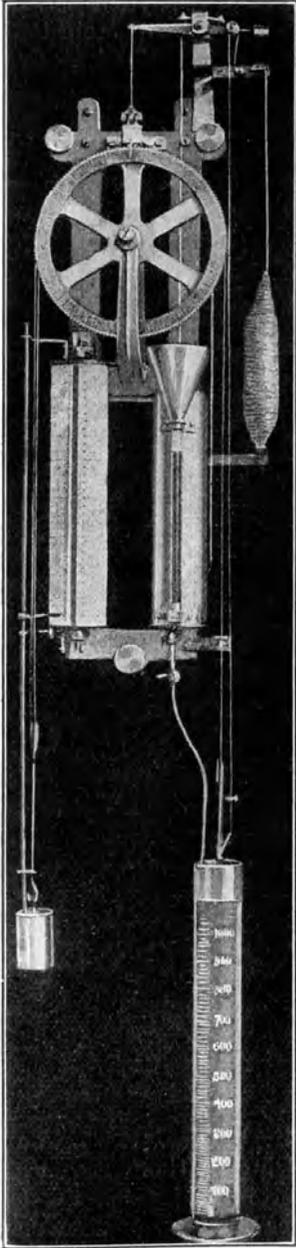


Abb. 196 a. Garnprüfer. (Zeidlitz.)

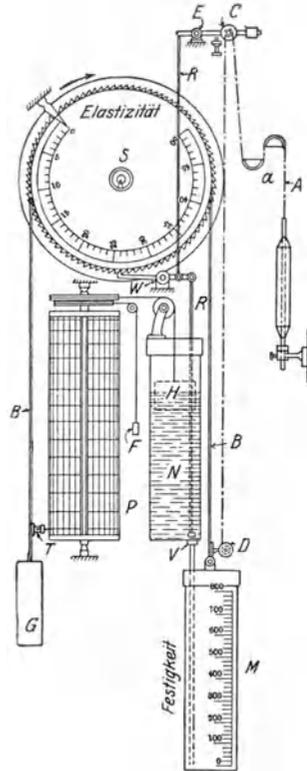


Abb. 196 b. Diagramm des Zeidlitz-Prüfers.

horizontalen Linien zeigen die Einheiten und Prozente der Dehnung oder der Elastizität, die vertikalen Linien die Einheiten der Festigkeit. Sobald das Garn bricht, dehnt D das Garn nicht länger, C wird nicht nach unten gedreht, V wird geschlossen und gießt das Wasser sofort in M, während W, als Sperrrad funktionierend, das Zahnrad S in Bewegung setzt. So gibt das Steigen des Wassers in M die Bruchfestigkeit, S die Streckung des Garnes an und der Stift auf P regi-

striert die Dehnung und Festigkeit des Garnes von Null bis zur Bruchbelastung.

Um die Zugfestigkeit von Baumwollwaren zu bestimmen, muß zuerst alle Feuchtigkeit entfernt werden. Die Feuchtigkeit spielt immer eine wichtige Rolle in der Festigkeit, so daß z. B. 1% Feuchtigkeitsgehalt die Festigkeit der Ware um etwa $6\frac{1}{2}\%$ erhöht. Es ist deshalb notwendig, die bestimmten Bruchfestigkeiten auf einen einheitlichen Feuchtigkeitsgehalt zu korrigieren. Folgende Formel erlaubt diese Umrechnung, sie stammt von dem „Textile Committee of the American Society of Testing Materials“:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Zugfestigkeit, für } 6,5\% \text{ zurück-} \\ \text{gehaltene Feuchtigkeit korrigiert} \end{array} \right\} = \frac{\text{Abgelesener Wert} \cdot 139}{100 + 6 \cdot \text{wirkliche Feuchtigkeit}}$$

Scheurer¹ hat eine interessante Reihe von Versuchen über den Einfluß verschiedener Behandlungen auf die Festigkeit der Baumwolle angestellt, deren Resultate in folgender Tabelle sich vorfinden:

	Relative Festigkeit
1. Gebleichte Ware (Standard)	100
2. Einen Monat im Alterungsraum aufgehängt	98
3. Einen Monat in der Trockenkammer	96
4. Einen Monat im Wolltrockner	96
5. Einen Monat Luft und Regen ausgesetzt	98
6. 20mal durch die Waschmaschine passiert	96
7. 6 Stunden bei 212° F geseift (2 g Seife pro Liter) . . .	101
8. 12 Stunden wie oben geseift	99
9. 10mal kalandert	80
10. Wie 9 behandelt und gewaschen	78
11. Gedämpft und auf Zylindern getrocknet (20mal) . . .	97
12. 30 Minuten in Soda gekocht (10 g pro Liter)	100
13. Mit 5% Chlorkalklauge von 10° Tw behandelt, auf dem Zylinder getrocknet und wie 12 behandelt	100
14. 2mal wie 13 behandelt	98

Speziell für die Prüfung von Fertigwaren eingerichtet ist der Apparat von Perkin. Derselbe gibt die Zugfestigkeit des Materials in Pfund (engl.) pro Inch-Länge und wird hydraulisch betrieben. Der Zylinder ist mit Flüssigkeit gefüllt, welche mit einem soliden metallenen Taucher, der genau in den Zylinder paßt, gepreßt wird. Er ist am oberen Ende mit Hilfe eines Bügels fixiert, wodurch die Kraft in genau vertikaler Richtung wirkt. Der untere bewegliche Teil ist an einer vertikalen Schraube befestigt, welche mit einer Kurbel an der Seite der Maschine von Hand bedient wird. Der Druck wird von einem speziell konstruierten Standardmesser gemessen, welcher durch den hydraulischen Druck im Zylinder in Aktion gesetzt wird. Das zu prüfende Material wird in Streifen von 1 inch Breite geschnitten. Bewegliche und austauschbare Stop-Instrumente werden verwendet, welche die Klammern automatisch in 1, 2 oder 4 inches Entfernung einstellen, so daß Streifen von dieser Länge bequem geprüft werden können.

Das Material wird in den Apparat gebracht und gleichmäßig festgemacht, ohne seitliche Klammern, mit Hilfe eines Kunstgriffes, wobei

¹ Bull. Soc. Ind. Mulh. 1902.

die Klammern während des Einführens des zu prüfenden Materials festgehalten werden. Sobald die Prüfung beginnt, werden die Klammern freigelassen, so daß sie sich drehen und die Streckung des Materials gleichmäßig verläuft. Wenn das Handrad gedreht wird, wird der Streckstoff einer direkten Kraftwirkung ausgesetzt, welche sich auf die Flüssigkeit im Zylinder überträgt und von dort augenblicklich den Meßapparat in Funktion setzt. Die Nadel des Meßinstrumentes stoppt sofort, wenn das Material bricht, und zeigt so den Wert der Zugfestigkeit genau im Moment des Brechens in Pfund (engl.) pro inch an. Die Nadel bleibt still, bis man sie nach dem Ablesen der Stellung durch Drücken auf einen Knopf an der Seite des Meßinstrumentes freiläßt.

Zur Bestimmung des Grades der Regelmäßigkeit der Zugfestigkeit bei Garnen empfiehlt Lerch¹ folgende Methode: 1. man sucht das arithmetische, das untere und obere Mittel der Resultate; 2. bestimmt das „Qualitäts“-mittel durch Addition des oberen und unteren Mittels und Division durch 2; 3. man subtrahiert das Qualitätsmittel vom oberen Mittel und multipliziert den Rest mit dem Verhältnis des größten zum kleinsten Wert und mit 100. Wenn z. B. das obere Mittel 280, das untere 220, der größte Wert 285 und der kleinste 215 beträgt, so ist das Qualitätsmittel 250 und der Grad der Regelmäßigkeit

$$(280-250) \times 100 \times \frac{285}{215} = 15,6\%.$$

Wenn der Wert weniger als 10% beträgt, kann das Garn als sehr gleichmäßig betrachtet werden, über 20% gilt als ungleichmäßig.

Beim Scott-Prüfer für Textilfabrikate enthält ein Eisenboden mit zwei seitlichen Rahmen den ganzen Mechanismus, der auf eine Bank oder einen Tisch gestellt werden kann. Zwei Balken, welche über die seitlichen Rahmen hinausragen, tragen einen verschiebbaren Wagebalken oder eine neigbare Fläche, auf welcher sich zwei mit einer Laufschiene verbundene runde Gewichte befinden. An einem Kreuzbalken in diesem Gestell befestigt ist eine Kette, welche über eine Rolle läuft und, in vertikaler Richtung sich bewegend, die obere oder bewegliche Klammer trägt. Die untere Klammer ist fest mit dem Rahmen verbunden, ist aber auf einer Schraube montiert, um verschiedene Längen einstellen zu können. Die geneigte Fläche ist auf jeder Seite mit verschiebbaren Kreuzköpfen versehen, welche beim Drehen gesenkt werden mit Hilfe einer vertikalen Schraube, auf welcher ein Schraubengang als Nut sich dreht und durch ein System Zahnräder vom unteren Mechanismus angetrieben wird. Diese Zahnräder erlauben eine Regulierung der Schnelligkeit der Schraube und damit der Neigung des Balkens und bestimmen so die auf das Beispiel angewandte Belastung. Der Drehmechanismus wird betrieben mit Hilfe eines kleinen Motors, der in den Apparat selbst eingebaut ist. Zwei Handgriffe, unabhängig gehandhabt, regulieren die Drehung während der Prüfung und erlauben ein rasches Zurückgehen. Automatische Bremsen machen den Apparat selbsttätig und verhindern Beschädigungen, welche durch Nachlässigkeit der Bedienung entstehen können. Wenn das zu prüfende Beispiel zwischen die Klammern

¹ Monatsschrift Text.-Ind. 1922, S. 187.

eingeführt ist, wird die Maschine mit Hilfe eines kleinen Hebels an der Vorderseite in Gang gesetzt, der Operateur muß die Maschine im Moment, wo der Bruch eintritt, stoppen, die Festigkeit ist dann auf einer Scheibe registriert und die Streckung oder Elastizität auf der Skala auf der Vorderseite des Registrierapparates. Wenn ein automatisches Arbeiten der Maschine gewünscht wird, erhält man sowohl Festigkeit als auch Drehung durch den Apparat graphisch aufgezeichnet. Die Karte ist kariert, die vertikalen Linien bezeichnen die Festigkeit und die horizontalen die Dehnung. Während der Prüfung bewegt sich die Karte horizontal von rechts nach links, wobei die Feder in dem Maße, wie die Probe sich verlängert, nach aufwärts sich bewegt. Diese zwei Bewegungen zeichnen eine diagonale Linie auf das Blatt, welche den genauen Verlauf der Prüfung vom Anfang bis zum Moment des Bruches darstellt.

Ein spezieller Vorteil dieses Registrators liegt darin, daß er in keiner Weise durch Reibungsverluste usw. die Tests beeinflusst.

15. Hygroskopizität. Baumwolle ist weniger hygroskopisch als Wolle und auch Seide; unter normalen Verhältnissen enthält sie 5—8% hygroskopische Feuchtigkeit, obwohl der Gehalt in stark feuchter Atmosphäre erheblich steigen kann.

Kuhn¹ gibt an, daß ein Teil dieser Feuchtigkeit als konstitutioneller Bestandteil der Faser betrachtet werden müsse. Dieses Konstitutionswasser beträgt etwa 2%. Es kann durch Erhitzen über 105° C ausgetrieben werden, wobei die Faser hart und brüchig wird und ihre Elastizität verliert. Diese Auffassung als Konstitutionswasser bedarf immerhin noch weiterer Untersuchungen, bevor sie als Tatsache hingestellt werden kann.

Die folgende Tabelle enthält eine Reihe Resultate von Feuchtigkeitsbestimmungen verschiedener Baumwollsorten:

Art	% Feuchtigkeit			
	Maximum	Minimum	Durchschnitt	
Nordamerika	Texas	14,8	6,9	9,2
	Orleans	9,9	7,8	9,7
	Memphis	9,8	7,1	9,4
	Sea-Island	9,9	7,4	9,6
	Savannah	16,2	10,7	13,8
	Norfolk	10,3	8,4	9,4
	Florida	8,9	7,2	8,7
Südamerika	Maceio	8,1	—	8,1
	Paraiba	8,3	—	8,3
	Brasilien	11,8	7,3	9,5
	Peru	9,8	7,5	9,1
Ägypten	Ashmouni	9,5	6,8	8,4
	Gallini	10,8	7,1	9,3
	Brown	8,7	7,8	8,5
Indien	Surate	7,7	6,2	7,5
	Dhollerah	8,1	6,4	7,0
	Bengal	8,2	—	8,2
	Tinnevelly	7,9	—	7,9

¹ Die Baumwolle, S. 131.

Peltzer¹ gibt an, daß indische Baumwolle bei gleichen atmosphärischen Verhältnissen etwa 1,5% mehr Feuchtigkeit aufnehme, als amerikanische Baumwolle, wenn auch diese Tatsache nur innerhalb gewisser Grenzen, z. B. bei der Sättigung der Luft mit Wasserdampf, gilt. Wenn die relative Feuchtigkeit 50% beträgt, ist die Differenz der absorbierten Menge nur 1%. Ägyptische Baumwolle soll eine Zwischenstellung zwischen der indischen und amerikanischen einnehmen. Wenn auch abschließende Resultate in dieser Richtung noch fehlen, ist der Verfasser immerhin geneigt, die Schlußfolgerungen von Peltzer zu bezweifeln.

Die hygroskopische Beschaffenheit der Baumwolle (wie übrigens jeder andern vegetabilischen Faser) spielt eine große Rolle bei ihrem Verhalten während des Spinnens und Ausrüstens. Sie hat auch einen Einfluß auf den Handelswert des rohen Materials, da der Feuchtigkeitsgehalt nach den atmosphärischen Verhältnissen wechselt und es wichtig ist, einen Standardwert als Vergleichsquelle zu besitzen. Der Einfluß auf die Spinnqualitäten ist noch größer, und es muß im Spinnraum eine bestimmte atmosphärische Feuchtigkeit unterhalten werden, um die besten Resultate zu erhalten. Die Spinneigenschaften hängen allerdings auch noch von andern Einflüssen, wie von den mit der Zellulose in der Faser vorkommenden Stoffen ab, doch ist die physikalische Beschaffenheit der Faser ohne Zweifel von ihrem Feuchtigkeitsgehalt stark beeinflusst, was vom Spinner sorgfältig berücksichtigt werden muß, um für seine Zwecke die richtigen Verhältnisse zu schaffen.

Die mechanischen Prozesse, welchen gewobene Textilfasern bei der Ausrüstung unterworfen werden, wie Mangeln, Schlagen, Kalandern usw., sind in hohem Maße auch von der hygroskopischen Feuchtigkeit des Garnes abhängig, weshalb der Gehalt an Feuchtigkeit während dieser Prozesse zusammen mit der Methode und dem Grad des Trocknens sorgfältig studiert werden müssen.

Bei der Untersuchung des Einflusses der Feuchtigkeit auf die Festigkeit der Baumwolle kommt die „Industrial Society in Mühlhausen“ zu folgenden Resultaten:

Normale Festigkeit der Stoffe	100
Gesättigt mit Feuchtigkeit	104
Am heißen Zylinder getrocknet	86
Wieder gedämpft	103

Daraus scheint sich zu ergeben, daß die abwechselnde Befeuchtung und Heißtrocknung die Baumwolle in ihrer Stärke wenig oder nicht schädigt.

L. Pinagel hat gezeigt, daß gebleichte Baumwolle im Durchschnitt etwas weniger Feuchtigkeit absorbiert als ungebleichte. Aus verschiedenen Sorten Baumwolle in gebleichtem und ungebleichtem Zustand gesponnene Garne wurden im Konditionierapparat getrocknet und das Gewicht notiert. Diese Garne wurden dann im selben Raume aufgehängt und das Gewicht jedes Stranges nach 60 Stunden wieder notiert. Es wurde gefunden, daß das gebleichte Garn in fast jedem Falle weniger

¹ Les matières cellulosiques.

Feuchtigkeit aufgenommen hatte als das ungebleichte. Zu viel Bedeutung kann diesen Resultaten immerhin nicht zugeschrieben werden, da die Unterschiede zwischen gebleichten und ungebleichten Stücken sehr klein und oft kleiner als diejenigen zwischen verschiedenen der verwendeten Baumwollarten waren.

Die Menge der zurückgehaltenen Feuchtigkeit beträgt nach den Konditionierregeln in Europa $8\frac{1}{2}\%$. Die folgende Tabelle enthält die von Hartshorne bestimmte Menge Wasser, die Baumwolle bei verschiedenen Temperaturen und Feuchtigkeiten zurückhält:

Feuchtigkeitsgehalt (der Atmosphäre) %	Grad Fahrenheit					
	50	60	70	80	90	100
40	5,90	5,79	5,65	5,47	5,25	5,05
50	6,89	6,78	6,63	6,45	6,18	5,86
60	8,00	7,87	7,69	7,44	7,13	6,80
70	9,14	9,00	8,79	8,58	8,32	8,05
80	10,58	10,42	10,23	9,95	9,70	9,60
90	12,28	12,10	11,85	11,56	11,43	11,85
100	14,12	14,00	13,80	13,65	13,70	14,50

Die Temperatur und der Feuchtigkeitsgehalt in verschiedenen Abteilungen einer Baumwollmanufaktur müssen der Natur des Prozesses und der Feinheit des Garnes angepaßt werden. Je feiner das Garn, um so höher sollte die Feuchtigkeit sein. Die folgende Tabelle enthält die praktische Anwendung:

	Feuchtigkeit %	Temperatur Grad Fahrenheit
Kremperei	60—65	70—75
Spinnraum	60—75	75—80
Weberei	75—80	70—75

Thomson hat den Einfluß der Feuchtigkeit auf die Stärke des Garnes in den Ausrüstprozessen untersucht. Er gibt folgende Zahlen:

Feuchtigkeit im Garn	Bruchfestigkeit
2,89 % (trocken)	39,9
8,93 „ (normal)	64,0
17,36 „ (feucht)	69,2

Andere Forscher haben diese Resultate bestätigt. Die Erhöhung der Elastizität von feuchtem gegenüber trockenem Garn beträgt etwa 25 %, die Erhöhung der Festigkeit etwa 10 %.

Das Wasser kann sich mit der Baumwolle auf zwei Arten verbinden: 1. als hygroskopische Feuchtigkeit, 2. Hydratationswasser. Die hygroskopische Feuchtigkeit ist das aus feuchter Luft aufgenommene Wasser und beträgt 8—12 %, je nach Temperatur und Luftfeuchtigkeit. Dieses Wasser wird beim Erhitzen auf 105° C vollständig abgegeben und die Baumwolle kann dann als „getrocknet“ bezeichnet werden.

Das Hydratationswasser wird erst bei höherer Temperatur, von 160—175° C, abgegeben. Bei diesen Temperaturen tritt ein weiterer

Gewichtsverlust von 1—3 % ein. Das Hydratwasser kann also bestimmt werden, wenn man die Zellulose zuerst bei 105° C entwässert und hierauf in Toluol kocht und destilliert.

Hydratwasser enthaltende Baumwolle ist als Zellulosehydrat oder Hydratzellulose bekannt. Als Grenze der Hydratation kann der Grad der Merzerisierung betrachtet werden, der der Formel $C_{12}H_{20}O_{10} \cdot H_2O$ (z. B. bei Zellulosehydrat) entspricht. Diese Verhältnisse bedürfen aber noch weiterer Untersuchungen, um ihre Richtigkeit zu beweisen.

Wenn die Baumwolle von ihren anhaftenden Wachsen und Fetten befreit wird, wird sie bemerkenswert absorptiv. Diese Eigenschaft läßt sich aus der Annahme erklären, daß die reife Baumwollfaser aus einer Reihe von Zellosoeschichten aufgebaut ist, welche voneinander durch interzelluläre Substanz getrennt sind und auf diese Art eine Serie von kapillaren Oberflächen bilden, welche auf Flüssigkeiten, in die die Fasern getaucht werden, erhebliche kapillare Kraft ausüben können.

Trockene Baumwolle scheint ebenso für Gase bemerkenswert aufnahmefähig zu sein; es wird angegeben, daß die Faser das 115fache ihres eigenen Volumens an Ammoniak unter gewöhnlichem Druck aufnehmen könne.

Wenn die Baumwolle sorgfältig vorbereitet ist, sollte sie das 18fache ihres eigenen Gewichtes an Wasser absorbieren können¹. Infolge der großen absorbierenden Wirkung der gereinigten Baumwolle wird sie häufig verwendet zur Herstellung von chirurgischen Verbandstoffen und anderen in der Chirurgie und Wundbehandlung verwendeten Baumwollprodukten. Zu diesen Zwecken muß die Baumwolle sehr gründlich gebeucht und gebleicht und wenn gewünscht nachträglich mediziniert werden.

Die folgende genaue Methode zur Bestimmung des hygroskopischen Wassers in der Baumwolle (oder anderen Zellulosefasern) wurde von C. Schwalbe eingeführt. Zirka 3 g des Materials werden mit 300 bis 500 cm³ reinem Toluol vom Siedepunkt 110° C gekocht. Das Wasser wird in einer graduierten Vorlage aufgefangen und durch Volumen oder Gewicht bestimmt. Diese Methode ist für die Bestimmung der Feuchtigkeit in merzerisierter Baumwolle und hydratisierter Zellulose (Kunstseide) anwendbar. Die folgende Tabelle gibt die mit dieser Methode bei verschiedenen Materialien erhaltenen Resultate:

Papier, aus Baumwolle hergestellt	6,5 %
Vegetabilische Seide	6,7 „
Merzerisierte Baumwolle	9,25 „
„ Holzfaser	10,25 „
Viskoseseseide	11,25 „

Baumwolle, welcher durch Trocknen bei 100—105° C nach der üblichen Methode die hygroskopische Feuchtigkeit entzogen worden ist,

¹ Das Ausgangsmaterial zur Herstellung absorbierender Baumwolle und chirurgischer Gaze sind Linters, Krempel- und Kämmabfälle, letztere geben die besten Sorten. Spinn- und Egrenierabfälle können zu diesem Zwecke nicht verwendet werden, da sie sich nicht genügend weiß bleichen lassen. Diese werden hauptsächlich zur Herstellung von Schießbaumwolle und minderwertigen Watten für Kleider verwendet.

gewinnt sie leicht wieder zurück, wenn man sie 10—12 Stunden an der Luft liegenläßt. Wenn die Feuchtigkeit durch Trocknen mit Toluol entfernt wurde, ist die Menge des wiederaufgenommenen Wassers dagegen etwas kleiner infolge der Imprägnierung der Fasern. Die Methode, die Baumwolle vor dem Trocknen mit Alkohol zu waschen, ist anfechtbar, da die Zellulose Alkohol hartnäckig zurückhält und beim Trocknen anscheinend nicht mehr abgibt. Wenn die Trocknung bei zu hoher Temperatur erfolgt, nimmt die Baumwolle nachher ebenfalls weniger Feuchtigkeit wieder auf, so daß die normalen Grenzen der Feuchtigkeit als genauer Maßstab der hygroskopischen Feuchtigkeit genommen werden können, ohne die Elimination des Hydratationswassers. Schwabe fand, daß durch die Toluolmethode nur das hygroskopisch festgehaltene Wasser entfernt, das Hydratwasser aber nicht ausgetrieben werde.

Die Menge der absorbierten hygroskopischen Feuchtigkeit von auf verschiedene Arten behandelte Baumwolle wird von Higgins¹ folgendermaßen angegeben:

Gewöhnliche Baumwolle, ungebleicht	6,52 %
„ „ „ „ gebleicht	6,25 „
Merzerisiert ohne Streckung, ungebleicht	9,33 „
„ „ „ „ gebleicht	9,12 „
„ mit „ „ „ ungebleicht	8,28 „
„ „ „ „ gebleicht	8,05 „

Die Feuchtigkeit wurde nach einwöchigem Liegen an der Luft bestimmt. Es ist interessant, daß gebleichte Baumwolle in allen Fällen weniger Feuchtigkeit enthält als ungebleichte. Das kommt vielleicht davon her, daß die Pektin- und Gummisubstanzen auf der Faser eine größere Menge Wasser aufnehmen als reine Zellulose selbst. In einer andern Versuchsreihe bestimmte Higgins die Mengen des von unter verschiedenen Bedingungen merzerisierter Baumwolle aufgenommenen Wassers wie folgt:

Gewöhnliche Baumwolle	6,20 %
„ „ merzerisiert mit NaOH von 10 ⁰ Tw	6,37 „
„ „ „ „ „ „ 20 ⁰ „	6,68 „
„ „ „ „ „ „ 30 ⁰ „	8,40 „
„ „ „ „ „ „ 40 ⁰ „	9,41 „
„ „ „ „ „ „ 50 ⁰ „	9,43 „
„ „ „ „ „ „ 60 ⁰ „	9,57 „
„ „ „ „ „ „ 70 ⁰ „	9,69 „

Higgins zeigte ferner, daß Baumwollstoff, welcher gründlich getrocknet wurde, auch bei längerem Liegenlassen an der Luft nicht mehr die ursprünglich enthaltene Feuchtigkeit aufnimmt.

16. Glänzendmachen von Baumwollartikeln. Um den Wert und das Aussehen von Baumwollfabrikaten zu erhöhen, wurden viele Versuche gemacht, der Baumwolle einen Hochglanz zu verleihen. Dieser Glanz kann sowohl durch mechanische wie chemische Einwirkung erreicht werden. In letzterem Falle, wo zugleich eine chemische Veränderung der Faser auftritt, wird der Prozeß gewöhnlich zur Merzerisierung ge-

¹ Journ. Soc. Chem. Ind. 1909, S. 188.

rechnet. Es gibt noch andere Methoden, nach welchen die Faser mit einer Schicht einer Substanz von hohem Brechungsindex versehen, oder die modernere, wo die Oberfläche der Faser in Nitro- oder Azetylzellulose übergeführt wird. Nach dem U.S.A. Pat. 954310 wird die Zellulose in Azetylzellulose verwandelt durch Behandlung mit einer Mischung von Essigsäureanhydrid und einer kleinen Menge ($\frac{1}{2}\%$) Schwefelsäure. Dadurch wird das Material gleichzeitig wasserdicht und glänzend. Ältere Patente empfehlen die Bildung einer glänzenden Schicht mit Hilfe eines Überzugs von Seidenabfällen, gelöst in Alkali oder Kupferammoniak. Das zu behandelnde Material wird mit der Seidenlösung getränkt und die Seide durch Behandeln mit Mineralsäuren, Kohlensäure oder einem Bikarbonat auf der Faser gefällt (D.R.P. 64457 u. 98968).

Nach anderen Angaben wird die Seidenlauge durch Lösungen von Kollodium oder Nitrozellulose in Alkalien ersetzt. Nach dem D.R.P. 24795 wird die Oberfläche der Faser in Nitrosaccharose übergeführt. Der Nachteil dieser Überzüge ist der, daß sie keinen haltbaren Glanz erzeugen. Infolgedessen sind sie, mit Ausnahme der Merzerisierung, zugunsten der mechanischen Verfahren verlassen worden. Die ältesten dieser Art sind das Pressen und Kalandern, und der erste große Fortschritt auf diesem Gebiet war die Erfindung der eingeschnittenen Kalandrierwalzen von Robert Deissler (D.R.P. 85368 v. 1894). Die nach dieser Methode behandelten Produkte sind bekannter unter dem Namen Schreiner-Finish oder Seidenfinish. Eine weitere Neuerung brachte die Einführung winklig gerippter Walzen. Diese Einrichtung gibt einen besseren Glanz mit stumpfen Kanten auf den Zylindergruben. Die Methode beruht auf einer Reibung in einem Winkel zur Länge der Kette. Viele Variationen dieser Methode wurden ausgeführt mit dem Zweck, einen Glanz zu erhalten, der zugleich voll und gegen Wasser und Bügeleisen widerstandsfähig ist. Nach den englischen Patenten von Sharp werden die Waren mit einem gleichmäßig feuchten oder gedämpften Leinentuch bedeckt und unter hohem Druck gepreßt oder kalandriert. Nach Depierres Methode werden die Produkte mit heißen glatten Metallwalzen kalandriert, wobei sie gleichzeitig getrocknet und glänzend werden. Der so erhaltene fettige Glanz wird oft nachträglich durch Kalandrieren mit einer gerippten Walze verdeckt. Nach dem D.R.P. 220349 von Carl Rumpf, Elberfeld, wird durch starkes Erhitzen der Produkte der Glanz gegen Wasser und Bügeln widerstandsfähig. Fettig glänzende Stoffe werden in gespanntem Zustand zwischen heißen Walzen oder über Gasflammen gezogen. Dann gibt man ihnen noch ein heißes Wannenbad, wobei der fettige Glanz verschwindet und der überdeckte Seidenglanz zurückbleibt. Nach späteren Patenten wird durch das Erhitzen der Glanz so gut wie fixiert, wobei aber Temperaturen über 400°C notwendig sind.

Eine andere Methode zur Herstellung von wasser- und bügelfestem Glanz ist Gegenstand des D.R.P. 88946 von 1896. Das Fabrikat wird mit einer Lösung von Albumin getränkt, gefaltet und getrocknet. Durch das Trocknen koaguliert das Eiweiß und fixiert die Riffelung. Der Nachteil dieser Methode ist, daß durch das Albumin die Ware an den Kalandrierwalzen hängen bleibt. Das wurde durch die Erfindung des

D.R.P. 206901 (F. During) zum Teil behoben, nach welchem das Kalandern mit geheizten Walzen ausgeführt wird, so, daß das Eiweiß noch nicht koaguliert, sondern erst durch weiteres Erhitzen nach dem Kalandrieren. Doch war der Glanz, der durch nicht sehr heiße Zylinder erzeugt wurde, minderwertig und die Neigung zum Klebenbleiben immer noch bedeutend, besonders bei fein gravierten Walzen. Deshalb wurden die Waren nach dem Zusatzpatent (D.R.P. 217679) nach dem Imprägnieren mit Albumin getrocknet, jedoch vor dem Kalandrieren und bei einer Temperatur, wo das Eiweiß noch nicht koagulierte. Die Koagulation wurde dann erreicht durch heißes Kalandrieren und verstärkt durch Dämpfen oder durch Behandeln mit Formaldehyd. Um zu große Steifheit zu vermeiden, muß der Albuminlösung Öl zugesetzt und dieselbe nur auf einer Seite des Stoffes aufgetragen werden.

Wir kommen nun zu den Prozessen, wo die glänzende Oberfläche durch eine unlösliche, wasserfeste Deckschicht geschützt wird. Nach der Methode von Eck (D.R.P. 232568) wird eine saure Lösung von Gelatine-Formaldehyd mit Hilfe von Walzen appliziert und auf dem Fabrikat ohne Erhitzen mit Ammoniakdampf koaguliert. Es wurde früher empfohlen, die Oberfläche der Stoffe mit Kollodium zu bedecken durch Bespritzen derselben mit einer Lösung von Nitrozellulose in Ätheralkohol. Der so auf dem Produkt entstehende Film ist infolge des Wassergehaltes opaleszent und deutlich sichtbar. Dieser Übelstand wurde durch die D.R.P. 212695 und 212696 vermieden, nach welchen die Lösung nicht mit dem gewöhnlichen Äther-Alkoholgemisch, sondern mit Amylacetat oder Amylformiat hergestellt wird, welche Lösungen mit 1—2% Nitrozellulose ergeben, die mit jedem im Lösungsmittel löslichen Farbstoff gefärbt werden können. Bernhard Zittau (D.R.P. 233574) benutzt eine Lösung von indischem Kautschuk oder Guttapercha, zusammen mit Paraffin oder Zeresin, in irgendeinem Kohlenwasserstoff, vorteilhaft in Benzol.

Im Hinblick auf diese Versuche zur Herstellung eines mechanisch hervorgerufenen wasser- und bügelfesten Glanzes kann man sagen, daß das Ziel erreicht wird entweder durch starkes Erhitzen der Ware oder durch Bedecken der Faser mit einem unlöslichen Lack. Vollständige Festigkeit gegen Bügeln und Feuchtigkeit kann durch höheres Erhitzen nicht erreicht werden, oder die Temperatur sei dann so hoch, daß eine ernstliche Gefährdung der Faser eintritt.

XV. Bestandteile der Rohbaumwolle.

1. Chemische Konstitution. In ihrem chemischen Aufbau besteht die Baumwolle, wie die übrigen vegetabilischen Fasern, hauptsächlich aus Zellulose. Auf der Oberfläche befindet sich eine Schutzschicht von Wachs- und Ölsubstanzen und in der Faser eine Spur Pigment, welches in manchen Baumwollvarietäten in erheblicher Menge auftreten kann.

Die Entfernung dieser Substanzen ist der Zweck der Beuch- und Bleichprozesse, welchen die Baumwolle vor dem Färben und Drucken unterworfen wird. Tatsächlich besteht die gereinigte Baumwollfaser,

wie sie in gebleichtem Zustande vorliegt, aus praktisch reiner Zellulose, und dieser Bestandteil allein scheint für ihre strukturelle Beschaffenheit von Bedeutung zu sein.

Die Baumwollzellulose ist sehr konstant zusammengesetzt und leicht zu reinigen. Sie wird Normalzellulose genannt, um sie von den in vielen anderen vegetabilischen Fasern vorhandenen Zellulosearten, z. B. mit Pektin (Leinentypus) oder mit Lignin (Jutetypus) verbunden, zu unterscheiden.

2. Verunreinigungen der Baumwolle. Die natürlichen Verunreinigungen der rohen Baumwolle betragen etwa 4—5% und bestehen hauptsächlich aus Pektinsäure, Farbstoff, Baumwollwachs, Baumwollöl und Eiweißsubstanz. Bei der Verbrennung ergeben die Fasern etwa 1% Asche. Bowman ist der Ansicht, daß dieser Gehalt von etwa 1% mineralischer Substanz als Bestandteil der Baumwolle von Bedeutung ist und großen Einfluß auf ihre Struktur und Eigenschaften besitzt. Es ist allgemein bekannt, daß Baumwollgarn durch das Bleichen etwa 5—7% an Gewicht verliert, Baumwollstoff infolge der während des Webens zugesetzten Materialien noch mehr. Jecusco¹ gibt z. B. an, daß Baumwolle, welche 8 Stunden mit 3% Natronlauge und 2% sulfuriertem Öl gekocht wurde, 6,45% an Gewicht verlor und der Verlust beim vollständigen Bleichen auf 7,3% stieg. Bei Anwendung von Soda an Stelle von Natronlauge und Bleichen mit stärkerer Hypochloritlösung betrug der Gewichtsverlust 7,1%. Trotman und Pentecost² betonen die Notwendigkeit, bei Versuchen dieser Art den Feuchtigkeitsgehalt vor und nach dem Bleichen zu berücksichtigen. In einer Reihe sorgfältig ausgeführter Laboratoriumsversuche wurden folgende Resultate in bezug auf den Gewichtsverlust durch das Kochen mit Soda erhalten:

Angewendete Nummer	Verlust %	Zahl der Versuche
24/2 amerikanische Baumwolle	5,30	7
32/2 „ „	4,01	36
40/2 „ „	4,35	15
70/2 „ „	3,90	29
70/2 ägyptische Baumwolle	6,54	8
80/2 „ „	4,59	12
100/2 „ „	4,35	18
120/2 „ „	4,60	12
150/2 „ „	4,55	6

Der vergleichbare Effekt einer Reihe von Reagenzien auf die nämliche Baumwolle unter gleichen Bedingungen wurde von Trotman und Pentecost wie folgt ermittelt:

Reagens	Verlust %
Kaliumhydroxyd	5,00
Natriumhydroxyd	4,40
Natriumcarbonat	3,70
Natriumborat	2,80
Natriumsilikat	2,40

¹ Journ. Soc. Dyers and Col., 1917, S. 34.

² Journ. Soc. Chem. Ind. 1910, S. 4—6.

Das in der Faser vorhandene Öl scheint mit Baumwollsamensamenöl identisch zu sein und wird wahrscheinlich aus dem Samen, an welchen die Fasern angewachsen sind, in die Baumwolle gelangen.

Das Baumwollwachs dient als Schutzdecke für die Faser und macht sie gegen Wasser widerstandsfähig, wie aus der langen Zeit ersichtlich ist, die es braucht, um Rohbaumwolle durch Eintauchen in Wasser zu benetzen.

Dieses Wachs scheint dem Carnaubawachs analog zusammengesetzt zu sein, es ist unlöslich in Alkalien, wird jedoch bei längerem Kochen emulgiert, auf welchem Verhalten die Beuchoperation beruht. Es scheint dagegen in sulfurierten Ölen, wie Türkischrotöl, leicht löslich zu sein, und deshalb kann Baumwolle rasch und gründlich mit einer Lösung solcher Öle benetzt werden. Die Wachsschicht der Faser beeinflusst ihre Spinneneigenschaften in gewissem Grade, indem sie z. B. zum Spinnen feiner Garne eine eher erhöhte Temperatur verlangt, wahrscheinlich, um das Wachs zum Schmelzen zu bringen. Bei niedriger Temperatur wird das Wachs steif und gummiartig und verhindert das Drehen der Fasern beim Spinnen. Seine Gegenwart in den dünnen Lamellen der Zellwände erhöht die Elastizität der Faser und macht sie weniger brüchig. Das stufenweise Eintrocknen der flüchtigeren Anteile dieses Wachses auf der Faser, wobei der zurückbleibende Teil dicker und steifer wird, ist wahrscheinlich der Grund der den meisten Spinnern bekannten Tatsache, daß sich frisch geerntete Baumwolle besser verarbeiten läßt und weniger Abfall gibt als Baumwolle der vorigen Ernte¹.

Spinnversuche mit ägyptischer Baumwolle, welche von ihrem Wachs befreit wurde, ergaben², daß das Material für die Zwirnerei und Spinnerei sich schlecht eignet, sehr viel Abfälle und unregelmäßiges Garn gibt und die Eigenschaft zeigt, an den Walzen hängenzubleiben. Feinere Nummern werden leicht verwirrt und brechen sehr oft. Als Kette im Webstuhl verwendet, verwirren sie sich ebenfalls. Durch Extraktion mit Benzol nach dem Spinnen nimmt die Festigkeit zu, dagegen vermindert sich die Länge, wie in folgender Tabelle gezeigt ist.

	Amerikanische Baumwolle %	Ägyptische Baumwolle %
Zunahme der Festigkeit	12,4	11,0
Abnahme der Länge	4,0	9,9
Mittlere Nummern, vorher	56,8	58,1
„ „ „ nachher	58,2	58,9

Zusatz von 2% Paraffinwachs zum extrahierten Garn vermindert die Zugfestigkeit bis 33%. Aus extrahierter Baumwolle gesponnenes Garn ist 24,5—27% schwächer als solches aus normaler Baumwolle.

Die im Baumwollwachs vorhandene Fettsäure wurde identisch gefunden mit Margarinesäure. Nach Dr. Schunck enthält amerikanische Baumwolle etwa 0,84% Fettsubstanz, ostindische nur 0,337%.

Analysen von Baumwollwachs ergeben folgende Zusammensetzung:

¹ Bowman: Cotton Fiber, S. 55.

² Journ. Text. Inst. 1911, S. 22.

Kohlenstoff	80,38 %
Wasserstoff	14,51 „
Sauerstoff	5,11 „

Es schmilzt bei 85,9° C und erstarrt bei 82° C, verhält sich also ähnlich wie Zeresin oder Zuckerrohrwachs und Carnaubawachs.

Baumwollgummi oder Holzgummi wird die aus der Baumwolle durch kochendes Alkali extrahierte und durch Alkohol nicht gefällte Substanz genannt. Sie ist nicht identisch mit Baumwollwachs, da sie nicht nur letzteres, sondern auch die Pektinsubstanzen und Fette der Faser enthält.

Die Wirkung verschiedener Ausrüstungsoperationen der Baumwollmanufaktur auf das Baumwollwachs scheint von erheblicher Bedeutung zu sein. Es ist fast unmöglich, die Wirkung des „Bettle“-Finishes zu erhalten, wenn das Wachs aus der Faser nicht entfernt ist. Sogar die Spuren, welche nach dem Reinigen und Bleichen noch zurückbleiben, genügen, um diese Schwierigkeit hervorzurufen, und die Anwendung von unzerreißbaren Substanzen als Zusätze beim Weben erhöhen den Effekt gewöhnlich noch. Infolgedessen ist in diesem Falle eine nachträgliche Extraktion mit Lösungsmitteln notwendig. Fort¹ und Mitarbeiter haben ein diesbezügliches Verfahren patentiert, welches sowohl vor als auch nach dem Bleichen oder Färben und auch für nasses Material angewendet werden kann².

Um den Effekt verschiedener Operationen auf die Benetzbarkeit der Baumwolle zu zeigen, preßten Beadle und Stevens³ verschiedene Muster leichtgetrockneter Baumwolle in lose Pfropfen von 15 × 10 mm, jedes 0,1 g schwer, und ließen sie von einer größeren Höhe auf eine Wasseroberfläche fallen. Die zum Passieren der Oberfläche benötigte Zeit wurde als Maß der Benetzbarkeit angenommen. Es wurden folgende Resultate erhalten:

Rohbaumwolle	mehr als	24 Stdn.
Baumwolle, gebleicht, aber nicht gereinigt		31,3 Sek.
„ gekocht in 1 % iger NaOH		12,3 „
„ „ „ 2 % iger „		5,7 „
„ gebeucht, gebleicht und wieder gebeucht		4,0 „
„ mit Äther und Alkohol extrahiert		0,5 „

Das Herauslösen des Wachses ist der eigentliche Zweck der Kalk- und Sodabeuche, und ihre relative Wirksamkeit wurde lange umstritten. Im allgemeinen scheint festzustehen, daß bei einmaliger Operation die Sodabeuche größeren Effekt hat, wie z. B. aus nachstehender Tabelle von Trotman und Thorp⁴ hervorgeht, wobei die Zahlen den prozentualen zurückgebliebenen Aschengehalt usw. der Faser bedeuten.

Die Ansichten über den Wert einer Kalkbäuche, verglichen mit einer Soda-Säure-Kalk-Säure-Behandlung, sind geteilt. Sowohl Higgins⁵ als auch Trotman und Pentecost⁶ stimmen darin überein, daß bei der

¹ Journ. Soc. Dyers and Col. 1921, S. 161.

² Lumsden, Mackenzie and Fort, E. P. 137, 968.

³ Journ. Soc. Chem. Ind. 1913, S. 174.

⁴ Bleaching and Finishing of Cotton Goods, S. 95.

⁵ Bleaching, S. 40.

⁶ Journ. Soc. Chem. Ind. 1910, S. 4—6.

	Versuch I		Versuch II		Versuch III	
	Soda-beuche	Kalk-beuche	Soda-beuche	Kalk-beuche	Soda-beuche	Kalk-beuche
Asche	0,26	0,52	0,26	0,50	0,42	0,56
Freies Fett	0,10	0,26	0,20	0,15	0,16	0,11
Fettsäuren (als Seifen)	0,16	0,22	0,13	0,21	0,26	0,56
Stickstoff	0,05	0,07	—	—	0,07	0,07

Kalkbeuche ein Teil des verseiften Waxes hydrolysiert wird, und daß die nachfolgende Säurebehandlung die in der Faser verbliebenen unlöslichen Seifen in freie Säuren überführt, welche in enge Berührung mit der unverseifbaren Substanz kommen, so daß in der Beuchlauge eine Seife entsteht und rasche Emulgierung und Entfernung der unverseifbaren Substanz eintritt. Die zuletzt angeführten Autoren sind dagegen der Ansicht, daß das gleiche Resultat ebensogut durch die direkte Sodabeuche erhalten werden könne.

Knecht und Allan¹ fanden, daß der Benzolextrakt der Rohbaumwolle durch Petroläther in ein lösliches „Baumwollwachs A“ und ein „unlösliches Baumwollwachs B“ geschieden werden kann.

Bei ägyptischer Baumwolle, für welche die erwähnte Untersuchung durchgeführt wurde, betrug das Verhältnis 72% Lösliches zu 28% Unlöslichem, für amerikanische Baumwolle 80 : 20%. Baumwollwachs A ist geruchlos, dunkelgelb gefärbt und gleicht in Aussehen und Bruch stark dem Bienenwachs. Es schmilzt bei 65,5—68° C, besitzt eine Jodzahl von 28,55, eine Säurezahl von 44,1 und eine Verseifungszahl von 84,3. Etwa 18,8% werden beim Kochen mit 96%igem Alkohol nicht gelöst. Es ist schwer zu verseifen, bei Anwendung von Glycerin und Natriumhydroxyd ergibt es 47,5% unverseifbare Substanz, bestehend aus a) Kohlenwasserstoffen (Untriacontan (C₃₁H₆₄) und Dotriacontan (C₃₂H₆₆) wurden isoliert), b) einem Phytosterol, dessen Azetyl-derivat bei 121° C schmilzt, sonst aber nicht identifiziert ist, c) fetten Alkoholen, welche mangels Materials nicht identifiziert wurden. Die Seifen ergeben Palmitin-, Stearin- und Cerotinsäure.

Baumwollwachs B bildet eine dunkelgrüne, körnige Masse mit einem Schmelzpunkt von 68° C, einer Säurezahl von 4,03 und einer Verseifungszahl von 83,3. Der unverseifbare Teil enthält 33,5% eines rötlichbraunen, klebrigen Waxes, welches bei 63° C schmilzt und beim Azetylieren eine erhebliche Menge eines Phytosterolazetates mit einem Schmelzpunkt von 123° C ergibt. Die Seifen ergeben eine kleine Menge Melissesäure.

In einer eingehenden Untersuchung der mit Benzol extrahierbaren Bestandteile der amerikanischen Baumwolle zeigten Fargher und Probert², daß der Hauptbestandteil ein neuer Alkohol ist, welchem sie den Namen Gossypylalkohol und die Formel C₃₀H₆₂O zusprachen. Die in den verschiedenen Teilen des rohen Extraktes gefundenen Substanzen sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt, die in etwas

¹ Journ. Soc. Dyers and Col. 1911, S. 142.

² Journ. Text. Inst. 1923, S. 49.

größerer Menge vorhandenen Körper in fetten Lettern und die in sehr kleiner Menge vorhandenen in Kleindruck.

Roher Benzolextrakt von Rohbaumwolle.

- A. Löslich in Leichtpetrol.
1. Schwer löslich:
 - γ -Gossypylalkohol.
 - β -Gossypylalkohol.
 2. Leicht löslich:
 - Freie Säuren: Palmitin-, Stearin-, Ölsäure.
 - Säuren als Ester: **Karnauba-**, Palmitin-, Stearin-, Ölsäure, Montanylalkohol, Gossypylalkohol.
 - Feste Kohlenwasserstoffe: Triacontan, Untriacontan.
 - Flüssige Kohlenwasserstoffe:** Siedepunkt 170—220° C und 150—210° C.
 - Phytosterol, hauptsächlich Sitosterol, Amyrin.
- B. Löslich in Äther.
1. Schwer löslich:
 - Montanylalkohol**, Sitosterolin, Palmitin-, Stearinsäure.
 2. Leicht löslich:
 - Montanylalkohol, Palmitin-, Stearinsäure.
- C. Löslich in Benzol.
1. Schwer löslich:
 - β -Gossypylalkohol.
 2. Leicht löslich:
 - β -Gossypylalkohol, Palmitin-, Stearinsäure.
- D. Löslich in Alkohol.
1. Schwer löslich:
 - β -Gossypylalkohol, Cerylalkohol.
 2. Leicht löslich:
 - Natriumsalze von Fettsäuren.
- E. Löslich in Chloroform.
- α -Gossypylalkohol, Karnaubylalkohol, eine Säure $C_{34}H_{68}O_2$.

Bei der Herstellung des Benzolextraktes wurde gefunden, daß nach achtstündiger Extraktion im Soxhlet-Apparat der Extrakt von 0,47 %, auf die lufttrockene, oder 0,51 %, auf scharf getrocknete Baumwolle berechnet, stieg. Der dunkelbraune, plastische Extrakt hat folgende Eigenschaften:

Schmelzpunkt	70—75° C
Dichte	0,989
Säurezahl	30,6
Verseifungszahl	65,0
„ nach der Azetylierung	144,0
Azetylierungszahl	83,0
Jodzahl	21,0
Unverseifbare Substanz	51 %

Sowohl Knecht als auch Piest¹ schreiben dem Baumwollwachs reduzierende Eigenschaften zu, da es die Kupferzahl der Baumwolle zu erhöhen scheint. Der reduzierende Bestandteil ist wahrscheinlich ähnlich einem von Hoffmeister² im Flachswachs entdeckten Aldehyd.

Hebden³ fand, daß die Zerstörung der Fette und Wachse, welche in Äther löslich sind, während des Beuchens mit Soda folgendermaßen verläuft:

¹ Z. angew. Chem. 1912, S. 396.

² B. B. 1903, S. 1057.

³ Journ. Ind. Eng. Chem. 1914, S. 714.

Eintauchen	Erstes Kochen	Zweites Kochen	Chem. Bleichen	Säure
5,5 %	20,4 %	64 %	67,8 %	69,6 %

Trotman und Pentecost¹ geben folgende typische Analysen an zur Unterscheidung von guten und schlechten Sodabeuchen von Baumwollwaren:

	Nach guter Beuche %	Nach schlechter Beuche %
Mineralische Substanz	0,05—0,75	1,00
Freies Fett	0,01—0,15	0,35—0,70
Fett als Seife	Spuren	0,25—0,50
Stickstoff	0,50—0,10	0,25—0,35

Sie empfehlen die Verwendung von Soda oder Borax als Emulgiermittel, bemerken aber, daß die reinigende Wirkung des Natriumsilikates von einer mechanischen Schädigung der Faser begleitet sein kann infolge der Ablagerung von Kieselsäure auf der Faser.

Andere Verfahren zu einer vollständigen Entfernung des Wachses empfehlen die Anwendung von a) einer Seifenlösung, welche Benzol enthält², b) einer Mischung von Kaliseife, Schwefelkohlenstoff und Olein³, c) Harzseifen, d) Benzol und anderen Lösungsmitteln in Emulsion mit Türkischrotöl und e) Türkischrotöl und Ölsäure⁴.

Scheurer⁵ untersuchte die Verseifung von Talg, Baumwollsamöl und der Fettsubstanzen der Rohbaumwolle bei Baumwollstoff und kam zu folgenden Ergebnissen: 1. Natriumhydroxyd ist in gleicher Konzentration doppelt so wirksam wie Soda, eine Erhöhung der Konzentration von 5—10 Teilen auf 1000 hat keinen merkbaren Effekt; 2. Mischungen von Natronlauge und Soda zeigen den stärksten Effekt, wenn die Menge Karbonat 25 % des gesamten Alkalis äquivalent ist, ein Effekt, welcher den mechanischen Eigenschaften der Lösung zugeschrieben wird; 3. Zusatz von Harz erhöht die Geschwindigkeit der Verseifung, welche noch weiter befördert wird durch Erhöhung der Alkalikonzentration; 4. die Verseifung von Baumwollsamöl in Berührung mit dem Fabrikat geht verhältnismäßig rasch und scheint den Verseifungsgrad der Fettsubstanzen der Rohbaumwolle zu erhöhen; 5. neutrale Fette (Triglyzeride) werden durch alkalische Lösungen rascher angegriffen, wenn sie mit leicht verseifbaren Ölen gemischt sind, wahrscheinlich infolge der Emulgierung; 6. da die Schnelligkeit der Reaktion von Kalk gering ist, kann eine vollständige Entfernung der Fette nur durch nachfolgendes Säuren und Kochen mit Soda erreicht werden; 7. es wurde die allgemeine Beobachtung gemacht, daß eine vollständige Verseifung der Fettsubstanzen der Baumwolle erreicht werden kann: a) durch eine einmalige Behandlung mit Natronlauge und Kolophoniumharz oder b) durch eine Kalk-Säure-Sodabehandlung,

¹ Journ. Soc. Chem. Ind. 1910, S. 4—6.

² Chem. and Met. Eng. 1916, S. 160.

³ Dyson, E. P. 10311 v. 1913.

⁴ Bull. Soc. Ind. Mulh. 1903, S. 288.

⁵ Bull. Soc. Ind. Mulh. 1888, S. 399.

wobei das letztere Verfahren größere Sicherheit und Änderungsmöglichkeit bietet.

Knecht¹ betrachtet es als unwahrscheinlich, daß Baumwollwachs unter normalen Bedingungen des Bleichprozesses verseift werde, sondern das Wachs wird nur teilweise weggelöst und dann nur infolge Emulgierung.

Er gibt folgende Zahlen zur Stütze seiner Ansicht:

Reinigungsmittel	Zeit	Zerstörtes Wachs %
Soda 4 ^o Tw	4 Std.	30
Natronlauge 2 ^o Tw	4 „	28
NaOH, 2 ^o Tw + spanische Seife (5 % des Gewichtes der Baumwolle)	25 Min.	45
NaOH, 2 ^o Tw + spanische Seife (5 % des Gewichtes der Baumwolle)	4 Std.	64
NaOH, 2 ^o Tw + Harzseife (5 % des Gewichtes der Baumwolle)	25 Min.	73

Obwohl die Verwendung von Harzseifen sehr vorteilhaft scheint, wurde gefunden, daß, wenn das angewandte Wasser Kalk oder Magnesia enthält, die Resinate gefällt werden können und auf der Faser einen braunen Niederschlag erzeugen². Es wurde die Wirksamkeit von Kaliumhydroxyd gegenüber Natriumhydroxyd³ und von Strontiumhydrat gegenüber Kalk untersucht⁴. Kaliumhydroxyd soll, wenn in äquivalenter Menge und gleich lang angewendet, 20 % mehr Wachs zerstören, während Strontiumhydrat eine dreimal stärkere Verseifung als Kalk bewirkt und dazu noch merkbar bleichend wirkt. Dabei kann allerdings infolge von Oxydation eine Schwächung der Ware eintreten.

In einer neueren Mitteilung⁵ betrachtet Trotman die verzögernde Wirkung von neutralen Salzen und von hartem Wasser auf die Soda-beuche. Der nämliche Forscher spricht die Ansicht aus, daß in der Faser zurückgehaltenes Wachs die Baumwolle vor „chemischer“ Einwirkung schütze, während Graf⁶ angibt, daß die reduzierenden Bestandteile des Wachses das „Bluten“ der Küpenfarben in die Beuchlaugen bewirken, und empfiehlt eine Methode, um das zu verhindern. Hollman⁷ hat die in der Rohbaumwolle während des Bleichprozesses wirkende reduzierende Kraft untersucht; die größte Veränderung tritt nach dem Laugenkochen ein, wenn die Hauptmenge der sekundären Bestandteile zerstört ist. Ob das Gelbwerden von Baumwollwaren beim Lagern in gewissem Grade den Wachssubstanzen zuzuschreiben ist, steht nicht sicher. Levine⁸, Crowther⁹ und Higgins¹⁰ befürworten

¹ Journ. Soc. Dyers and Col. 1911, S. 142.

² Journ. Soc. Chem. Ind. 1905, S. 267. ³ Journ. Soc. Chem. Ind. 1910, S. 4—6.

⁴ Bull. Soc. Ind. Mulh. 1914, S. 499. ⁵ Journ. Soc. Chem. Ind. 1910, S. 249.

⁶ DRP. 288751 v. 1914. ⁷ Papierfabrikant 1910, S. 863, 890.

⁸ Journ. Soc. Dyers and Col. 1908, S. 106.

⁹ Journ. Soc. Dyers and Col. 1913, S. 9.

¹⁰ Journ. Soc. Chem. Ind. 1914, S. 902.

diese Annahme, während Erban¹, Hebden und Freiburger² gegen-
teiliger Ansicht sind.

Baumwolle, bei welcher das Wachs sorgfältig entfernt worden ist,
gibt beim Bleichen ein besseres „Weiß“, als nicht vorbehandelte Baum-
wolle³.

3. Chemische Analysen der Rohbaumwolle. Die folgende Tabelle
gibt die Resultate von Analysen der Baumwollfaser aus dem U.S. De-
partment of Agriculture, als Mittelwerte einer großen Zahl von Ver-
suchen:

Wasser	6,74 %	Faser (Zellulose)	83,71 %
Asche	1,65 „	Stickstofffreier Extrakt	5,79 „
Protein	1,50 „	Fett	0,61 „

Eine Analyse der in der Faser vorhandenen Aschenbestandteile ist
folgende:

Wasser	6,07 %	Kalk	0,19 %
Asche	1,37 „	Magnesia	0,08 „
Stickstoff	0,34 „	Ferrioxyd	0,02 „
Phosphorsäure	0,10 „	Schwefelsäure	0,60 „
Pottasche	0,46 „	Chlor	0,07 „
Soda	0,09 „	Unlösliches	0,05 „

Die Zusammensetzung von Baumwollfasern verschiedener Herkunft
ist praktisch dieselbe, da die Verschiedenheiten der Analysenresultate
nicht größer sind als diejenigen verschiedener Versuche ein und des-
selben Beispiels.

Balls⁴ hat den spezifischen Salzgehalt des Zellsaftes von reiner
ägyptischer Baumwolle bestimmt und findet, daß derselbe nicht nur
vom Salzgehalt des Erdbodens, sondern auch von der untersuchten
Baumwollvarietät abhängt. Pflanzen von zwei ägyptischen Arten,
welche zu der Klasse mit durchflochtenen Wurzeln gehören, zeigten
Differenzen bis zu 10,7 % im Salzgehalt des Zellsaftes.

Lester⁵ hat die mit Wasser ausziehbaren Bestandteile der rohen
Baumwolle untersucht. Dieser Extrakt ist offensichtlich nicht einheitlich
zusammengesetzt und beträgt bis 1,73 % des Garnes, oder, wenn das
Baumwollgarn in kurze Stückchen ($\frac{1}{4}$ inch) geschnitten wird, bis
2,11 %. Die Analyse dieses Extraktes wird folgendermaßen angeben:

Asche	39,22 %
Fettsäuren (mit HCl)	62,30 „
Ätherextrakt	17,52 „
Kaltwasserextrakt	39,50 „
Asche der ursprünglichen Baumwolle	0,82 „
Asche der Baumwolle nach der Extraktion mit Wasser	0,21 „

Lester zeigt auch, daß, während getrocknete Baumwolle, der Luft
ausgesetzt, wieder ca. 8 % Feuchtigkeit aufnimmt, der getrocknete
wäßrige Extrakt der Baumwolle etwa 32 % absorbiert und infolgedessen

¹ Färber-Zg. 1912, S. 379.

² Z. angew. Chem. 1916, S. 397.

³ Journ. Soc. Dyers and Col. 1911, S. 142.

⁴ Proc. Phil. Soc. 17, S. 467.

⁵ Journ. Soc. Chem. Ind. Bd. 21, S. 388.

von dem der Baumwolle stark verschieden ist. Vielleicht verdankt die rohe Baumwolle diesen Substanzen etwas ihrer hygroskopischen Feuchtigkeit.

Die vollständige chemische Analyse der Baumwolle kann wie folgt ausgeführt werden: Zuerst wird durch Trocknen bei 105° C die hygroskopische Feuchtigkeit bestimmt (oder mit Toluol nach der Methode von Schwalbe), dann wird eine gewogene Menge der Faser im Platin- oder Porzellantiegel verascht. Dadurch erhält man den Aschengehalt der Rohfaser, und man kann nun nach bekannten chemischen Methoden die Bestandteile der Asche bestimmen. Ein anderer Teil der Faser wird mit Natronlauge von 2° Tw gekocht, gespült und getrocknet, der Gewichtsverlust entspricht dem Gehalt an Fetten und Wachsen. Oder die Faser kann mit Alkohol und Äther im Soxhlet-Apparat extrahiert und die extrahierte Substanz ebenfalls durch den Gewichtsverlust der Baumwolle oder direkt durch Verdunsten der Lösungsmittel bestimmt werden. Die Menge des Stickstoffs bestimmt man nach Kjeldahl, die Kutikula durch den Gewichtsverlust nach dem Kochen mit Natriumsulfitlösung. Dann kann noch die Asche der zurückbleibenden Zellulose bestimmt werden. Zusammengefaßt ist also der Analysengang folgender:

- a) Trocknen bei 105° C = hygroskopische Feuchtigkeit.
- b) Veraschung; Rückstand = Asche der Rohfaser.
- c) Kochen mit Natronlauge = Fett- und Wachsubstanzen.
- d) Bleichen mit Natriumhypochloritlösung = Farbstoffe.
- e) Kochen mit Natriumsulfitlösung = Kutikula.
- f) Veraschen; Verlust = Zellulose.
- g) Rückstand der Veraschung = Asche der Zellulose.

Eine solche Analyse gibt etwa folgende Resultate:

a) Hygroskopisches Wasser	7,00 %	e) Kutikula	0,75 %
b) Asche der Rohfaser . .	1,12 „	f) Reine Zellulose	86,63 „
c) Fette und Wachse . .	5,00 „	g) Zelluloseasche	0,12 „
d) Verlust beim Bleichen .	0,50 „		

Knecht hat eingehende Versuche über die Extraktion der rohen Baumwollgarne mit verschiedenen Lösungsmitteln angestellt und die dabei erhaltenen Extrakte untersucht¹. Das dazu verwendete Material waren gute amerikanische und ägyptische Qualitäten von zweifachen 40er Garnen mit 8,03 bzw. 7,37 % Feuchtigkeit, nach dem Aufbewahren in feuchter Atmosphäre mit 70 % Feuchtigkeit. Die Aschengehalte betragen 0,93 bzw. 1,06 %. Die folgende Tabelle enthält die prozentualen Mengen der mit verschiedenen Lösungsmitteln erhaltenen Extrakte:

Extraktion mit	Knecht		Knecht und Holl		Knecht und Fernandes	
	Ameri-kanische	Ägyptische	Ameri-kanische	Ägyptische	Ameri-kanische	Ägyptische
Benzol	0,55	0,47	0,41	0,44	0,43	0,45
Alkohol	0,90	0,68	0,53	0,74	0,54	0,75
Wasser	1,61	1,40	1,66	1,51	1,75	1,52
Ammoniak	0,39	0,45	0,43	0,50	0,41	0,48
Ameisensäure	0,72	0,46	0,65	0,41	0,68	0,47
Salzsäure	0,43	—	0,66	0,59	0,58	0,57

¹ Journ. Soc. Dyers and Col. 1911, S. 255 und 1920, S. 43.

Ähnliche Zahlen werden von Matthes und Streicher¹ angegeben, welche fanden, daß Petroläther 0,5% von Caravonicabaumwolle (aus North Queensland), 0,36% von ägyptischer und 0,34% von amerikanischer Baumwolle extrahiert. Dieselben Arten ergeben nach dem Bleichen 0,25 bzw. 0,26 bzw. 0,32%. Piest² extrahierte neun Beispiele von Baumwolle mit Äther, Tetrachlorkohlenstoff und Alkohol und erhielt kleine Mengen von Wachsen (0,09—0,53%). Barnes³ hat gefunden, daß Äther 0,188—0,618% aus verschiedenen indischen Arten extrahiert. Knecht⁴ hat neuerdings beobachtet, daß durch Zerstören der Struktur der Baumwollfaser weitere Mengen an extrahierbaren Substanzen erhalten werden.

Abgesehen von der Wachssubstanz ist über diese extrahierten Substanzen wenig bekannt, außer daß sie viel mineralische Bestandteile zu enthalten scheinen. Bei den von Knecht⁵ untersuchten Baumwollgarnen waren die alkoholischen Extrakte amorph, braun und hygroskopisch. Sie reduzierten Fehlingsche Lösung und die Aschen enthielten 17,9 bzw. 23,4% K₂O. Die wäßrigen Extrakte waren ähnlich, reduzierten aber Fehlingsche Lösung nicht so leicht. Sie enthielten 50,4 bzw. 54,5% Mineralsubstanzen.

Higgins⁶ gibt an, daß, wenn Baumwolle oder Leinen vollständig mit Benzol extrahiert, dann mit Säure behandelt, gewaschen und getrocknet wird, beim nochmaligen Kochen mit Benzol eine weitere Menge, etwa 10% der ersten Menge, an Fettsäuren erhalten werden kann. Die Membranen enthalten Magnesium, woraus geschlossen werden kann, daß die Fettsäuren als Magnesiumsalze vorhanden sind. Knecht hat ebenfalls berichtet, daß mit dem Bleichen von mit Benzol extrahierter Baumwolle ein weiterer, aber schwächerer Extrakt erhalten werden kann.

Die Hauptmenge der in der rohen Faser vorhandenen mineralischen Substanz ist in den alkoholischen oder wäßrigen Extrakten zu finden, wie der Aschegehalt derselben zeigt:

Extrakt	Aschegehalt in %	
	Amerikanische Baumwolle	Ägyptische Baumwolle
Alkohol	40,73	42,55
Wasser	48,27	50,09

Die Affinität der Baumwolle zu basischen Farbstoffen nimmt nach sukzessiver Extraktion mit Benzol, Alkohol und Wasser nicht ab. Tannin, bzw. Gerbsäure, wird dagegen nach der Extraktion weniger gut aufgenommen und auch weniger festgehalten, wie folgende Tabelle zeigt:

¹ Pharm. Z., S. 637. ² Z. angew. Chem. 1921, S. 396.

³ Dabney, The Cotton Plant.

⁴ Journ. Soc. Dyers and Col. 1920, S. 279.

⁵ Journ. Soc. Dyers and Col. 1918, S. 220.

⁶ Bleaching, S. 13.

Reaktion mit Tannin.

Extraktion	Amerikanische Baumwolle		Ägyptische Baumwolle	
	Absorbiert g	Nach dem Spülen zurück- gehalten g	Absorbiert g	Nach dem Spülen zurück- gehalten g
Ursprünglich	0,0395	0,0295	0,0421	0,0240
Benzol	0,0326	0,0028	0,0339	0,0063
Alkohol	0,0291	0,0026	0,0307	0,0039
Wasser	0,0208	0,0019	0,0266	0,0066

Den Effekt der Extraktion auf die Zugfestigkeit zeigt folgende Tabelle:

Extraktion	Amerikanische Baumwolle		Ägyptische Baumwolle	
	Konditioniert Unzen	Getrocknet bei 100° C Unzen	Konditioniert Unzen	Getrocknet bei 100° C Unzen
Ursprünglich	12,19	13,32	15,34	15,51
Benzol	15,19	14,52	18,02	16,01
Alkohol	14,59	14,37	17,10	16,81
Wasser	16,12	15,92	15,45	15,59

Eine bemerkenswerte Tatsache aus dieser Zusammenstellung ist die, daß die Festigkeit der ursprünglichen Baumwolle in getrocknetem Zustande größer ist, als wenn die Faser den normalen Feuchtigkeitsgehalt besitzt.

4. Die Farbstoffe in der Baumwolle. Die in der Baumwolle vorhandene färbende Substanz wurde untersucht und als aus zwei organischen Pigmenten bestehend gefunden, wovon das eine in Alkohol leicht löslich ist, das andere nur von kochendem Alkohol gelöst wird. Nach Schunck¹ ist die Zusammensetzung dieser beiden Körper aus Nankin-Baumwolle folgende:

	A löslich in kaltem Alkohol %	B unlöslich in kaltem Alkohol %
Kohlenstoff	58,22	57,70
Wasserstoff	5,42	5,60
Stickstoff	3,73	4,99
Sauerstoff	32,63	31,71

Die Zusammensetzung der färbenden Substanz in der amerikanischen Baumwolle ist mit der obigen praktisch identisch.

Es gibt eine spezielle Varietät von „peeler“-Baumwolle, welche unter dem Namen „blue bender“ bekannt ist. Ihre Faser ist gekennzeichnet durch eine bläuliche Farbe, welche beim Bleichen nach den gewöhnlichen Methoden nicht verschwindet. Sie hat ihren Namen erhalten, weil sie längs den „bends“ des Mississippitales vorkommt. Die genaue Natur dieses Farbstoffes und die Ursache seiner Bildung in dieser

¹ Chem. News 1868, S. 118; 1874, S. 5.

Baumwollvarietät sind nicht bekannt. Einige Forscher vermuten, daß der Defekt davon herrühre, daß die Pflanze zu früh dem Frost ausgesetzt sei, während andere den Grund wieder in einem besonderen Bestandteil des Bodens suchen. Abgesehen von dieser abnormen Farbe und der schlechten Bleichbarkeit, unterscheidet sich die Faser in ihren übrigen Eigenschaften nicht von der normalen.

Es wird allgemein angenommen, daß die bräunlich gefärbte Baumwolle mehr Eisen enthalte als heller gefärbte Varietäten. Doch scheint die Asche dieser Arten nicht mehr Eisen zu enthalten. Die färbende Substanz muß demnach ein organisches Pigment sein¹.

Penot² hat beobachtet, daß der Farbstoff in Alkalien löslich ist, doch nicht unmittelbar, sondern erst bei Zutritt von Luft und Licht oder Chlor. Schunck³ und Knecht⁴ haben stark gefärbte Produkte isoliert, welche Stickstoff enthalten, dem sie die Farbe zuschreiben. Doch lassen die Bedingungen, unter denen sie erhalten wurden (durch Kochen mit Soda bzw. Natronlauge), und die von Schunck erhaltenen Analysenresultate es als wahrscheinlich erscheinen, daß es aufgespaltene Proteine sind. Doch ist es möglich, daß die färbende Substanz in Verbindung mit Protein vorkommt. Taylor⁵ hat beobachtet, daß die in der Baumwolle vorhandene färbende Substanz durch Verwendung von unterchloriger Säure oder eines Hypochlorites allein vollständig entfernt wird und daraus auf die Anwesenheit von zwei Farbstoffen geschlossen.

Das Pigment der Baumwolle tritt in wilden Arten stärker auf, deren Haare mehr oder weniger mit einem rötlichen Endochrom gefärbt sind, hauptsächlich in den dem Licht mehr ausgesetzten Stellen. Die Farbe vertieft sich mit der Reife der Baumwolle, und W. L. Balls⁶ beobachtet eine tiefgehende Änderung etwa um den 27. Tag nach der Entwicklung des Fruchtknotens. Die jungen Samen verändern ihre Farbe in einer Mischung von Alkohol und Essigsäure nach Grün, die älteren nach Rosa oder Hellrot, die reifen Früchte, welche zu bersten anfangen, nach Braun. Die Farbe wird verstärkt, wenn man sie diffusum Licht aussetzt, aber oft zerstört in direktem Sonnenlicht, hauptsächlich, wenn das Protoplasma tot ist. Ebenso bewirkt Dämpfen eine Vertiefung der Farbe⁷.

In einer neueren Mitteilung gibt Brabhaj an, daß Baumwollarten von hellgrüner bis dunkelbrauner Farbe kultiviert worden seien⁸. Die Fasern sind außerordentlich fein, und die dunkelbraune Varietät soll in bezug auf Feinheit jede bisher kultivierte Baumwolle überrreffen.

Das Pigment wird hauptsächlich im Lumen gefunden, doch kommt es auch in Verbindung mit der Zellulose vor. Brasilianische und süd-amerikanische Baumwollarten enthalten sehr wenig Pigment, die

¹ Siehe auch Kuhn, Die Baumwolle, S. 138.

² Bull. Soc. Ind. Mulh. 1836, S. 369. ³ Manchester Lit. Phil. Soc. 1871, S. 95.

⁴ Journ. Soc. Dyers and Col. 1918, S. 220.

⁵ Journ. Soc. Dyers and Col. 1914, S. 85.

⁶ Development and Properties of Raw Cotton, S. 71.

⁷ Text. Mer. 1914, S. 85.

⁸ Dyers and Calico Ph. 1920, S. 20.

ägyptische Baumwolle dagegen ist so reich daran, daß sie auf Grund ihrer Farbe leicht von den anderen Arten unterschieden werden kann.

Es ist nicht bekannt, ob das Pigment in Beziehung steht zu dem „Gossypol“ des Baumwollsamens¹ oder zu den von B. G. Perkin² in den Baumwollblüten gefundenen Glukosiden.

5. Pektinverbindungen der Baumwolle. Pektinverbindungen bilden den größten Teil der in der Baumwolle vorhandenen Verunreinigungen und sind sehr komplexer Natur. Der Name Pektin ist in chemischer Hinsicht aber weit gefaßt und bezieht sich auf die in Früchten oder Pflanzensäften vorkommende Körperklasse, welche gallertartige Verbindungen bildet. Die chemische Zusammensetzung und Eigenschaften der Pektine sind wenig untersucht. Die Pektine bilden Salze mit Metallbasen, wie Calciumpektat, Natriumpektat usw. Wenn rohe Baumwolle mit Natronlauge oder Kalkmilch gebeucht wird, nimmt man an, daß die organischen Pektinverbindungen der Faser gespalten werden und sich Natrium- oder Calciumpektate bilden. Auf die gelatinöse Natur des Baumwollpektins kann aus der braunen gallertigen Natur der Beuchlauge geschlossen werden.

Schunck isolierte aus diesen durch das Beuchen aus der Baumwolle herausgelösten Produkten eine beträchtliche Menge einer Substanz mit den Eigenschaften der früher von Fremy beschriebenen „Parapektinsäure“. Später erhielt auch Knecht³ ein ähnliches Produkt aus der Natronbeuche, nachdem sorgfältig mit Kalk gekocht und gesäuert war. Das so erhaltene Material hat wenig Interesse gefunden, und die in den letzten Jahren über solche Produkte veröffentlichten Tatsachen beziehen sich hauptsächlich auf die Pektinsubstanzen von Zuckerrohr oder Fruchtsäften.

Bei der Behandlung mit warmer verdünnter Natronlauge spaltet Pektin Methylalkohol ab und geht über in Pektinsäure, welche in Alkali-Hydroxyden, -Karbonaten und -Phosphaten löslich ist, sowie in den meisten Ammonsalzen organischer Säuren. Ammonoxalat ergibt eine klare Lösung, Alkalikarbonat dagegen eine schleimige Flüssigkeit. Ihre Lösungen in Wasser werden durch Salze ausgeflockt. Längere Einwirkung von Alkali führt zur Bildung von Metapektinsäure, das Endprodukt des beim Bleichen vor sich gehenden Prozesses. Pektinsubstanzen werden durch die Reinigungsoperationen fast vollständig aus der Faser entfernt, was wahrscheinlich auf der Zersetzung durch Metallsalze beruht. In einem neuen Verfahren⁴ wird die Eliminierung des Pektins durch Verwendung von heißer Salzsäure empfohlen, die Faser soll durch die Behandlung nicht ernstlich geschwächt werden. Nach Ehrlich besteht das Pektin der Zellmembran aus dem Calciummagnesiumsalz einer komplexen Anhydroarabinogalaktosemethoxytetragalakturonsäure. Es ist nichts bekannt über die Art der Bindung, außer daß die Arabinosereste schwach, die Galaktosereste fest gebunden sind. Gartner betrachtet Pektinsäure eher als eine Galaktosegalakturonsäure, denn als eine Tetragalakturonsäure.

¹ Journ. amer. Chem. Soc. 1918, S. 647.

² Journ. Chem. Soc. 1909, S. 2181.

³ Journ. Soc. Dyers and Cal. 1918, S. 220.

⁴ E. P. 104202 v. 1916.

6. Mineralische Stoffe und Asche in der Baumwolle. Die Menge der Asche (mineralischen Substanzen) in roher Baumwolle ist im Durchschnitt bedeutend größer als die in gereinigter Faser; das rührt her von anhaftendem Sand und Schmutz, welcher immer vorhanden ist. Die folgende Tafel zeigt die Menge der in verschiedenen Baumwollvarietäten vorhandenen Asche:

Dharwar	4,16 %	Broach	3,14 %
Dhollerah	6,22 „	Oomrawuttee	2,52 „
Sea Island	1,25 „	Ägypten (braun)	1,73 „
Peru (glatt)	1,68 „	„ (weiß)	1,19 „
„ (rauh)	1,15 „	Pernambuco	1,60 „
Bengalen	3,98 „	Amerika	1,52 „

Monie gibt eine Zusammenstellung der Prozentgehalte an Sand und mineralischen Bestandteilen in den Baumwollbällen, wie sie in Liverpool eintreffen:

Sea-Island	1,10 %	Upland	2,10 %
Rauhe Peru	1,25 „	Bahia	2,16 „
Gallini, Ägypten	1,25 „	Hingunghat	2,33 „
Braune, Ägypten	1,60 „	Broach	2,58 „
Orleans	1,60 „	Oomrawuttee	2,93 „
Weißer Ägypten	1,75 „	Afrika	3,20 „
Glatte, Peru	1,80 „	Dhollerah	4,10 „
Pernambuco	1,98 „	Comptah	4,18 „
Texas	2,10 „	Bengal	5,30 „

Es muß bemerkt werden, daß die in dieser Tabelle gegebenen Zahlen die Menge der in der gereinigten Baumwolle vorhandenen Asche nicht einschließen, sondern nur die mechanischen Verunreinigungen mit Sand und anderen Fremdkörpern, wie sie in den Handelsbällen vorkommen.

Die eigentliche Asche der Baumwollfaser enthält hauptsächlich Karbonate, Phosphate, Chloride und Sulfate von Kalium, Calcium und Magnesium, wie aus den folgenden Analysen von Dr. Ure hervorgeht:

Kaliumkarbonat	44,80 %	Calciumkarbonat	10,60 %
Kaliumchlorid	9,90 „	Magnesiumphosphat	8,40 „
Kaliumsulfat	9,30 „	Eisenoxyd	3,00 „
Calciumphosphat	9,00 „	Aluminium und Verlust	5,00 „

Wenn der Aschengehalt mehr als 1 % beträgt, kann der Überschuß als mechanische Verunreinigung betrachtet werden. Barnes bestreitet die Richtigkeit dieser Annahme. Von zwölf indischen Baumwollarten fand er ein Mittel von 2,48 %, die extremen Werte waren 1,34 und 3,99 %. Die Mengen des anwesenden Siliziums und Chlors entsprachen den Werten der Gesamtasche. Fünf amerikanische Beispiele gaben Werte von 1,18—1,92 %, zwei ägyptische 1,37 bzw. 1,50 %. Im Gegensatz dazu enthielten ein von Knecht¹ untersuchtes amerikanisches 60er Garn nur 0,93 %, ein ähnliches ägyptisches 1,17 und ein glattes ägyptisches 0,89 % Asche. Zwei vollständige Aschenanalysen nach Barnes zeigen folgende Werte:

¹ Journ. Soc. Dyers and Col. 1918, S. 220.

	Bombay %	Punjab %
Feuchtigkeit der ursprünglichen Faser	2,23	3,78
Gesamtasche der getrockneten Faser	3,99	1,85
Bestandteile der Asche: SiO ₂	15,56	14,40
Al ₂ O ₃	10,80	12,87
Fe ₂ O ₃	5,89	1,92
CaO	9,75	10,65
MgO	1,87	4,36
K ₂ O	27,32	26,03
Na ₂ O	4,51	8,40
SO ₃	1,96	2,52
P ₂ O ₅	3,26	4,46
CO ₂	12,19	8,03
Unbestimmt	6,55	3,84
	0,34	2,52

Mitchell und Prideaux¹ geben Analysen einiger typischer Vertreter der Baumwolle:

Baumwollvarietät	Feuchtigkeit %	Mineralsub- stanz und Sand %	Phosphorsäure als P ₂ O ₅ %
Sea-Island	7,83	2,21	0,22
Orleans	7,70	2,05	0,18
Pernambuco	8,85	2,08	0,37
Indian (Oomaa)	7,27	2,86	0,23
Indian (Bengal)	7,89	3,30	0,15

Die Analysen von Davis, Dreyfus und Holland als Mittel von zwölf verschiedenen Baumwollen sind von den obigen etwas verschieden, besonders weil sie Natriumkarbonat als den einen Bestandteil enthalten. Das Mittel dieser Analysen ist folgendes:

Kaliumkarbonat	33,22 %	Magnesiumphosphat	8,73 %
Kaliumchlorid	10,21 „	Magnesiumkarbonat	7,81 „
Kaliumsulfat	13,02 „	Calciumkarbonat	20,26 „
Natriumkarbonat	3,35 „	Eisenoxyd	3,40 „

Nach Calvert² enthalten Baumwollsorten aus verschiedenen Ländern folgende Mengen an wasserlöslicher Phosphorsäure:

Ägypten	0,055 %	Surte	0,027 %
New Orleans	0,049 „	Cartagena	0,035—0,050 %
Bengalen	0,055 „	Cyprus	0,050 %

Es wurde einige Male gefunden, daß merzerisierte ägyptische Baumwolle mehr Eisen enthielt, als ursprünglich in der nicht behandelten Faser vorhanden war. Dies ist ohne Zweifel zurückzuführen auf einen Eisengehalt der bei der Merzerisierung angewendeten Natronlauge; in der Tat scheint Natriumferrat ein ständiger Begleitstoff in solchen Laugen zu sein infolge der lösenden Wirkung des Ätznatrons auf den

¹ Fibers Used in Textile Industries, S. 96.

² Journ. prakt. Chemie 1869, S. 122.

Rost in den eisernen Gefäßen. Lefèvre¹ gibt folgende Analysen von merzerisierten ägyptischen Baumwollarten:

Baumwollart	Asche %	Eisenoxyd in der Asche %	Farbe der Asche
Natürliche ägyptische	0,624	1,50	weiß
Merzerisierte ägyptische	0,137	8,02	grünlich
Merzerisierte graue ägyptische . . .	0,403	2,31	gelbgrau
Merzerisierte gebleichte ägyptische .	0,088	5,45	grünlich

Die mineralischen Substanzen in der Baumwolle werden während der gebräuchlichen Bleichoperationen rasch, doch nicht vollständig entfernt; den totalen Verlust bei jeder Stufe gibt Hedden² folgendermaßen an:

Benetzen	Erstes Kochen (Beuche)	Zweites Kochen	Chemische Bleiche	Säuern
70,5%	87,3%	95,4%	93,0%	95,0%

Knecht³ gibt an, daß im Verlaufe der Kalkbeuche, Säuern, Soda-beuche, Säuern, chem. Bleiche und Säuern mit Salzsäure der Aschengehalt eines glattgezwirnten ägyptischen Beispiels von 0,89 auf 0,15 % abnahm.

Lester⁴ hat die Asche aus dem wäßrigen Extrakt der Baumwolle mit der Asche der Baumwolle selbst verglichen. Letztere enthielt 0,82 %, und 0,61 % wurden durch Wasser herausgelöst.

Die Bestandteile waren folgende:

	Asche des wäßrigen Extraktes %	Asche der Baumwolle
Magnesiumkarbonat	6,84	5,11
Magnesiumphosphat	2,65	13,10
Aluminiumoxyd	3,90	3,90
Eisenoxyd	Spuren	2,71
Siliziumoxyd	1,79	1,00
Calciumkarbonat	3,80	13,50
Natriumkarbonat	27,78	15,99
Kaliumkarbonat	13,82	—
Kaliumsulfat	36,9	32,2
Kaliumchlorid	2,60	2,5
Natriumsulfat	—	4,6

Lester schreibt die hygroskopischen Eigenschaften der Baumwolle zu einem gewissen Grade den mit Wasser extrahierbaren mineralischen Bestandteilen zu. Calvert⁵ fand, daß fast der gesamte Phosphor durch Extraktion mit kaltem Wasser herausgelöst wird, und bestimmte den Phosphatgehalt einer Anzahl von Baumwollen. Der Gehalt an löslichen Phosphaten, als P_2O_5 gerechnet, ist folgender:

¹ Rev. Gen. Mat. Col. 1909, S. 281. ² Journ. Ind. Eng. Chem. 1914, S. 714.

³ Journ. Soc. Dyens and Col. 1918, S. 220.

⁴ Text. Mer. Dez. 1904.

⁵ Journ. Chem. Soc. 1867, S. 303.

Ägypten	0,055 %	Cartagena	0,035 %
New Orleans	0,049 „	Macao	0,050 „
Bengalen	0,055 „	Cyprus	0,050 „
Surate	0,022 „		

Wenn eine Faser verbrannt wird, bleibt die Struktur des Skeletts in der Asche erhalten, woraus geschlossen werden kann, daß die mineralischen Substanzen im Gewebe der Faser selbst vorhanden sind und nicht nur im ausgetrockneten Zellstoff.

7. Stickstoffhaltige Substanzen in der Baumwolle. Die eiweiß- oder stickstoffhaltige Substanz ist in der Baumwolle nur in sehr geringer Menge vorhanden und besteht zweifellos aus Protoplasmaresten. Verschiedene Baumwollvarietäten zeigen folgenden aus der Analyse ermittelten Stickstoffgehalt, ein Teil davon kann allerdings von einem Gehalt an Nitraten herrühren, die sich in geringer Menge in der Faser vorfinden können (Bowman):

	% Stickstoff
Amerikanische Baumwolle	0,30
Sea-Island-Baumwolle	0,34
Bengalbaumwolle	0,39
Rauhe Perubaumwolle	0,33
Weißer ägyptische Baumwolle	0,29
Braune ägyptische Baumwolle	0,42
	Mittel 0,345

Nach Analysen von Schindler¹ enthält rohe ägyptische Baumwolle 2,50 % Stickstoff. Nach 8stündigem Kochen mit Natronlauge war die Stickstoffmenge auf 0,064 % heruntergegangen.

Es ist wahrscheinlich, daß beim Bleichprozeß der größte Teil der Eiweißsubstanz aus der Faser entfernt wird. Haller hat gezeigt, daß gebleichte Baumwolle mit einer sauren Safraninlösung nicht so tief angefärbt wird, und er schließt daraus, daß die Eiweißsubstanz in der rohen Baumwolle für den Farbstoff als Beizmittel wirkt.

Die Menge des in der Faser vorhandenen Stickstoffs kann nach Kjehldahl in folgender Weise bestimmt werden: 5 g Baumwolle werden in einem Kölbchen mit 30 cm³ konzentrierter Schwefelsäure und 2 g Kaliumpermanganat erhitzt. Dadurch wird die stickstoffhaltige Substanz vollständig zerstört und es entsteht Ammoniak, welcher mit der Schwefelsäure sofort Ammonsulfat bildet. Dann wird ein Überschuß an Lauge zugesetzt und der Ammoniak in $\frac{1}{10}$ normale Schwefelsäure überdestilliert und der Überschuß an Säure mit $\frac{1}{10}$ normaler Natronlauge und Methylorange als Indikator zurücktitriert. Die Menge der neutralisierten Schwefelsäure gibt die Menge des gebildeten Ammoniaks an, woraus der Stickstoffgehalt berechnet wird. Der so erhaltene Stickstoff gibt, mit dem Faktor 6,4 multipliziert, die Menge von als Eiweißsubstanz vorhandenem Stickstoff an.

Neuere Versuche an charakteristischen Baumwollarten ergaben folgende Resultate: amerikanische Baumwolle enthielt 0,138 % Stickstoff, Texasbaumwolle 0,150 % und rohe peruanische Baumwolle 0,280 %.

¹ Journ. Soc. Dyers and Col. 1908, S. 106.

Knecht¹ hat die Extraktion der stickstoffhaltigen Bestandteile mit verschiedenen Lösungsmitteln untersucht und mit einer amerikanischen Baumwolle mit 0,204% Stickstoff folgende Resultate erhalten:

Nach sukzessiver Extraktion mit:	Stickstoffgehalt	
	Amerikanische Baumwolle %	Ägyptische Baumwolle %
Benzol	0,189	0,240
Alkohol	0,184	0,226
Wasser	0,175	0,218
Ammoniak (verdünnt)	0,175	0,218
Ameisensäure (verdünnt)	0,168	0,211
Salzsäure (2° Tw)	0,138	0,175
Bleichpulver (2° Tw)	0,022	0,037

Behandlung mit inerten Lösungsmitteln ergab so einen Übergang von 14,1 und 16,7% der Stickstoffsubstanz in den Extrakt, die chemische Behandlung einen solchen von 72,3 und 71,3%.

Knecht und Fernandez² äußern sich dahin, daß, da aus roher Baumwolle ein Albuminoid erhalten würde, die Farbstoffaffinität einer wohldefinierten Substanz zuzuschreiben sei. In diesem Zusammen-



Abb. 197 a.

Hochdruck-Kochkessel. (Zittauer Maschinenfabrik.)

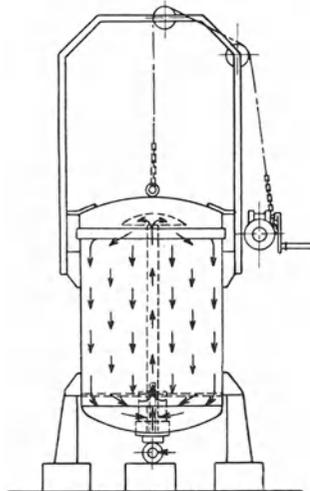


Abb. 197 b.

hang mag erwähnt werden, daß R. J. Flintoff³ die Wirkung von zugesetzten Eiweißstoffen ins Färbebad als Beizmittel besprochen hat. Haller⁴ hat ferner gezeigt, daß in der Baumwolle eine Substanz enthalten ist, welche Affinität zu Zinnchlorid besitzt.

¹ Journ. Soc. Dyers and Col. 1918, S. 220. ² Journ. Soc. Dyers and Col. 1920, S. 43. ³ Journ. Soc. Dyers and Col. 1896, S. 235. ⁴ Text. Forschung 1920, S. 22.

Die Wirkung der Bleichoperationen auf die stickstoffhaltigen Substanzen wurde von Schindler¹ untersucht, welcher fand, daß nach achtstündigem Kochen mit Natronlauge von 2^o Tw. der Stickstoffgehalt einer ägyptischen Baumwolle von 0,250 auf 0,065 % zurückging. Eine Erhöhung der Konzentration der Lauge auf 10^o Tw. bewirkte eine Reduktion auf 0,028 %, eine weitere Behandlung mit Bleichpulver von 1,5^o Tw eine solche auf 0,0003 %. Bei Verwendung einer noch stärkeren Lauge von 77^o Tw. wurde der Stickstoffgehalt auf 0,016—0,019 % heruntergedrückt. Der größte Teil des aus der Baumwolle entfernten Stickstoffs bleibt in irgendeiner Form in der Lösung und wird nicht als Ammoniak isoliert. Die von Higgins nach den Methoden von Osborne, Leavenworth und Brautlecht gemachten Versuche zur Bestimmung des Stickstoffs als Ammoniak bestätigen das oben Gesagte, indem z. B. ein amerikanisches Garn nur 0,018 %, ein ägyptisches nur 0,034 % des Stickstoffs als Ammoniak ergab.

Knecht² gibt folgende Zahlen für verschiedene Stufen der Bleichprozesse, wobei der Stickstoff in Prozent des ursprünglich vorhandenen ausgedrückt ist:

Nach	% Stickstoff, bezogen auf den ursprünglich vorhandenen	Nach	% Stickstoff, bezogen auf den ursprünglich vorhandenen
Kalkbeuche	54,0	Bleichen	6,7
Säuern (HCl)	40,5	Säuern (HCl)	16,8
Natronlaugebeuche	27,1	Säuern (HCl)	5,8

Die ersten drei Extrakte wurden untersucht. Der erste enthielt 3,7 % Stickstoff, gab aber keine Proteinreaktion. Bei der Behandlung mit Alkohol entstand ein gelatinöser Niederschlag, ähnlich der Pektinsäure von Schunck. Der zweite ergab Stearinsäure und eine kleine Menge Baumwollwachs und der dritte, welcher 3,46 % Stickstoff enthielt, schien hauptsächlich einen braunen Farbstoff zu enthalten.

Higgins³ fand, daß unentschlachtetes Garn beim Behandeln mit Salzlösung etwa $\frac{1}{3}$ seines Proteingehaltes verlor, und sprach die Ansicht aus, daß die gebräuchliche Reinigung mit Natronlauge oder die „Kalk-Säure-Soda-Wäsche“ alles Protein zerstöre. Die Behandlung ließ etwa 8 % des Stickstoffs unverändert zurück, und er vermutet, daß dieser Rest nicht Protein-Stickstoff sein könne, nachdem Hebdens⁴ gefunden hat, daß die erste Beuche allen Phosphor, aber nur 91,5 % des Stickstoffs entferne. Der Gesamtverlust an Stickstoff nach den verschiedenen Bleichprozessen wird folgendermaßen angegeben:

Erstes Beuchen 91,5 %, zweites Beuchen 91,7 %, Bleichen 92,2 %, Säuern 92,7 %.

Die Bedeutung der vollständigen Entfernung der stickstoffhaltigen Substanzen aus der Baumwolle wird von Trotman⁵ betont, welcher gefunden hat, daß sozusagen alle bakteriellen Schädigungen der Baumwolle im Zusammenhang stehen mit hohem Stickstoffgehalt.

¹ Journ. Soc. Dyers and Col. 1908, S. 106.

² Journ. Soc. Dyers and Col. 1918, S. 220.

³ Journ. Soc. Dyers and Col. 1919, S. 169.

⁴ Journ. Ind. Eng. Chem. 1914, S. 714. ⁵ Journ. Soc. Chem. Ind. 1909, S. 1237.

XVI. Zellulose und ihre chemischen Eigenschaften.

1. **Zellulose.** Die Zellulose ist eine der wichtigsten in der Natur vorkommenden Verbindungen, da sie die Grundlage aller vegetabilischen Fasern bildet. Chemisch besteht sie aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff und besitzt die empirische Formel $C_6H_{10}O_5$.

Die Zellulose aller vegetabilischen Fasern, auch in sehr gut gereinigtem Zustande, scheint eine geringe Menge mineralischer Substanzen zu enthalten, welche augenscheinlich einen integrierenden oder organischen Bestandteil der Faserstruktur bilden. Der Aschengehalt gebleichter Baumwolle beträgt z. B. 0,1—0,4%. Auch „schwedisches“ Filterpapier, welches zur Entfernung der mineralischen Substanz mit Chlorwasserstoff- und Fluorwasserstoffsäure behandelt wurde, enthält noch 0,03—0,05% Asche.

Die Zellulose gehört zur Klasse der Kohlehydrate und ist nahe verwandt mit Stärke, Dextrin und Zucker. Chemisch müssen alle diese Körper als Alkohole mit Aldehyd- oder Ketongruppen betrachtet werden.

Obwohl die Zellulose dieser Körper analog gebaut erscheint, unterscheidet sie sich nichtsdestoweniger durch ihre größere Beständigkeit gegenüber der Einwirkung von Säuren, Alkalien und Enzymen. Die letzteren spalten die Stärkearten leicht auf in einfachere Körper, bei der Zellulose tritt auch durch künstliche Nachhilfe keine solche Reaktion ein. Daß eine solche aber in den Geweben der wachsenden Pflanze eintritt, ist nicht zweifelhaft.

Das Wort „Zellulose“ muß nicht als Name einer genau definierten Substanz mit konstanten Eigenschaften aufgefaßt werden, sondern als allgemeine Bezeichnung für eine ganze Reihe von Körpern von ähnlicher chemischer Beschaffenheit. Wie Stärke und andere Kohlehydrate von organischer physikalischer Struktur wechselt Zellulose etwas in ihren Eigenschaften je nach ihrer Herkunft oder Abstammung. Als Klasse zeigt Zellulose eine Reihe charakteristischer Eigenschaften, auf Grund deren sie von neben ihr vorkommenden Körpern von ähnlicher Konstitution unterschieden werden kann. Physikalisch sind es farblose, amorphe Substanzen, welche ziemlich hohe Temperaturen ohne Zersetzung ertragen können. Sie sind unlöslich in fast allen gewöhnlichen Lösungsmitteln, wie Wasser, Alkohol, Äther usw., aber mehr oder weniger löslich in ammoniakalischer Kupferoxydlösung (Schweitzers Reagens¹) und in Lösungen von Zinkchlorid und Phosphorsäure. Deming² gibt an, daß Zellulose (als Filterpapier) auch in konzentrierten wäßrigen Lösungen von Antimontrichlorid, Zinnchlorid und Zinkbromid löslich sei. Die Lösung in diesen Reagenzien erfolgt offenbar ohne Zersetzung, da die Zellulose daraus durch Zusatz von Säuren und verschiedenen Salzen wieder unverändert als sog. „regenerierte“ Zellulose gefällt werden kann. Cross und Bevan schreiben die Löslichkeit der Zellulose in Kupferoxydammoniak der primären Bildung

¹ Nach Croß und Bevan wurde die Löslichkeit von Zellulose in ammoniakalischem Kupferoxyd zuerst von John Mercer beobachtet und beschrieben.

² Journ. Amer. Chem. Soc. 1911, S. 1515.

eines löslichen, gelatinösen Hydrates zu, welches in Gegenwart von Kupfer entsteht. Daß die Veränderung der Zellulose mehr struktureller Art ist, wurde aus der Tatsache geschlossen, daß aus wieder gefällter Zellulose hergestellte Gewebe eine stark erhöhte Affinität zu Farbstoffen zeigen, d. h. mehr als Hydrozellulose zu reagieren scheinen.

Cross und Bevan machten bei der Herstellung der ammoniakalischen Kupferoxydlösung folgende Beobachtungen: Die Kupferammoniumlösungen greifen im allgemeinen bei Gegenwart eines Überschlusses an Ammoniak Zellulose schon in der Kälte rasch an unter Bildung einer Reihe von gelatinisierten Hydratstufen, welche rasch in völlig lösliche Form übergehen. Die Lösungen von reinem Kupferammoniumhydroxyd zeigen diesen Effekt stärker als die Lösungen, welche man durch Zersetzen und Lösen eines Kupfersalzes mit einem Überschuß an Ammoniak erhält. Im allgemeinen werden zwei Methoden zur Herstellung dieser Lösungen, welche 10—15% Ammoniak und 2—2,5% Kupferoxyd enthalten sollen, angewendet. 1. Kupferoxydhydrat wird hergestellt durch Fällen einer 2%igen Kupfersulfatlösung mit einem geringen Überschuß verdünnter Natronlauge. Der Niederschlag wird frei von Alkali gewaschen. Die ursprüngliche Lösung wie das Waschwasser sollen eine geringe Menge Glycerin enthalten. Der gewaschene Niederschlag wird gut abgesogen und dann mit einem Teil 10%iger Glycerinlösung versetzt, worauf er in geschlossenen Büchsen unverändert aufbewahrt werden kann. Wenn er gebraucht wird, wäscht man ihn frei von Glycerin und löst ihn in 10—15%igem Ammoniak. 2. Metallisches Kupfer, in Form von Drehspänen, wird in einen Zylinder gebracht und mit starkem Ammoniak bedeckt, dann wird atmosphärische Luft durch den Zylinder geleitet, pro Stunde etwa das 40fache Volumen der Flüssigkeit. In etwa 6 Stunden ist eine Lösung von der verlangten Zusammensetzung entstanden. Lösungen, welche 5—10% Zellulose enthalten, werden leicht erhalten, wenn die Zellulose kalt mit der 10—20fachen Menge ihres Gewichtes an Kupferammoniaklösung digeriert wird, wobei eine ziemlich zähflüssige oder gelatinöse Masse entsteht. Die Zellulose wird aus der Lösung leicht gefällt: a) durch Zusatz von neutralen, entwässernden Reagenzien, wie Alkohol, Natriumchlorid und anderen Alkalisalzen, b) durch Zusatz von Säuren, in welchem Falle die Zellulose rein, d. h. frei von Kupferoxyd gefällt wird.

Die Zellulose erleidet sehr leicht Veränderungen, die hauptsächlichsten derselben sind: a) Hydratation, die heute als ein Absorptionsphänomen des Kolloids Zellulose betrachtet wird; b) Oxydation, c) Hydrolyse durch Säuren und d) „Depolymerisation“. Die erste Modifikation wird roh mit Hilfe der Absorptionskraft des Materials festgestellt unter Ausführung empirischer Reaktionen, wie gegen Jod¹, substantive Farbstoffe, Kupferoxyd aus Fehlingscher Lösung oder Natronlauge. Eine andere approximative Methode, um zu bestimmen, bis zu welchem Grade die Zellulose „modifiziert“ ist, besteht in der Bestimmung ihrer Löslichkeit in Natronlauge. Schwalbe² verwendet eine 5%ige, Jentgen³

¹ Journ. Soc. Chem. Ind. 1908, S. 105.

² Die Chemie der Zellulose, S. 636.

³ Kunststoffe 1911, S. 165.

eine 17,5%ige Lösung. Der Prozeß wird hauptsächlich zur Unterscheidung verschiedener Arten von Kunstseiden verwendet. Die wichtigsten Methoden zur Bestimmung der Modifikation sind dagegen: a) die Bestimmung der Kupferzahl, d. h. die Anzahl Gramm Kupfer, welche 100 Gramm Zellulose aus Fehlingscher Lösung reduzieren, wobei die Werte von 1% für reinste, gebleichte Zellulose bis zu mehr als 16% bei oxydierter Zellulose variieren, und b) die Viskosität der ammoniakalischen Kupferoxydlösungen der Zellulose. Diese letztere Methode wurde im „Research Department, Woolwich Arsenal“ weitgehend eingeführt, wo sie erfolgreich angewendet wurde, nachdem beobachtet worden war, daß direktes Licht und Luft von den Lösungen ferngehalten werden muß, daß die Kupferammoniaklösung konstant gehalten werden muß und daß das „Fehlingsche“ Viskosimeter das geeignetste Meßinstrument ist. Es wurde gefunden, daß mit Natronlauge behandelte Zellulose viel weniger viskose Lösungen in Kupferoxydammoniak gibt als unbehandelte und daß die Viskosität von nitrierter Baumwolle (in Alkohol und Äther) entsprechend der Viskosität von Lösungen der ursprünglichen Zellulose variiert. Nitrierte rohe Baumwolle gibt die viskosesten Lösungen, welche Tatsache darauf hinweist, daß die Reaktion der Natronlauge in einer „Depolymerisation“ besteht.

2. Herstellung von reiner Zellulose. Um für chemische Zwecke reine Zellulose zu erhalten, behandelt man Baumwolle gewöhnlich nacheinander mit verdünnter Natronlauge, verdünnten Säuren, Wasser, Alkohol und Äther. Cross und Bevan empfehlen folgende Methode zur Isolierung von reiner Zellulose (in einer Arbeit über vegetabilische Fasern): a) das faserige Rohmaterial wird mit verdünnter (1—2%iger) Natronlauge gekocht, b) nach dem Waschen in feuchtem Zustande einer Chloratmosphäre ausgesetzt und c) nachher wieder mit kochendem Alkali behandelt. Bei dieser Behandlung werden die Nichtzellulosebestandteile der meisten vegetabilischen Fasern zerstört, und es wird ein Rückstand von reiner Zellulose erhalten. Eine darauffolgende leichte Behandlung mit einer verdünnten Lösung von Chlorkalk zur Zerstörung der letzten Spuren von Farbstoffen und endlich eine Wäsche mit Alkohol und Äther vervollständigen die Reinigung.

Der Zweck dieser Behandlung ist, alle fremden und einhüllenden Bestandteile von der Faser zu entfernen, ebenso die Kutikula, die äußere Haut, welche gegenüber dem eigentlichen Gewebe chemisch verschieden beschaffen sein kann. Das spezifische Gewicht der so erhaltenen Zellulose ist ca. 1,5. Demselben entspricht dasjenige von Baumwolle und der meisten anderen pflanzlichen Fasern.

Beltzer beschreibt folgende Methode zur Herstellung von reiner Zellulose aus Baumwolle: Die Baumwolle wird zuerst sorgfältig gekämmt, um auf mechanischem Wege alle Verunreinigungen und fremden Bestandteile zu entfernen, dann 6—8 Stunden in einer Natronlauge von $2\frac{1}{2}^0$ Tw gekocht. Die Flüssigkeit wird hierauf abgequetscht und die Baumwolle so lange gewaschen, bis das ablaufende Waschwasser farblos ist. Nun wird die Baumwolle mit einer verdünnten Salzsäure von 2^0 Tw. bei 50^0 C 4—6 Stunden behandelt, dann in warmem Wasser ge-

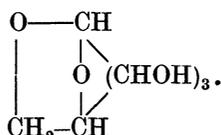
waschen und mit Natriumhypochloridlösung von 2° Tw. bei einer Temperatur von 27° C 6—8 Stunden gebleicht, hierauf mit lauwarmem Wasser gespült und ausgequetscht. Dann folgt noch eine gleiche Säurebehandlung, mit darauffolgender gründlicher Wäsche und endlich eine 5stündige Behandlung mit Natriumbisulfidlösung von 2° Tw. bei 50° C und darauffolgende Wäsche mit lauwarmem destillierten Wasser. Schließlich wird die Baumwolle ausgequetscht und bei mäßiger Temperatur getrocknet. Die Analyse dieser trockenen Zellulose soll der Formel $C_6H_{10}O_5$ entsprechen und den Aschengehalt 0,05 % nicht übersteigen. Sie soll weder Hydrozellulose noch Oxyzellulose enthalten; das Vorhandensein derselben kann durch einige qualitative Reaktionen nachgewiesen werden. Diese normale, reine Zellulose soll gegen Ätzalkalien sehr beständig sein. Nach längerem Waschen mit verdünnten Laugen, darauffolgendem Waschen, Ansäuern und Spülen soll kein Gewichtsverlust eintreten. Jeder Verlust deutet auf die Anwesenheit von Hydro- oder Oxyzellulose hin, welche beiden in Ätzalkali löslich sind. Um diese Verunreinigungen zu entfernen, muß die Baumwolle von neuem mit Natronlauge von 2° Tw. gekocht, in destilliertem Wasser gespült, bei 50° C angesäuert, mit einer Lösung von Fluorwasserstoffsäure von $1\frac{1}{2}$ ° Tw. gewaschen, mit Bisulfit behandelt, gründlich gewaschen, ausgequetscht und getrocknet werden. Bei der Destillation mit HCl soll diese gereinigte Zellulose kein Furfurol und keine Rotfärbung mit Phloroglucin-Salzsäure ergeben, und die „Kupferzahl“ mit Fehlingscher Lösung soll Null oder fast Null betragen.

3. Die chemische Konstitution der Zellulose. Chemisch betrachtet, ist die Zellulose ein Derivat der offenkettigen oder Paraffin-Kohlenwasserstoffe und ergibt im weiteren die Reaktionen einer gesättigten Verbindung. Wie bei anderen Kohlenwasserstoffen, ist auch hier die Bestimmung der tatsächlichen Molekularformel sehr schwierig. Obwohl die empirische Formel der Zusammensetzung $C_6H_{10}O_5$ entspricht, stellt sie doch nicht das Molekül der Substanz dar. Auf Grund von Arbeiten über verschiedenste Derivate der Zellulose, besonders deren Ester, wie Azetate, Benzoate, Nitrate, wurde der Zellulose die vorläufige Formulierung $C_{12}H_{20}O_{10}$ zugeschrieben. Die Natur und Stellung der verschiedenen Radikale im Molekül dagegen ist noch zu erforschen.

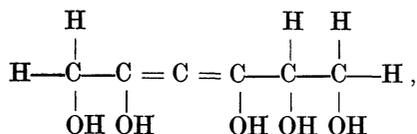
Die Tatsache, daß Zellulose in kolloidaler Form existiert und schwer löslich ist, kann nicht als Beweis für ein hohes Molekulargewicht betrachtet werden, denn sowohl Aluminium als auch Kieselsäure existieren in kolloidaler Form, ohne daß für diese Körper ein hohes Molekulargewicht angenommen werden muß.

Es sind unter den verschiedenen Chemikern eine ganze Reihe von Theorien über die chemische Natur und Konstitution der Zellulose aufgestellt worden, doch waren so wenig experimentelle Tatsachen und Grundlagen zur Stütze der Theorien vorhanden, daß denselben kaum mehr als vorübergehender Wert zukommt und die meisten von ihnen mehr als wissenschaftliche Hypothesen aufgefaßt werden müssen. Aus den Reaktionen der Zellulose mit Chlorzink wurde geschlossen, daß sie Hydroxylgruppen enthalten, welchen salzbildende Eigenschaften zu-

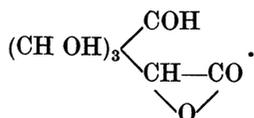
kommen, und die Lösung der Zellulose in Zinkchlorid wurde als eine Art Doppelsalz betrachtet. So scheint eine bestimmte chemische Reaktion zwischen Zellulose und verdünnten Ätzalkalien oder Mineralsäuren einzutreten. Es ist nach Mills das Molekularverhältnis von Alkali und Säure bei der Absorption durch Zellulose entsprechend dem Wert $10 \text{ NaOH} : 3 \text{ HCl}$. Aus diesen und anderen Überlegungen scheint es, daß Zellulose die Eigenschaften einer schwachen Säure und einer noch schwächeren Base besitzt. Vignon hat folgende Konstitutionsformel vorgeschlagen :



Er begründet das mit einer Studie über das höchste Nitrat der Zellulose und die Zersetzung des Nitrates durch Alkali unter Bildung von „Oxybrenztraubensäure“. Die angegebene Struktur ist immerhin mehr oder weniger hypothetischer Natur, und zu ihrer Annahme benötigt sie noch verschiedener experimenteller Beweise. Die ältere chemische Formel der Zellulose rührt von Bowman:

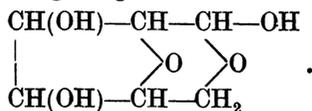


ohne irgendwelche experimentelle Stütze zu besitzen, und die Idee, daß die Zellulose eine ungesättigte Kohlenstoffgruppierung enthalte, ist bereits als unrichtig nachgewiesen worden. Nach einer Arbeit über die Osazone der Oxyzellulose hat Vignon diesem letzteren Körper eine Formel zugeschrieben, welche diese Gruppe in Verbindung mit wechselnden Verhältnissen an Zelluloseresten besitzt:

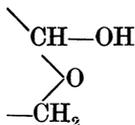


Die Existenz einer Verbindung von Zellulose und Schwefelsäure im Verhältnis $4 \text{ C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5 : \text{H}_2\text{SO}_4$ wurde als Beweis betrachtet, daß die Zellulose in ihren Reaktionen als Molekül mit 24 Kohlenstoffatomen aufträte.

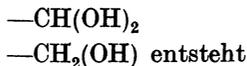
Green dagegen empfiehlt die einfache Formulierung $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$ als genügend gerechtfertigt. Er betrachtet die Annahme von $\text{C}_{12}\text{H}_{20}\text{O}_{10}$ als eigentliche Formel, gegründet auf die Existenz von Tri- und Pentanitrat, als unrichtig und bezeichnet die Existenz solcher Nitrate als sehr zweifelhaft. Er schlägt folgende Konstitutionsformel vor:



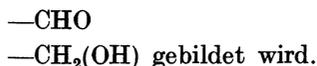
und behauptet, daß eine solche Formel die Aldehydnatur folgendermaßen zum Ausdruck bringe:



woraus bei Anlagerung von Wasser

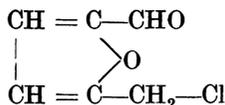


und dann

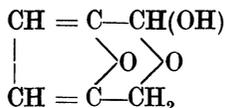


Diese Formel stimmt auch überein mit der Möglichkeit der Bildung von Trinitro- und Triazetylverbindungen als höchstveresterten Derivaten der Zellulose, höhere Ester könnten einzig erhalten werden durch Umwandlung der zwei Zentralsauerstoffatome in Hydroxylgruppen. Sie erklärt also, warum Zellulose weder mit Phenylhydrazin noch mit Hydroxylamin reagiert, weil sie keine Carbonylgruppe enthält, d. h. keine Keton- oder Aldehydgruppen, während auf der anderen Seite durch einfache Hydrolyse Derivate entstehen, welche die Carbonylgruppe enthalten.

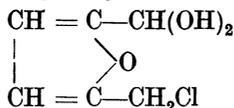
Green betrachtet die Existenz eines Tetraazetates als zweifelhaft, wenn aber ein solches existiert, ist seine Bildung wahrscheinlich einer der Azetylierung vorhergehenden Hydrolyse zuzuschreiben. Übereinstimmend mit Fenton entsteht bei der Behandlung von Zellulose mit trockenem Salzsäuregas in der Kälte Chlormethyl-Furfurol.



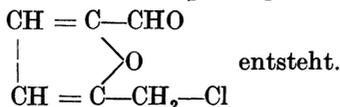
Green gibt an, daß seine Formel diese wichtige Reaktion erkläre. Durch Hydratation wird zuerst als Zwischenverbindung:



gebildet, welche durch Anlagerung von HCl in



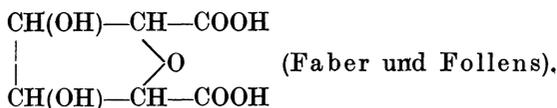
übergeht, woraus endlich durch Abspaltung vom Wasser



Das Zwischenprodukt, welches von Green bei der Fentonschen Reaktion angenommen wird, scheint dieselbe Formel wie Lignin, $C_6H_6O_3$, zu haben, einer Substanz, welche mit Zellulose zusammen in der Holzfaser vorkommt. Auf diese Weise wurde eine Erklärung des physiologischen Zusammenhanges zwischen Lignin und Zellulose gegeben, und die Farbenreaktionen, welche Fenton bei seinen neuen Derivaten beobachtet hat, scheinen diese Ansicht zu bestätigen.

Neuere Arbeiten über die Konstitution der Zellulose ergeben, daß die allgemein angenommene Formel für Stärke, Zellulose usw. $(C_6H_{10}O_5)_n$ unrichtig ist und durch $(C_6H_{10}O_5)_n \cdot H_2O^1$ ersetzt werden sollte.

Green gibt an, daß eine erfolgreiche Formel für Zellulose folgende Tatsachen erklären muß: 1. Ein 3fach nitriertes Derivat. 2. Ein Triazetyl-derivat. 3. Mit konzentriertem Ätzkali gibt Zellulose eine Verbindung, welche durch Wasser unter Bildung von Zellulosehydrat zersetzt wird (Merzerisieren); dieselbe ist in Kupferoxydammoniak und Zinkchlorid leichter löslich als Zellulose selbst. 4. Mit Schwefelkohlenstoff behandelt, geht Alkalizellulose in Zelluloseethiokarbonat über (Viskose), welches in Wasser leicht löslich ist. 5. Zellulose reagiert nicht mit Phenylhydrazin oder Hydroxylamin. 6. Als Endprodukt der Hydrolyse (mit Schwefelsäure) entsteht Glukose. 7. Die Fentonsche Reaktion oder die Bildung von Chlormethyl-Furfurol. 8. Die Bildung von Oxyzellulose bei der Oxydation von Zellulose. Dieser Körper hat sehr ähnliche Eigenschaften wie die Zellulose selbst, hat aber ausgesprochen sauren Charakter und ergibt beim Erhitzen mit verdünnter Schwefelsäure Furfurol. 9. Wenn Oxyzellulose mit Kalkmilch gekocht wird, entsteht Dioxybuttersäure und Isoglukosesäure.



10. Nitrozellulose ergibt bei der Behandlung mit verdünnter Natronlauge „Oxybrenztraubensäure“ (Will) $CH_2(OH)CO COOH^2$.

Vom Standpunkt der Ionentheorie aus betrachtet, erscheint Zellulose ein aus Ionen verschiedener Dimensionen zusammengesetztes Mole-

¹ Siehe H. Kiliari, Chem. Z. 1908, S. 366.

² Viele Chemiker haben beim Studium verschiedener Zelluloseverbindungen verschiedene Molekularformeln für dieselben gestellt. Cross und Bevan gelangen bei ihren Arbeiten über Zellulosexanthogenate zu einer eher einfacheren Formel als Green. Eder (B. 1880, S. 169) bevorzugt die Formel $(C_6H_{10}O_5)_2$, ausgehend von der Tatsache, daß er vier verschiedene Nitrierungsstufen zwischen Mono- und Trinitrozellulose erhielt. Vieille (Compt. Rend. 1882, S. 132) beobachtete 8 Zwischenstufen der Nitrierung und stellte deshalb die Formel $(C_6H_{10}O_5)_4$ auf, welche dann auch von Lunge und Bebie (Z. angew. Chem. 1901, S. 507) angenommen wurde. Mendelejeff (Monit. Sci. 1897, S. 510) stellte die Formel $(C_6H_{10}O_5)_8$ auf, auf Grund seiner Analysen verschiedener Nitrozellulosen. Bumcke und Wolffenstein (B. 1899, S. 2493) gelangten zu der Formel $(C_6H_{10}O_5)_{12}$ durch eine Untersuchung über die Einwirkung von Wasserstoffsperoxyd auf Zellulose, wobei eine Verbindung entsteht, welche sie „Hydralzellulose“ nannten. Tollens (Kohlenhydrate, Bd. 1, S. 231) stellte die Formel $(C_6H_{10}O_5)_{30}$ auf, während Skraup (siehe Piest, „Die Zellulose, S. 137) $(C_6H_{10}O_5)_{34}$ vorschlug.

kül zu sein. Doch zeigt sie als ein typisches Kolloid keine eindeutigen Reaktionen, wie sie ein kristalliner Körper besitzt, und auch keine bestimmte molekulare Konstitution, welche in einer bestimmten Formel ausgedrückt werden könnte; denn das Zellulosemolekül kann nicht als einheitlicher Körper aufgefaßt werden, sondern ist in beweglichem Gleichgewichtszustand, so daß die unter bestimmten Bedingungen erfolgenden Reaktionen von dem jeweiligen Zustand abhängig sind. Dieser Standpunkt wurde von C. F. Cross vertreten.

4. Chemische Reaktionen der Zellulose. In ihren chemischen Reaktionen ist die Zellulose träge, sie verbindet sich nur mit wenigen Substanzen und auch mit diesen nur schwer und unter bestimmten Bedingungen. Gegen Oxydations- und Reduktionsmittel ist sie ganz beständig, ebenso gegen Hydrolyse und Hydratation. Diese hohe Widerstandskraft gegen Hydrolyse (alkalische!) und Oxydation bezieht sich aber einzig auf die Zellulose der Baumwolle und der dazugehörenden Gruppe, wie Flachs, Ramie und Hanf. Eine große Zahl von Zellulosearten sind andererseits wieder durch bemerkenswerte Reaktionsfähigkeit ausgezeichnet, welche zurückzuführen ist auf die Anwesenheit von „freien“ Karbonylgruppen; sie werden infolgedessen mehr oder weniger leicht hydrolysiert und oxydiert. Die Hydratation der Zellulose ist eine bekannte Erscheinung bei der Papierfabrikation und wird durch längeres Zerstampfen in der Maschine erreicht, wobei die Faser ganz gelatinös und das resultierende Blatt Papier mehr oder weniger durchscheinend wird. Dieser Prozeß wird in der Fabrikation von imitiertem Pergamentpapier und fettundurchlässigem Papier angewendet. Das Blatt ist gut durchscheinend, und wenn man es mit einem brennenden Docht von unten erwärmt, bläht es sich auf. Zu diesem Typus gehören die Zellulosearten des Getreidestrohs und Ginsterstrohs.

Die Baumwollzellulose wird daran erkannt, daß sie beim Erhitzen mit Salzsäure oder Schwefelsäure kein Furfurol ergibt und aus einer Lösung von Alkalizellulose in Schwefelkohlenstoff wieder unveränderte Zellulose ausfällt.

Konzentrierte Schwefelsäure löst Zellulose zu einer zähen Flüssigkeit; beim Verdünnen mit Wasser fällt eine amorphe Substanz aus, welche als Amyloid bezeichnet wird, stärkeähnliche Eigenschaften hat, die Formel $C_{12}H_{22}O_{11}$ besitzt und mit Jod wie Stärke blau gefärbt wird. Auf dieser Reaktion ist der Nachweis von Zellulose aufgebaut, unter Anwendung von Schwefelsäure und Jod. Beim Kochen mit verdünnter Schwefelsäure wird Zellulose in Dextrin und Glukose gespalten, wobei durch Wasseranlagerung zuerst ein Kohlehydrat von der Formel $C_6H_{10}O_5 + H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6$ entsteht.

Beim Erhitzen mit Essigsäureanhydrid auf $180^\circ C$ entsteht ein Acetylderivat von der Formel $C_{12}H_{14}O_4(OCOCH_3)_6$. Zellulose reagiert nicht direkt mit Essigsäureanhydrid, sondern erst in der Hitze mit der 6fachen Menge an Anhydrid, wobei obiger Körper entsteht, welcher einem Triazetat entspricht. Mit weniger Essigsäureanhydrid entsteht ein Gemisch niedrigerer Azetate, welche in Eisessig unlöslich sind. Das Triazetat ist dagegen darin leicht löslich, ebenso in Nitrobenzol.

Seine Lösungen sind sehr zähflüssig. Durch Ausfällen der Zellulose aus diesen viskosen Lösungen entsteht ein Produkt, welches mit Essigsäureanhydrid direkt reagiert, unter Bildung eines Körpers von der Zusammensetzung eines Tetraazetates¹ (bezogen auf $C_{12}H_{20}O_{10}$).

5. Hydrozellulose. Bei gelinder Einwirkung von konzentrierten Säuren und verschiedenen sauren Salzen scheint die Zellulose eine Hydrolyse zu erleiden, indem sie in einen zerreiblichen, amorphen Körper, die sogenannte Hydrozellulose, übergeführt wird².

Diese Reaktion ist von Bedeutung beim Karbonisieren der Wolle, wo die pflanzlichen Bestandteile zerstört werden.

Hydrozellulose scheint eine Verbindung von Zellulose mit 1 Molekül Wasser zu sein von der Formel $C_{12}H_{22}O_{11}$. Die Bildung der Hydrozellulose aus Baumwolle bewirkt eine strukturelle Veränderung, so daß die Faser nachher leicht zu einem Pulver zerrieben werden kann.

Wenn irgendeine Zellulosefaser unter bestimmten Bedingungen der Einwirkung von verdünnten Säuren unterworfen wird, wird deren Festigkeit zerstört und sie zerfällt in ein Pulver, welches vermutlich Hydrozellulose ist. Wenn man obige Reaktion mit der theoretischen Menge an Säuren vornimmt, so wird immer eine kleine Menge einer löslichen Substanz gebildet, welche sehr wahrscheinlich d-Glukose enthält³. Die elementare Zusammensetzung des Pulvers ist als identisch mit derjenigen der Zellulose bestimmt worden. Anderweitige Angaben über diesen Punkt beruhen auf ungenauen experimentellen Methoden. Eine hydratisierte Zellulose wird unter diesen Bedingungen nicht gebildet, aber eine Hydrolyse tritt ein, die man vergleichen kann mit der analogen Reaktion bei anderen Kohlehydraten unter denselben Bedingungen.

Die Hydrozellulose ist also von bedeutendem technischen Interesse, da sie reaktionsfähiger ist als gewöhnliche Zellulose und so für die Herstellung der Nitro- und Azetylverbindungen der Zellulose verwendet wird, und weil Verbindungen der Hydrozellulose in den angewandten Lösungsmitteln leichter löslich sind.

Die Hydrozellulose wird auch zur Herstellung von Schießbaumwolle an Stelle der Baumwolle verwendet, da sie mit der nötigen Menge Mischsäure eine bessere Schießbaumwolle ergibt, welche explosiver und deshalb für Sprengladungen besser geeignet ist.

Hydrozellulose kann hergestellt werden durch Behandeln von Baumwolle mit Kaliumchlorat und Salzsäure bei einer Temperatur von 60—70° C⁴. Das so erhaltene Produkt stellt ein weißes Pulver dar und ist gegen weitere Hydrolyse durch Säuren oder Alkalien sehr resistent.

¹ Nähere Angaben über die Azetylierung der Zellulose siehe Bevan und Cross, „Cellulose“ und „Researches on Cellulose“.

² Girard hat 1875 wahrscheinlich als erster Hydrozellulose beobachtet. Er stellte dieselbe her durch 12stündiges Behandeln von Baumwolle mit Schwefelsäure von 45° Bé oder durch Imprägnieren von Baumwollen mit 3% iger H_2SO_4 und nachherigem Trocknen und Erwärmen.

³ Siehe Stern, Journ. Chem. Soc. 1904, S. 336.

⁴ Methode von Stahmer. Oxyzellulose ist nach dieser Reaktion ebenfalls leicht herzustellen.

Man kann Hydrozellulose auch nach folgender Methode darstellen: In Eisessig wird Chlor eingeleitet, bis die Lösung gelb erscheint. Dann werden 5 Teile dieser Mischung auf 60—70° C erwärmt und mit 1 Teil Baumwolle gemischt. In kurzer Zeit quillt die Baumwolle auf und wird zähflüssig. Das Erhitzen wird fortgesetzt, bis eine Probe mit Wasser vollkommen mischbar ist. Das Produkt wird dann neutral gewaschen und getrocknet.

Hydrozellulose kann von Zellulose dadurch unterschieden werden, daß erstere durch eine Lösung von Zinkjodidchlorid oder von Jod in Jodkalium blau gefärbt wird. Hydrozellulose reduziert ferner Fehling'sche Lösung und eine ammoniakalische Lösung von Silbernitrat, was durch die Anwesenheit von freien Carbonylgruppen im Molekül bewirkt wird.

Justin-Müller gibt an, daß Hydrozellulose bei Temperaturen von 130—140° C sich nach gelb verändere und karamelartig werde, während Oxyzellulose dieselbe Reaktion erst bei 145—150° C, Zellulose selbst erst bei 180° zeige. Diese Reaktion wird deshalb angewendet zum Nachweis von Hydrozellulose bei gleichzeitiger Anwesenheit von Oxyzellulose und Zellulose.

Die Hydrozellulose darf nicht verwechselt werden mit Hydratzellulose. Diese letztere enthält einzig Hydratwasser, während erstere ein hydrolysiertes Produkt ist und als Zwischenstufe bei der vollständigen Hydrolyse bis zum Zucker gebildet wird.

Hydrozellulose wird charakterisiert durch ihre reduzierende Wirkung und ihre Löslichkeit in Natronlauge. Wie Zellulose selbst, zeigt auch Hydrozellulose große Affinität zu Wasser unter Bildung von Hydraten. Die Hydratationsstufe hängt ab von dem Grad der Hydrolyse; man kann sagen, daß die Zellulose mit um so mehr Wasser sich verbindet, je mehr Hydroxylgruppen sie enthält.

Es ist ein wichtiger Unterschied zu bemerken bei der Hydratation und Hydrolyse der Zellulose. Während Baumwolle ohne strukturelle Veränderung in ein hydratisiertes Produkt übergeführt werden kann, wird die Faserstruktur bei der Bildung von Hydrozellulose zerstört. Unter gewissen Bedingungen können Hydratation und Hydrolyse allerdings gleichzeitig verlaufen. Die hydratisierten Zellulosen (welche in sehr verschiedener Hydratationsstufe auftreten können) sind charakterisiert durch ihren hohen Grad von Hygroskopizität, während die Hydrozellulosen merkwürdigerweise diese Eigenschaft nicht besitzen. Hydratzellulosen, bei welchen die ursprüngliche Struktur der Faser erhalten ist (merzerisierte Baumwolle), haben hohe Streckfestigkeit, während solche von amorphem Charakter (Kunstseiden) eine geringe Festigkeit besitzen. Alle hydratisierten Zellulosen sind charakterisiert durch eine abnehmende Resistenz gegen Hydrolyse durch Säuren im Verhältnis ihres „Hydratationsgrades“.

Wenn Hydrozellulose (nach Girard hergestellt) mit verdünntem Ätznatron gekocht wird, verliert der unlösliche Rückstand seine reduzierende Kraft und zeigt alle Eigenschaften von unveränderter Zellulose. Daraus folgt mit aller Wahrscheinlichkeit, daß Hydrozellulose in der

Hauptsache aus zwei Substanzen besteht, nämlich aus unveränderter Zellulose und löslichen Abbauprodukten. Diese Ansicht von der Nicht-Einheitlichkeit der Hydrozellulose wurde durch Netthöfel¹ und durch Hauser und Heyfeld² bestätigt.

Netthöfel zeigt, daß es auch möglich ist, die zwei Bestandteile der Hydrozellulose durch Kochen mit Fehlingscher Lösung zu trennen. Wenn der dabei auf der Zellulose entstehende Niederschlag von Kupferoxyd mit Säure weggelöst und der Rückstand sorgfältig gewaschen wird, bleibt reine Zellulose zurück.

Er beweist auch durch genaue mikroskopische Untersuchungen die komplexe Natur der Hydrozellulose, und daß ihr größter Teil noch aus unveränderter Zellulose besteht.

Die meisten Reaktionen auf Hydrozellulose sind diejenigen des abgebauten Produktes, d. h. der Dextrine.

1. Soweit das die reduzierende Wirkung betrifft, ist es ohne weiteres klar. Wenn der alkalilösliche Teil durch Kochen mit Ätznatron entfernt wird, verschwinden auch die reduzierenden Eigenschaften.

2. Es ist ferner nachgewiesen, daß Hydrozellulose unterjodige Säure unter Ausscheidung von Jod zersetzt. Dieses Phänomen kann leicht aus der Anwesenheit von zuckerähnlichen Abbauprodukten erklärt werden.

3. Dieselbe Erklärung gilt auch für die Gelbfärbung der Hydrozellulose beim Erhitzen mit verdünntem Alkali; zuckerähnliche Substanzen zeigen dieselbe Reaktion.

4. Hydrozellulose gibt in guter Ausbeute Essigsäure, wenn sie unter Druck mit Alkali erhitzt wird. Immerhin ergeben Zellulose und zuckerähnliche Substanzen bei dieser Behandlung auch Essigsäure, Zellulose in erheblicher Menge, weshalb die Essigsäure aus der Hydrozellulose zum größten Teil aus unverändert vorhandener Zellulose stammen muß und der Rest aus den zuckerhaltigen Abbauprodukten.

5. Bei der Oxydation ergibt Hydrozellulose außer Essigsäure Zuckersäure und Oxalsäure. Von diesen beiden entsteht Oxalsäure durch Oxydation der Zellulose, während das Auftreten von Zuckersäure aus der Anwesenheit von zuckerartigen Zersetzungsprodukten erklärt werden kann.

6. Dieselbe Erklärung gilt für die Entstehung von Isozuckersäure, welche Tollens beim Kochen von Hydrozellulose mit Kalkmilch gefunden hat.

7. Die Tatsache, daß Hydrozellulose 1 Molekül chemisch gebundenes Wasser enthält, wurde bis jetzt als besonders charakteristisch angesehen und ihr dementsprechend die Formel $C_6H_{10}O_5 \cdot H_2O$ zugeschrieben. Vor einiger Zeit hatten Schwabe und auch Ost ausgesprochen, daß dieser Wassergehalt der Hydrozellulose näher untersucht werden sollte.

Da bei näherer Kenntnis der Eigenschaften der Hydrozellulose obige Annahme unwahrscheinlich erscheint, müssen wir noch einmal die Erklärung von Netthöfel über das vermutlich vorhandene Wasser betrachten:

Wir haben in der Hydrozellulose eine Mischung von unveränderter Zellulose und zuckerähnlichen Abbauprodukten, d. h. von $C_6H_{10}O_5$ und $C_6H_{12}O_6$.

Dementsprechend muß der prozentuale Gehalt von Sauerstoff und Wasserstoff in einer solchen Mischung größer sein, als in reiner Zellulose vor der Zusammensetzung $C_6H_{10}O_5$. Wenn dieselbe ein Molekül Wasser mehr enthält, kann das leicht erkannt werden. Das vermutete vorhan-

¹ Dissertation, Berlin 1914.

² Chem. Zg. 1915, S. 689.

dene Wasser kommt deshalb von den zuckerähnlichen Zersetzungsprodukten.

Von den verschiedenen Formeln, welche für Hydrozellulose aufgestellt worden sind (von Girard, Büttner, Neumann u. a.) kann folgendes gesagt werden: Je größer der Gehalt an zuckerähnlichen Abbauprodukten, desto größer ist der „Wassergehalt“.

Was die andern, der Hydrozellulose zugeschriebenen Eigenschaften betrifft, wie z. B. ihre größere Reaktionsfähigkeit gegen Esterifizierung, Hydrolyse unter Druck usw., sind sie nicht charakteristisch, sondern können leicht dadurch erklärt werden, daß die verzogene, zerschlagene und pulverisierte Faser gegenüber den Reagenzien infolge ihrer größeren Oberfläche und feineren Verteilungen eine größere Reaktionsfähigkeit besitzt als die langfaserige Zellulose.

Endlich ist das eigentümliche Verhalten der Farbstoffe gegenüber Hydrozellulose nicht als charakteristisch anzusehen, da hier verschiedene Widersprüche nicht erklärt werden können, solange nicht ein einwandfrei einheitliches Material untersucht worden ist.

6. Hydrzellulose. Dieses Produkt entsteht bei der Oxydation von Baumwollzellulose mit Wasserstoffsperoxyd und ist von Bumcke und Wolfenstein¹ beschrieben worden. Es ist kein Produkt der Oxydation, sondern der Hydrolyse und wird hergestellt, indem man Baumwolle etwa 90 Tage lang mit einer starken Lösung von Wasserstoffsperoxyd behandelt. Es stellt ein weißes Pulver dar, welches gegen Fehlingsche Lösung und ammoniakalische Silberlösung stark reduzierende Eigenschaften aufweist; es gibt auch ein gelb gefärbtes Hydrazon. Der Körper ist offenbar ein Aldehyd und muß wahrscheinlich gebildet werden als Zwischenstufe bei der Herstellung von Oxyzellulose. Wenn man ihn mit der 10fachen Menge einer 10%igen Ätznatronlösung kocht, wird er zum größten Teil in Zellulose übergeführt und der Rest in einen löslichen Teil, die sogenannte „Zellulosesäure“. Diese Reaktionen benötigen allerdings noch weiterer Bestätigung, da die Identifizierung und Existenz solcher Körper noch nicht sicher ist.

7. Der Karbonisierungsprozeß und seine Beziehung zur Baumwolle und vegetabilischen Faser. Beim Karbonisierungsprozeß wird das zu behandelnde Material mit einer kochenden Schwefelsäure von 2° Bé imprägniert, ausgequetscht, getrocknet und dann geklopft oder gründlich gewaschen, um die zerstörten Baumwoll- oder anderen vegetabilischen Fasern zu entfernen. Nach einer andern Methode wird gasförmiger Chlorwasserstoff auf das Material einwirken gelassen, oder es werden gewisse saure Salze, wie Magnesiumchlorid und Aluminiumchlorid, an Stelle der Schwefelsäure verwendet. Diese Salze entwickeln beim Trocknen auf der Faser Chlorwasserstoff, welcher die vegetabilische Faser zerstört. Magnesiumchlorid wendet man als Lösung von 9° Bé, Aluminiumchlorid als solche von 7° Bé an. Das Material wird damit gesättigt und bei einer Temperatur von zirka 165° C getrocknet, dann gut gewaschen. Die Wahl des Karbonisierungsmittels hängt hauptsächlich vom Charakter der zu be-

¹ B. 1899, S. 2493.

handelnden Ware und von den Farbstoffen ab, mit welchen dieselbe gefärbt werden soll.

Der Karbonisierungsprozeß muß in diesem Zusammenhang betrachtet werden als eine Untersuchung über die zerstörende Wirkung von Säuren oder sauren Substanzen auf die Faser. Da die Baumwolle in genanntem Prozeß vollständig zerstört und entfernt wird, ist ihre Beziehung dazu eine negative. Die genaue Untersuchung des „Karbonisierens“ bezieht sich mehr auf die Behandlung von Wolle und Shoddy, und es erübrigt sich, an dieser Stelle weiter davon zu berichten. Doch soll noch gesagt werden, daß der Ausdruck „Karbonisieren der Wolle“ falsch ist; denn tatsächlich ist es die Baumwolle, welche „karbonisiert“ wird, während die Wolle praktisch unverändert bleibt.

8. Die Einwirkung von Zinkchlorid auf Zellulose. Eine konzentrierte Zinkchloridlösung löst Zellulose nach einigem Digerieren und Erwärmen auf. Diese Lösung wurde industriell verwendet zur Herstellung von Zellulosefasern, welche nachträglich mit Salzsäure behandelt und gewaschen wurden, um das Zinksalz herauszulösen. Der Faden wird dann karbonisiert und als Kohlefaden für die Glühlampenfabrikation gebraucht.

Die Fäden zur Herstellung dieser Kohlefäden werden hergestellt, indem man die Zinkchlorid-Zelluloselösung durch feine Glasdüsen in Alkohol preßt, wobei die Zellulose als zusammenhängender Faden ausgefällt wird. Die so erhaltenen Fasern sind einheitlich in ihrer Zusammensetzung und besitzen große Elastizität und einen konstanten elektrischen Widerstand¹.

Das Produkt aus Zellulose und Zinkchlorid hat noch einige Verwendung in der Industrie gefunden; so wird die sogenannte „vulkanisierte Faser“ hergestellt, indem man Papier mit einer konzentrierten Zinkchloridlösung behandelt und die entstehende gelatinöse Masse in verschiedene Formen überführt, wie Blöcke, Platten usw. Ein Teil Papier wird mit 4 Teilen Zinkchloridlösung von 65—75° Bé behandelt, bis die Fasern partiell aufgequollen sind, wonach die einzelnen Blätter zu sehr festen Stücken zusammengepreßt werden. Die Hauptschwierigkeit bildet das nachherige Herauslösen des Zinksalzes, welches erst nach langem Waschen gelingt. Die vulkanisierte Zellulose ist ganz hart, sie besitzt etwa die Konsistenz von Horn; gibt man aber verflüssigende Substanzen zu, wie Glycerin oder Glukose, wird die Faser aufgeweicht und kann gefaltet werden. Durch eine weitere Behandlung mit Salpetersäure wird das Material wasserdicht. Die Lösung wurde auch empfohlen als Verdickungsmittel im Textildruck, ebenso für die Herstellung von Glanzzellulose oder künstlicher Seide, doch hat sie auf diesen Gebieten keine Bedeutung erlangt.

Cross und Bevan empfehlen folgendes Verfahren zur Herstellung dieser Zelluloselösung: 4—6 Teile wasserfreies Zinkchlorid werden in 6—10 Teilen Wasser gelöst, 1 Teil gebleichte Baumwolle wird dann darin umgezogen, bis sie vollständig durchnäßt ist, dann einige Zeit auf 60 bis

¹ Die Einführung von Wolfram-Metallfadenlampen hat seit einigen Jahren die Kohlenfadenlampen zum größten Teil verdrängt, da die ersteren bei gleicher Stromstärke einen besseren Lichteffekt ergeben.

80°C erwärmt, wobei die Zellulose gelatiniert wird. Durch Erwärmen auf dem Wasserbad und zeitweiliges Umziehen bzw. Rühren wird vollständige Lösung erreicht. Das verdampfende Wasser muß dabei ersetzt werden.

Auf diese Art wird ein gleichmäßiger Sirup erhalten. Beim Verdünnen wird diese Zelluloselösung vollständig zersetzt, wobei die Zellulose als Hydrat zusammen mit Zinkoxydhydrat ausfällt. Nach dem Waschen mit Salzsäure wird ein reines Zellulosehydrat erhalten, die Menge entspricht fast genau der ursprünglich angewandten Zellulosemenge. Wenn unter Zusatz von Alkohol gefällt wird, entsteht eine Verbindung von Zellulose mit Zinkoxyd, welche 18—25% ZnO enthält und das ungefähre Molekülverhältnis von $2\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5 : \text{ZnO}$ besitzt.

Nach Wynne und Powell¹ ist die Anlagerung von Calcium- oder Magnesiumchlorid vorteilhafter. Dreaper und Tompkins² empfehlen die Verwendung von basischem Zinkchlorid und Calciumchlorid. Fremery und Erban³ behaupten, daß die Baumwollzellulose vor dem Lösen in Zinkchlorid mit Oxydationsmitteln behandelt werden müsse. Nach Bronnert⁴ soll die Zellulose vorerst stark hydratisiert werden, z. B. durch vorheriges einstündiges Behandeln mit kalter konzentrierter Natronlauge. Auf diese Weise soll in der Kälte eine Lösung erhalten werden, welche 10 und mehr Prozent Zellulose enthält⁵. Eine Lösung von Zinkchlorid in 2 Gewichtsteilen konzentrierter Salzsäure löst Zellulose ebenfalls ohne Erwärmen auf. Wenn man aus dieser Lösung die Zellulose durch rasches Verdünnen fällt, ist dieselbe kaum verändert, nach längerem Stehen wird sie aber in wasserlösliches Dextrin gespalten⁶.

Eine konzentrierte Lösung von Zinkchlorid in Salzsäure löst Zellulose fast augenblicklich in der Kälte. Diese letztere Methode ist für Laboratoriumsversuche nützlich, hat aber noch keine technische Anwendung gefunden.

Das Reagens wird hergestellt, indem man 1 Teil Zinkchlorid in 2 Gewichtsteilen konzentrierter Salzsäure löst. Wie erwähnt, fällt aus dieser Lösung beim sofortigen Verdünnen die Zellulose unverändert aus, nach einigem Stehen der Lösung wird die Zellulose aber in Zersetzungsprodukte wie Dextrin u. a. übergeführt, welche vollständig wasserlöslich sind. Bei der Untersuchung dieser Lösung wurde nachgewiesen, daß das Zellulosemolekül keine ungesättigten Gruppen enthalten kann, da es kein Brom absorbiert. Eine Lösung von Holzzellulose ergibt aber anderseits eine deutliche Bromabsorption, wodurch die Anwesenheit von ungesättigten Kohlenstoffgruppen in denselben erwiesen wird.

Durch eine Lösung von Jod in Chlorzink wird Zellulose tief violett gefärbt, und diese Reaktion wird zu ihrem Nachweis verwendet. Das Reagens wird hergestellt durch Mischen von 90 Teilen einer konzentrierten Zinkchloridlösung mit einer gesättigten Lösung von Jod in 6 Teilen Calciumjodid und 10 Teilen Wasser.

¹ Engl. Pat. 16805 (1884). ² Engl. Pat. 17901 (1897) und DRP. 113786.

³ DRP. 111313 und Engl. Pat. 6557 (1899).

⁴ Siehe Süvern, „Die künstliche Seide“, S. 307.

⁵ DRP. 118836 und Engl. Pat. 18260 (1899).

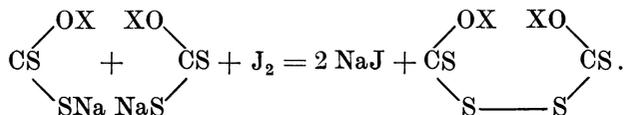
⁶ Siehe Schwalbe, „Die Chemie der Zellulose“, S. 155.

9. Die Einwirkung von Alkali auf Zellulose; Viskose. Wenn die Zellulose mit konzentrierten Ätzalkalien behandelt wird, unterliegt sie einer Veränderung, welche allgemein als „Merzerisierung“ bezeichnet wird, unter Bildung einer Verbindung, der sogenannten Alkali-Zellulose, deren Molekularverhältnis ungefähr der Zusammensetzung $C_{12}H_{20}O_{10}$: NaOH entspricht. Wenn dieses Produkt mit Schwefelkohlenstoff behandelt wird, löst es sich auf unter Bildung des Zellulosethiokarbonates oder des Zellulosexanthogenates. Dieser Körper bildet mit Wasser eine sehr viskose Lösung und ist deshalb allgemein unter dem technischen Namen Viskose bekannt.

Für die Herstellung der Viskose verfährt man am besten unter Anwendung folgender Molekularverhältnisse der Reagenzien:



Praktisch wird die Reaktion durchgeführt, indem man gebleichte Baumwolle (oder eine andere Form der Zellulose, wie gereinigte Holz- wolle, welche auch angewendet wird) mit einem Überschuß an 15%iger Natronlauge behandelt, dann die überschüssige Flüssigkeit abpreßt, wobei man das 3fache Gewicht der Zellulose an Lösung darin läßt. Die Masse wird dann mit ca. 50% Schwefelkohlenstoff (auf das Gewicht der Baumwolle bezogen) gemischt und in einem bedeckten Gefäß etwa 4 Stunden bei Zimmertemperatur stengelassen, dann so viel Wasser zugegeben, daß die Masse bedeckt ist und die Hydratation noch einige Stunden fortschreiten gelassen. Dann wird das Gemisch aufgerührt, bis eine homogene Lösung erhalten wird, welche beliebig verdünnt werden kann. Die so bereitete Lösung ist gelb gefärbt, was wahrscheinlich auf die Bildung von einigen Thiokarbonaten als Nebenprodukte bei der Reduktion zurückzuführen ist. Behandelt man die Lösung mit gesättigter Kochsalz- lösung oder mit Alkohol, so wird reines Zellulosethiokarbonat ausgefällt in Form grünweißer Flocken, welche sich wieder farblos oder schwach gelb im Wasser lösen. Durch Zugabe verschiedener Metallsalze entstehen die entsprechenden Xanthogenate. Mit Jod fällt ein Niederschlag von Dioxythiokarbonat aus, welches wahrscheinlich nach folgender Gleichung gebildet wird (X bedeutet den Zelluloserest):



Zellulosexanthogenat kann spontan zersetzt werden, unter Spaltung in Zellulosehydrat, Alkali und Schwefelkohlenstoff. Dieses Zellulosehydrat ist bereits bekannt als „regenerierte Zellulose“. Wenn die Zersetzung in Lösungen von mehr als 1% Zellulosegehalt eintritt, entsteht eine feste Gelatine von ausgeflockter Zellulose. Eine Lösung von mehr als 10% Zellulose ergibt einen festen Kuchen von hydratisierter Zellulose, welche ihr Wasser sehr schwer abgibt. Die so regenerierte Zellulose ist wahrscheinlich von kolloidaler Form. Sie kann aus der Viskoselösung in dieser Form auch gefällt werden durch Zugabe von verschiedenen Salzen, wie Ammoniumchlorid.

10. Zellulose-Ester. Alkalizellulose reagiert auch mit Benzoylchlorid unter Bildung von Zellulosebenzoat¹. Ein anderer Ester der Zellulose ist das Azetat, welches bei der Einwirkung von Essigsäureanhydrid auf Zellulose (oder regenerierte Zellulose) beim Erhitzen in geschlossenem Gefäß entsteht. Cross gibt an², daß 80—90% Azetylgruppen in das Zellulosemolekül eingeführt werden können, ohne daß dessen Eigenschaften merklich verändert werden. Nach einem neuen Patent³ wird eine fast theoretische Ausbeute an Azetylzellulose erhalten, wenn man die Azetylierung in Gegenwart von Methylsulfat ausführt. Der Prozeß ist folgendermaßen angegeben: 30 Teile Baumwolle werden mit 70 Teilen Essigsäureanhydrid, 120 Teilen Eisessig und 3 Teilen Methylsulfat bis zur vollständigen Lösung behandelt. Die Lösung wird dann filtriert, das Filtrat in viel Wasser gegeben, wobei das Azetat gefällt wird.

Das Zelluloseazetat kann ferner hergestellt werden, wenn man eine Mischung von Hydrozellulose, Essigsäure und Schwefelsäure auf 60 bis 70° C erhitzt. Das so erhaltene Produkt ist löslich in Äther und Chloroform (Lederer). In Sthamers Chemischen Werken (Hamburg) wird Azetylzellulose durch Erhitzen einer Mischung von Hydrozellulose, Essigsäure, Azetylchlorid und Schwefelsäure auf 65—70° C hergestellt. Ein alkohol- und pyridinlösliches Zelluloseazetat wird durch Erhitzen einer Mischung von Zellulose, Essigsäureanhydrid und Schwefelsäure auf 45° C erreicht⁴. Miles und Pierce erhalten dasselbe beim Erhitzen einer Mischung von Zellulose, Essigsäureanhydrid, Essigsäure und Schwefelsäure auf 70° C. Landsberg verwendet an Stelle der Schwefelsäure Phosphorsäure. Azetylzellulose wurde ferner hergestellt durch Erwärmen einer Mischung von Zellulose, Essigsäure, Essigsäureanhydrid und einer Mischung von phenolsulfosaurem Natrium und Phenolsulfosäure, oder Natriumnaphtholat und Naphtholsulfosäure (Little, Walker und Mork). Eine Azetylierung tritt ferner ein, wenn man Zellulose mit Azetylchlorid und Zink- oder Magnesiumchlorid in Nitrobenzollösung bei Gegenwart von Pyridin oder Chinolin behandelt. (Wohl, Charlottenburg.)

Aus Viskose regenerierte Zellulose läßt sich mit Anhydriden und Chloriden viel leichter verestern als gewöhnliche Zellulose. Das Tetraazetat speziell wird erhalten, wenn man Zellulosehydrat mit einer konzentrierten Lösung von Magnesiumazetat im Verhältnis 1:2 innig mischt. Zu dieser Mischung, welche homogen gemacht und bei 110° C (230° F) getrocknet wird, werden 2 Moleküle Azetylchlorid pro Molekül Magnesiumazetat zugefügt. Die Zugabe von Azetylchlorid wird so bemessen, daß die Temperatur um 30° C (86° F) herum bleibt. Das Produkt wird danach mit Wasser zum Herauslösen des Magnesiumsalzes versetzt, dann getrocknet und mit einem Lösungsmittel behandelt, um die kleine Menge unveränderter Zellulose abzutrennen. Die Lösung wird geklärt und filtriert und dann eingedampft, wobei als Rückstand reiner Ester erhalten

¹ Cross and Bevan: „Cellulose“, S. 32 und „Researches on Cellulose“, S. 34 usw. ² Journ. Soc. Chem. Ind. 1914, S. 297.

³ Engl. Pat. 1905, Nr. 9998.

⁴ Farbenfabriken vorm. Fr. Bayer & Co., Elberfeld.

wird. Das so erhaltene Produkt, Zellulose-tetraazetat, ist der Nitrozellulose sehr ähnlich, doch ist es zum Unterschied von letzterer nicht explosiv, ebenso ist es nicht sehr brennbar. Es löst sich in Chloroform, Methylalkohol, Epichlorhydrin, Äthylbenzoat, Eisessig, Nitrobenzol usw.

Diese Lösungen ergeben, wenn sie in solcher Feinheit hergestellt werden, daß Interferenz eintritt, Filme von vollständiger Durchsichtigkeit und absoluter Gleichmäßigkeit. Sie sind wasserdicht und gegen chemische Einflüsse recht beständig. Um sie zu verseifen, ist es notwendig, sie mehrere Stunden mit einer alkoholischen Natronlauge zu kochen. Doch zerfällt der Film dabei nicht, sondern bewahrt sowohl seine Form als auch seine Durchsichtigkeit.

Durch Variation der Bedingungen wird eine Reihe von verschiedenen Azetaten hergestellt¹.

Das Tetraazetat hat eine Reihe von Verwendungen in der Industrie gefunden; so zur Herstellung von Filmen und wasserdichten Stoffen².

Bei der Einwirkung von Salpetersäure unter verschiedenen Bedingungen entstehen eine Reihe von Zellulosenitrat (unrichtigerweise als Nitrozellulose bezeichnet), welche mannigfache Anwendung gefunden haben (siehe Pyroxylin³). Konzentrierte Schwefelsäure reagiert mit der Zellulose zuerst unter Bildung eines Zellulosesulfates; dasselbe erleidet aber darauf Zersetzung unter vollständiger Hydrolyse des Zellulosemoleküls und Bildung von Amyloid. Sulfoazetate der Zellulose wurden hergestellt bei der Einwirkung von Essigsäure, Essigsäureanhydrid und Schwefelsäure auf Zellulose⁴.

Für die Herstellung des von Cross und Bevan beschriebenen normalen Zellulosesulfoazetates, welchem die Formel $4(C_6H_7O_2) \cdot (SO_4) (C_2H_3O_2)_{10}$ entspricht, werden 16 g getrocknete Baumwolle 20 Minuten bei 30° C mit 100 cm³ einer Mischung von gleichen Teilen Eisessig und Essigsäureanhydrid, welche 4,5 Gewichtsprozent Schwefelsäure enthält, verrührt. Nach einstündigem Stehenlassen entsteht eine homogene, durchscheinende und zähe Lösung, welche beim Eingießen in Wasser als halbdurchscheinendes, gelatinöses Hydrat gefällt wird, das in Alkohol löslich ist. Bei Anwendung von weniger Schwefelsäure ist das Produkt in Alkohol unlöslich.

¹ Ost (Z. angew. Chem. 1919, S. 66, 76, 82) hat die Entstehung von Zelluloseazetaten sehr eingehend studiert. Das Triazetat wird gebildet bei der Einwirkung von Essigsäureanhydrid und Zinkchlorid, die andern Azetate, speziell die mit Schwefelsäure als Katalysator hergestellten, zeigen alle eine Abstufung von Zellulose bis Zellulosedextrin, und die Existenz eines richtigen Tetraazetates ist sehr zweifelhaft, da nebenbei Sulfoazetate und andere Körper gebildet werden; ferner siehe auch V. Yarsley, „Über die Herstellung und Eigenschaften der Azetylzellulose“, Springer, Berlin 1927. Dasselbst eine Zusammenstellung der Patentliteratur.

² Noyes (Kunststoffe 1914, S. 207 und 227) hat die Bildung von Zelluloseformiaten studiert, doch ist deren Herstellung schwieriger als die Azetylierung oder Nitrierung.

³ Eine gründliche und detaillierte Besprechung der Zellulosenitrate und der darauf beruhenden Industrie enthält: „Nitrozellulose-Industrie“, Bd. 2, 1911.

⁴ Siehe Cross, Bevan and Briggs, B. 1905, S. 1859.

11. Einwirkung von Metallsalzen. Obwohl Zellulose gegenüber den meisten chemischen Reagenzien verhältnismäßig wenig reaktionsfähig ist, besitzt es ein kräftiges Aufnahmevermögen für bestimmte Metallsalzlösungen, welche es vollständig absorbiert. Diese Absorptionswirkung wird hauptsächlich bei Vanadiumsalzen beobachtet, aus dessen Lösungen sie das Salz noch in Verdünnungen von 1: 1 Trillion vollständig absorbiert.

12. Gemischte Zellulosen. Neben Zellulose selbst gibt es eine Reihe von Abkömmlingen, welche als sogenannte „Gemischte Zellulosen“ bekannt sind. Sie werden in drei Hauptklassen eingeteilt:

a) Pektzellulose, herrührend von den Pektinverbindungen der vegetabilischen Fasern, wie z. B. im rohen Flachs. Durch die Hydrolyse mit Alkalien werden sie in Pektinsäure und Zellulose gespalten. Die Pektzellulosen enthalten etwas mehr Sauerstoff als die gewöhnliche (Baumwoll-)Zellulose. Wenn sie mit verdünntem Alkali gekocht werden, spalten sie sich leicht in Zellulose, wobei die Pektinsubstanzen in lösliche Derivate übergehen. Diese Reaktion findet beim Bleichen des Leinen statt.

b) Lignozellulose, welche den Hauptbestandteil der Holzfaser bildet und unter den Textilfasern in der Jute enthalten ist. Durch Chlorierung wird sie in aromatische Chlorverbindungen, welche in Alkali löslich sind, und in Zellulose gespalten. Die Lignozellulose enthält etwa 75% Zellulose und 25% Lignin. Die Jute absorbiert Jod unter Bildung einer unbeständigen Verbindung. Die Reaktion wird zur quantitativen Bestimmung der Lignozellulose neben andern Zellulosearten verwendet. Ferner hydrolisiert Lignozellulose viel leichter als gewöhnliche Zellulose.

c) Adipozellulose, welche die Epidermis oder Kutikula der Fasern, Blätter, Korke, Rinden usw. bildet. Mit Salpetersäure wird sie unter Bildung von ähnlichen Produkten, wie sie bei der Oxydation der Fette und der Zellulose entstehen, angegriffen. Die Struktur der Adipozellulosen ist aber zellenartig statt faserig. Sie enthalten mehr Kohlenstoff und weniger Sauerstoff als die Normalzellulose.

Frémy teilt die verschiedenen Zellulosearten und ihre verwandten Körper in folgender Weise, ausgehend von ihrer chemischen Zusammensetzung, ein: a) Zellulose, enthaltend normale Zellulose, Parazellulose und Metazellulosen; b) Vaskulose (identisch mit Lignozellulose); c) Cutose; d) Pektose¹.

XVII. Chemische Eigenschaften der Baumwolle.

1. Einwirkung der Wärme. Die Baumwolle zeigt im allgemeinen die gleichen chemischen Eigenschaften wie die Zellulose. Sie ist imstande, ziemlich hohe Temperaturen ohne Zersetzung auszuhalten.

¹ Das ganze Gebiet der Zellulosen und ihrer Abkömmlinge ist sehr groß und seine genaue Behandlung übersteigt den Rahmen dieses Buches, welches sich nur damit befaßt, soweit es im Zusammenhang mit seiner Anwendung als Textilfaser steht. Für weitere Studien auf diesem Gebiet sei auf die ausgezeichneten Werke von Cross und Bevan, Schwalbe, Beltzer, Worden usw. verwiesen, welche am Ende des Buches in der Bibliographie zusammengestellt sind.

Immerhin scheint sie bei einer Temperatur von 160° C eine Dehydratation zu erleiden, begleitet von einer Zerstörung der faserigen Struktur. Dieser Vorgang hat große Bedeutung beim Sengen, Kalandern und bei anderen Ausrüstungsprozessen, bei welchen höhere Temperaturen angewendet werden.

Innerhalb den Temperaturen, welche beim Trocknen im allgemeinen angewendet werden, hat eine trockene Hitze wenig oder keinen schädigenden Einfluß auf die Baumwollfaser. Bei 250° C beginnt sie sich zu bräunen, und wenn sie an der Luft entzündet wird, brennt sie von selbst, wobei ein Geruch nach Akrolein entsteht, nicht aber der charakteristische brenzlige Geruch wie beim Verbrennen von tierischen Fasern.

Wenn Baumwollgarn während 12 Stunden bei 70° C (160° F) getrocknet wird, verliert sie etwa 5% ihrer Streckfestigkeit und ebensoviel ihrer Elastizität und wird hart und brüchig. Wenn man sie darauf der Luft aussetzt, nimmt sie die hygroscopische Feuchtigkeit rasch wieder auf und erreicht wieder ihre frühere Festigkeit.

Beim Erhitzen auf 90—100° C (195—212° F) verliert die Baumwolle 6—8% an Gewicht, von 100—120° noch ca. 0,5% mehr. Von 120° C an ist der Verlust sehr gering und deutet auf Zersetzung hin; bei 180° C (360° F) hat sie etwa 1% mehr an Gewicht verloren und die Faser beginnt gelblich zu werden, was die beginnende Verkohlung anzeigt.

Bei der trockenen Destillation ergibt Baumwolle Methan, Äthan, Wasser, Methylalkohol, Aceton, Essigsäure, Kohlenstoff, Kohlendioxyd, Brenzcatechin usw.

Die folgende Tafel gibt die Resultate der trockenen Destillation der Baumwolle (nach Ramsay und Chorley)¹:

Destillat	Rohbaumwolle %	Geblichte Baumwolle %	Baumwollzellu- lose aus Viskose %
Feste Produkte und Kohlenstoff .	33	34,44	42,0
Flüssigkeiten	46	51,11	44,0
Kohlendioxyd	11	7,77	7,4
Andere Gase	10	6,68	6,6

Die Zusammensetzung des flüssigen Destillates auf 100 Teile Baumwolle ist folgende:

Substanz	Rohbaumwolle %	Geblichte Baumwolle %	Baumwollzellu- lose aus Viskose %
Essigsäure	1,31	2,11	2,00
Methylalkohol	7,07	10,24	10,24
Teer	12,00	13,33	13,33

Die Zusammensetzung des gasförmigen Destillates wurde erhalten wie folgt:

¹ Journ. Soc. Chem. Ind. 1892, S. 872.

Substanz	Rohbaumwolle	Gebleichte Baumwolle	Baumwollzellulose aus Viskose
	%	%	%
Kohlendioxyd	76,90	54,14	80
Sauerstoff	3,66	8,50	4
Restgase	19,44	37,36	16

2. Einwirkung von Licht. Es ist allgemein bekannt, daß Baumwollsachen, welche längere Zeit dem Lichte und besonders direktem Sonnenlicht ausgesetzt werden, an Qualität allmählich verlieren. Witz¹ zeigt, daß bei Gegenwart von Luft und Feuchtigkeit Oxyzellulose gebildet wird, Girard dagegen hält unter diesen Bedingungen die Bildung von Hydrozellulose für wahrscheinlicher. Witz setzte baumwollene Fabrikate auch unter Ausschluß von Luft und Feuchtigkeit einen ganzen Sommer lang nur dem Einfluß von Licht aus und fand, daß Oxyzellulose wohl unter der Einwirkung von blauen oder violetten, nicht aber von gelben oder roten Strahlen entsteht. Doree und Dyer² untersuchten den Einfluß von violettem Licht auf die Festigkeit und Dauerhaftigkeit von baumwollenen Geweben und fanden, daß Oxyzellulose ziemlich rasch gebildet wird. Es sind unzweifelhaft die violetten und ultravioletten Strahlen des Sonnenlichtes, welche diese Veränderung der Baumwollzellulose bewirken.

3. Einwirkung von Wasser. Die Baumwolle ist unlöslich in kaltem und heißem Wasser und wird davon auch nicht verändert. 12stündiges Kochen mit Wasser scheint die Aufnahmefähigkeit der Baumwolle für substantive Farbstoffe zu erhöhen und diejenige für basische Farbstoffe zu verringern³. Diese Erscheinung ist wahrscheinlich zurückzuführen auf eine partielle Hydratation der Baumwollzellulose, wobei eine kleine Veränderung der chemischen Eigenschaften eintritt, ohne Beeinflussung der physikalischen Struktur. Wenn Baumwolle während 8 Stunden unter Druck mit Wasser auf 150° C (300° F entsprechend 4,75 Atm.) erhitzt wird, verändert sie sich scheinbar nicht. Bei der Einwirkung von kochendem Wasser oder Dampf erleidet sie immerhin gewisse physikalische Modifikationen, sie wird plastisch, ähnlich wie die Wolle, aber in geringerem Grade. Auf dieser Eigenschaft beruhen eine Reihe von wichtigen Ausrüstungseffekten, wie das Kalandern, der Seidenfinish, und viele andere. Bei 160° C (320° F, entsprechend 6,15 Atm. Druck) scheint die Faser immerhin einige Veränderung zu erleiden. Bei Anwesenheit von Luft wird der Effekt bei 170° C (340° F, entsprechend 7,85 Atm. Druck) sehr deutlich. Beim Erhitzen von Baumwolle mit Wasser unter einem Druck von 20 Atm. wird rasch Hydrozellulose gebildet. Beim Behandeln mit Dampf unter hohen Drucken erleidet die Faser Zerstörung, offenbar durch Hydrolyse. Beim Benetzen von Baumwolle mit Wasser tritt eine beträchtliche Erwärmung ein. Diese Erscheinung muß aber nicht auf einer chemischen Reaktion beruhen, da

¹ Bull. Soc. Ind. Rouen 1883, S. 190.

² Journ. Soc. Dyers und Col. 1917, S. 17.

³ Hübner and Pope, Journ. Soc. Chem. Ind. 1904, S. 404.

sie auch andere fein verteilte unlösliche Substanzen zeigen. Masson¹ hat darüber eingehende Untersuchungen angestellt, ebenso Martini². Nach Masson beruht die Reaktion auf einem Lösungseffekt, während Martini dieselbe als eine Absorptionserscheinung betrachtet, wobei die Flüssigkeiten vom festen Körper absorbiert werden und dabei selbst in den festen Zustand übergehen³.

Wenn man Baumwolle mit Dampf behandelt, wird sie gelb, und es wurde neuerdings vorgeschlagen, weißer Baumwolle das Aussehen der ägyptischen Art zu geben, indem man sie 25—30 Sekunden bei einem Druck von 1—1,5 Atm. dämpft⁴. Dieses Gelbwerden ist nicht den Fettsubstanzen, welche die Baumwolle enthält, zuzuschreiben, da F. Erban gefunden hat, daß die Erscheinung bei entfetteter Baumwolle verstärkt auftritt⁵. Die Gummisubstanzen bewirken den Prozeß, doch ist im allgemeinen vollständig ausgewaschene Baumwolle dem Phänomen ebenso zugänglich wie rohe. Freiburger, welcher die Frage studiert hat, kommt zu folgenden Schlüssen⁶: a) Gebleichte Ware wird am stärksten gefärbt, worunter wieder kalt gebleichte mehr als warm gebleichte. b) Ware, welche warm mit Natriumhypochlorit, welches einen Überschuß an Natriumkarbonat enthält, gebleicht worden ist, ist weniger empfindlich. c) Oxyzellulose wird gut hundertmal so stark gefärbt wie Zellulose, Hydrozellulose dagegen wird weniger angegriffen. Die Hauptursache des Gelbwerdens der Baumwolle beim Dämpfen ist danach die Anwesenheit von Oxyzellulose.

Scheurer⁷ hat die Reaktion untersucht, die bei längerem Dämpfen von Baumwollstücken eintritt. Er verwendete sowohl rohen Stoff, als auch solchen, welcher zum Bleichen ausgekocht worden war, und dämpfte denselben bei einer Temperatur von 99—100° verschieden lange Zeit, wobei er in bezug auf die Streckfestigkeit folgende Resultate erhielt:

	Grauer Stoff		Ausgekocht	
	Kette	Schuß	Kette	Schuß
Ursprünglicher Stoff	100	100	100	100
60 Std. gedämpft	82	76	83	90
120 „ „	72	49	70	69
180 „ „	60	40	59	58
240 „ „	51	37	53	50
300 „ „	39	32	47	34
360 „ „	31	30	41	34
420 „ „	27	19	31	25
480 „ „	21	19	20	19
540 „ „	21	13	14	17

Danach scheint es, daß die grauen und weißen Stücke sich beim Dämpfen ähnlich verhalten. Da der Dampf immer einen gewissen Luftgehalt besitzt, steht die Reaktion unter dem kombinierten Einfluß von Dampf, Temperatur und Luft.

¹ Proc. Roy. Soc. Bd. 74, S. 230.

² Phil. Mag. Bd. 47, S. 329.

³ Siehe auch Phil. Mag. Bd. 50, S. 618.

⁴ Text. Mer. 1914, Februar.

⁵ Färber-Ztg. 1912, S. 370.

⁶ Färber-Ztg. 1917, S. 221, 235, 249.

⁷ Bull. Soc. Ind. Mulh. 1893.

Beim Vergleich von Wolle und Baumwolle in bezug auf ihr Verhalten gegen das Dämpfen wurde gefunden, daß Baumwolle bei einer Dämpfdauer von 420 Stunden um 75 % geschwächt wird, Wolle aber schon nach 60 Stunden um den gleichen Betrag. Daraus wurde geschlossen, daß die Baumwolle gegen das Dämpfen siebenmal widerstandsfähiger ist als die Wolle.

Das Verhalten von Baumwolle gegen Frost oder Eis wurde von Rothwell untersucht¹. Zwei Stücke Baumwolltuch, das eine von guter, das andere von schlechter Qualität, wurden 10 Minuten in Wasser eingelegt, dann ausgequetscht und im Gefrierraum aufgehängt. Die Stoffe wurden innerhalb 3 Minuten ganz steif, obwohl die Temperatur nie unter 3° C sank. Nach 3 Stunden war das Eis vollständig verdunstet und die Stoffe vollständig trocken. Beim Vergleich mit dem ursprünglichen Material wurde keine Verminderung der Festigkeit beobachtet, auch nicht nach viermaliger Wiederholung des Gefrierprozesses. Daraus folgt klar, daß voll ausgebreiteter Stoff durch Frost nicht geschwächt wird.

Die folgende Tabelle zeigt die Einwirkung von Feuchtigkeit auf Baumwoll- und Leinengarne. Jede einzelne Zahl ist das Mittel von 20 Versuchen.

Material	Festigkeit in Unzen		Elastizität in %	
	Trocken	Feucht	Trocken	Feucht
20's Baumwollgarn, grau	25,5	28,1	3,1	3,9
20's „ gebleicht	24,7	24,8	3,7	4,2
40's „ grau (amerikanisches)	9,1	10,6	2,4	2,9
40's „ „ (ägyptisches)	11,2	11,3	2,5	3,1
40/2 „ „ (stark gezwirnt)	24,2	27,3	2,4	3,6
40/2 „ „ gebleicht (stark gezwirnt)	25,6	23,3	3,9	3,1
25's Gekämmtes Flachsgarn (Werg) grau	54,2	63,3	0,8	1,4
25's „ „ „ gebleicht	26,1	46,2	0,7	1,4
30's Leinengarn, grau	75,2	75,7	0,9	1,4
30's „ „ gebleicht	54,0	60,0	1,0	1,4

4. Einwirkung von Kupferoxydammoniaklösung. Wie die Zellulose selbst, wird auch Baumwolle durch das Schweitzersche Reagens aufgelöst, unter gewöhnlichen Bedingungen allerdings ziemlich langsam. Um Baumwolle möglichst vollständig darin zu lösen, ist es vorteilhaft, die rohe Baumwolle zuerst mit einer starken Natronlauge zu behandeln, so daß die Fasern aufquellen und durchscheinend werden. Dann wird die überschüssige Flüssigkeit ausgequetscht und die Baumwolle mit starkem Ammoniak gewaschen. Bei nachheriger Behandlung mit ammoniakalischem Kupferoxyd löst sich die Baumwolle sofort vollständig auf. Diese Lösung kann dann filtriert und mit Wasser verdünnt werden. Die Herstellung von Kunstseide aus dieser Lösung wird jetzt in größerem Maßstabe durchgeführt. Sie wird auch zur Herstellung von anderen Kunstprodukten verwendet, wie z. B. für Bänder und Tüll. Diese Reaktion wird auch benutzt bei der Fabrikation des sog. Willesden-

¹ Journ. Soc. Dyers and Col. 1892, S. 153.

Segeltuches. Dabei wird das Baumwollzeug durch eine ammoniakalische Kupferoxydlösung durchpassiert, wobei die Oberfläche mit einer Schicht von gelatinierter Zellulose bedeckt wird, welche eine beträchtliche Menge Kupferoxyd enthält. Nach starkem Pressen wird der Film auf die Oberfläche des Materials als Decke aufgeklebt, wobei das Segel wasserdicht und widerstandsfähig gegen Schimmelpilze und Insektenfraß werden soll.

Wenn die Lösung von Baumwolle in Kupferoxydammoniak einige Zeit dem Lichte ausgesetzt wird, bildet sich ein Niederschlag von Zellulose und Kupferoxydhydrat. Wird der letztere mit Salzsäure weggelöst, so bleibt die Zellulose in Form von feinen Kristallnadelchen zurück (Gilson); doch wurde nach Schwalbe Baumwollzellulose noch nie in dieser Form beobachtet, sondern nur als Kolloid¹.

5. Einwirkung von Säuren auf Baumwolle. Mit Mineralsäuren zeigt die Baumwolle praktisch die gleichen Reaktionen wie die Zellulose. Konzentrierte Schwefelsäure erzeugt in der bereits erwähnten Art und Weise Amyloid, welche Reaktion technisch zur Herstellung des sog. vegetabilischen Pergamentes ausgenutzt wird. Ungeleimtes Papier wird rasch durch konzentrierte Schwefelsäure gezogen, dann gründlich gewaschen und getrocknet. Der Zweck dieser Behandlung ist der, auf der Oberfläche des Papiers eine Schicht von gelatinösem Amyloid zu erzeugen, welche bei nachherigem Pressen und Trocknen dem Papier eine pergamentähnliche Beschaffenheit verleiht. Das Papier wird fett-undurchlässig und wasserdicht, und auch die Streckfestigkeit wird erheblich größer.

Mercer (um 1844) scheint der erste gewesen zu sein, der die Einwirkung von konzentrierter Schwefelsäure auf Baumwolle beobachtet hat, ungefähr zu gleicher Zeit wie die Reaktion von starker Natronlauge. Mercer schloß daraus, daß die Einwirkung von konzentrierter Schwefelsäure derjenigen von konzentriertem Alkali auf Baumwolle sehr ähnlich sei und in einer Quellung der Faser bestehe, wobei die Baumwolle eine erhöhte Festigkeit und erhöhte Aufnahmefähigkeit für gewisse Farbstoffe erhalte. Die Einwirkung der starken Säure darf nur kurze Zeit dauern, da sonst die Baumwolle unter Bildung von Schwefelsäureester gelöst wird. Dieses Gebiet soll näher im Kapitel über die Merzerisierung besprochen werden.

In ähnlicher Weise wurden auch aus einigen mexikanischen Grasarten künstliche Pferdehaare hergestellt. Die Gräser werden kurze Zeit in konzentrierte Schwefelsäure getaucht; sie werden dabei pergamentartig, so daß sie nach dem Waschen und Kämmen ein pferdehaarähnliches Aussehen besitzen und dieselben an Elastizität sogar noch übertreffen sollen. Ähnliche Produkte erhält man auch, wenn man an Stelle der Schwefelsäure konzentrierte Zinkchloridlösung anwendet. Das Amyloid scheint auch ein Produkt des natürlichen Pflanzenwachstums zu sein, da dasselbe in der Außenschale von pflanzlichen Zellen gefunden wurde. Es kann charakterisiert werden durch die Blaufärbung mit Jod. Die

¹ D. Ü. Siehe neuere Arbeiten auf diesem Gebiet, z. B. E. Ott, *Helv. Chim. Acta* IX., 1, S. 31. R. O. Herzog, *Dieselben* IX., 4, S. 631 usw.

pergamentierende Wirkung der Schwefelsäure auf Baumwolle ist zusammen mit der Merzerisierung ein sehr wichtiger technischer Prozeß geworden, um der Ware einen steifen Pergamentfinish zu verleihen. Er wird näher im Kapitel über die Merzerisierung besprochen werden.

Unter bestimmten Bedingungen wirken konzentrierte Mineralsäuren auf Baumwolle aber auch merzerisierend oder hydratisierend ein. Bei gewöhnlicher Temperatur bewirkt eine Schwefelsäure von 35^o Bé eine Merzerisierung. 49—50 grädige Säure verhält sich wie Natronlauge. Die Faser wird merzerisiert und besitzt erhöhte Affinität zu Farbstoffen, sowie erhöhten Glanz und Festigkeit. Das gleiche Resultat erhält man mit konzentrierten Phosphorsäurelösungen. Bei längerer Dauer der Einwirkung der Säuren tritt allerdings vollständige Hydrolyse und Zerstörung der Faser ein. Bei längerer Einwirkung von konzentrierter Schwefelsäure (über 50 %iger) wird die Faser aufgelöst unter Bildung von Schwefelsäureestern der Zellulose. Langhaus¹ benutzt diese Methode zur Herstellung von Kunstseide. Ebenso beschreibt er die Einwirkung von Phosphorschwefelsäure auf Baumwolle². Doch hat keine dieser Reaktionen technische Bedeutung erlangt.

Stark verdünnte Schwefelsäure hat keinen merkbaren Einfluß auf Baumwolle. Wird die damit imprägnierte Faser aber getrocknet, so ist sie merkbar geschwächt. Das hängt zusammen mit der Konzentrierung der Säure beim Trocknen und der damit verbundenen Hydrolyse der Zellulose. Nach Bowman wirkt die Säure dabei katalytisch, indem sie zuerst eine unbeständige Verbindung mit der Zellulose eingeht, welche durch Wasser und Luft in Hydrozellulose übergeführt wird, wobei die Säure frei wird und mit neuer Zellulose wieder dieselbe Verbindung bildet. Jentzen³ bestätigt diese Ansicht. Bei erhöhter Temperatur wirkt die verdünnte Säure ebenfalls rascher und stärker⁴.

Nach Büttner und Neumann⁵ wird beim Behandeln von Baumwolle mit verdünnter Schwefelsäure vom spezifischen Gewicht 1,45 bis 1,53 eine Mischung von Hydrozellulose und Oxyzellulose neben mehr oder weniger unveränderter Zellulose erhalten.

Die Einwirkung von verdünnten Mineralsäuren auf Baumwolle scheint in einer Hydrolyse zu bestehen, wobei eine molekulare Änderung in der Fasersubstanz eintritt. Das ergibt sich aus der Bildung von Hydrozellulose von der Formel $2C_6H_{10}O_5 \cdot H_2O$. Die Reaktion verläuft zweifellos in mehreren Phasen, wie aus der nachfolgenden Azetylierung der Produkte geschlossen werden kann. Es ist sicher, daß zwischen der Girardschen Hydrozellulose von der Formel $C_{12}H_{20}O_{10} \cdot H_2O$ und der gewöhnlichen Zellulose $C_{12}H_{20}O_{10}$ eine Reihe von Verbindungen existieren, welche unter der allgemeinen Formel $(C_6H_{10}O_5) \cdot H_2O$ zusammengefaßt werden können. Essigsäure wirkt nur wenig hydrolytisch und hat infolgedessen nur geringe Wirkung auf die Baumwolle.

¹ DRP. 75572.

² DRP. 82857.

³ Z. angew. Chem. 1910, S. 1537.

⁴ Es scheint, daß Kober der erste war, der die Einwirkung von verdünnten Mineralsäuren beobachtet und technisch ausgenützt hat, um in halbwoollenen Abfällen die Baumwolle zu zerstören und die wertvollere Wolle zurückzugewinnen (siehe auch unter Karbonisierung).

⁵ Z. angew. Chemie 1908, S. 2609.

Knecht und Thompson¹ haben die Einwirkung von verdünnter Schwefelsäure auf die Baumwolle eingehend untersucht und kommen zum Schluß, daß die dabei eintretende Reaktion zweifacher Art ist. Die Baumwollzellulose wird teilweise hydrolysiert, was an einer Verminderung der Faserfestigkeit zu erkennen ist, und gleichzeitig wird etwas Säure aufgenommen, welche sich wie eine Beize gegen verschiedene basische Farbstoffe verhält. Wenn man Baumwolle mit 0,1 %iger Schwefelsäure trinkt und dann trocknet, treten beide Reaktionen ein; das Produkt wird geschwächt und zeigt gleichzeitig erhöhte Affinität zu basischen Farbstoffen wie Methylenblau, Rhodamin B, Kristallviolett u. a., auch noch nach längerem Waschen mit Wasser und Alkalien. Andererseits besitzt es sehr wenig Affinität zu Direktfarbstoffen, wie z. B. gegen Diaminblau. Andere Forscher behaupten, daß die Zunahme der Affinität gegen basische Farbstoffe nicht zusammenhänge mit der Schwächung der Faser. Wenn nämlich Baumwolle 1 Stunde mit $\frac{1}{2}$ %iger Schwefelsäure gekocht wird, ist wohl eine erhebliche Schwächung der Faser eingetreten, die Affinität zu Methylenblau aber ist nicht größer, sondern eher etwas kleiner geworden. Nach Knecht scheint es, daß das durch die Behandlung mit verdünnter Schwefelsäure entstehende Produkt nicht Oxyzellulose ist, sondern gebundenen Schwefel enthält, welcher beim Waschen mit Wasser und Alkalien nicht herausgelöst wird. So kann oxydierte Zellulose und die durch verdünnte Schwefelsäure hydrolysierte Zellulose unterschieden werden, indem man eine Probe mit schwachem Alkali kocht und dann mit einem Direktfarbstoff färbt.

Bei allen Färbe- und Bleichprozessen, bei welchen Säure angewendet werden muß, sollte das oben Gesagte berücksichtigt werden. Die Temperatur der Bäder soll nicht über 21° C und die Azidität nicht über 2 % steigen. Wenn höhere Temperaturen notwendig sind, wendet man, wenn immer möglich, organische Säuren an Stelle der Mineralsäuren an, z. B. Essigsäure oder Ameisensäure.

Immer, wenn Baumwolle mit sauren Lösungen behandelt wird, oder mit sauer reagierenden oder leicht Säure abspaltenden Salzen, muß die Säure aus der Faser vor dem Trocknen entfernt oder sorgfältig neutralisiert werden, da das Material sonst zerstört oder geschwächt wird. Die Einwirkung von verdünnter Säure auf Baumwolle besteht wahrscheinlich in einer Hydrolyse des Zellulosemoleküls unter Bildung von Hydrozellulose und struktureller Veränderung der Faser.

Die Schwächung der Baumwolle durch Schwefelfarben, welche etwa beobachtet wird, ist zurückzuführen auf die Gegenwart von freier Schwefelsäure, entstanden durch Oxydation des Farbstoffes. Diese Bildung von freier Säure wird hervorgerufen durch Erhitzen. Wenn man z. B. Baumwolle, welche mit verschiedenen Schwefelfarben gefärbt ist, während 20 Stunden Temperaturen von 120° C aussetzt, verliert das Material 39—78 % an Festigkeit, und die Menge der freigesetzten Schwefelsäure variiert zwischen 0,027 und 0,078 % des Gewichtes der

¹ Journ. Soc. Dyers and Col. 1921, S. 272.

Baumwolle¹. Um diesem Übelstand abzuhelpfen, oxydiert man einerseits den Schwefelfarbstoff mit Oxydationsmitteln (z. B. durch Behandeln mit Bichromat), oder man behandelt das gefärbte Material mit Salzen, welche die frei werdende Säure neutralisieren. Diese letzteren Verbindungen haben im allgemeinen den Nachteil, daß sie in Wasser löslich sind. Holden empfiehlt, auf der gefärbten Faser unlösliches Calciumtannat niederzuschlagen.

Chlorwasserstoffsäure hat eine ähnliche Wirkung wie Schwefelsäure, und das über den Gebrauch der letzteren in bezug auf die Baumwolle Gesagte gilt auch für die erstere. Trocken es Chlorwasserstoffgas scheint auf Baumwolle gar nicht einzuwirken, feuchtes dagegen zersetzt sie rasch. Infolgedessen wird es jetzt hauptsächlich beim Karbonisieren von Halbwoollgeweben verwendet, wobei dieselben in besonders gebauten Apparaten mit feuchtem Salzsäuregas auf 100° C erhitzt werden.

Nach Knecht² schrumpft die Faser beim Behandeln mit Salzsäure von 37° Tw. zusammen und zeigt dann stark erhöhte Affinität zu substantiven Farbstoffen, während gleichzeitig der Griff und die Reißfestigkeit der Baumwolle nicht leiden. Gegen Gerbsäuren oder basische Farbstoffe dagegen zeigt die so behandelte Baumwolle keine erhöhte Affinität. Der Grad des Schrumpfens beträgt 4% beim Behandeln mit Salzsäure von 37° Tw. und 8% mit 38grädiger Säure. Mit Säure von 40° Tw. wird die Baumwolle stark angegriffen und schwächer, hart und brüchig.

Wenn nach W. H. Lawrence³ Baumwolle mit verdünnter Säure behandelt und dann getrocknet wird, tritt keine Verkohlung ein, doch wird die Faser mehr oder weniger angegriffen und verliert z. B. an Zugfestigkeit. Im Mikroskop sieht man keine strukturellen Veränderungen von Belang, und wo die Zugfestigkeit um weniger als 20% abgenommen hat, fällt nach dem Entfernen der letzten Spuren von Säure auch die Zinkchlorid-Jodprobe auf Hydrozellulose negativ aus.

Die prozentuale Abnahme der Zugfestigkeit für $\frac{3}{8}$'s Garn beim Behandeln mit verdünnten Säuren unter den angegebenen Bedingungen ist in folgenden Tabellen zusammengestellt:

Baumwoollgarn, 16 Std. mit Säure bei 20° C behandelt.

Temperatur des Trocknens	Säurekonzentration							
	$\frac{1}{5}$ n	$\frac{1}{7}$ n	$\frac{1}{10}$ n	$\frac{1}{25}$ n	$\frac{1}{50}$ n	$\frac{1}{100}$ n	$\frac{1}{150}$ n	$\frac{1}{200}$ n
20° C	70	64	44	20	9	2	0	0
40° C	89	83	63	42	26	6	3	0
60° C	94	92	86	71	49	19	8	4
80° C	97	96	94	89	80	59	33	27
100° C	99	98	96	92	88	67	51	40

¹ Journ. Soc. Dyers and Col. 1910, S. 76.

² Journ. Soc. Dyers and Col. 1915, S. 8.

³ Canadian Chemical Journal 1922.

Baumwollgarn, 1 Std. mit Säure bei 38—40° behandelt.

Trocknungs- temperatur	Säurekonzentration							
	$\frac{1}{5}$ n	$\frac{1}{7}$ n	$\frac{1}{10}$ n	$\frac{1}{25}$ n	$\frac{1}{50}$ n	$\frac{1}{100}$ n	$\frac{1}{150}$ n	$\frac{1}{200}$ n
20° C	75	70	47	29	11	6	4	0
40° C	92	87	72	56	32	9	6	4
60° C	95	94	88	75	55	22	12	8
80° C	98	97	95	90	83	62	38	33
100° C	99	99	97	93	90	72	56	45

Baumwollgarn, 1 Std. mit Säure bei 58—60° behandelt.

Trocknungs- temperatur	Säurekonzentration							
	$\frac{1}{5}$ n	$\frac{1}{7}$ n	$\frac{1}{10}$ n	$\frac{1}{25}$ n	$\frac{1}{50}$ n	$\frac{1}{100}$ n	$\frac{1}{150}$ n	$\frac{1}{200}$ n
20° C	79	73	52	30	13	8	6	5
40° C	93	89	75	59	40	14	10	7
60° C	96	95	89	76	58	25	15	10
80° C	99	98	96	91	85	70	44	37
100° C	100	100	97	94	92	78	60	49

Baumwollgarn, 1 Std. mit Säure bei 100° C behandelt.

Trocknungs- temperatur	Säurekonzentration							
	$\frac{1}{5}$ n	$\frac{1}{7}$ n	$\frac{1}{10}$ n	$\frac{1}{25}$ n	$\frac{1}{50}$ n	$\frac{1}{100}$ n	$\frac{1}{150}$ n	$\frac{1}{200}$ n
20° C	88	84	70	37	20	11	9	7
40° C	96	94	88	65	50	17	13	10
60° C	98	97	90	81	68	28	19	15
80° C	100	99	97	93	88	77	60	45
100° C	100	100	98	96	95	84	66	56

Diese Resultate zeigen deutlich die Empfindlichkeit der Baumwolle gegen stark verdünnte Säuren. Obige Tabellen beziehen sich auf Schwefelsäure.

Es scheint nach den hier erhaltenen Werten, daß die Trocknungs-temperatur nach der Behandlung mit sehr verdünnter Mineralsäure wichtiger ist als, innerhalb gewisser Grenzen, die Konzentration der Säure. So verliert z. B. Baumwollgarn, welches mit $\frac{1}{100}$ n Säure bei 20° C behandelt und bei gleicher Temperatur getrocknet wurde, nur 2% seiner Festigkeit, beim Trocknen bei 100° C aber 67%, was dem Verlust entspricht, welcher beim Behandeln mit $\frac{1}{5}$ normaler Säure und Trocknen bei 20° C eintritt. Schwache Säurelösungen, mit einer Konzentration von weniger als $\frac{1}{50}$ normal, haben wenig unmittelbare Wirkung auf Baumwolle, vorausgesetzt, daß bei Zimmertemperatur getrocknet wird, doch wird sie beim Lagern mit der Zeit mehr oder weniger geschwächt.

Cohen¹ hat die Einwirkung von verdünnten Säurelösungen auf Baumwolle unter verschiedenen Bedingungen untersucht und ist zu folgenden Resultaten gelangt:

¹ Journ. Soc. Dyers and Col. 1915, S. 162.

Stärke der angewandten Säure %	Kupferäquivalent			
	Baumwolle, 1 Stunde in HCl gekocht	Baumwolle, 1 Stunde in H ₂ SO ₄ gekocht	Baumwolle, mit kalter HCl getränkt, getrocknet und 10 Minuten auf 120° C erhitzt	Baumwolle, mit kalter H ₂ SO ₄ getränkt, getrocknet und 10 Minuten auf 120° C erhitzt
1	3,256	2,537	—	—
1/2	2,224	1,822	—	—
1/4	1,628	1,325	—	—
1/8	1,192	0,994	—	1,325
1/16	0,867	0,773	—	0,994
1/32	0,760	0,608	—	0,805
1/64	0,651	wie mit dest. Wasser	—	0,663
1/100	—	—	0,899	—
1/128	0,597	—	—	0,568
1/150	wie mit dest. Wasser	—	0,757	—
1/200	—	—	0,663	—
1/400	—	—	0,568	—
Dest. Wasser	0,541	0,541	0,531	0,531

Daraus ergibt sich, daß, wenn Baumwolle mit Chlorwasserstoffsäure 1 Stunde gekocht wird, die Faser bei einer Stärke der Säure von 1/128 % und darüber angegriffen wird. Schwefelsäure wirkt unter den gleichen Bedingungen bei einer Stärke von 1/32 % und darüber ein. Bei Anwendung einer schwächeren Säure als oben angegeben, wird Baumwolle nicht angegriffen. In jedem Falle wirkt Salzsäure stärker ein als Schwefelsäure. Ebenso erhält man den gleichen Effekt bei nachherigem Erhitzen mit viel schwächerer Säure. Cohen gibt in der nebenstehenden Tabelle den Zusammenhang zwischen Kupferindex und der Zugfestigkeit von Baumwollgarn nach der Behandlung mit Säuren.

Baumwolle, 1 Stunde mit H ₂ SO ₄ gekocht %	Zugfestigkeit des Garns g	Kupferzahl
1	220	2,537
1/2	340	1,822
1/4	390	1,325
1/8	440	0,994
1/16	495	0,773
1/32	535	0,668
Dest. Wasser	575	0,541

als oben angegeben, wird Baumwolle nicht angegriffen. In jedem Falle wirkt Salzsäure stärker ein als Schwefelsäure. Ebenso erhält man den gleichen Effekt bei nachherigem Erhitzen mit viel schwächerer Säure. Cohen gibt in der nebenstehenden Tabelle den Zusammenhang zwischen Kupferindex und der Zugfestigkeit von Baumwollgarn nach der Behandlung mit Säuren.

6. Prüfung von Baumwollsachen auf Säuregehalt. Die gewöhnlich angewandte Methode, um Baumwollfabrikate auf anwesende Säuren zu prüfen, ist folgende: Man betupft die befeuchtete Baumwolle mit einem Stückchen blauem Lackmuspapier, oder das Gewebe wird mit Wasser gekocht und der Extrakt mit Lackmus oder Methylorange geprüft. Um die Menge der Säure zu beurteilen, wird der wäßrige Auszug mit 1/10 normaler Natronlauge titriert. Es sei immerhin hervorgehoben, daß diese Methode nach Coward und Wigley¹ nicht befriedigt, da die Baumwolle zu dem basischen Bestandteil eines neutralen Salzes in wäßriger Lösung bevorzugte Aufnahmefähigkeit zeigt. Infolgedessen modifiziert die „British Engineering Standards Association“, daß bei der Bestimmung

¹ Journ. Text. Inst. 1922, S. 121.

der Azidität oder Alkalinität von Luftschiffstoffen der wäßrige Auszug bei Abwesenheit des Stoffes titriert werden soll. Das ergibt aber nicht den wahren, d. h. den ursprünglich vorhandenen Gehalt des Fabrikates an Säure oder Alkali. Es wurde von Zänker und Schnabel¹ gezeigt, daß die Baumwolle absorbierte Schwefelsäure mit solcher Hartnäckigkeit zurückhält, daß bei der Bestimmung von kleinen Mengen Säure im wäßrigen Auszug des Baumwollzeuges erhebliche Fehler entstehen können. Higgins² hat die gleichen auftretenden Schwierigkeiten bemerkt. Der beste Indikator zur Prüfung eines Säuregehaltes der Baumwolle ist vielleicht Methylrot, welches mit Säure rosa-rot, mit Alkali gelb gefärbt wird und sehr empfindlich ist. Eine gesättigte Lösung von Methylrot in Wasser ergibt eine tiefrote Farbe, wenn damit ein Stoff betupft wird, welcher 0,005 % Säure enthält, und eine tiefgelbe Farbe auf einem Baumwollgewebe mit 0,005 % Alkaligehalt. Dieser Indikator leistet sehr gute Dienste, wenn man in Handelsprodukten prüfen will, ob der Stoff gut gewaschen ist. Lackmuspapier gibt einen schwachen Farbumschlag erst bei 0,01 % Säure oder Alkaligehalt.

Die folgende Tabelle nach Coward und Wigley gibt Aufschluß über die Menge der zurückgehaltenen Säure in gebleichtem Baumwollgewebe, welches nachher zweimal mit kochendem Wasser gewaschen wurde.

Es wurde ferner gezeigt, daß der Säuregehalt (auf 0,01 % Salz- oder Schwefelsäure genau) und der Alkaligehalt (auf 0,02 % NaOH, als Na₂CO₃ vorhanden, genau) von gebleichter Baumwolle ermittelt werden

Vom Stoff aufgenommene Säure (Gramm H ₂ SO ₄ auf 100 g Stoff)	Aus dem Stoff extrahierte Säure	Vom Stoff zurückgehaltene Säure
0,008	0,000	0,008
0,020	0,006	0,014
0,029	0,007	0,022
0,061	0,018	0,043
0,100	0,050	0,050
0,210	0,165	0,045

kann durch Titration mit $\frac{1}{5}$ normalen Lösungen bei Siedehitze und mit Phenolphthalein als Indikator in Gegenwart des Stoffes, wenn folgende Vorschrift angewendet wird: 100 cm³ destilliertes Wasser werden in einem Erlenmeyer-Kolben zum Sieden erhitzt, 1 cm³ 0,5 % ige alkoholische Phenolphthaleinlösung zugegeben und mit n/50 NaOH titriert bis zur schwachen Rotfärbung, welche 10 Minuten bestehen bleibt. Dann werden 3 g des zu prüfenden Gewebes zugegeben und einige Minuten gekocht. Die Flüssigkeit wird dann mit n/50 NaOH titriert bis zur Rotfärbung wie oben.

Farbige Indikatoren von folgender Stärke (siehe Tabelle S. 390) können für die ungefähre Bestimmung der Azidität oder Alkalinität von Baumwollgewebe benutzt werden, indem die Ware damit betupft wird.

7. Einwirkung von Salpetersäure. Während verdünnte Salpetersäure einen den anderen verdünnten Mineralsäuren analogen Effekt ergibt, wirkt stark konzentrierte Säure etwas verschieden ein. Sie zersetzt Baumwolle vollständig, wie auch andere Zellulosearten, wobei durch Oxydation verschiedene Produkte, unter anderem Oxalsäure, entstehen.

¹ Färber-Ztg. 1913, S. 282.

² Journ. Soc. Dyers and Col. 1918, S. 35.

Indikator	Azidität oder Alkalinität	Farbe
Thymolblau	0,16 % H_2SO_4	Purpur
Methylorange	0,10—0,16 % H_2SO_4	Gelbrot
Lackmus	0,06 % H_2SO_4	Rot
KJ— KJO_3 —Stärke	0,01 % H_2SO_4	Blau
Methylrot	0,005 % H_2SO_4	Rot
Methylrot	0,005 % NaOH	Gelb
Bromthymolblau	0,02 % NaOH	Grün
Phenolphthalein	0,12 % NaOH	Rosa

Wenn Baumwolle mit mäßig konzentrierter Salpetersäure gekocht wird, geht sie in Oxyzellulose über, eine strukturlose, zerreibliche Substanz, welche große Affinität zu basischen Farbstoffen besitzt. Wird die Salpetersäure dagegen mit konzentrierter Schwefelsäure gemischt, so tritt eine vollständig andere Reaktion ein, indem die Zellulose in eine Nitroverbindung übergeführt wird, obwohl das physikalische Aussehen der Faser nicht stark verändert scheint. Bronnert¹ gibt an, daß durch Nitrieren der Baumwollfaser bis zu 80 % des höchstmöglichen Stickstoffgehaltes die sichtbare Struktur und die Brüchigkeit des Fadens nicht merkbar verändert werde. Die Zusammensetzung der Nitroverbindung hängt ab von den Nitrierbedingungen.

Es sind verschiedene nitrierte Zellulosen von technischer Bedeutung bekannt, sie werden unter dem Sammelnamen Pyroxyline klassifiziert. Die Schießbaumwolle, eine hexanitrierte Zellulose, ist das höchstnitrierte Produkt und wird als Grundlage für viele Sprengstoffe benutzt. Lösliches Pyroxylin ist eine 3fach nitrierte Zellulose; ihre Lösung in Alkohol und Äther wird Kollodium genannt und in der Chirurgie und Photographie verwendet. Ein anderes Derivat, vermutlich ein Tetranitroprodukt, ist ebenfalls löslich in Ätheralkohol und seine Lösung wurde zur Herstellung von Kunstseide verwendet. Beim Auflösen von nitrierter Zellulose in geschmolzenem Kampfer entsteht ein Produkt, welches unter dem Namen Zelluloid bekannt ist.

Die Einwirkung der Salpetersäure auf Baumwollgewebe scheint eigenartig zu sein. Knecht teilt darüber folgende Beobachtungen mit: Gebleichte Kalikobaumwolle, welche 15 Minuten mit reiner Salpetersäure von 80° Tw. behandelt, dann gewaschen und getrocknet wird, zeigt eine bemerkenswerte Kontraktion, welche bis 24 % betragen kann; die Zugfestigkeit nimmt ebenfalls um 78 % zu. Ungebleichtes Garn, in gleicher Weise behandelt, zeigt ebenfalls eine bedeutende Erhöhung der Reißfestigkeit und eine entsprechende Verkürzung der Faser. Schwächere Säuren ergeben dieses Resultat nicht, indem die Fasern geschwächt anstatt gestärkt werden. Nach der Analyse waren 7,7 % Stickstoff vorhanden, ein Beweis, daß bereits zwei Moleküle der Säure sich mit der Baumwolle verbunden hatten.

Die Schrumpfung, Zunahme der Festigkeit, mikroskopisches Aussehen usw. des behandelten Materials zeigen, daß neben der Nitrierung noch eine Merzerisierung der Faser stattgefunden hat. Das ergibt sich

¹ Rev. Gen. Mat. Col. 1900.

aus der Tatsache, daß das Produkt eine stark erhöhte Affinität zu manchen Farbstoffen zeigt, besonders zu den substantiven und einigen sauren Farbstoffen, während die Affinität zu den basischen Farbstoffen nicht zugenommen hat, also keine Oxyzellulose gebildet worden ist. Diese Reaktion von starker Salpetersäure wurde angewendet zur Herstellung von zähen Filterpapieren, welche hohe Flüssigkeitsdrücke auszuhalten vermögen. Das Filterpapier wird in konzentrierte Salpetersäure kurze Zeit eingetaucht und dann gut gewaschen.

Die Nitrierung von Baumwollgarn wurde auch zu dem Zwecke ausgeführt, ein Garn zu erhalten, welches sich mit direktziehenden Baumwollfarbstoffen nicht anfärbt, wohl aber mit basischen Farben¹.

Das zu behandelnde Garn soll chlorfrei sein, möglichst trocken und kalt. In einem Gußeisengefäß wird eine Mischung von 1 Teil Salpetersäure (103° Tw.) und 3 Teilen Schwefelsäure (168° Tw.) hergestellt. Die Mischsäure enthält 21,5—22,5% Salpetersäure, 72—73% Schwefelsäure und 5—6% Wasser. Sie wird auf 10° C gekühlt und dann 2 Gewichtsteile des Garnes mit 80 Gewichtsteilen der Säure 1 Stunde behandelt. Dann wird das Garn herausgenommen, die überschüssige Säure abgequetscht und dann in kleinen Portionen und möglichst rasch, aber unter Vermeidung von Erwärmung, in eine relativ große Menge Wasser gebracht. Wenn das Garn gut durchnäßt ist, soll die Festigkeit der Baumwolle nicht verringert und die Länge des Stranges und die Beschaffenheit der Faser nicht verändert sein. Das Garn wird dann in warmem Wasser gewaschen und zum Schluß in verdünnter Sodalösung gekocht, um die letzten Spuren zu entfernen. Das auf diese Art erhaltene Nitroprodukt ist ein Hexanitrat und als vollständig beständig beschrieben und entzündet sich erst bei einer Temperatur von 180° C. Verwebt man das so erhaltene Garn mit gewöhnlichem oder merzerisiertem Baumwollgarn und färbt das Produkt mit geeigneten Direktbaumwollfarbstoffen, können bemerkenswerte Zweifarbeneffekte erzielt werden, oder das nitrierte Garn wird praktisch nicht angefärbt.

Wenn nitrierte Baumwolle unter dem Mikroskop beobachtet wird, bemerkt man eine bedeutende Veränderung in ihrem Aussehen. Die Fasern haben eine dickere Zellwand und sind infolgedessen steifer als die der gewöhnlichen Baumwolle. Das Lumen ist entweder vollständig verschwunden oder sehr stark zurückgegangen, was von der Schwellung der Zellwände herzurühren scheint. In den Wänden der Fasern bemerkt man ebenfalls viele Verletzungen und Risse, welche oft spiralförmige Gestalt annehmen. Die Nitrierung hat die Faser offensichtlich brüchiger gemacht und ihre Elastizität verringert.

Hoepfner hat poröse, säurefeste Produkte aus nitriertem Baumwollgarn hergestellt als Filtermaterial für elektrolytische Werke. Dieselben können mit Asbest, Glas oder andern mineralischen Fasern zusammengewoben werden. Nach Claessen können säurefeste Filterstoffe erhalten werden, wenn man Baumwolle zuerst kalt mit Salpetersäure von 40—50° Bé, dann mit Schwefelsäure von 60° Bé behandelt und zum

¹ Schneider, Journ. Soc. Dyers and Col. 1907, S. 78.

Schluß mit Wasser wäscht bis zur Entfernung der Säure. Nach diesen Angaben tritt nur eine oberflächliche Nitrierung der Faser ein¹. F. Bayer & Co.² gibt an, daß vollständig nitrierte Stoffe erhalten werden, wenn man zuerst mit Salpeter-, dann mit Schwefelsäure behandelt, und daß der so hergestellte Stoff dem durch Weben der aus Nitrozelluloselösungen hergestellten Faden erhaltenen in bezug auf Qualität und Festigkeit überlegen sei, indem er fast zweimal so stark und gegen Chlor und Säuren widerstandsfähiger und zu gleicher Zeit offen und porös sei. Um säurefeste Stoffe zu erhalten, empfiehlt Bachrach³ Zusätze von Graphit oder Bitumen. Er gibt an, daß Zusätze von 10 % von jedem derselben einen Stoff ergeben, welcher auch bei längerer Berührung mit korrodierenden Substanzen vollständig resistent sei. Die Nitrozellulose kann mit dem Graphit oder Bitumen gemischt werden durch Anwendung eines säurefesten Lösungsmittels, welches unter dem Namen „Pikamer“⁴ bekannt ist und Baumwollzellulosenitrat lösen soll. Pikamer wird erhalten, wenn man Holzteer mit Chromsäure oder alkalischem Kaliumbichromat destilliert.

C. Schwartz⁵ beschreibt einen Prozeß, um der Baumwolle durch Behandlung mit Salpetersäure einen wollähnlichen Charakter zu verleihen. Derselbe tritt auch bei andern vegetabilischen Fasern ein, wenn man dieselben bei gewöhnlicher Temperatur mit Salpetersäure von über 65 % behandelt und dann die Säure auswäscht. Das Textilmaterial, in Form von Fertigwaren oder als Garn, wird mit einem großen Überschuß von Salpetersäure getränkt, in welchem es frei herumschwimmt, ohne gespannt zu werden, bis die Reaktion beendet ist, dann wird es ausgequetscht oder ausgewunden und gewaschen. Die Dauer der Behandlung hängt von der Konzentration der Säure und der Qualität der Faser, besonders von ihrer Porosität und Absorptionsfähigkeit ab. Z. B. genügen 1 Minute mit 75 %iger Säure für gewöhnliche Gewebe, 2 Minuten mit 72 %iger Säure für gewöhnliche Kalikos, 5 Minuten mit 65 %iger Säure für feine ägyptische Baumwollbatiste. Diese Behandlung kann ohne Schaden auf 5, 10 oder 30 Minuten verlängert werden, wenn die Temperatur nicht über 20 °C steigt. Diese Tatsache ist für die Fabrikation im großen von großer Wichtigkeit, da immer mit Störungen irgendwelcher Art, welche die Apparatur einige Zeit zum Stillstand bringen, gerechnet werden muß. Für praktische Zwecke wird die Temperatur der Säure auf einer Höhe gehalten, wo die Entwicklung von Säuredämpfen vermieden wird, doch ist es möglich, bis auf 25 °C zu gehen, ohne daß das Material leidet. Bei einer Konzentration der Säure von 65—75 % kann die Prozedur auch ohne nachteilige Folgen verlängert werden, während bei Anwendung einer Säure von 75 und mehr Prozent die Reaktion nur wenige Minuten dauern soll⁶.

¹ Siehe Z. angew. Chem. 1906, S. 317.

² Siehe U. S. Pat. 850266 v. 1908. ³ U. S. Pat. 692102 v. 1902.

⁴ Greening, Brit. Pat. 22019 v. 1894. ⁵ U. S. Pat. 1, 384677.

⁶ Eine neue Methode, welcher große praktische Bedeutung zugeschrieben wird, wird von J. E. Pollak im Engl. Pat. 167864 beschrieben. Sie bezweckt die Überführung der Baumwolle in ein Produkt, welches durchscheinend ist und zugleich wollartigen Charakter besitzt. Die Operation beruht auf der Herstellung von nitrierter Zellulose oder Kollodium direkt aus den fertigen Fabrikaten und wird

Im folgenden werden die hauptsächlichsten Zellulosenitrate beschrieben. Der Zelluloserest ist in den Formeln zu $C_{12}H_{20}O_{10}$ angenommen.

Zellulosehexanitrat oder Schießbaumwolle, $C_{12}H_{14}O_4(NO_3)_6$ wird erhalten durch Verwendung von 3 Teilen Salpetersäure vom spezifischen Gewicht 1,5 und 1 Teil Schwefelsäure vom spezifischen Gewicht 1,84. Die Baumwolle wird in dieser Mischsäure 24 Stunden lang nicht unter $10^{\circ}C$ imprägniert. 100 Teile Baumwolle ergeben etwa 175 Teile Nitrat. Dasselbe ist unlöslich in Alkohol und Äther, oder in Mischungen beider, ferner in Eisessig, Methylalkohol, und schwer löslich in Azeton. Gewöhnliche Schießbaumwolle kann bis 12% in Äther-Alkohol lösliche Nitrierungsprodukte enthalten.

Zellulosepentanitrat, $C_{12}H_{15}O_5(NO_3)_5$ wird hergestellt durch Auflösen von Schießbaumwolle (Hexanitrat) in Salpetersäure bei $80-90^{\circ}C$ und Fällen mit Schwefelsäure nach dem Kühlen auf $0^{\circ}C$. Der Niederschlag besteht aus Pentanitrat und wird durch Waschen mit Wasser, Alkohol, Auflösen in Äther-Alkohol und Fällen mit Wasser gereinigt. Das Pentanitrat ist unlöslich in Alkohol, leicht löslich in Azeton und ebenso in Äther-Alkohol; beim Behandeln mit starkem Ätzkali geht es in das Dinitrat über.

Zellulosetetra- und -trinitrate (Kollodiumpyroxylin) werden gleichzeitig gebildet, wenn man die Baumwolle mit verdünnter Säure und bei höheren Temperaturen behandelt und kürzere Zeit als bei der Herstellung von Hexanitrat. Da beide in Äther-Alkohol, Essigester und Methylalkohol gleich gut löslich sind, ist ihre Trennung nicht möglich. Wenn sie mit einer Mischung von Salpeter- und Schwefelsäure behandelt werden, gehen beide in Penta- und Hexanitrat über, mit Kalilauge und Ammoniak bildet sich das Dinitrat.

Zellulosedinitrat, $C_{12}H_{18}O_8(NO_3)_2$ wird gebildet durch partielle Verseifung der höheren Nitrate durch Kalilauge und durch Einwirkung von heißer verdünnter Salpetersäure auf Zellulose. Das Dinitrat

ausgeführt, indem man das Material einige Minuten mit einer Mischung von gleichen Volumen Schwefelsäure (134° Tw.) und Salpetersäure (78° Tw.) bei einer Temperatur von $0^{\circ}C$ oder niedriger behandelt. Die Produkte werden dann gründlich gewaschen und auf Rahmen getrocknet. Die Stärke der Nitriersäure wird variiert, je nachdem mehr der Wollcharakter oder der Transparenteffekt gewünscht wird.

Die Anwendung von so stark korrodierend wirkenden Säuren auf Baumwollfabrikate wurde von den meisten Textilchemikern zuerst mit Mißtrauen betrachtet und sie kann, wenn in der skizzierten einfachen Art und Weise ausgeführt, ohne Zweifel eine vollständige Zerstörung der Faser zur Folge haben. Aber daß man es leicht in der Hand hat, die chemische Reaktion der Mischsäure auf die Baumwolle genau zu verfolgen, ist zur Genüge erwiesen durch die erfolgreiche Anwendung der konzentrierten Schwefelsäure in der Technik bei der Herstellung des sog. Swiss-Finish. Die Ausführung der Reaktion mit der Nitriersäure muß in zweckmäßigen Apparaten erfolgen, welche erlauben, die Baumwolle mit der Säure nur die vorgeschriebene kurze Zeit in Berührung zu lassen, und dann muß die Entfernung der Säure so durchgeführt werden, daß die Ware nicht angegriffen wird. Das Patent beschreibt nur den allgemeinen Weg des Prozesses, und es gibt noch eine Menge von Einzelheiten mechanischer und maschineller Natur, welche so ausgearbeitet worden sind, daß die technische Durchführung erfolgreich ermöglicht werden kann.

ist sehr leicht löslich in Äther-Alkohol, Essigester und in absolutem Alkohol.

Vielle hat die Nitrierung der Baumwolle mit verschiedenen Säurekonzentrationen studiert und folgende Resultate erhalten:

Dichte der Salpetersäure	Erhaltenes Produkt
1,502 1,497	Struktur der Baumwolle erhalten; löslich in Essigester, unlöslich in Äther-Alkohol: $C_{24}H_{20}(NO_3H)_{10}O_{10}$
1,496 1,492 1,490	Äußeres Aussehen unverändert; löslich in Äther-Alkohol; Kollodiumbaumwolle: $C_{24}H_{22}(NO_3H)_9O_{11}$; $C_{24}H_{24}(NO_3H)_8O_{12}$
1,488 1,483	Faser noch ungelöst, Löslichkeit wie oben, aber Lösungen mehr gelatinös und fadenziehend: $C_{24}H_{26}(NO_3H)_7O_{13}$
1,476 1,472 1,469	Löst Baumwolle zu viskoser Lösung, Produkte durch Wasser gefällt, durch Essigester gelatiniert, nicht durch Äther-Alkohol: $C_{24}H_{28}(NO_3H)_6O_{11}$
1,463 1,460 1,455 1,450	Pulpe zerreiblich; durch Jod-Jodkali-Lösung stark gebläut; unlöslich in Alkohollösungsmitteln: $C_{24}H_{30}(NO_3H)_5O_{15}$; $C_{24}H_{32}(NO_3H)_4O_{16}$

8. Einwirkung von Fluorwasserstoffsäure. Die Reaktion von starker Fluorwasserstoffsäure auf Baumwolle und andere vegetabilische Fasern scheint eine eigentümliche zu sein. Es wird ein durchscheinendes, zähes, biegsames, wasserdichtes Produkt erhalten. Dasselbe entspricht nicht dem bei der Einwirkung von Schwefelsäure entstehenden Pergament. Es wird verwendet als Isoliermaterial und für die Herstellung der Glühfäden in elektrischen Glühlampen.

Fluorwasserstoffsäure und ihre Verbindungen, wie Natriumfluorid und Siliziumfluorid, werden fast ausschließlich in verdünnten Lösungen als Reinigungsmittel in Wasch- und Reinigungsanstalten angewendet, um Flecken (z. B. Rostflecken) aus Baumwollsachen zu entfernen.

9. Einwirkung von organischen Säuren. In mäßig konzentrierter Lösung scheinen organische Säuren auf Baumwolle keine irgendwie zerstörende Wirkung zu haben. Die nichtflüchtigen Säuren, wie Oxalsäure, Weinsäure und Zitronensäure, bewirken immerhin, wenn sie in der Faser getrocknet werden, die gleichen Veränderungen der Faser wie die Mineralsäuren, besonders bei höheren Temperaturen.

Essigsäure, welche flüchtig ist, besitzt keine zerstörende Wirkung; deshalb wird sie auch speziell in den Fällen in der Färberei und Druckerei der Baumwolle angewendet, wo die Verwendung einer Säure erforderlich ist.

Der Einfluß gewisser Säuren auf die Festigkeit der Baumwolle spielt eine wichtige Rolle in der Druckerei. Die folgende Tabelle zeigt den Grad der durch verschiedene Säuren erreichten Schwächung von mit

Tragantpaste, welche 20 % Oxalsäure oder ein Äquivalent einer anderen Säure im Liter enthält, bedrucktem Kaliko; im ersten Falle 4 Stunden bei gewöhnlicher Temperatur belassen, im zweiten 1 Stunde gedämpft.

Säure	I %	II %
Oxalsäure	25	25
Weinsäure	5	10
Ortho-Phosphorsäure	1,5	15
Meta-Phosphorsäure	31,5	35
Pyro-Phosphorsäure	35,0	35,5
Phosphorsäure	27	28

Unter ähnlichen Bedingungen hat Rhodanwasserstoffsäure nur einen sehr geringen schwächenden Einfluß auf bedruckte Baumwolle, besonders beim Dämpfen, beim Trocknen in der Hitze dagegen wirkt sie stärker als Oxalsäure. Ein Zusatz von Glukose und ähnlichen Substanzen scheint die Wirkung obiger Säuren herabzumindern.

Rothwell¹ hat die relativen Effekte verschiedener organischer Säuren auf gebleichte Baumwolle untersucht. Stücke von gründlich gebleichtem Stoff wurden in Lösungen von Zitronen-, Wein- und Oxalsäure von verschiedenen Konzentrationen getaucht, bei mäßiger Temperatur getrocknet und dann 1 Stunde unter 5 Pfund Druck gedämpft. Die Resultate sind in folgender Tabelle angegeben (die Bruchfestigkeit des ursprünglichen Stoffes war 139 Pfund und nach dem Dämpfen nur 136,5 Pfund):

Angewandte Säure	Lösung %	Bruchfestigkeit in Pfund (engl.)
Zitronensäure	1,25	79
Weinsäure	1,25	52
Oxalsäure	1,25	zerstört
Zitronensäure	0,625	102
Weinsäure	0,625	75
Oxalsäure	0,625	zerstört

Es ist offensichtlich, daß Weinsäure auf Baumwolle stärker einwirkt als Zitronensäure.

Die zerstörende Wirkung dieser Säuren auf die Baumwollfaser ist vielleicht nicht so sehr chemischer als mechanischer Natur und beruht auf der Kristallisation der Säuren in der Faser und der dadurch verursachten Zerstörung der Zellwände. Trockene Hitze wirkt z. B. viel stärker zerstörend ein als feuchte Hitze, eine Tatsache, welche bei der Trocknung von Baumwollfabrikaten, wo die oben angegebenen Säuren angewendet werden, von großer Wichtigkeit ist. Scheurer² hat die Einwirkung von Milch-, Oxal-, Wein- und Zitronensäure auf Baumwolle in der Hitze und beim Dämpfen untersucht und ist zu folgenden Schlüssen gelangt: 1. Milchsäure schwächt das Material so stark wie Wein- oder Zitronensäure; Oxalsäure wirkt am stärksten ein; 2. die Schwächung tritt vor dem Dämpfen so stark ein wie nachher.

¹ Dyer and Cal. Printer, 1893.

² Bull. Soc. Ind. Mulh., August 1900.

Oxalsäure scheint einen speziellen Einfluß auf Baumwolle zu haben. Es wurde gefunden, daß ein Stück Baumwollstoff, wenn es mit einer eingedickten Lösung von Oxalsäure bedruckt, dann getrocknet und etwa 12 Stunden in einem kühlen Raum aufgehängt wird, in den bedruckten Stellen nachher eine direkte Affinität zu basischen Farbstoffen aufweist. Die so behandelte Baumwolle wird dabei nicht wesentlich geschwächt oder sonst verändert. Zu substantiven Farbstoffen zeigt sie nachher entsprechend weniger Affinität als gewöhnliche Baumwolle, während sie sich mit Alizarinfarben nur teilweise anfärbt. Wein- und Zitronensäure erzeugen den gleichen Effekt nicht, ebensowenig das neutrale oder saure Kaliumoxalat¹.

Scheurer² hat ebenfalls die Einwirkung der Weinsäure auf Baumwolle in Verbindung mit der Dampfoperation in der Druckerei untersucht. Er zeigt, daß eine Probe, welche mit Weinsäure imprägniert war und während 15 Minuten einer Temperatur von 110° C ausgesetzt wurde, die gleiche Schwächung erfuhr, wie die gleiche Probe, 1³/₄ Stunden bei 98—99° C behandelt. Er schloß, daß mit Weinsäure behandelte Baumwolle gegen den Wassergehalt des Dampfes sehr empfindlich ist. Pilkington³ untersuchte die schwächende Wirkung verschiedener organischer Säuren auf Baumwolle, indem er dabei die Kupferzahl als maßgebenden Vergleichswert benutzte. Seine Resultate sind in folgender Tabelle enthalten:

Methode der Behandlung	Kupferzahl
Nichtbehandelte Baumwolle	1,35
Stoff, behandelt mit 5%iger Weinsäure (5 g in 100 cm ³)	4,80
„ „ „ 5 g Weinsäure + 1 g Glaubersalz pro 100 cm ³	4,57
„ „ „ 5 g „ + 0,2 g „ „ 100 cm ³	4,27
„ „ „ 5 g „ + 0,4 g „ „ 100 cm ³	3,40
„ „ „ 5 g „ + 0,8 g „ „ 100 cm ³	3,14
„ „ „ 5 g „ + 1,6 g „ „ 100 cm ³	2,82

Daraus ist zu schließen, daß die Anwesenheit des neutralen Salzes die Wirkung der Säure auf die Baumwolle vermindert. Die folgende Tabelle gibt die Werte für verschiedene Säuren:

Säure 2 g pro 100 cm ³	Kupferwerte			
	Allein	Mit 2 g Glaubersalz pro 100 cm ³	Mit 20 g Glaubersalz pro 100 cm ³	
			Gefunden	Korrigiert
Oxalsäure	7,47	7,47	2,26	2,47
Weinsäure	3,38	3,09	1,98	2,17
Zitronensäure	3,06	2,26	1,48	1,66

¹ Fumar- und Maleinsäure wurde für die Baumwolle empfohlen. Für das Färben der Baumwolle ist Fumarsäure infolge ihrer Unlöslichkeit unbrauchbar, im Kalikodruck dagegen kann Maleinsäure an Stelle von Weinsäure für gewisse Farbstoffe und an Stelle von Oxalsäure für Indigo in Frage kommen. Bei Anwendung von mehr Säure besteht allerdings die Gefahr einer Schwächung des Fabrikates und einer korrodierenden Wirkung auf die Kupferwalzen.

² Bull. Soc. Ind. Mulh. 1893.

³ Journ. Soc. Dyers and Col. 1915, S. 149.

Die folgende Tabelle stammt von Fort und Pickles¹ und enthält die Resultate der Einwirkung verschiedener organischer Säuren auf die Festigkeit und Elastizität der Baumwolle.

Imprägniert mit 2 n-Lösung von	Getrocknet bei 20—30° C		Auf 100° C erhitzt	
	Zugfestigkeit Unzen	Dehnung %	Zugfestigkeit Unzen	Dehnung %
Graues Garn (roh)	11,49	5,425	—	—
Oxalsäure	7,08	3,75	1,87	1,48
Ortho-Phosphorsäure	6,18	3,40	—	—
Chloressigsäure	10,07	5,48	4,51	2,75
Weinsäure	9,18	4,45	4,58	2,92
Ameisensäure	11,09	5,35	6,87	3,65
Essigsäure	11,53	6,10	7,7	4,45

Cross und Briggs² haben gezeigt, daß durch Azetylierung der Baumwolle ihre Aufnahmefähigkeit für direkte Farbstoffe zurückgeht. Die Methode besteht darin, sorgfältig getrocknete Baumwolle mit einer Mischung von Essigsäureanhydrid, Eisessig und Zinkchlorid zu digerieren. Die Zusammensetzung der Mischung hängt ab vom Grad der Azetylierung, den man erreichen will. Brauchbare Mischungen für grobe Garne sind z. B. folgende:

	Mischung A für eine Ge- wichtszunahme von 26%	Mischung B für eine Ge- wichtszunahme von 34%
Essigsäureanhydrid	42	42
Azetylchlorid	11,5	11,5
Eisessig	50	25
Zinkoxyd	6,5	6,5

Von „A“ benutzt man das doppelte, von „B“ das 2,3fache Gewicht der getrockneten Baumwolle. Dieselbe wird mit der Mischung imprägniert, und die Reaktion ist bei einer Temperatur von 35° C nach 48 Stunden beendet, wonach das Garn gewaschen und getrocknet wird. Das in dieser Weise behandelte Material hat an Gewicht zugenommen, färbt sich mit direkten Baumwollfarbstoffen kaum an und zeigt erhöhte Affinität zu basischen Farbstoffen. Ebenso wird es durch Natronlauge nicht merzerisiert. Wenn ein Stück dieses azetylierten Produktes einige Minuten mit kalter Natronlauge von 40° Tw. behandelt wird, so werden die nichtazetylierten Teile, d. h. die unveränderte Baumwolle, merzerisiert und quellen auf, während die azetylierten Fasern nicht reagieren. Das Produkt muß sofort nach dem Merzerisieren gewaschen und gesäuert werden, da sonst eine teilweise Verseifung der Azetylzellulose eintritt. Endlich sei noch erwähnt, daß der Azetylierungsprozeß auch für Baumwollstückwaren angewendet werden kann und daß die so behandelte Ware einer leichten Wäsche (kaltem Seifen) widersteht. Andere industrielle Vorteile mögen auch davon herrühren, daß die azetylierte Baum-

¹ Journ. Soc. Dyers and Col. 1915, S. 256.

² Journ. Soc. Dyers and Col. 1908, S. 189.

wolle nur halb soviel hygroskopische Feuchtigkeit enthält wie die nicht azetylierte.

10. Einwirkung von Tannin. Gerbsäure besitzt im Gegensatz zu andern Säuren bedeutende Affinität zu Baumwolle, letztere kann davon 7—10% ihres Gewichtes aus einer wäßrigen Lösung absorbieren. Diese Erscheinung wird mit Vorteil angewendet zum Beizen von Baumwolle mit Tannin beim Färben und Drucken mit basischen Farbstoffen. Eine ähnliche Aufnahmefähigkeit besitzt Baumwolle auch für Wolframsäure („Tungstic-acid“), der hohe Preis dieser Verbindung verbietet hingegen seine Anwendung als Beizmittel.

Nach Georgievics¹ verläuft die Absorption von Tannin durch die Baumwolle nach folgender Gleichung:

$$\frac{\sqrt{C_t}}{C_f} = K (0,10 \text{ bis } 0,12).$$

Dabei bedeutet C_t die Menge von Tannin im Bad, bezogen auf 100 cm³ der Lösung, und C_f die Menge des aufgenommenen Tannins, bezogen auf 100 g Baumwolle.

Nach Knecht² wird Tannin von den verschiedenen Baumwollsorten folgendermaßen adsorbiert:

Form	Tannin vorhanden	Tannin aufgenommen
	g	g
Geblichte Baumwolle	0,25	0,0513
Ungebleichte Baumwolle	0,25	0,0563
Merzerisierte Baumwolle	0,25	0,1033
Gefällte Zellulose	0,25	0,1525

Obwohl Baumwolle Gerbsäure leicht aufnimmt, wird Gallussäure unter gewöhnlichen Bedingungen nicht absorbiert. Gardner und Carter³ geben die relativen Mengen von Tannin (und ähnlichen Körpern) an, welche von Baumwolle absorbiert werden. 10 g Baumwolle wurden 3 Stunden in eine Lösung getaucht, welche 1 g Reagens im Liter enthielt:

Reagens	% absorbiert	Reagens	% absorbiert
Gallusgerbsäure (Tannin)	32	Resorcin	45
Catechugerbsäure	32	Salizylsäure	0
Gallussäure	0	Guajakol	0
Pyrogallol	4,5	Mandelsäure	7
Phloroglucin	24	Brenzcatechin	0
Protocatechusäure	0		

Koechlin fand, daß Baumwolle, welche mit einer Tanninlösung, die 50 g im Liter enthielt, gesättigt war, immer noch Tannin aus einer Lösung mit 20 g im Liter absorbieren konnte. Sie hielt das absorbierte Tannin zurück, wenn man sie in eine 5 g im Liter enthaltende

¹ Färber-Ztg. 1899, S. 214. ² Journ. Soc. Dyers and Col. 1892, S. 40.

³ Journ. Soc. Dyers and Col. 1898, S. 143.

Lösung brachte, und fing erst an, dasselbe abzugeben, wenn die Konzentration der Tanninlösung auf 2 g pro Liter erniedrigt wurde.

Wenn man der Tanninlösung noch andere Säuren zusetzt, ergibt sich folgendes Bild (die Säuren sind in einer Menge anwesend, welche 4,5 g Essigsäure pro Liter äquivalent ist):

Lösung	% absorbiert	Lösung	% absorbiert
Tannin allein (wie oben) . .	32	Tannin und Weinsäure . . .	20
„ „ und Ameisensäure . .	48	„ „ Schwefelsäure . . .	18
„ „ Essigsäure . . .	48	„ „ Salzsäure	30
„ „ Propionsäure . .	48	„ „ Natriumazetat . .	16
„ „ Zitronensäure . .	19		

11. Einwirkung von verdünntem Alkali. Während Säuren im allgemeinen auf Baumwolle zerstörend einwirken, sind Alkalien unter gewöhnlichen Bedingungen harmlos. Verdünnte Lösungen von Carbonaten oder Ätzalkalien bewirken, auch bei Kochtemperatur, wenn Luft ausgeschlossen ist, keine Zerstörung der Baumwolle.

In Gegenwart von Luft haben alkalische Lösungen eine Hydrolyse der Baumwolle zur Folge, in ähnlicher Weise wie Säuren, wodurch die Faser stark geschwächt wird. Die erhöhte Reaktionsfähigkeit der Alkalien in Gegenwart von Luft in bezug auf Baumwolle ist bei der Bleich-, Färbe- und Merzerisieroperation zu berücksichtigen.

Kochende verdünnte Alkalilösungen lösen oder emulgieren die wachsig- und fettigen Verunreinigungen der Baumwollfaser, und diese Reaktion wird deshalb allgemein angewendet für die Reinigung der Rohbaumwolle („Beuche“).

Die Ausschließung der Luft aus dem Kochkessel, in welchem die Baumwolle gebleicht werden soll, ist ein wichtiger Faktor. Die Gegenwart von Luft im Kessel gleichzeitig mit dem Ätzalkali bewirkt nicht nur Oxydationen und infolgedessen Schwächung und Verfärbung der Faser, sondern durch die beim Erhitzen auftretenden Luftblasen wird die Baumwolle auch an der Berührung mit der Reaktionsflüssigkeit gehindert.

Scheurer¹ hat gezeigt, daß Baumwollwaren, wenn sie bei 150° C mit 1—8%igen Natronlaugen gekocht werden, bei völliger Abwesenheit von Luft keine Schwächung der Faser erleiden, wohl aber erhebliche, wenn auch nur kurze Zeit kleine Mengen von Luft in den Apparat gelangen.

Weber² hat beobachtet, daß Baumwolle beim Färben aus alkalischen Bädern bedeutend angegriffen wird. Die Baumwolle wurde während 6 Stunden der Einwirkung von Sauerstoff und Luft ausgesetzt und unter solchen Bedingungen, wie sie beim Färben vorliegen, in 5%igen alkalischen Lösungen gekocht. Der Gewichtsverlust (siehe Tabelle S. 400) war wie umstehend.

In jedem Fall wurde eine Verminderung der Zugfestigkeit beobachtet, und in einigen Fällen war die Faser praktisch zerstört. Der Unterschied in der Wirkung von Natrium- und Kaliumverbindung ist bemerkenswert und legt nahe, die Verwendung von Kalilauge oder Kaliumkarbonat beim Färben der Baumwolle zu vermeiden.

¹ Bull. Soc. Ind. Mulh. 1888, S. 362. ² Journ. Soc. Chem. Ind. 1893, S. 118.

Alkali 5 %	Gewichtsverlust mit			
	Sauerstoff	Dampf und Sauerstoff	Luft	Dampf und Luft
Ätznatron	11,0	17,3	5,2	9,2
Ätzkali	22,8	29,8	8,4	11,7
Soda	8,2	10,1	3,9	5,4
Pottasche	13,7	16,4	5,3	6,9
Borax	5,9	6,8	2,2	2,8
Natriumphosphat	3,1	3,5	2,0	2,3

Der Gewichtsverlust der Baumwolle beim Kochen mit Natronlauge wird folgendermaßen angegeben:

Konzentration der Lösung %	Verlust beim Kochen nach	
	30 Minuten %	1 Stunde %
1	4,41	5,71
2,5	5,08	7,33

Nach Bumcke und Wolfenstein¹ wird die Zellulose, wenn man Baumwolle achtmal nacheinander mit 30%iger Natronlauge kocht, vollständig zu einer dunkelbraunen Brühe gelöst. Beim Ansäuern dieser Lösung entsteht ein dicker Niederschlag von „Zellulosesäure“, welche identisch zu sein scheint mit der Hydrazellulose, welche bei der Einwirkung von Hydroperoxyd auf Zellulose entsteht.

Bei höheren Temperaturen (über 100°C) scheinen alkalische Lösungen auf Baumwolle immerhin zerstörend zu wirken. Tauss hat gezeigt, daß sich Baumwolle, wenn sie mit Ätznatronlösungen unter Druck behandelt wird, zersetzt und in lösliche Produkte übergeht. Der Grad der

Druck	Alkalikonzentration	
	3 % Na ₂ O	8 % Na ₂ O
	% gelöster Baumwolle	
1 at	12,1	22,0
5 „	15,4	58,0
10 „	20,3	59,0

Zersetzung hängt von der Höhe des Druckes und der Alkalikonzentration ab, was aus nebenstehender Tabelle ersichtlich ist.

Unter diesen Bedingungen ist es möglich, daß zuerst eine Hydratation der Zellulose eintritt, welcher dann eine Hydrolyse folgt.

Ammoniaklösungen wirken auf Baumwolle erst bei sehr hohen Temperaturen ein. Nach den Untersuchungen von L. Vignon reagiert Ammoniak bei 200°C mit Baumwollzellulose unter Bildung einer Aminozellulose, welche eine stark erhöhte Affinität für Farbstoffe zeigt, besonders für saure Farbstoffe, in ähnlicher Weise wie die tierischen Fasern. Das gleiche Produkt wird erhalten, wenn man Baumwolle mit Calciumchlorid und Ammoniak bei Temperaturen über 60°C behandelt².

Die Reaktion von alkalischen Lösungen unter hohem Druck auf Baumwolle hat große Bedeutung in der Bleicherei, wo die Faser in Druckkesseln mit Alkali gekocht wird. Dieser Teil des Problems scheint aber weder beim praktischen Bleicher noch beim theoretischen Chemiker große Beachtung gefunden zu haben, doch ist er einer eingehenderen

¹ B. 1899, S. 1201.

² Siehe z. B. auch Karrer u. Wehrli, Helv. chim. acta X, 1927..

Untersuchung wohl wert. Die Gegenwart von kleinen Mengen neutraler Salze (wie Natriumchlorid, Natriumsulfat, Aluminium-Calciumsulfat, Eisen usw.) bewirkt eine deutliche Verzögerung der Reaktion des Ätznatrons auf Baumwolle im Kochkessel¹.

Trotman und Pentecost² geben folgende Analysen von vollständig und nicht vollständig gebeuchter Baumwolle.

	Richtig gebeucht %	Nicht richtig gebeucht %
Mineralische Substanzen	0,05—0,75	1,00
Freies Fett	0,10—0,15	0,35—0,70
Fett in Seifen	Spuren	0,25—0,50
Stickstoff	0,05—0,10	0,25—0,35

Die relative Waschkraft verschiedener Alkalien im Mather-Kier wird folgendermaßen angegeben, der Gewichtsverlust der Baumwolle als Maßstab angenommen:

	% Verlust		% Verlust
Ätzkali	5,00	Natriumborat	2,80
Ätznatron	4,40	Natriumsilikat	2,40
Soda	3,70		

Nach Francke³ wurden Versuche gemacht, das Kochen im Kessel und den Bleichprozeß gleichzeitig auszuführen unter Anwendung von Natriumperoxyd. Eine Probe von Louisiana-Baumwolle mit ziemlich dicker Kutikula wurde als Garn verwendet. Trotz längerer Einwirkung des Peroxydes in mäßig starkem Alkali bei 80—90° C wurde die Kutikula nicht vollständig entfernt, sondern als gelbe Flecken im Garn zurückgelassen. Mit Fasern, welche eine dünne Kutikula besitzen, kann ein gutes Produkt erhalten werden, aber auch dann bleibt noch zu viel Nichtzellulose und ungelöstes Fett zurück. Es wurden auch Versuche unter Druck ausgeführt, wobei die Kutikula und fast alle Verunreinigungen zerstört, bzw. gelöst wurden, aber die Menge des angewendeten Peroxydes war zu groß, wodurch mehr Verunreinigungen gelöst wurden, welche dann mit dem überschüssigen Peroxyd sich oxydierten. In jedem Falle wurde keine Bildung von Oxyzellulose beobachtet. Wenn die Reaktionsflüssigkeit zu stark alkalisch ist, wird Oxyzellulose gebildet und es setzt eine starke Oxydation ein, welche durch vorhandene Katalysatoren verstärkt wird. Wird weniger Alkali angewendet als im Mather-Kier, so ist die Oxydationswirkung zwar gering, aber es werden auch weniger Nichtzellulosebestandteile gelöst und ein Gelbwerden der Ware ist zu befürchten.

In den Vereinigten Staaten sind solche Verfahren des Kochens und Bleichens in einer Operation technisch eingeführt worden, und sie benutzen eine Lösung von Natriumsuperoxyd in starkem Alkali. Das Verfahren ist hauptsächlich angewendet worden in Verbindung mit dem Bleichen von Baumwollstrickwaren in fertigem Zustand. Ebenso wurde Natriumperborat als Oxydations- bzw. Bleichmittel für gleichzeitiges

¹ Siehe Trotman, Journ. Soc. Chem. Ind. 1910, S. 249.

² Journ. Soc. Chem. Ind. 1910, S. 4.

³ Text.-Ber. 1922, S. 108.

Beuchen und Bleichen verwendet. Dieses Mittel ist einer Zersetzung bei höheren Temperaturen weniger unterworfen als Natriumsuperoxyd, aber es ist teurer und technisch nicht so verwendbar.

12. Einwirkung von konzentriertem Ätzalkali. Dasselbe wirkt auf Baumwolle in anderer Weise ein; die Fasern quellen auf, werden zylindrisch und halbdurchsichtig, während das Lumen durch die Schwellung der Zellwände fast ganz verschwindet. Dabei tritt eine bemerkenswerte Zunahme im Gewicht und in der Festigkeit der Baumwolle ein, während die Aufnahmefähigkeit für Farbstoffe zunimmt. Diese Tatsache wurde zuerst von John Mercer 1844 beobachtet und sie bildet die Grundlage für den modernen Mercerisierungsprozeß, welcher unter diesem Namen in einem andern Abschnitt ausführlich behandelt werden soll.

Wenn Baumwolle mit sehr konzentriertem Ätznatron erhitzt und zum Schluß mit einem Überschuß an Alkali bei Temperaturen über 200° C gemischt wird, zersetzt sich die Faser unter Bildung von hauptsächlich Oxalsäure, Essigsäure, Ameisensäure und Wasserstoff.

Nach Schwalbe¹ scheint in den Reaktionen zwischen Baumwolle und Ätzalkali Kalilauge etwas weniger energisch zu wirken als Natronlauge.

Alkalische Lösungen aus Calcium-, Barium- und Strontiumhydroxyd haben eine ähnliche Wirkung wie Natron- oder Kalilauge. Kalkmilch wird viel verwendet für die Beuchoperation von Baumwollwaren, um sie für das Bleichen vorzubereiten, doch wird sie mehr und mehr von der Natronlauge verdrängt. In Gegenwart von Luft und beim Erhitzen unter Druck auf höhere Temperaturen besitzen die Erdalkalien ebenfalls zerstörenden Einfluß auf die Baumwolle.

Schwefelnatriumlösungen scheinen auch bei Kochtemperatur keine unmittelbar zerstörende Wirkung auszuüben. Wenn das Schwefelnatrium nach etwa 6 Wochen auf der Faser eingetrocknet ist, zeigt die Baumwolle einen Festigkeitsverlust von 10—20%, ebenso wenn mit Schwefelnatrium imprägnierte Baumwolle bei 100° C getrocknet wird.

Baumwolle, welche Kupfer- oder Eisensulfid enthält, weist keine merkbare Schwächung auf.

Wenn Baumwolle mit Schwefel imprägniert und einige Wochen einer feuchten Atmosphäre ausgesetzt wird, nimmt ihre Zugfestigkeit um etwa die Hälfte ab. Das beruht wahrscheinlich auf einer Oxydation des Schwefels in schweflige und Schwefelsäure.

Wenn Baumwolle oder andere Zellulosearten mit konzentrierter Natronlauge, welcher eine kleine Menge Schwefelkohlenstoff zugefügt ist, behandelt wird, schwillt die Faser auf, verliert ihre Struktur und bildet zuletzt eine gelatinöse Masse. Dieselbe ist in viel Wasser löslich und bildet eine zähe Lösung, welche in der Technik als Viskose bekannt ist². Durch Schwefeldioxydgas, wie auch durch verschiedene andere Reagenzien wird aus dieser Lösung Hydrozellulose gefällt. Auch fällt schon nach einigem Stehen der Lösung Hydrozellulose als gallertartige

¹ Die Chemie der Zellulose, S. 52.

² Dieses Produkt wurde im Kapitel Zellulose näher behandelt, da es in der Technik meist aus Holzstoff statt aus Baumwolle hergestellt wird.

Masse aus. Die Viskose hat mannigfache technische Anwendung gefunden, es sei besonders erwähnt ihre Verwendung für die Herstellung von Kunstseide, Wursthäuten (sausage-casings), künstlichen Pferdehaaren, Stapelfasern und Zellulosefilmen.

Obwohl Baumwolle nicht die gleiche Aufnahmefähigkeit für Säuren und Alkalien zeigt wie die animalischen Fasern, so wurde doch gefunden, daß sie dieselben auch aus kalten und verdünnten Lösungen absorbiert. Das Absorptionsverhältnis scheint 3 Molekülteile Säure zu 10 Molekülteilen Ätzkali zu betragen. Vignon hat bei einer Untersuchung über die thermochemischen Reaktionen der Baumwolle gezeigt, daß dieselbe bei der Absorption von Säure oder Alkali Wärme entwickelt, woraus er schließt, daß die Baumwolle in gewissem Grade die Eigenschaften einer sehr schwachen Säure und einer noch schwächeren Base besitze. Er gibt folgende Resultate in Kalorien pro 100 g Baumwolle:

	KOH	NaOH	HCl	H ₂ SO ₄
Rohbaumwolle	1,30	1,08	0,65	0,60
Gebleichte Baumwolle	2,27	2,20	0,65	0,58

13. Verhalten gegen Oxydationsmittel; Oxyzellulose. Stark oxydierende Substanzen, wie Chromsäure, Permanganat, Chlor usw., greifen Baumwolle in konzentrierten Lösungen stark an und führen sie in Oxyzellulose über. Dieses Produkt besitzt erhöhte Affinität zu Farbstoffen, ist aber ohne Struktur und brüchig, so daß durch seine Bildung die Faser stark geschwächt wird.

Scheurer¹ hat Baumwolle mit Ammoniumpersulfat und Dampf behandelt und gefunden, daß dasselbe, wenn man es in einer Konzentration von 5—10 g im Liter mit Tragantgummi aufdrückt, die Faser bis 10% schwächt. Wenn es in einer Stärke von 20 g pro Liter verwendet wird, verliert die Baumwolle bis 40% ihrer Festigkeit.

Nach Vignon besteht zwischen der Wärmeentwicklung von Zellulose und Oxyzellulose, welche mit Natronlauge behandelt werden, eine große Differenz, z. B.

Zellulose	0,74 Kal.
Oxyzellulose	1,30 „

Es wird angegeben, daß Oxyzellulose Tetrazofarbstoffe nicht aufnimmt; diese Eigenschaft wird zu ihrem Nachweis in Baumwollwaren benutzt.

Es ist aber wohl zu beachten, daß beim Färben, Bleichen, Drucken, bei der Ausrüstung, wie beim Beuchen, Bleichen mit Hypochlorit, Färben mit Anilinschwarz, Behandeln mit Chloraten oder Chromaten, Färben mit Manganbraun und ähnlichen Prozessen sehr wohl Oxyzellulose entstehen kann. In allen diesen Fällen muß also diese Möglichkeit berücksichtigt und vermieden werden. Nach Nastukoff existieren drei Formen von Oxyzellulose, welche er α -, β - und γ -Oxyzellulose nennt. Sie können voneinander durch ihre Reaktion mit Ammoniak oder ver-

¹ Bull. Soc. Ind. Mulh. 1900, August.

dünnten Alkalien unterschieden werden. Keine der Reaktionen der Oxyzellulose aber, wie z. B. die goldgelbe Färbung beim Erhitzen mit verdünnter Natronlauge, die Reduktion von Fehlingscher Lösung, die erhöhte Affinität für basische und verminderte Affinität für manche substantive Farbstoffe, die Bildung von Furfurol bei der Destillation mit Salzsäure, die Schwarzfärbung mit Neßlerschem Reagens u. a., genügt für einen genauen, qualitativen und quantitativen Nachweis derselben. Es ist zweifelhaft, ob jemals reine Oxyzellulose hergestellt worden ist, die Produkte enthalten immer unveränderte Zellulose und Hydrozellulose. Vielleicht die beste Methode, um die Bildung quantitativ zu verfolgen, ist die Bestimmung der Kupferzahl, welche die Menge der reduzierenden Substanzen die mit Fehlingscher Lösung unter Bildung von Kupferoxydul reagieren, angibt.

Nach Vignon wird Oxyzellulose folgendermaßen hergestellt: Baumwolle wird zuerst gereinigt durch sukzessive Behandlung mit einer 1%igen kochenden Sodalösung, einer 1%igen kochenden Ätzkalilösung, einer kalten 1%igen Salzsäure und kalter Sodalösung. Dann wird die Faser gut mit Wasser und Alkohol gewaschen und getrocknet. Etwa 30 g dieser gereinigten Baumwolle werden in eine heiße Lösung von 150 g Kaliumchlorat in 3000 cm³ Wasser gebracht und langsam 150 cm³ Chlorwasserstoffsäure zugefügt. Die Flüssigkeit wird eine Stunde gekocht, dann die Baumwolle herausgenommen, mit Wasser und Alkohol gewaschen und getrocknet. Die Oxyzellulose wird so in Form von kurzen, buschigen Fasern erhalten, welche beim Erhitzen auf 100° C gelb werden. Aus einer kochenden Lösung von Safranin oder Methylenblau absorbiert 1 g Oxyzellulose 0,007 bzw. 0,006 g Farbstoff, während gewöhnliche Zellulose pro Gramm nur 0,001 bzw. 0,002 g aufnimmt.

Der Oxyzellulose scheint die Formel C₁₈H₂₆O₁₆ zuzukommen. Sie löst sich in einer Mischung von Salpeter- und Schwefelsäure auf, und aus der geringen Anzahl Hydroxylgruppen, welche mit der Salpetersäure reagieren, kann geschlossen werden, daß Oxyzellulose sowohl ein Kondensations- als auch Oxydationsprodukt der Zellulose ist. Oxyzellulose ist löslich in verdünnten Alkalien, und die Lösungen färben sich beim Erhitzen tief gelb. Erwärmt man sie mit konzentrierter Schwefelsäure, entsteht eine Rosafärbung, ähnlich wie bei der Schleimsäure. Im allgemeinen zeigt sie große Ähnlichkeit mit den Pektinbestandteilen der kolloidalen Kohlehydrate.

Es ist wahrscheinlich, daß die auf verschiedenen Wegen erhaltenen Oxydationsprodukte der Zellulose nicht alle die gleiche Oxyzellulose darstellen, oder es sind die bis jetzt nach verschiedenen Methoden erhaltenen Oxyzellulosegemische verschiedener Körper, welche noch nicht voneinander getrennt und unterschieden werden konnten.

Die Oxydation der Zellulose kann sowohl in saurer als auch in alkalischer Lösung vorgenommen werden und je nach dem angewendeten Oxydationsmittel erhält man verschiedene Produkte. Allen gemeinsam ist die Affinität zu basischen Farbstoffen und die Bildung von Furfurol bei der Destillation mit Salzsäure. Die Menge des erhaltenen Furfurols kann zur Bestimmung des Gehaltes an Sauerstoff in der Zellulose dienen,

d. h. des Überschusses, welcher außer zur Befriedigung der Formel der normalen Zellulose $C_6H_{10}O_5$ vorhanden ist.

Wie die Hydrozellulose, so besitzt auch die Oxyzellulose ein starkes Aufnahmevermögen für Wasser und wird leicht hydratisiert. Sie kann von der Hydrozellulose durch ihre positive Reaktion mit Neßlerschem Reagens, mit welchem sie einen dunkelgrauen Niederschlag bildet, unterschieden werden. Durch die Reaktionen der Oxyzellulose erscheint es als wahrscheinlich, daß im Molekül Karbonyl-(CO) und Methoxyl-Gruppen (OCH_3) vorhanden sind.

Während reine Zellulose auf Fehlingsche Lösung nur in geringem Maße reduzierend wirkt, besitzen sowohl Hydro- als auch Oxyzellulose erhebliche Reduktionskraft. Die Reaktion ist so ausgesprochen, daß sie als Reagens zum Nachweis von Oxyzellulose in überbleichter Baumwolle verwendet werden kann. Die Bestimmung der Kupferzahl oder des Kupferwertes ergeben den Grad der Oxydation der Faser und die Mengen der gebildeten Oxy- und Hydrozellulose, und da die Schwächung der Faser der Anwesenheit dieser beiden Körper zuzuschreiben ist, dient ihre Bestimmung zur Kontrolle des Bleichprozesses selbst. Hydratisierte Zellulose reduziert Fehlingsche Lösung nicht und bewirkt auch keinerlei Schwächung der Baumwolle.

Vignon¹ hat die Osazone der Oxyzellulose, welche er durch Behandeln der Oxydationsprodukte der Baumwolle mit Phenylhydrazin und Essigsäure (30 Minuten bei 80° C) erhielt, studiert und ist zu folgenden Resultaten gelangt:

Herstellungsmethode	Ausbeute per 100 Zellulose	Gebund. Stickstoff	Gebund. Phenylhydrazin	Furfurrol
Gbleichte Baumwolle	—	0,448	1,727	1,60
Oxyzellulose mit Chlorat und Salzsäure . . .	73,2	2,06	7,94	2,09
„ „ Natriumhypochlorit	16,5	0,87	3,37	1,79
„ „ Chrom- und Schwefelsäure:				
48 Std. kalt	85,0	1,82	7,03	3,00
120 „ kalt	50,0	2,00	7,71	3,09
1 „ kochend	45,0	2,20	8,48	3,50

Moore² gibt die Wirkung von Bleichpulverlösungen verschiedener Stärke auf Baumwolle an, die Resultate sind in folgender Tabelle zusammengestellt:

Knaggs³ empfiehlt folgenden Nachweis für Oxyzellulose: Man wäscht ein Stück Baumwollstoff, welcher mit irgendeiner Oxyzellulose bildenden Substanz getränkt worden ist, nach der Bildung von Oxyzellulose mit Säure und dann mit

Beispiel:	Stärke der Bleichlösung, g Cl per Liter	Zugfestigkeit Unzen
A	15,3	10,97
B	10,2	11,77
C	7,65	12,50
D	3,83	12,50
E	2,55	14,47
F	1,53	12,82
G	0,00	13,61

¹ Compt. Rend. 1899, S. 579.

² Journ. Soc. Dyers and Col. 1915, S. 183.

³ Journ. Soc. Dyers and Col. 1908, S. 112.

viel Wasser, färbt es mit einer starken Kongorotlösung an und gibt den Stoff in genügend Säure, um eine Blaufärbung zu erreichen. Die Baumwolle wird nun mit wenig Wasser sorgfältig gewaschen, bis die gewöhnliche Zellulose einen deutlich roten Ton hat und die Oxyzelluloseflecken als schwarze Punkte auf rotem Grund erscheinen. Bei dieser Behandlung erscheint auch merzerisierte Zellulose rot, Hydrozellulose kann nicht mit Oxyzellulose verwechselt werden.

Schwalbe und Robinoff¹ haben gezeigt, daß Zellulose, welche durch das Bleichen chemisch angegriffen wurde, beim Erhitzen mit Wasser auf hohe Temperaturen Hydrolyse erleidet. Es wurde gefunden, daß beim Bleichen von Baumwolle mit Hypochloritlösungen und nachfolgenden Säuren die Bildung von Oxyzellulose durch Anwendung mäßig starker Säuren befördert wird. Im Zusammenhang mit der Bestimmung der Löslichkeit der Zellulose in verdünntem Ätznatron erhält man auch den sog. „Schleimwert“ (d. h. das Gewicht des nach dem Neutralisieren des alkalischen Auszuges durch Alkohol gefällten Niederschlages). Über 150° C wird dieser Schleimwert immer größer, und es wird deshalb diese Temperatur als „kritische“ für die Baumwollzellulose bezeichnet. Eine Bestimmung des Kupferwertes von mit heißer Natronlauge behandelter Baumwolle ergibt, daß eine 4%ige Lauge in der Kälte am meisten zerstörend wirkt. Die Hydrolysenprodukte, welche durch Einwirkung von 1—2%igem Natriumhydroxyd entstehen, scheinen sich oberhalb 100° C zu zersetzen, da die Kupferzahl abnimmt. Die Abnahme der Hydrolyse bei Anwendung von 5%iger Lauge ist wahrscheinlich der beginnenden Merzerisierung oder der Hydratation zuzuschreiben. In diesem Fall ergibt die amerikanische Baumwolle einen viel höheren Kupferwert als die ägyptische.

Eine Methode zur Bestimmung der Menge der durch Oxyzellulose in der Fehlingschen Lösung reduzierten Kupfers wird von Schwalbe angegeben². Etwa 3 g lufttrockene Zellulose werden 15 Minuten am Rückfluß mit 100 cm³ Fehlingscher Lösung und 200 cm³ Wasser gekocht, unter fortwährendem Schütteln des Kölbchens. Die heiße Lösung wird filtriert, der Rückstand mit kochendem Wasser gewaschen und auf dem Wasserbad 15 Minuten mit 30 cm³ 6,5%iger Salpetersäure erwärmt, das gelöste Kupfer am besten elektrolytisch bestimmt³.

Nach dieser Methode werden folgende Kupferwerte erhalten:

Chirurgische Baumwolle (Watte)	1,6—1,8
Gebleichtes, merzerisiertes Garn	1,6—1,9
Glanzstoff	1,1
Hydrozellulose	5,2—5,8
Pergamentpapier	4,2
Gebleichte Sulfitolzfaser	3,9
Überbleichte Holzfasern	19,3
Oxyzellulose (Bleichpulver auf Filterpapier)	7,9
Gebleichte Baumwollappen	6,5

¹ Z. angew. Chem. 1911, S. 256. ² Berichte 1907, S. 1347 und 4523.

³ Hägglund (Papier-Fabrik 1909, S. 301) hat Schwalbes Methode modifiziert. Anstatt das Kupfer elektrolytisch zu bestimmen, löst er es in einer Lösung von Ferrosulfat in Schwefelsäure und titriert mit Permanganat. Siehe auch Bertrand. Bull. Soc. Chem. 1906, S. 1285, und Freiburger, Z. angew. Chem. 1917, S. 121.

Durch eine Reihe von Forschern wurden eine Anzahl Reaktionen beschrieben, durch welche Oxyzellulose mehr oder weniger vollständig identifiziert werden kann. Der Nachweis dieses Zersetzungsproduktes der Baumwolle ist besonders wertvoll beim Bleichen und Merzerisieren der Baumwolle, und in manchen Fällen zeigt es Fehler im betreffenden Prozeß an. Es wurde immerhin gefunden, daß kaum eine von all diesen sorgfältig beschriebenen Reaktionen eine eindeutige und bestimmte Unterscheidung von Hydro- und Oxyzellulose gestattet, und gerade ihre Unterscheidung ist manchmal von besonderer Wichtigkeit. Die experimentelle Erfahrung deutet darauf hin, daß die verschiedenen Formen von Oxy- und Hydrozellulose Absorptionsverbindungen von peptisierter Zellulose darstellen und Produkte der Hydrolyse der Zellulosefasern sind.

Die färberischen Eigenschaften der Baumwollfaser beruhen hauptsächlich auf der kolloidalen Beschaffenheit der Zellulose, und die reduzierenden Eigenschaften verdankt sie der durch verschiedene chemische Behandlungen bewirkten Hydrolyse. Es ist wahrscheinlich, daß die absorbierten reduzierenden Substanzen Aldehyde im Falle der Hydrozellulose und Säuren im Falle der Oxyzellulose sind. Um einen dieser reduzierenden Bestandteile in Baumwollwaren aufzufinden (Oxyzellulose oder Hydrozellulose), ist zu empfehlen, folgendes Reagens herzustellen: Man gibt eine Lösung von Silbernitrat unter gutem Rühren in eine Natriumthiosulfatlösung und fügt Natronlauge zu, so daß die Lösung 1% Silbernitrat, 4% Thiosulfat und 4% Natriumhydroxyd enthält. Wenn das zu untersuchende Produkt mit dieser Lösung gekocht und dann gedämpft wird, werden die Oxyzellulose enthaltenden Stellen fleckig. Der Effekt wird noch deutlicher, wenn man die Probe zuerst mit 1%iger Phenylhydrazin-Eisessig-Lösung erwärmt, dann mit verdünnter Essigsäure wäscht und nachfolgend mit der Silberlösung behandelt.

14. Zellulose-Peroxyd. Baumwoll- und Leinenzeug, welches nach dem Bleichen und Aussäuern mit ungenügender Menge an Antichlor behandelt worden ist, behält manchmal die charakteristische Eigenschaft von „aktivem Sauerstoff“, indem z. B. Jod aus Jodkalilösung freigesetzt wird, und zwar viel länger, als der Menge des zurückgebliebenen Hypochlorites entspricht. Cross und Bevan¹ erwähnen einen Fall, bei dem gebleichte Baumwolle nach dem Aussäuern und Waschen unter normalen Bedingungen immer noch saure Reaktion und oxydierende Eigenschaften z. B. gegenüber Jodkalium zeigte, sogar nach gründlichem Waschen mit destilliertem Wasser. Die Oxydationskraft wurde sofort zerstört beim Waschen mit kochendem Wasser oder Behandeln mit Antichlor. Cross und Bevan schreiben diese Eigenschaft der Bildung eines Zelluloseperoxydes zu. Ditz² hat beobachtet, daß die gleiche Erscheinung auch auftritt, wenn man Zellulose mit einer sauren Ammoniumpersulfatlösung allmählich auf 80° C erwärmt.

Bumcke und Wolffenstein³ zeigten, daß Wasserstoffsuperoxyd mit der Zellulose nicht unter Bildung von Oxyzellulose reagiert,

¹ Z. angew. Chem. 1906, S. 2101.

² Berichte 1899, S. 2493.

³ Chem. Ztg. 1907, S. 833.

sondern Hydrolyse hervorruft unter Entstehung eines Produktes, welches sie als „Hydralzellulose“ bezeichneten. Dieselbe wird erhalten, wenn Baumwolle 90 Tage mit starkem Wasserstoffsperoxyd behandelt wird, wonach vollständige Umsetzung in ein weißes Pulver stattgefunden hat. Es reduziert Fehlingsche Lösung kräftig und ebenso ammoniakalische Silberlösung, woraus auf seine Aldehydnatur geschlossen werden kann. Beim Kochen mit 10%iger Natronlauge entsteht daraus zum Teil Zellulose, zum Teil „Säurezellulose“, welche keine reduzierenden Eigenschaften besitzt und in Natronlauge oder starker Salzsäure löslich ist.

15. Einwirkung von Metallsalzen. Gegenüber verschiedenen Metallsalzen verhält sich die Baumwolle im Gegensatz zu Wolle und Seide sehr neutral. In basischer Form vorhandene Salze kann die Baumwolle dagegen zersetzen und ihre Hydroxyde leicht binden. Wenn die Baumwolle z. B. mit einer Lösung von Bariumhydraten getränkt wird oder mit basischen Salzen von Blei, Zink, Kupfer, Zinn, Aluminium, Eisen, Chrom, Kobalt, Nickel, Mangan, Molybdän, Wolfram usw., absorbiert die Faser eine erhebliche Menge des basischen Oxyds, wenn auch in viel geringerem Maße als die animalischen Fasern.

Michaelis¹ berichtet, daß die Baumwolle die Eigenschaft besitze, Beizen, d. h. Salze von Aluminium, Eisen, Chrom, Zink mit schwachen Säuren, zu fällen, welche bei der Behandlung im Färbebad zwischen den Fasermolekülen mit dem Farbstoff unlösliche Verbindungen eingehen.

Liechti und Suida² zeigen den Zusammenhang der Basizität von Aluminiumsalzen mit dem Grad ihrer Absorption durch die Baumwolle. Es wurden Lösungen verwendet, welche je 200 g der entsprechenden Sulfate im Liter enthielten und folgende Resultate erhalten:

Zusammensetzung des Sulfates	% Al ₂ O ₃ absorbiert
Al ₂ (SO ₄) ₃ 18H ₂ O (normal)	12,9
Al(SO ₄)(OH) ₆	51,0
Al ₄ (SO ₄) ₃ (OH) ₄	58,7
Al ₂ (SO ₄)(OH) ₄	—

Das letztere Salz dissoziiert zu schnell, um Versuche damit auszuführen. Die Tatsache, daß ein Salz basisch reagiert, beweist absolut nicht, daß es als Beize wirken kann, z. B. sind die basischen Chloride und Oxychloride des Aluminiums keine Beizen.

Haller³ hat die Wirksamkeit von Beizmitteln auf Baumwolle vom Standpunkt der absorptiven Kapazität der Zellulose aus untersucht. Die Baumwollzellulose wird als Gel betrachtet, sowohl als rohe Baumwolle als auch nach der Reinigung mit Alkali. In seinen Versuchen wurde die Baumwolle 48 Stunden in einer Lösung des betreffenden Salzes belassen und die Menge des Metalloxydes darauf im Filtrat bestimmt und auf die angewandte Menge Baumwolle bezogen. Es war so möglich, eine Beziehung zu finden zwischen dem Reinheitsgrad der Baumwollzellulose und ihrer Absorptionskraft. Indische Baumwolle z. B., welche nur

¹ Pflügers Archiv ges. Physiol. Bd. 97, S. 634.

² Journ. Soc. Chem. Ind. 1883, S. 537.

³ Chem. Z. 1918, S. 597.

schwierig benetzt werden kann, absorbiert Salze (Aluminiumsulfat, Aluminiumazetat, Bleiazetat) am wenigsten, umgekehrt verhalten sich amerikanische und ägyptische Baumwolle. Von den drei Salzen wurde Bleiazetat am stärksten aufgenommen, mit Aluminiumazetat trat eine negative Absorption ein, d. h. die Baumwolle nahm nichts aus der Lösung auf, sondern gab noch einen Teil ihrer mineralischen Bestandteile davon ab, und zwar um so mehr, je reiner die Baumwolle war. Diese Erscheinung kann allerdings auch so gedeutet werden, daß die Baumwolle wohl etwas Aluminium aufnimmt, aber eine größere Menge ihrer eigenen Mineralsubstanz an die Lösung abgibt, da die behandelte Baumwolle einen geringeren Aschengehalt aufwies als die ursprüngliche, also nur scheinbar negative Absorption eintritt. Bleiazetat wird nur von roher Baumwolle absorbiert und auch bei nachfolgendem Waschen festgehalten, gereinigte (gebeuchte und gebleichte) Baumwolle nimmt wohl Bleisalz auf, gibt es aber beim Waschen wieder vollständig ab.

Schwalbe und Becker¹ haben gezeigt, daß sowohl Hydro- als auch Oxyzellulose mehr Aluminium absorbieren als Zellulose selbst. Diese Überlegungen, obwohl scheinbar nur von theoretischem Interesse, haben Bedeutung sowohl beim Beizen der Baumwolle als auch beim Leimen von Papier.

Salze der Zinnsäure (Natriumstannat) werden von Baumwolle in bedeutender Menge absorbiert. Hier scheint Zinnsäure ähnlich wie Tannin zu wirken.

Viele Salze, besonders sauer reagierende, schwächen die Baumwollfasern, wahrscheinlich infolge des Freiwerdens und Eintrocknens der Säure auf der Faser. Infolgedessen sollten solche Salze möglichst vermieden oder sorgfältig angewendet, und jeder Überschuß durch nachfolgendes Waschen vollständig entfernt werden, bevor das Material getrocknet wird. Magnesiumchlorid wird beim Ausrüsten von Baumwollwaren viel angewendet und beim Trocknen bei höheren Temperaturen, z. B. über heißen Walzen, werden die so behandelten Fabrikate geschwächt. Es wurden folgende Regeln aufgestellt für die Verwendung von Magnesiumchlorid für Baumwollzeug:

1. Eine wäßrige Lösung von Magnesiumchlorid zersetzt sich unterhalb 106° C nicht, weder allein noch in Gegenwart von einem Luftüberschuß, noch im Dampf, noch in Gegenwart von Zellulose, noch in Mischung mit irgendeinem der angewendeten Ausrüstungsmittel.

2. Bis zu einer Temperatur von 250° C ist die Menge der entstehenden Salzsäure sehr klein, höchstens 2% der gesamten vorhandenen.

3. Mit Magnesiumchlorid behandelte Baumwolle leidet unterhalb 106° C nicht. — Solche Baumwolle muß nachher mit Dampf unter Atmosphärendruck sorgfältig behandelt werden.

4. Mit Magnesiumchlorid ausgerüstete Baumwolle soll nicht höhern Temperaturen ausgesetzt werden, besonders nicht längere Zeit. Die Maximaltemperatur beim Trocknen beträgt 100° C.

5. Wenn eine Temperatur von 100° C nicht überschritten wird, kann Magnesiumchlorid ohne Gefahr bei der Ausrüstung der Baum-

¹ Z. angew. Chem. 1919, S. 265 und 355.

wolle angewendet werden. Nicht zu empfehlen ist es hingegen, wenn das Material mit Dampf unter Druck behandelt oder gebügelt wird.

Zinkchlorid wird hie und da in der Baumwollweberei für Leimverbindungen angewendet, und es wurde beobachtet, daß die so behandelte Ware beim Sengen oder Erwärmen auf hohe Temperaturen geschwächt wird. Flintoff¹ hat diese Verhältnisse untersucht und gefunden, daß die Schwächung der Faser nicht so sehr der Entstehung von freier Salzsäure als vielmehr der Bildung einer Hydratzellulose-Zinkoxyd-Verbindung zuzuschreiben ist. Er zeigte, daß die Baumwollfaser, wenn sie mit Zinkchloridlösung behandelt und dann gedämpft wird, aufquillt und durchscheinend wird und in mancher Beziehung merzerisierter Baumwolle gleicht.

Bei der Untersuchung der Einwirkung von Metallsalzen auf Baumwolle muß unterschieden werden zwischen der Wirkung von sauren, neutralen, basischen und alkalischen Salzen. Saure Salze sind solche, welche leicht dissoziieren unter Freisetzung der Säure, hauptsächlich in Lösung oder beim Erwärmen. Solche Körper reagieren in ähnlicher Weise wie die freien Säuren, nur in schwächerem Grade. Sie zerstören die Baumwollzellulose unter Bildung von Hydrozellulose und schwächen die Faser. Alaun, Aluminiumchlorid, Magnesiumchlorid, Natriumbisulfat und Zinnchlorid gehören dazu. Neutrale Salze scheinen unter gewöhnlichen Bedingungen keine oder nur geringe Wirkung auf Baumwolle zu besitzen, so beispielsweise Kochsalz, Glaubersalz, Magnesiumsulfat u. a. Basische Salze sind solche, in denen die Metallbase stärker ist als das Säureradikal, mit welchem sie verbunden ist, so daß dieselben in Lösung die Base in Freiheit setzen. Es gibt viele Salze von dieser Art, besonders solche organischer Säuren, wie der Essig-, Milch-, Weinsäure usw. Eisen- oder Aluminiumazetat z. B. ist ziemlich leicht dissoziierbar unter Bildung von freiem Metallhydroxyd oder Oxyd. Die Baumwolle wirkt auf solche Salze etwas dissoziierend ein und absorbiert eine kleine Menge des Metallhydrates. Die Wirkung der Baumwolle ist aber bei weitem nicht so stark wie die der Wolle oder Seide, und deshalb ist es nicht möglich, Baumwolle in gleicher Weise wie Wolle oder Seide zu beizen. Zu den alkalischen Salzen gehören z. B. Soda oder Natriumsulfid. In diesem Falle ist die Säurekomponente zu schwach, verglichen mit der Basizität des Metallhydroxydes, daß das Salz die Eigenschaften einer starken Base zeigt und auch in entsprechender Weise mit Baumwolle reagiert.

Bariumchlorat wird angewendet zur Herstellung von gemusterten Effekten auf Baumwolle. Streifen- und Stickereieffekte werden auf Baumwolle hergestellt, welche mit einer Lösung von Bariumchlorat grundiert und bei mäßiger Temperatur getrocknet wurde. Dieses Salz greift die in der Stickerei gebrauchten Nadeln nicht an, und wenn die Ware kurze Zeit auf 160° C erhitzt wird, zerfällt sie und kann vom Band oder von der Stickerei weggebürstet werden.

¹ Journ. Soc. Dyers and Col. 1899, S. 154.

Opal- und Plastik-Effekte werden erhalten durch Fallen von Natriumwolframat und Bariumchlorid auf Baumwolle im Hydrosulfitbad. Diese Methode eignet sich speziell für merzerisierte Baumwolle.

Ford und Pickles¹ untersuchten die Einwirkung verschiedener Salze auf die Baumwolle beim Erhitzen mit derselben.

Die Resultate sind in folgender Tabelle zusammengestellt:

Normale Salzlösungen	Nach dem Tränken und Trocknen unter 50° C und Erhitzen auf 100° C	
	Zugfestigkeit Unzen	Verlängerung %
Natriumchlorid	11,69	5,63
Natriumsulfat	10,94	5,62
Magnesiumchlorid	9,11	5,05
Zinkchlorid	8,19	4,88
Zinkchlorid und Natriumchlorid	9,18	4,83
Magnesiumchlorid und Natriumchlorid	10,38	5,68
„ „ Zinkchlorid	9,12	5,28
„ „ Natriumsulfat	11,66	6,00
Magnesiumsulfat und Natriumchlorid	10,84	5,75
„	11,40	5,65
Wasser allein	10,73	5,9

Scheurer² befaßte sich mit der Einwirkung von Eisenbeizen auf Baumwolle und fand, daß bei einer 12stündigen Behandlung bei 36—40° C eine Schwächung von 15% eintritt und nach dem Trocknen die mittlere Schwächung 25% beträgt.

Der rasche Zerfall von Textilwaren im Meerwasser ist wohlbekannt. Vollständig unter Wasser aufbewahrt, werden die meisten Fasern in 3—5 Wochen vollständig zerstört. Untersuchungen haben zum Schluß geführt, daß die Veränderung im Falle der Baumwolle mit der Reaktionsfähigkeit der Hydroxylgruppen des Zellulosemoleküls zusammenhängt. Dieses Resultat hat zur Erforschung der Azetatseide aus Zellosetriazetat geführt. Nach viermonatiger Berührung mit Meerwasser war keinerlei sichtbare Veränderung eingetreten, welches Ergebnis zur Verwendung von Azetatseide für Marinezwecke geführt hat. Kurz zusammengefaßt sind die Resultate der Untersuchungen folgende:

1. Baumwolle und Seidenwaren werden durch dreiwöchiges Eintauchen in Meerwasser zerstört, Wolle widersteht etwas länger.

2. Die zerstörende Wirkung auf die Baumwolle beruht auf Mikroorganismen und nicht auf der Anwesenheit von Sauerstoff, Licht oder Salzen.

3. Der Vorgang hat Ähnlichkeit mit dem mechanischen Brechen der Baumwolle, welches hier und da beim „Beetling“-Prozeß auftritt.

4. Wenn Baumwolle monoazetyliert wird, so daß die Faserstruktur erhalten bleibt, widersteht sie Meerwasser sehr gut.

5. Zelluloseazetatseide kann der Einwirkung von Meerwasser monatelang Widerstand leisten.

¹ Journ. Soc. Dyers and Col. 1915, S. 257.

² Bull. Soc. Ind. Mulh. 1893.

Hübner und Malwin¹ studierten den Einfluß verschiedener Metallsalzlösungen und Ausrüstungsmittel auf die Reißfestigkeit von Baumwollzeug. Die Prüfung wurde mit 1%igen Lösungen und mit gesättigten Lösungen ausgeführt. Die folgende Tabelle gibt die Resultate.

1 %ige Lösungen	Reißfestigkeit			Zugfestigkeit		
	Luft-trocken	100° C	120° C	Luft-trocken	100° C	120° C
Ursprüngliches Fabrikat	100,0	95,4	98,3	100	101,9	102,2
Calciumchlorid	103,3	97,9	97,6	96,5	96,7	87,8
Magnesiumchlorid	102,0	99,9	100,1	95,8	93,5	96,6
Zinkchlorid	98,1	93,3	95,1	103,7	100,8	91,6
Natriumsulfat	107,0	111,8	106,4	96,8	96,9	98,5
Natriumsulfit	101,8	99,9	106,5	94,7	94,1	94,4
Natriumsulfid	105,6	104,7	106,8	103,0	95,6	93,9
Borsäure	100,7	96,2	85,5	96,3	91,9	88,1
Borax	104,8	107,2	94,2	94,1	90,7	93,7
Natriumchlorid	113,4	115,0	101,3	99,4	98,3	97,5
Natriumkarbonat	112,1	108,0	100,1	99,0	97,6	98,8
Natriumphosphat	110,6	110,8	112,1	95,2	104,6	103,0
Natriumazetat	109,3	114,0	100,9	103,8	94,9	97,8
Natriumstannat	74,0	76,4	78,6	105,0	94,1	99,3
Stärkelösung	112,4	117,5	102,6	96,9	89,3	86,1
Seifenlösung	136,9	146,2	128,1	94,6	91,4	90,9

Es scheint, als ob 1%ige Lösungen dieser Salze auf die Zugfestigkeit kaum einen Einfluß hätten, das gleiche gilt für die Reißfestigkeit mit einer einzigen Ausnahme bei Natriumstannat; dasselbe verhält sich aber so anormal, daß man eher zur Annahme neigt, daß Versuchsfehler vorliegen müssen.

Gesättigte Lösungen	Reißfestigkeit		Zugfestigkeit	
	Lufttrocken	100° C	Lufttrocken	120° C
Calciumchlorid	64,0	47,2	73,6	73,8
Magnesiumchlorid	66,1	62,1	89,9	74,6
Zinkchlorid (110° Tw.)	70,1	31,0	84,4	56,1
Natriumsulfat	63,8	60,3	96,8	91,7
Natriumsulfit	74,1	67,6	92,9	90,4
Natriumsulfid	56,7	39,6	70,7	72,5
Borsäure	89,7	80,6	88,8	75,1
Borax	85,5	75,2	86,3	85,0
Natriumchlorid	76,8	74,0	98,0	93,3
Natriumkarbonat	65,2	61,4	90,1	88,3
Natriumphosphat	99,7	100,8	94,7	89,4
Natriumazetat	69,8	53,8	103,1	99,2
Natriumstannat	64,6	51,5	98,2	93,1

Hieraus ist ersichtlich, daß der Effekt gesättigter Lösungen sehr deutlich erkennbar ist, die größte Abnahme der Reißfestigkeit bewirkt Zinkchlorid, die nächstgrößte Natriumsulfid. Natriumphosphat hat praktisch keinen Einfluß auf die Reißfestigkeit.

¹ Journ. Soc. Chem. Ind. 1923, S. 66.

16. Beschwerung von Baumwollgarn. Wenn die Baumwolle mit direkten Farbstoffen gefärbt wird, muß sie in erheblichem Maße beschwert werden, indem man dem Färbegrad Magnesiumsulfat (Epsomsalz) und eine kleine Menge Dextrin zusetzt. Um Unequalitäten und Flecken in den Färbungen zu vermeiden, ist es vielleicht besser, die Beschwerung in einem besonderen Bade nach dem Färben vorzunehmen, besonders wenn stark beschwert werden soll. Der folgende Prozeß ist ein typisches Beispiel der Beschwerung einer mit Direktfarbstoffen gefärbten Baumwolle. Für 100 Pfund Garn verwendet man ein Bad, welches auf ca 160 Gallonen Wasser 100 Pfund Magnesiumsulfat, 15 Pfund Dextrin und 2 Pfund Glycerin enthält. Das Bad hält man auf einer Temperatur von ca. 50°C, geht mit dem Baumwollgarn ein und zieht 20 Minuten um, bis die Faser mit der Lösung vollständig gesättigt ist, nimmt sie dann heraus, quetscht ab und trocknet. Diese Behandlung ergibt eine Beschwerung von 10—12% in bezug auf das Baumwollgarn. Das Bad ist bei weitem nicht erschöpft und wird durch Zugabe einer kleinen Menge von Magnesiumsulfat und Dextrin aufgefrischt, bis es wieder die anfängliche Konzentration besitzt, und kann dann von neuem benutzt werden. Das Glycerin wird zugesetzt, damit das mit dem Salz imprägnierte Garn keinen steifen Griff erhält. An Stelle desselben kann auch eine kleine Menge Türkischrotöl oder ein lösliches Weichmachungsmittel verwendet werden. Seife dagegen kann in diesem Falle nicht benutzt werden, da sie durch das Magnesiumsalz als unlösliche Metallseife gefällt würde. Diese Art der Beschwerung kann für Baumwollgarn, welches mit hellen und empfindlichen Farben gefärbt ist, vorteilhaft angewendet werden, da das Beschwerungsmittel das Garn selbst gar nicht anfärbt. Es wurden auch andere Salze, z. B. Zinksulfat an Stelle von Magnesiumsulfat vorgeschlagen. Dasselbe wirkt im weiteren auch antiseptisch und verhindert das Wachstum von Schimmel- oder Pilzkulturen auf der Baumwolle, welche damit getränkt ist. Zinksulfat ist aber teurer als Magnesiumsulfat und mehr oder weniger giftig, was in den meisten Fällen zu berücksichtigen ist. Das gleiche gilt für Bariumchlorid. Ebenso ist Calciumchlorid vorgeschlagen worden, doch ist dasselbe so stark hygroskopisch, daß seine Anwendung keinen Wert hat, da es, wenn in beträchtlicher Menge vorhanden, so viel Feuchtigkeit aufnimmt, daß die Baumwolle naß und klebrig wird.

Diese Beschwerungsmethode wendet kein wasserunlösliches Salz an, infolgedessen wird dasselbe leicht und vollständig wieder gelöst, wenn man damit behandelte Baumwollware mit Wasser wäscht oder mit Seife reinigt. Ferner ergibt Garn, welches mit Magnesiumsulfat beschwert ist, beim Waschen mit Seifenlösungen ein verdorbenes Material, da die entstehende Magnesiumseife sehr klebrig ist und nur schwer mehr aus dem Stoff herausgelöst werden kann. Das führt natürlich zu unangenehmen Erscheinungen, wenn eine nachfolgende Reinigung des beschwerten Materials notwendig ist.

Wenn die Baumwolle schwarz oder dunkel, in tiefen Nuancen, wie blau oder violett, gefärbt werden soll, kann ein erheblicher Grad von

Beschwerung erreicht werden, wenn man das gefärbte Garn abwechselungsweise mit Sumachextrakt und holzessigsauerm Eisen behandelt. Dabei entsteht auf der Faser ein unlösliches Eisentannat und die so erreichte Beschwerung ist haltbar. Das Eisentannat ist schwarz gefärbt und bewirkt so zugleich eine Vertiefung der zuerst aufgefärbten Nuance. Die Gerbsäure des Sumachextraktes und das Eisensalz machen die Faser sehr hart, wenn sie in größerer Menge darauf fixiert sind, infolgedessen ist der Grad der Beschwerung in diesem Falle beschränkt. Immerhin ist eine solche bis zu ca 5% ohne irgendwelche Schädigung des Materials möglich, wenn eine kleine Menge Glycerin oder Öl zum Zwecke der Weichmachung der Faser zugesetzt wird, um das Hartwerden des Beschwerungsmittels in gewissem Grade zu kompensieren.

17. Verhalten gegen Farbstoffe. Gegenüber den Farbstoffen verhält sich die Baumwolle bedeutend anders als die tierischen Fasern. Von den natürlichen Farbstoffen färben die Baumwolle nur wenige ohne Beizen an, in bezug auf die Teerfarbstoffe zeigt sie keine Affinität zu den meisten sauren und basischen Farben, und dieselben können erst durch eine nachfolgende Beize fixiert werden. Die substantiven Farbstoffe färben sie dagegen leicht direkt an, und seit ihrer Einführung ist die Baumwollfärberei vollständig revolutioniert worden.

Es wurde viel darüber diskutiert, ob das Phänomen des Färbens der Baumwolle physikalischer oder chemischer Natur sei. Vom Standpunkt der Kolloidchemie aus scheint es eine bloße Adsorptionserscheinung zu sein und auf Kapillarität zu beruhen. Im Gegensatz zu den tierischen Fasern besitzt die Baumwolle keine Gruppen mit stark aktiver chemischer Natur, d. h. besitzt keine deutlich sauren oder basischen Eigenschaften. Als die einzigen reaktionsfähigen Gruppen müssen die Hydroxylgruppen betrachtet werden. Dieselben können durch Azetylieren chemisch inaktiv gemacht werden, und es wurde gezeigt¹, daß so behandelte Baumwolle sich in bezug auf ihre färberischen Eigenschaften von der gewöhnlichen Baumwolle nicht unterscheidet. Das führt uns zu der Vermutung, daß der Färbevorgang bei der Baumwolle auf einer durch die Faser hervorgerufenen physikalischen Dissoziation des Farbstoffmoleküls beruht, mit anderen Worten, der Färbevorgang bei der Baumwolle muß, in weiterem Sinne wenigstens, den Dissoziations-, Lösungs- und Kapillaritätserscheinungen, d. h. rein physikalischen oder physikalisch-chemischen Prozessen zugeschrieben werden, und alle chemischen Reaktionen sind, sofern solche stattfinden, von sekundärer Bedeutung.

Die Art und Weise der Kombination zwischen Faser und Farbstoff wurde von Krafft² als eine Verteilung von kolloidalen Salzen auf oder in der Faser erklärt. Bei den basischen Farbstoffen werden die Seifen und das Kolloid Tannin lediglich gebraucht, um unlösliche kolloidale Verbindungen mit dem Farbstoff auf der Faser zu erzeugen, bei den sauren Farbstoffen werden Metallbeizen angewendet, welche selbst

¹ Suida, Färber-Zg. 1905 (siehe dagegen bei Azetatseide!).

² B. 1899, S. 1608.

Kolloide sind, wie die Hydroxyde von Eisen, Aluminium, Chrom, Zinn. Dieselben sind notwendig, um Farbstoffe mit kleinem Molekül und geringer Affinität auf Baumwolle echt zu fixieren. Azofarbstoffe von hohem Molekulargewicht, welche Baumwolle direkt anfärben, sind wahrscheinlich selbst kolloidaler Natur. Tannin, welches die wichtigste Beize für die Baumwollfärberei bildet, besitzt hohes Molekulargewicht und ist ein Kolloid. Sowohl Ferrihydroxyd als auch Aluminiumhydroxyd sind kolloidal.

Kuhn¹ findet, daß längs des Lumens der Faser eine Anreicherung des färbenden Stoffes stattfindet, je mehr der Färbeprozess fortschreitet, obwohl gerade die am besten gefärbten Fasern die größte Menge des Farbstoffes an der äußersten Oberfläche enthalten. De Mosenthal gibt an, daß eine einzelne Faser keinen Farbstoff durch Kapillarwirkung absorbiert, aber die Farbstofflösung fließt offenbar zwischen den Fasern durch und tritt durch die Poren der Zellwände in dieselben ein. Crum glaubt, daß der Farbstoff im zentralen Kanal oder Lumen abgesetzt werde, aber O'Neill zeigte, daß das selten der Fall ist, da die ganze Zellwand einheitlich durchfärbt ist. Nach Georgievics kann eine poröse Struktur der Baumwolle kaum als wesentlich für ihre Färbbarkeit betrachtet werden, da auch Fasern, welche gar keine organische Struktur besitzen (wie die verschiedenen Formen von Kunstseide), praktisch in gleicher Art gefärbt werden können wie die Baumwolle. Neuerdings hat Haller nachgewiesen, daß Baumwolle, welche mit Chromgelb gefärbt war, im Querschnitt auch unter einer Vergrößerung auf das 1000-fache des Durchmessers keine Spur einer porösen Struktur zeigte. Die Zellwände waren gleichmäßig und in äußerst feiner Verteilung mit dem Farbstoff imprägniert. Haller hat ferner gezeigt, daß Baumwollfasern, welchen noch die Samenhüllen anhaften, so gut wie gewöhnliche Baumwolle gefärbt werden können. In diesem Falle sind beide Enden der Fasern geschlossen und der innere Kanal ist der Kapillarwirkung der Farbstofflösungen nicht zugänglich; daraus folgt, daß das Lumen beim Färbeprozess keine entscheidende Rolle spielt.

Beim Vergleich des Verhaltens von Farbstoffen gegenüber Kunstseiden und Baumwolle hat Minajeff² in bezug auf letztere gefunden, daß a) die Kutikula der gebleichten Faser keinen Einfluß auf den Färbeprozess hat, b) die lamellare Struktur der Baumwolle keinen Unterschied in ihrem färberischen Verhalten gegenüber der Kunstseide bedingt, und c) das Lumen keine bedeutende Rolle spielt, da Beizen- und Farbstoffteilchen nur in beschränktem Maße darin abgesetzt werden. Die entscheidenden Faktoren scheinen eher Dichtigkeit, Dichte und Kapillarität, als mikroskopische Struktur zu sein.

Rona und Michaelis³ behaupten, daß die auftretende Absorptionskraft der Baumwolle gegenüber Farbstoffen auf einem Austausch von mineralischer Substanz an Farbstoffe beruhe, und stützen ihre Ansicht mit der Tatsache, daß bei der Absorption von Methylenblau

¹ Die Baumwolle, S. 183.

² Z. Färb. Ind. 1909, S. 236.

³ Biochem. Z. 1920, S. 19—29.

die Chlor- und Wasserstoffionenkonzentration der Lösung konstant bleibt.

Baumwollgarn kann gegen die Färbung mit substantiven Farbstoffen „resistent“ gemacht werden, wenn man dasselbe mit Mischsäure bis zur Bildung von Zellulosehexanitrat behandelt. Fothergill¹ hat gezeigt, daß Baumwollgarn, welches mit Zinntannat gebeizt wurde, sich mit Direktfarben praktisch nicht mehr anfärbt und, mit nicht-behandeltem Garn zusammen gewoben, „Mélange“ oder Zweifarben-effekte ergibt².

18. Verhalten der Baumwollwaren gegen chemische Prozesse. Die verschiedenen Operationen, wie Beuchen, Bleichen, Färben und Merzerisieren, besitzen bedeutenden Einfluß auf das Gewicht und die Festigkeit von Baumwollwaren. E. Midgley³ hat einige interessante Untersuchungen darüber angestellt; die Resultate finden sich in folgenden Tabellen:

Behandlung	Ur-sprungs-gewicht	Nach der Behandlung						Mittel
		² / ₄₀ 's Amerika	² / ₁₂₀ 's Sea-Island	¹ / ₅₀ 's Ägypt.	² / ₄₀ 's Ägypt.	² / ₀₀ 's Ägypt.	¹ / ₄₀ 's Ägypt.	
Kochendes Wasser	100	96	95	95	97	97	97	96
Bleichen	100	95	93	93	93	95	95	94
Merzerisieren . . .	100	98	96	96	98	98	97	97
Anilinschwarz . . .	100	105	103	103	104	104	104	104
Blauholzschwarz . .	100	105	105	107	105	106	107	106

Mittlere Resultate, welche den Einfluß verschiedener Behandlungen von 3 Typen Baumwollgarn: ²/₁₂₀'s Sea-Island (gekämmt); ²/₄₀'s Amerikanische (gekremptelt); ¹/₅₀'s Ägyptische (gekämmt) illustrieren.

	Gewicht	Länge	Festigkeit	Verlängerung
1. Grau	100	100	100	100
2. Gebleicht: a) Chlor	97	97	94	92
b) Permanganat . .	97	96	93	96
c) Peroxyd	93	96	87	102
Mittel	95 ² / ₃	96 ¹ / ₃	91 ¹ / ₃	93
3. Schwarz gefärbt:				
a) Anilin	110	96	122	98
b) Schwefel	104	96	108	93
Mittel	107	96	115	95
4. In Wasser gekocht:				
a) 2 Stunden	97	97	104	104
b) 4 Stunden	94	97	100	102
c) 6 Stunden	94	97	100	98
Mittel	95	97	101 ¹ / ₃	101

Pickles⁴ hat den Einfluß verschiedener Behandlungen auf Baumwollgarne eingehend untersucht. Das zur Prüfung verwendete Garn

¹ Journ. Soc. Dyers and Col. 1907, S. 251. ² Siehe auch unter Immungarn.

³ Textile Manufacturer.

⁴ Report Bradford Techn. College 1910.

war $2/40$'s und $2/60$'s ägyptische Baumwolle, die Resultate sind in folgender Tabelle zusammengestellt:

Prozeß	Gewicht nach der Behandlung	Länge nach der Behandlung	Festigkeit	Verlängerung	Wieder aufgenommene Feuchtigkeit %
Graues Garn $2/40$'s	100,0	100,0	100,0	100,0	8,8
Kochendes Wasser ohne Spannung	97,5	100	101,7	102,9	8,1
„ „ mit „	97,7	100	100,6	100,0	8,0
Bleichpulver	94,4	100	98,2	80,7	8,4
Permanganatbleiche	93,9	100	91,3	89,8	8,7
Merzerisiert, gestreckt	98,7	100	125,1	75,5	11,1
„ nicht gestreckt	100,4	83	136,9	196,0	13,1
Entwicklungsschwarz	99,7	100	96,1	93,1	8,9
Schwefelschwarz	104,1	100	103,5	90,0	8,8
Direktschwarz	99,1	100	98,1	93,9	8,8
Blauholzschwarz	105,6	100	107,0	90,0	8,8

Analoge Versuche wurden auch mit einzelnen amerikanischen, Sea-Island- und ägyptischen Baumwollarten ausgeführt mit fast den gleichen Resultaten.

19. Verhalten der Baumwolle gegen Fermente. Obwohl im allgemeinen gegen die Einwirkung von Motten und Insekten ziemlich widerstandsfähig, kann die Baumwolle doch der Fermentation unterliegen, wie durch die Bildung von Schimmel auf Baumwollfabrikaten, welche an feuchten Orten aufbewahrt werden, ersichtlich ist. Wenn die Fermentation auch oft durch die Anwesenheit von mehr oder weniger Stärkesubstanzen, herrührend von den Ausrüstprozessen, eingeleitet und begünstigt wird, so kann auch reine Zellulose allein zur Gärung gebracht werden. O m e l i a n s k y ist es gelungen, den spezifischen Bazillus, welcher Baumwolle zerstört, zu isolieren.

Nach Knecht¹ hat der menschliche Speichel einen spezifischen Einfluß auf Baumwolle. Seine Versuche zeigen, daß ein mit Speichel getränktes Stück gebleichten Kalikos für substantive Farbstoffe bedeutend aufnahmefähiger wird als unbehandelte Baumwolle. Das rührt nicht vom Schleim oder von irgendwelchen im Speichel enthaltenen Salzen her, sondern wahrscheinlich vom Enzym Ptyalin, da der Speichel die erwähnte Eigenschaft nach dem Kochen verliert. Von andern Enzymen besitzt auch Diastase eine gewisse Wirkung, wenn auch nur schwach. Die Reaktion des Speichels auf Baumwolle bedingt gewisse Fehler, welche beim Färben von Baumwollstücken auftreten können.

Lange Zeit wurden Malzextrakte zum Auflösen der Stärke von damit appetitierten Baumwollstoffen angewendet.

In letzter Zeit wurden Versuche angestellt, um Enzyme an Stelle der Alkalilösungen zum Lösen der verschiedenen Verunreinigungen der rohen Faser anzuwenden. Es war schon 30 Jahre früher von

¹ Journ. Soc. Dyers and Col. 1905, S. 189.

Herbert¹ gezeigt worden, daß Bakterien, welche Baumwolle zerstören, das Zellulosemolekül selbst nicht angreifen, bevor die anhaftenden Pektin-, Gummi- und Tanninsubstanzen zersetzt sind. Neuerdings hat Levine² den Einfluß von *B. amylolyticus*, *B. fimi*, *B. bibulus*, *B. carotovorus* und *B. subtilis* auf ungebleichte Baumwolle in einer Nährflüssigkeit, welche sek. Kaliumphosphat (K_2HPO_4), Magnesiumsulfat, Natriumchlorid, Ammoniumsulfat und Kalk enthielt, untersucht. Er fand, daß die stickstoffhaltigen Substanzen und ätherlöslichen Bestandteile zum größten Teil gelöst, die in Alkohol löslichen Verunreinigungen aber nur von *B. carotovorus* und *B. subtilis* angegriffen werden. Bei Anwendung von *B. bibulus* und *B. fimi* wurde der Stoff geschwächt, welches wahrscheinlich von der Einwirkung von Luft auf unvollständig eingetauchte Teile herrührt. Im allgemeinen wurde die Baumwolle mit der Bakterienkultur 24—72 Stunden lang in Berührung gebracht mit ermutigenden Erfolgen. Röhms³ hat den Ersatz des Kochens mit Alkali durch mehrstündiges Behandeln mit einer 0,1% igen Lösung von Pankreatin bei 20—40° C patentiert, ebenso die Anwendung von andern Enzymen, wie Papayotin.

20. Verhalten der Baumwolle gegen Schimmelpilze. Schimmel tritt nicht so leicht auf weißer und gefärbter wie auf grauer (ungebleichter) Baumwolle auf, welche, wenn sie appretiert ist, dieser Erscheinung noch mehr ausgesetzt ist. Die Hauptbedingungen für seine Bildung sind 1. Feuchtigkeit, 2. Mangel an frischer Luft, 3. die Anwesenheit gewisser Körper (wie Mehl usw.), welche als Nahrung für den Pilz dienen. Die hauptsächlichsten Formen sind:

1. Grüner Schimmel, die gewöhnliche Form, herrührend von *Penicillium glaucum* und *Aspergillus glaucus*, zwei sehr ähnlichen Arten, unterscheidbar durch die Art der Befestigung ihrer Sporen. Diejenigen des ersteren wachsen an Ästen, während die des letzteren am Kopf befestigt sind. Sie wachsen rasch und bilden im allgemeinen ziemlich breite Lappen.

2. Brauner Schimmel findet sich oft auf Kleidern, stammt von verschiedenen Pilzarten, von welchen *Puccinia graminis* die gebräuchlichste ist. Dieser und der untererwähnte ziegelrote Schimmelpilz werden häufig mit Eisenflecken verwechselt, da sie diesen in der Farbe gleichen. Sie können leicht unterschieden werden durch die Art, wie sie in kleinen Tupfen auftreten, oft in Ringform, und durch den negativen Ausfall der Preußischblaureaktion.

3. Ziegelroter Schimmel ist nicht sehr häufig und der Pilz, welcher ihn hervorruft, wurde noch nicht endgültig erforscht. Er wächst zuerst rasch, hat aber keine große Lebenskraft und die Entwicklung hört nach einiger Zeit auf.

4. Gelber Schimmel, eine gewöhnliche Varietät, welche in breiten, unregelmäßigen Lappen und Flecken wächst. Sie braucht nicht viel Luft zur Entwicklung und findet sich mehr in den Falten von Stoffen, wie auch die meisten andern Arten. Ist eine gelbe Varietät des *Asper-*

¹ Ann. Agronom. 1892, S. 536.

² Journ. Ind. Engg. Chem. 1916, S. 298.

³ Brit. Pat. 100224 v. 1916.

gillus glaucus (*Eurotium*) und kann auch von *Oidium aurantiacum* herrühren.

5. Schwarzer Schimmel von Pilzen der Gattung *Tilletia* wird gelegentlich gefunden, wächst sehr rasch.

6. Purpurfarbener Schimmel ist selten.

7. Hellrosa Schimmel ist ebenfalls selten.

Mit Hilfe der Viskosebehandlung ist es möglich, zu zeigen, daß die Baumwolle unter dem Einfluß von Bakterien ihre Struktur ändert. Auf dieser Erfahrung beruht eine Methode zur quantitativen Bestimmung des Bakterien Schadens in Baumwolle. Durch Anwendung dieser Probe auf Baumwollen verschiedener Herkunft ergibt sich, daß nicht alle gleich stark für Bakterienangriff empfänglich sind, und daß indische

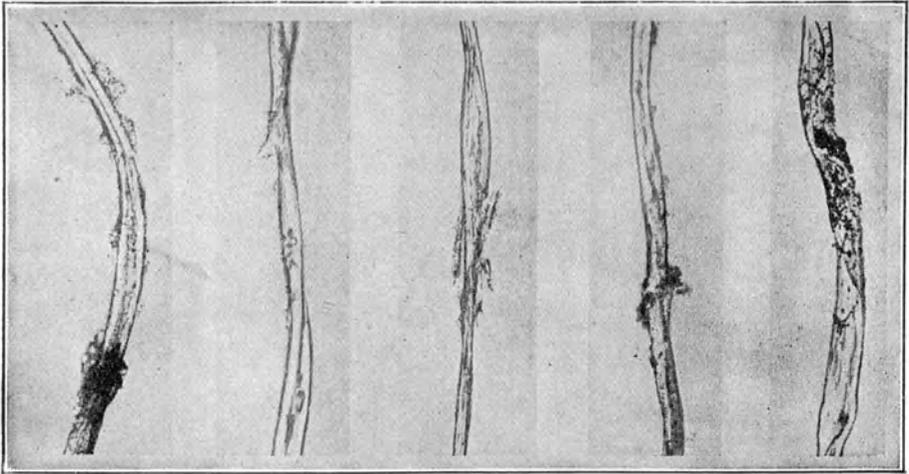


Abb. 198. Verschimmelte Baumwolle.

Baumwolle rascher als amerikanische zerstört wird. Produkte, welche in Indien aus amerikanischem Samen gewachsen sind, sind so widerstandsfähig wie amerikanische Baumwolle.

Nach Untersuchungen von Denham¹ über die zerstörende Wirkung von Mikroorganismen auf die Baumwolle ergibt sich, daß bereits bedeutende Schädigungen der Baumwolle eingetreten sein können, bevor man sie mit einer der üblichen Prüfungsmethoden bemerkt, Schädigungen, die z. T. die Spinnqualitäten der Baumwolle bedeutend beeinträchtigen. Es ist deshalb wichtig, die Anwesenheit von Mikroorganismen in Baumwollwaren nachzuweisen und besonders Fabrikationstadien, in denen die Baumwolle mit Feuchtigkeit in Berührung kommt, eingehend zu prüfen. Abb. 198 u. 199 zeigen zwei Mikrophotographien von infizierten Baumwollfasern.

Baumwollzeug, welches paraffiniert werden soll, muß nach einer Methode gefärbt werden, welche der Ware Widerstandsfähigkeit gegen

¹ Journ. Text. Inst. 1922, S. 240.

Schimmelbildung verleiht, bevor die Imprägnierung stattfindet, was leicht erreicht werden kann, wenn man Katechu anstatt Teerfarbstoffe verwendet. Mineral-Khaki-Farbe hat starke antiseptische Eigenschaften, welche dem die Farbe hervorrufenden Oxyd zuzuschreiben sind, und mit Mineral-Khaki gefärbtes und dann paraffiniertes Baumwolltuch ist ein viel besseres Fabrikat, als das mit sauren oder direkten Farbstoffen gefärbte und dann gewachste Material. Weiß paraffinierte Segeltücher ohne vorhergehende antiseptische Behandlung zeigen geringe Widerstandsfähigkeit gegen Pilze, sind aber sehr billig und für gewisse Zwecke genügend.

Baumwollfabrikate können auch widerstandsfähig gegen Schimmelpilze („bakterienfest“) gemacht werden durch Behandlung mit Kupfer-

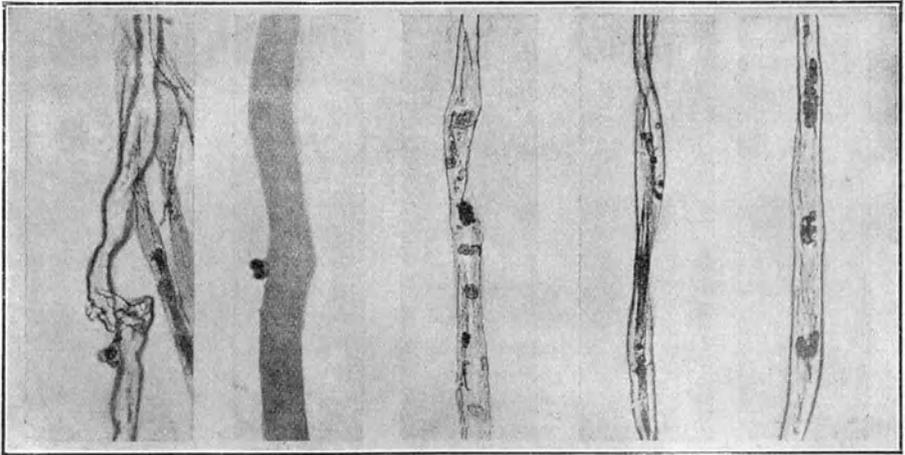


Abb. 199. Verschimmelte Baumwolle.

ammoniaklösung. Dieselbe löst die Zellulose teilweise und bildet einen Film oder Firnis um die Faser. Das Produkt wurde in größerem Maßstab unter dem Namen „Willesden-canvas“ für Schiffs- und Zeltmaterial in den Handel gebracht (Matrosenkleider). Der Prozeß ist aber ziemlich teuer. Die Kupferammoniakprodukte sind am besten bakterienfest von allen auf dem Markt befindlichen Arten. Ihre Farbe ist nicht sehr lichtbeständig. Die grüne Farbe, welche vom Kupfer herrührt, verblaßt nach längerer Belichtung, da die Verbindung zersetzt wird; doch befindet sich das Kupfer immer noch in „weißem“ oder „Leuko“-Zustand, und die Änderung der Farbe bedingt nicht zugleich eine Abnahme der infektionshindernden Eigenschaften. Die grüne Farbe kann in gewissem Grade modifiziert werden, entweder durch chemische Dämpfe, welche das Kupfer an der Oberfläche in Sulfid oder Oxyd überführen, oder durch vorherige oder nachträgliche Färbung mit Lackfarben.

Gewisse Zinklösungen haben einen ähnlichen Effekt, ergeben aber nicht so gute Überzüge und Lacke wie die Kupferlösungen. Diese

letzteren können so angewendet werden, daß das Garn, auch wenn gesättigt, weich bleibt, oder daß die Fasern glasiert werden, was schöne, glänzende, seidenartige, hell- oder dunkelgrüne Produkte ergibt.

21. Prüfung der Widerstandsfähigkeit gegen Schimmelpilze. Die gebräuchliche Methode besteht darin, eine Reihe von Pilzkulturen durch mehrstündiges Exponieren von Brotkrusten oder ähnlichen Materialien an der Luft herzustellen, dieselben werden dann mit wenig Wasser angerührt und an einem warmen, dunklen Platz aufbewahrt. Schimmel kann leicht aus Diastase durch die gleiche Behandlung erhalten werden. Zur Prüfung sollte eine größere Auswahl von Pilzarten vorhanden sein. Es ist vorteilhaft, die Kulturen im unteren Teil eines Trockenschrankes auszubreiten und die Proben darüber an Drähten aufzuhängen. Feuchtigkeit sollte ferngehalten werden, ebenso Licht. Probestücke sollten bei 5 tägiger Exponierung noch keine Infektion aufweisen.

Der Nachweis und das Verhalten von Schimmelpilzen in Baumwollfabrikaten ist eingehend von Levine und Veitch¹ untersucht worden, und sie haben auch Methoden ausgearbeitet zur Prüfung von Fabrikaten, hauptsächlich für Arme und Marine, auf Widerstandsfähigkeit gegen Pilze. Die Schädigung rührt her vom Wachstum verschiedener Schimmelpilze auf und in der Faser. Die Zahl der auftretenden Spezies ist groß, die wichtigsten sind aber die *Alternaria*-, *Cladosporium*- und *Mucors*arten. Das gleichzeitige Auftreten verschiedener dieser Arten scheint eine wichtige Rolle zu spielen, und die Entstehung von rosa und gelben Färbungen ist wahrscheinlich, wenigstens in manchen Fällen, dem Wachstum sowohl des *Mucor* als auch eines Schimmelpilzes zuzuschreiben, welche eine Substanz bilden, die in alkalischem oder neutralem Zustand rosa, in saurem Zustand gelb erscheint.

Gueguen² ist der Meinung, daß die Schimmel bewirkende Sporen durch abgestorbene Teile der Baumwollpflanze in die Faser gelangen, wo sie in latentem oder keimendem Zustand verbleiben, und schließt daraus, daß der Schimmel nicht immer von der Verunreinigung der Fabrikate nach dem Weben herrühre.

Die Anwesenheit von Zellulose zerstörenden Pilzarten in der Luft haben McBeth und Scales gezeigt, welche aus verunreinigter Luft ausgesetzten Platten über ein Dutzend zellulosezerstörende Mikroorganismen isoliert haben, unter welchen sie *Cladosporium herbarium* identifizierten. Davis, Dreyfus und Holland haben gefunden, daß in den Abwässern der Textilfabriken, welche das Ausrüstungsmaterial und Spinnzusätze enthalten, eine erstaunlich große Zahl von Schimmelpilzen vorhanden sind, die so in die gewobenen Stücke gelangen.

Prüfungsmethoden für Pilzresistenz wurden seit langem angewendet. Die eine, häufig benutzte, ist kurz folgende. Man vergräbt ein Stück Stoff für mehr als einen Monat 12—15 inches tief in den Boden. Derselbe wird durch gelegentliches Bewässern feucht gehalten. Der

¹ U. S. Bureau of Chemistry.

² Comptes Rendus Bd. 159, S. 781.

Zustand des Stückes nach der Beendigung der Probe wird als Grad der Pilzresistenz berechnet.

Diese Methode gibt wertvolle Resultate zur Beurteilung der Widerstandsfähigkeit von Baumwolle gegenüber Bakterien, aber in bezug auf die Widerstandsfähigkeit gegenüber Schimmelpilzen ist das Ergebnis zweifelhaft. In Erde vergrabener Stoff ist eher bakterieller als fungizider Einwirkung ausgesetzt. Daß dem so ist, ergibt sich aus der Tatsache, daß Baumwolle, mit einer dünnen Schicht Paraffin bedeckt und einen Monat lang in die Erde vergraben, praktisch nicht angegriffen wird, während Pilze in weniger als einem Monat im Laboratorium aufbewahrte Proben angreifen.

Eine andere Methode besteht darin, verschiedene Stücke des zu prüfenden Stoffes mit frischem Pferdemist und Sägemehl zusammenzurollen und etwa einen Monat lang feucht zu halten. Wenn am Ende des Monats die Stücke keine Veränderung zeigen, werden sie weiter so behandelt.

Levine und Veitch empfehlen folgende Prozedur: Man schneidet sechs Scheibchen von etwa $3\frac{1}{2}$ inches Durchmesser von dem zu prüfenden Beispiel und legt sie für zwei Tage in fließendes Wasser bei Zimmertemperatur. Wenn kein fließendes Wasser vorhanden ist, benutzt man ein Becken und wechselt das Wasser mehrere Male im Tag. Dieses Waschen und Auslaugen hat den Zweck, aus der Probe möglichst viel der wasserlöslichen, keimfähigen und pilzartigen Substanzen zu entfernen, ebenso das gärungsfähige Material. Wenn dieselben im Fabrikat belassen werden, unterstützen oder befördern sie die Bildung von Pilzsporen und erwecken so den Anschein, als ob das Beispiel weniger widerstandsfähig als in Wirklichkeit sei, während auf die angegebene Weise die Substanzen fast vollständig herausgewaschen werden und die Widerstandsfähigkeit des Produktes sich deutlich zeigt.

Nach dem Auslaugen bringt man die Scheibchen zwischen Löschpapier oder ein Handtuch und entfernt das überschüssige Wasser, dann legt man sie in sechs bakteriologische Petriplatten, welche je $10\text{--}15\text{ cm}^3$ Agargelatine, frei von Nahrungssubstanz, enthalten, und trägt Sorge, daß dieselben Luft erhalten. Sie werden in einer geschlossenen Kammer bei einer Temperatur von $20\text{--}25^\circ\text{C}$ 6—10 Tage belassen. Wenn sie ein starkes und gut entwickeltes Wachstum zeigen, wird die Prüfung unterbrochen. Wenn das Wachstum der Schimmelpilze ausbleibt oder aufhört, werden die Scheibchen mit Kulturen von *Alternaria*, *Cladosporium* und rosa *Mucor* geimpft und für weitere drei oder vier Wochen im Brutschrank belassen. Die erste Periode des Wachstums wird gewöhnlich als „Vorbrutperiode“ bezeichnet.

XVIII. Chemische Behandlung der Baumwolle zur Herstellung von wasser- und feuerfesten Fabrikaten.

1. Wasserdichtmachen von Baumwollfabrikaten. Eine ganze Reihe von mehr oder weniger wasserdichten oder, besser ausgedrückt, dem Eindringen von Wasser Widerstand leistenden Geweben werden heut-

zutage hergestellt, und zwar Gewebe aus Baumwolle, Wolle, Seide oder gemischten Fasern.

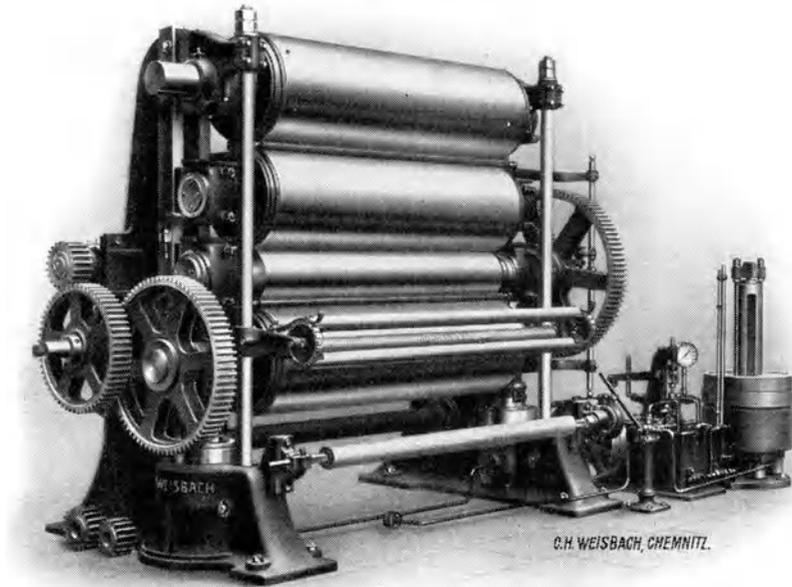


Abb. 200 a. Roll- und Friktions-Kalender mit 4 Walzen. (C. H. Weißbach, Chemnitz.)

Die wasserdichten Fabrikate können in zwei Klassen eingeteilt werden: 1. Gewebe, die durch chemische Behandlung wasserundurchlässig gemacht worden sind und dem Eindringen von Wasser, wenn dasselbe nicht unter Druck darauf einwirkt, Widerstand leisten. In dieser Klasse spielt die Oberflächenspannung der Flüssigkeit eine wichtige Rolle. 2. Die zweite Klasse umfaßt solche Gewebe, welche mit einer wasserundurchlässigen Schicht bekleidet oder vollständig bedeckt worden sind sowohl gegen den Eintritt von Luft als auch von Wasser geschützt sind¹.

Teerjacken und Regenmäntel sind Beispiele dieser zweiten Klasse. In erster Linie ist bei der Fabrikation von wasserdichten Geweben zu berücksichtigen, daß ein dichtes Material dem Eindringen von Wasser mehr

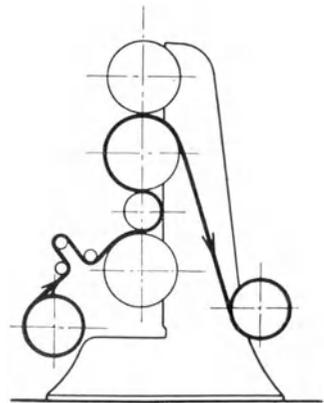


Abb. 200 b. Schema zu Abb. 200 a.

¹ Die beste Art des Wasserdichtmachens ist eine solche, bei der das Imprägnierungsmittel der Luft ungehinderten Zutritt gestattet und bei dem die äußere Schicht wohl benetzt werden, aber kein Eindringen der Feuchtigkeit in die Faser stattfinden kann. Es gibt eine ganze Anzahl kolloidaler Niederschläge,

Widerstand entgegensetzt als ein loses Gewebe; d. h. je dichter das Gewebe ist, um so leichter kann es wasserdicht gemacht werden. Jede Wollfaser ist, physikalisch betrachtet, ein kapillarer Zylinder und die Kapillarität dieser Zylinder erklärt die Affinität der Wolle zu Feuchtigkeit. Wenn eine Wollfaser mit einem Tropfen Wasser zusammengebracht und dann unter dem Mikroskop betrachtet wird, beobachtet man, daß das Wasser von der Faser sehr rasch aufgesogen wird. Um die Faser wasserdicht zu machen, ist es deshalb notwendig, diesen Zylinder mit einer wasserunlöslichen Substanz zu füllen. Beim Behandeln mit

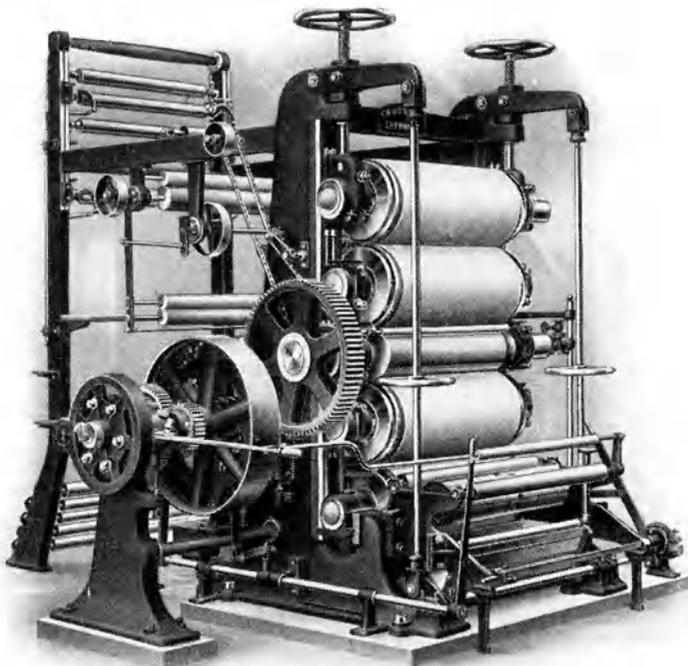


Abb. 201 a. Wasser-Kalender mit 5 Walzen. (C. H. Weisbach, Chemnitz.)

überhitztem Dampf scheinen sich diese Kapillaren ebenfalls zu schließen, wahrscheinlich durch Vereinigung der Zellen. Wenn die Garnfäden also mit einer wasserundurchlässigen Substanz umgeben werden, kann man auch lose Gewebe wasserdicht machen. Wenn so behandelte Fabrikate mit Wasser in Berührung gebracht werden, bildet letzteres kleine kugelige Tröpfchen, welche leicht abgeschüttelt werden können und keine Spuren hinterlassen. Wenn dieses Wasser immerhin unter Druck auf den Stoff einwirken gelassen wird, werden diese kugeligen Tropfen durch die Zwischenräume hindurchgepreßt, ohne jedoch die Fasern zu benetzen.

welche diese Bedingung erfüllen, wie kolloidale Tonerde und Zinn, Gelatine, Leim und Kasein, durch Chromsäure, Alaun oder Paraffin unlöslich gemacht. Kolloidale Tonerde kann aus dem Diazetat hergestellt werden, welches in starker Verdünnung mit Wasser ein Tonerdehydrosol bildet, das als gelatinöse Masse gefällt wird.

W. B. Nanson (Cotton) gibt an, daß durch die beim Wasserdichtmachen angewendeten chemischen Mittel in den meisten Fällen die Ware ihre ursprüngliche Farbe, Weichheit und Feinheit beibehält; nur wenn z. B. Tannin angewendet wird, wird die Farbe der Fabrikate etwas dunkler, in den meisten Fällen aber kaum bemerkbar. Beim Behandeln sowohl von gebleichter als auch ungebleichter Baumwolle mit Aluminiumazetat bleiben Aussehen und Griff dieselben. Folgende Substanzen werden hauptsächlich benutzt: Aluminiumsulfat und -azetat, Bleiazetat, Kupfer-, Zink- und Eisensulfat, Ammoniumkuprat, Paraffin, Zeresin, Wachs, Seife, Kasein usw.

Die meisten beim Wasserdichtmachen von Fabrikaten angewendeten Methoden benutzen Kolloide, sei es durch Fällen eines Metalloxydes oder von Tannin in kolloidaler Form in und auf der Faser, oder in Kombination

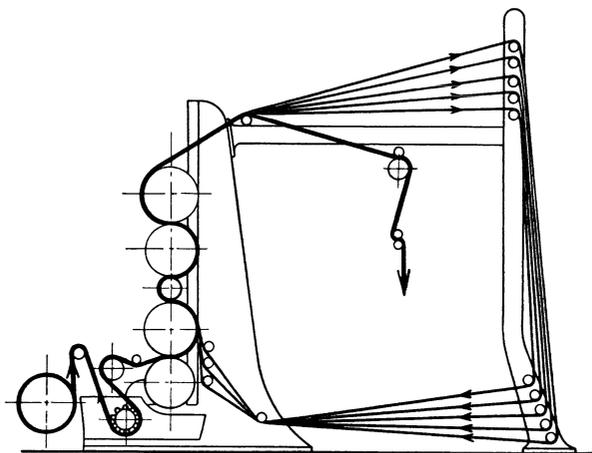


Abb. 201 b. Schema zu Abb. 201 a.

mit andern kolloidalen Substanzen, wie Eiweiß, Leim, Kasein, Fettsäuren (Seifen).

2. Die Verwendung von Aluminiumazetat. Das Wasserdichtmachen mit Aluminiumazetat ist vielleicht das am meisten angewendete Verfahren und wird allgemein zur Herstellung von wasserdichten Überkleidern und ähnlichen Fabrikaten gebraucht. Die ältere Methode bestand darin, Alaun- und Bleizucker-(Bleiazetat-)Lösungen zu mischen und das Stück mit der Lösung durch Eintauchen zu imprägnieren. Nach dem Reinigen und Waschen wurden die Stücke abgequetscht und ohne zu trocknen mit der Lösung imprägniert. Alaun oder Aluminiumkaliumsulfat wurde dann durch das Aluminiumsulfat ersetzt, und dasselbe wird auch heute noch verwendet. Ein besseres Verfahren besteht darin, eine Lösung von Aluminiumazetat, hergestellt durch doppelte Umsetzung von Aluminiumsulfat und Calciumazetat, zu benutzen. 100 Pfund (engl.) Calciumazetat und 700 Pfund $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ werden einzeln in Wasser gelöst und in einem Kessel vermischt. Der Niederschlag von Calciumsulfat wird absitzen gelassen und die Lösung durch Stofffilter oder Filterpressen filtriert. Das verwendete Calciumazetat soll nicht braun oder schwarz sein, da

die entstehende Lösung sonst unbrauchbar wird für hellgefärbte Waren. Es gibt drei Methoden der Anwendung von Aluminiumazetat:

I. Behandlung 20 Min. bis $\frac{1}{2}$ Std. in der „Padding“-Maschine mit Azetat, dann getrocknet durch Passieren über heißen Walzen. Die Essigsäure verdampft und das Aluminium bleibt auf der Faser in Form eines unlöslichen basischen Azetates, welches wasserundurchlässig ist, zurück.

II. 20 Min. in Aluminiumazetat von 3—5° Bé umziehen, dann wieder 20 Min. mit einer Lösung von Natrium- oder Kaliumkarbonat oder Ammoniak nachbehandeln. Dadurch wird das Al auf der Faser in Form des Hydroxydes gefällt, woraus beim Trocknen Oxyd entsteht.

Diese zwei Verfahren geben ein mäßig wasserdichtes Produkt und werden infolge ihrer Billigkeit hauptsächlich für minderwertigere Waren und Massenartikel verwendet. Nach einigem Tragen erscheint das Alu-

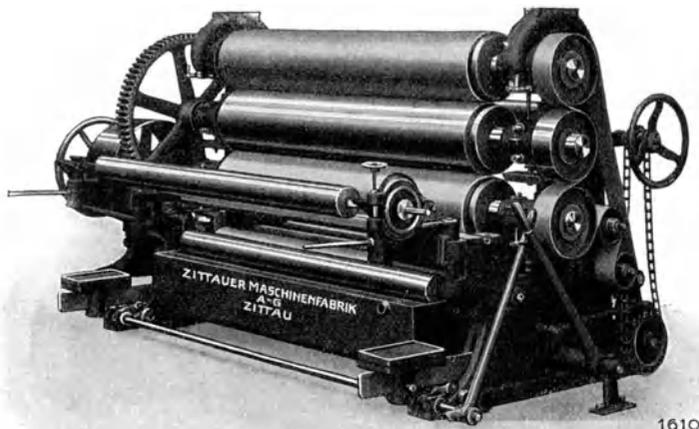


Abb. 202 a. Merzerisierfoulard. (Zittauer Maschinenfabrik A.-G.)

miniumoxyd als weißes Pulver auf der Oberfläche der Faser bzw. des Stoffes, welches abgebürstet werden kann, worauf die Wasserdichtigkeit allmählich abnimmt.

III. Die dritte Methode, welche diese Fehler beheben will, besteht darin, daß der Stoff zuerst mit Aluminiumazetat und dann mit einer Seifenlösung behandelt wird. Das Al wird so in Form einer schwerlöslichen Aluminiumseife niedergeschlagen, welche besser auf der Faser haftet und wasserundurchlässiger ist als das basische Azetat und auch das Oxyd. Wenn ein Überschuß an Seifenlösung angewendet wird, erhält das Produkt einen „klebrigen“ Griff. Derselbe verschwindet beim Passieren durch eine Alaunlösung von 1— $1\frac{1}{2}$ ° Bé.

3. Verwendung von Fetten und Wachsen. Seifenlösungen besitzen die Eigenschaft, indische Kautschuklösung, gekochtes Öl, Wasserglas, Dextrin und andere Gummiarten, verschiedene Wachse, wie Paraffin, Karnauba-, Japan- und Bienenwachs, zu emulgieren. Diese Körper machen das Gewebe wasserdicht und werden, dem Seifenbad zugesetzt, beim Passieren des mit Aluminiumazetat imprägnierten Stoffes durch das Bad auf der Faser niedergeschlagen. Sie haften sehr gut an dem

Stoff und erhöhen die Wasserfestigkeit wesentlich. So behandelter Stoff verträgt einen Druck von 12 inches, während bei einem gewöhnlichen Seifenbad der Maximaldruck etwa 2 inches beträgt.

Das Folgende ist ein typisches Beispiel eines Seifenbades mit Zusatz von Japan- oder Karnaubawachs und einer 10%igen Lösung von Parakautschuk in Kampferöl oder Terpentin. Pro „pint“ (= 12 Unzen) Flüssigkeit werden 1 Unze Seife, $\frac{7}{8}$ Unzen Wachs und 20 grains Kautschuklösung verwendet. Das Wachs wird geschmolzen und, mit der Kautschuklösung vermischt, zu der kochenden Seifenlösung gegeben. Chlorkohlenwasserstofflösungen von sulfurierten Ölen sind ausgezeichnet, um Kautschuk und Wachse in der Seifenlösung zu emulgieren, wenn auch ziemlich teuer.

4. Verwendung von Gelatine und Kasein. Ein genügend wasserdichter Stoff wird erhalten, wenn man denselben mit Gelatine- oder Kaseinlösung benetzt und mit einer zweiten Lösung behandelt, um die Gelatine unlöslich zu machen¹. Substanzen, welche diese Eigenschaft besitzen, sind Formaldehyd, Azetaldehyd, Tannin und Kaliumbichromat. Wenn Aldehyde angewendet werden, können an Stelle von Gelatine viele vegetabilische oder marine Gummiarten genommen werden, welche alle unlösliche Verbindungen bilden. Bichromat oder Tannin sollten nur bei dunkelgefärbten Waren verwendet werden, da sie eine dunkelbraune Färbung und auch einen harten Griff ergeben. Ein solcher ist charakteristisch für mit Gelatine behandelte Ware, und er muß durch die nachfolgenden Ausrüstprozesse behoben werden. Azetaldehyd ist infolge seiner geringen Feuchtigkeit und leichteren Handhabung dem Formaldehyd vorzuziehen, auch weil er die Schleimhäute der Arbeiter weniger angreift. Dicke Sack- und Wagendeckenstoffe werden durch mehrmalige Behandlung mit Gelatine und Tannin wasserdicht gemacht, bis die Zwischenräume ausgefüllt sind und die Textur fast verschwindet. Durch Nachbehandeln mit Alaunlösung wird die Gelatine fixiert und gibt einen mäßig wasserdichten Stoff. Nach anderen Verfahren werden die Stoffe gründlich mit einer Mischung von Fischleim, Alaun und weißer Seife getränkt, dann durch eine Lösung von

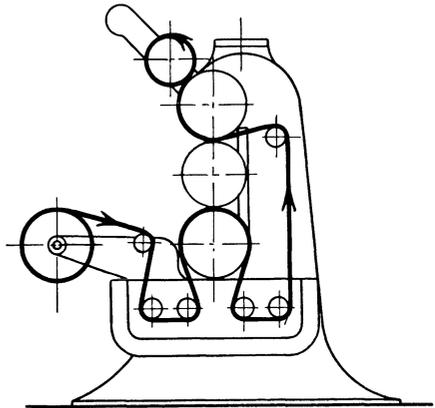


Abb. 202 b. Schema zu Abb. 202 a.

¹ $3\frac{1}{2}$ Teile Chromsäure führen 100 Teile Gelatine in einen unlöslichen Körper über, der um so beständiger ist, je weniger freie Säure er enthält. Es ist von Bedeutung, zu beachten, daß Chromsäure und ihre Salze Gelatine in Gegenwart von Licht unlöslich machen und daß Formaldehyd auf Gelatine (oder Kasein) sowohl in gasförmigem Zustand, als auch in Lösung einwirkt. Es ist aber zu bemerken, daß alle Methoden, welche Leim, Gelatine oder Kasein anwenden, den Stoff steif machen, so daß zur Vermeidung dieses Fehlers Öl oder eine neutrale Seife zugesetzt werden muß.

Bleizucker passiert und getrocknet. Um einen steifen Griff zu vermeiden, wird oft Glycerin zugesetzt.

Nanson gibt folgenden Prozeß an: 30 Pfund (engl.) (oder ein Mehrfaches davon) Kasein werden über Nacht gründlich mit Wasser durchtränkt, dann mit so viel Ammoniak versetzt, bis Lösung eintritt, dann 15 Pfund reine Talgseife zugesetzt, alles in Lösung gebracht und auf 50 Gallonen verdünnt, wobei aufgewärmt, aber nicht gekocht wird. Die Ware wird mit dieser Mischung in einer Imprägniermaschine behandelt, wobei das Kasein nur auf einer Seite des Stoffes aufgetragen wird. Der Stoff läuft direkt weiter über Rollen durch einen mit Formaldehyddampf beschickten Raum. Die Geschwindigkeit wird so eingestellt, daß ein Punkt des Stoffes die Anlage in etwa 10 Minuten durchläuft. Dann wird der Stoff umgewendet und die Behandlung auf der andern Seite wiederholt, hierauf durch eine Aluminiumazetatlösung von 7° Tw. passiert, gewaschen und vorteilhaft in offenem Trockenschrank bei mäßiger Temperatur getrocknet.

Nach Nanson ist das Verfahren von Lowry eines der besten. Er behandelt die Ware einige Stunden mit einer kochenden Mischung von Seife, Leim und Wasser und läßt sie partiell an der Luft trocknen. Dann wird sie 10 Stunden in einer starken Lösung von Alaun und Kochsalz digeriert, gewaschen und bei etwa 26° C getrocknet. Die Brauchbarkeit dieses Prozesses hängt stark von der Dauer und den beim Trocknen verwendeten Temperaturen ab. Es sei ferner bemerkt, daß die erhöhte Wasserdichtheit, wie sie durch Fällen von Fett- oder Harzseifen auf verschiedene Metalloxyde erhalten wird, nur temporären Charakter besitzt und bei längerer Einwirkung der oxydierenden Wirkung der Witterung nicht anhält.

Es gibt eine Reihe Verfahren, bei denen die Ware durch Mischungen von Gelatine, Leim oder Kasein und Talgseifen oder Kastoröl und Alaun passiert, dann gut abgequetscht und bei etwa 40° C getrocknet wird. Eines der einfachsten dieser Art ist folgendes: Man löst 36 Pfund Aluminiumsulfat in 25 Gallonen Wasser und fügt 61½ Pfund Calciumazetat, gelöst in 25 Gallonen Wasser, zu, läßt absitzen, dekantiert die klare Lösung ab und fügt 1½ Pfund Tannin zu. Die Ware wird damit getränkt, getrocknet und wieder mit Talgseife geseift und getrocknet.

Durch Behandeln mit Calciumkaseinat sollen die Stoffe ihre Weichheit und Luftdurchlässigkeit behalten und die Wasserdichtheit auch durch Waschen mit Seife, Benzin usw. nicht verlieren. Das Verfahren wird folgendermaßen ausgeführt: Kasein wird mit etwa der fünffachen Menge Wasser gemischt und zu einem flüssigen Brei verrührt. Derselbe wird allmählich mit einer Menge Kalk gemischt, welche etwa einem Vierzigstel der Kaseinmenge äquivalent ist. Zu gleicher Zeit wird halb so viel Seife wie Casein in der 12fachen Menge Wasser gelöst und mit der ersten Lösung gemischt und das Fabrikat damit imprägniert, bis sich sein Gewicht verdoppelt. Dann wird dasselbe mit einer Lösung von Aluminiumazetat von 7° Tw. kalt getränkt, wodurch das Calciumkaseinat unlöslich und eine Aluminiumseife gebildet wird. Das Produkt wird dann geseift, gewaschen und getrocknet.

5. Wasserdichtes Segeltuch. Wasserdichte Gewebe aus Baumwollstoffen werden sehr oft zu mannigfaltigen Zwecken gebraucht, wie für Zeltdecken, Teerjacken, Wagendecken, Segel, wo infolge ihrer Verwendung und der Einwirkung der Witterung nicht nur vollständige Wasserdichtheit, sondern auch Fäulnis- und Schimmelfestigkeit verlangt wird. Nach E. R. Clark (Textile World) beansprucht fast jeder Hersteller solcher Fabrikate die beste Methode und Marke für sich. Bis jetzt ist kein allgemeines Verfahren zur Anwendung gekommen und fast jede Firma hat verschiedene im Gebrauch. Man kann dieselben nach Clark in folgende Gruppen einteilen:

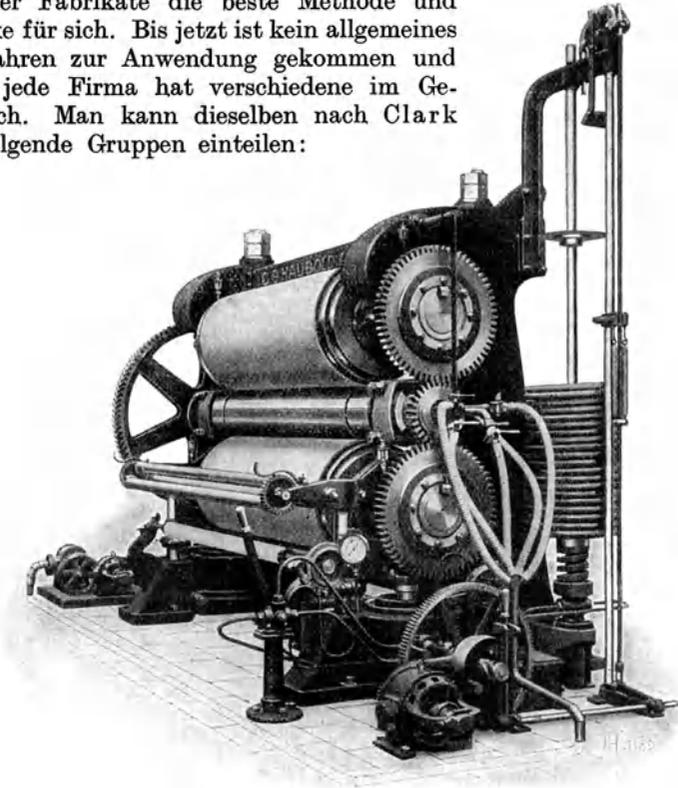


Abb. 203. Walzen-Radium-Kalander. (C. G. Haubold A.-G., Chemnitz.)

1. Die Aluminiumseifenverfahren.
2. Die Asphalt-, Paraffin-, Pech- usw. Verfahren
3. Verfahren, bei denen zwei Schichten des Stoffes verwendet werden.
4. Kupferammoniakverfahren und solche, welche Zelluloselösungen benutzen.
5. Die Verfahren mit trocknenden Ölen.

6. Verwendung von Metallseifen. Verschiedene Metalle wurden in Verbindung mit Seife als Wasserdichtmachungsmittel empfohlen und ebenso verschiedene Seifen. Unter den Metallen scheint sich Aluminium am besten bewährt zu haben, und das am meisten verwendete Aluminium-

salz ist das basische Azetat. Harte Seife wird vorteilhaft verwendet. Aluminiumseifen aus Aluminiumazetat und verseiftem Leinsamenöl ergeben die widerstandsfähigste Imprägnierung. Praktisch werden verschiedene Ölseifen benutzt, in erster Linie im Handel befindliche Seifen. Lösungen von sehr verschiedenen Konzentrationen wurden empfohlen und verschiedene Verfahren der Trocknung ausgearbeitet. Wenn auch kein Grund vorhanden ist, anzunehmen, daß mit Hilfe des Aluminiumazetat-Seifeverfahrens keine genügende Wasserdichtheit von Stoffen erreicht werden kann, so sind doch die Resultate der meisten auf diesem Gebiete unternommenen Versuche unbefriedigend. Die erhaltenen Produkte zeigten wohl eine wasserdichte Oberfläche, lassen aber unter strengeren Bedingungen das Wasser durch. Es hat sich gezeigt, daß das Verfahren zur Herstellung wasserdichter Stoffe brauchbar ist, nicht aber für Segeltücher und für den Gebrauch im Feld, wo die später entdeckten Methoden vorzuziehen sind.

7. Verwendung von Paraffin. Allgemein betrachtet, sind die Methoden am erfolgreichsten, bei denen der wasserdicht gemachte Stoff nachträglich noch einer Behandlung mit einem Wachs, dessen Eigenschaften in bezug auf Schmelz- und Erstarrungspunkt und Haltbarkeit beim Gebrauch befriedigend sind, unterzogen wird. Asphalt ist in dieser Beziehung ein sehr gutes Material. Es kann in geschmolzenem Zustand angewendet werden und besitzt deshalb einen großen Vorzug vor Stoffen, welche in Lösung angewendet werden müssen. Ferner wird Paraffin sehr viel gebraucht. Die Hauptnachteile des Paraffins sind die Neigungen, brüchig zu werden und Schimmelkulturen zu begünstigen. Es wird ein Paraffin mit niedrigem Schmelzpunkt gebraucht.

Harze, z. B. Kolophonium, werden oft und wenig vorteilhaft zum selben Zwecke verwendet. Es ist nicht genügend beständig, da es sich bei Belichtung leicht zersetzt. Diese Zersetzung von Kolophonium ist z. B. erkennbar an der Bräunung von damit geleimtem Papier. Im ferneren scheint es auch keine wasserundurchlässige Oberfläche zu ergeben. Es wird meist mit Petroleum gemischt, um ihm die gewünschte Konsistenz zu verleihen. Jedes Wollfett wurde für den gleichen Zweck verwendet, obwohl sie alle unbrauchbar zu sein scheinen. Selbstverständlich muß die angewendete Wachssubstanz einer Verseifung widerstehen. Ein Gemisch von Kautschuk mit geschmolzenem Paraffin scheint ein brauchbareres Imprägnierungsmittel zu ergeben und sieht aus wie das Konsistenzfett des Chemikers (zum Dichten von Hähnen). Es wurden sehr viele Anstrengungen gemacht zur Herstellung von brauchbaren Mischungen und zum Teil ganz befriedigende Resultate erhalten.

Paraffiniertes Segeltuch ist das einfachste und am meisten verwendeten von allen wasserdichten Stoffen. Ein feines, dichtgewobenes Stück, gut getrocknet und nicht zu stark paraffiniert, ergibt ein für viele Zwecke genügendes Fabrikat und besitzt den Vorteil, billiger als alle andern Produkte, welche als erstklassig bezeichnet werden können, zu sein. Es hat immerhin drei bemerkenswerte Nachteile. Erstens wird es in kaltem Wasser infolge der Natur der Paraffinfüllung außerordentlich steif, was in stark paraffiniertem Stoff bis zum Brechen des Stoffes führt, wenn

er gefaltet wird, so daß diese Artikel im Winter fast unbrauchbar werden. Zweitens schmilzt das Paraffin in heißen Gegenden oder bei sommerlicher Hitze in einem Grade, daß es den Nähten des Fabrikates nach rinnt oder tropft, da es stark kapillare Eigenschaften besitzt. Deshalb erscheinen dann durchlässige Stellen im Stoff, welche oft beträchtlichen Schaden bedingen. Der dritte Nachteil endlich besteht darin, daß Paraffin die Baumwolle nicht vor der Infektion mit Schimmelpilzen schützt. Oft scheint der Stoff auch geschwächt zu werden, doch steht das nicht fest, außer etwa durch Brechen infolge der Steifheit in kaltem Wasser. Man kann Schimmelpilze direkt auf Paraffin, wenn es in Flaschen in pulverisierter Form sich befindet, züchten.

Die Notwendigkeit der Widerstandsfähigkeit gegen Pilzfraß darf nicht außer acht gelassen werden. Kolophonium verhindert die Entwicklung von Schimmel nicht, obwohl in der Literatur wiederholt das Gegenteil behauptet wird. Die mit Wachsen usw. präparierten Kanvas können fettig sein, und diese Substanzen haben die weitere Eigenschaft, das Gewicht der Fabrikate noch zu erhöhen. Nach dem erwähnten Verfahren können auch Spezialartikel hergestellt werden, indem man z. B. der geschmolzenen oder gelösten Mischung Farbpigmente zufügt. Stickstoffhaltige animalische Substanzen müssen dabei vermieden werden.

8. Wasserdichte Duplexfabrikate. Dieselben haben selten eine wasserdichte Oberfläche und werden meist durchgehend benetzt. Was die aufgetragenen Substanzen betrifft, so müssen sie im allgemeinen die gleichen Eigenschaften besitzen wie die für die einfachen Fabrikate verwendeten Imprägnierungsmittel. Gummierte, gummibedeckte und filmbedeckte Waren aller Arten sind im allgemeinen nicht so wasserdicht, wie man aus ihrer Bezeichnung „bedeckt“ (coated) erwarten sollte. Diese Unterscheidung in eigentlich „wasserdichte“ und „überzogene“ Waren ist üblich, sowohl wenn sie einen Überzug mit gleichartigen oder ungleichartigen Films besitzen, als auch wenn es sich um zwei verschiedene Fabrikate handelt, welche je auf einer Seite überzogen und dann zusammengesetzt sind, wie bei den gewöhnlichen Regenmänteln oder Automobildecken, welche als gebundene Fabrikate bekannt sind.

Bei den bessern Produkten dieser Art kann der Überzug Kamelhaar oder Wolle und die innere Seite ein Baumwollzeug oder ein ähnliches Fabrikat sein. Das angewendete Material darf beim Gebrauch nicht austrocknen und die Trennung der einzelnen Teile gestatten. Wenn für eine Seite ein leichtes Produkt verwendet wird, hat der Stoff eine wasserdichte Oberfläche, welche auswärts gedreht werden kann. Diese Doppelstoffe können sehr wahrscheinlich im Vergleich mit den einfachen Segeltüchern vorteilhaft für Spezialzwecke verwendet werden. Der Sonne und der Hitze ausgesetzt, zersetzen sich manche Substanzen sehr rasch. Dieser Unterschied muß berücksichtigt und die Beständigkeit des Überzuges sowohl durch eine Probe an der Luft als auch durch Belichten mit einer an aktiven Strahlen reichen Lampe bestimmt werden.

9. Das Kupferammoniakverfahren¹. Das Kupferammoniakverfahren und andere, deren Wirkungsweise auf einer partiellen Lösung der Zellulose auf der Faser und ihrer nachfolgenden Fällung zu einem zusammenhängenden Überzug beruht, hat für gewisse Zwecke sehr befriedigende Resultate ergeben. Das Prinzip der Reaktion ist einfach und leicht verständlich. Leider aber ist das Verfahren sehr teuer und ist, obwohl die auf diese Art erhaltenen Produkte dauerhaft und gut wasserdicht sind, noch nicht genügend untersucht worden, ob seine Vorteile eine Verdrängung der übrigen Verfahren zugunsten desselben rechtfertigen. Die Preise dieser Produkte sind etwa 3—5 mal so hoch wie die der nach dem Verfahren mit Paraffin, Kolophonium, Asphalt usw. hergestellten Fabrikate.

Ein bedeutender Einwand gegen dieses Verfahren ist der, daß die entstehenden Stoffe hart sind und nur schwer durch Zusammennähen zu gewünschten Formen verarbeitet werden können. Ferner geben diese Fabrikate beim Verarbeiten einen unangenehmen Staub ab. Ein großer Vorteil dagegen ist ihre Widerstandsfähigkeit gegen Pilzinfektionen infolge des zurückgehaltenen Kupfers. Clark hat einige Beispiele wochenlang den Sporen von Schimmelpilze ausgesetzt, ohne daß irgendwelche Entwicklung auf der Faser stattfand.

10. Die Trockenölverfahren. Die trocknenden Öle erfreuen sich zur Zeit bei den Fachmännern nur einer geringen Beliebtheit infolge ihrer Zersetzlichkeit und geringen Beständigkeit unter der Einwirkung verschiedener, während des Gebrauchs auftretender zersetzender Agenzien. Einige verwenden verschiedene Mischungen von trocknenden Ölen und andere Verbindungen sogenannter vulkanisierter Öle, erhalten als Reaktionsprodukt von verschiedenen Ölen mit Chlorschwefel. Letzterer bildet mit vielen Verbindungen dieser Art, wie mit Leinensamenöl, Rübensamenöl, Kornöl, Baumwollsamensamenöl usw. verschiedene feste, halb feste und flüssige Produkte, welche zum Teil mit flüchtigen Lösungsmitteln verdünnt und mit Füllmitteln oder Farbstoffen zu einer konsistenten Masse verarbeitet werden können, welche dicht auf den Stoff aufgetragen wird. Auch ist es möglich, eingedickte Mischungen von Ölen selbst zu machen und sie nachher unter Verwendung eines Lösungsmittels mit Chlorschwefel zu vulkanisieren. Beide Methoden werden mit verschiedenem Erfolg angewendet, in den meisten Fällen ist aber eine Kontrolle des erhaltenen Produktes sehr schwierig auszuführen. Die Herstellung eines wasserdichten Überzuges von Öl auf dem Stoff zur Wasserdichtmachung ist kaum vorteilhaft, da solche Überzüge nach wiederholtem Falten brechen und auch im Sonnenlicht nur mäßig beständig sind.

¹ Dasselbe ist unter dem Namen Willesden-Finish bekannt. Die Reaktionslösung wird folgendermaßen hergestellt: Eine kalte Lösung von Kupfersulfat wird mit der genau berechneten Menge oder etwas weniger an Natronlauge versetzt. Die Temperatur muß unterhalb 20° C gehalten werden, da sonst der Niederschlag schwarz statt blau wird, ein geringer Überschuß an Kupfersulfat kann das ebenfalls verhindern. Der Niederschlag wird mit destilliertem Wasser gewaschen, bis das Filtrat keinen oder fast keine Fällung mit Bariumchlorid mehr gibt. Dann wird der größte Teil des Wassers abgepreßt und der Niederschlag in der berechneten Menge Ammoniak vom spezifischen Gewicht 0,93 gelöst.

11. Verwendung von Zelluloselösungen. Es werden hie und da Lösungen von Zelluloseazetat und Pyroxylin (Schießbaumwolle) zur Herstellung von wasserdichten Geweben verwendet, doch keine dieser Methoden hat sich bewährt. Immerhin wird eine gewisse Menge des letzteren zur Fabrikation von halbgesättigten Produkten, wie sanitären Betttüchern, Überkleidern und ähnlichem, verwendet. Die Kosten der Herstellung machen das Verfahren für gröbere Waren unbrauchbar und beschränken es auf Gebiete, wo das Aussehen und die Oberfläche des Materials, oder die Fähigkeit, wertvolle Produkte zu imitieren, wichtiger sind als die tatsächliche Wasserdichtheit.

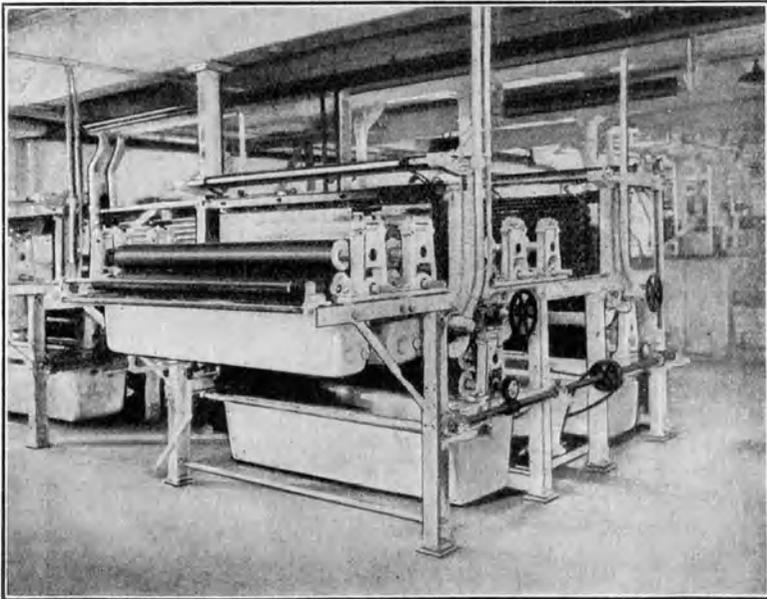


Abb. 204. Elektrolytische Imprägnierung.

Zur Herstellung des heute für viele Zwecke gebrauchten künstlichen Leders werden Pyroxylinlösungen in erheblichen Mengen verwendet. Zelluloseazetatlösungen haben bei der Imprägnierung von Aeroplantragflächen Verwendung gefunden, da sie sehr elastische und doch hornartige Überzüge, wie sie für diesen Zweck erforderlich sind, ergeben.

12. Elektrolytisches Verfahren zur Herstellung von wasserdichten Geweben. Eine neuere, aber sehr erfolgreiche Methode zur Herstellung von wasserdichten Fabrikaten aller Art beruht auf der elektrolytischen Fällung einer Aluminiumseife auf der Faser. Die zu behandelnde Ware wird zuerst mit einer Lösung von Natriumoleat¹ imprägniert und dann durch ein Bad von Aluminiumazetat, in welchem ein elektrischer Strom passiert, gegeben. Die Elektrolyse des Aluminiumazetates in Gegenwart

¹ Es wurden auch Natriumpalmitat und -stearat verwendet, doch gibt das Oleat die besten Resultate.

der Natriumoleat enthaltenden Faser bewirkt eine Elektro-Osmose des wasserdicht zu machenden Stoffes, welcher offenbar eher in die Zwischenräume der Fasern eindringt, als eine oberflächliche Schicht zu bilden. Dieses Verfahren, als „Tate“-Prozeß bekannt, wurde in Amerika mit großem Erfolg für eine große Zahl von Wolle-, Seide- und Baumwollfabrikate ausgeführt¹. Die für diesen Zweck verwendete Maschine zeigt Abb. 204. Die Ware wird durch ein sehr verdünntes Bad von Natriumoleat passiert, durch zwei Wannen mit dazwischenliegenden Ausquetschwalzen. Das so mit der Seifenlösung imprägnierte Material läuft dann zwischen der Anode und Kathode des eigentlichen Apparates durch. Die Anode besteht aus zusammengenieteten Aluminiumlamellen und ist mit einem starken wollenen Kissen bedeckt. Die Kathode besteht aus acht Acheson-Graphitstäben, gegen welche der Stoff während des Passierens gepreßt wird. Die Aluminiumazetatlösung wird in die Zwischenräume zwischen den Graphitstäben gefüllt und tropft kontinuierlich durch die Löcher, wobei das Material gründlich benetzt wird, während der Strom zwischen den Elektroden und also durch den Stoff durchläuft. Die elektrolytische Behandlung erfordert eine Stromdichte von 30—60 Amperes und eine Spannung von 50 Volt. Die gebildete wasserundurchlässige Verbindung ist ein basisches Aluminiumoleat, welches den besonderen Vorteil besitzt, daß der Stoff kochend gereinigt werden kann, ohne seine wasserdichten Eigenschaften zu verlieren, was beim neutralen Oleat nicht der Fall ist.

13. Wasserdichte Gewebe mit Kautschuk-Latex. Eine andere, ebenfalls neuerdings eingeführte Methode zur Herstellung von wasserdichten Stoffen besteht in der Verwendung von natürlichem Kautschuk-Latex. Der von den Bäumen erhaltene Kautschuk ist in Form einer milchigen Emulsion, welche als Latex bekannt ist, vorhanden. Derselbe wird nun direkt eingeführt und vor seiner Verarbeitung zu Kautschuk zur Imprägnierung von Baumwolle und andern Fabrikaten verwendet. Der Kautschuk wird dann auf der Faser ausgefällt und „in situ“ vulkanisiert. Auf diese Art wird die Faser nicht nur mit dem Kautschuk bedeckt, sondern vollständig damit imprägniert, wodurch ein sehr gut wasserdichtes Material erhalten wird. Das Verfahren wurde hauptsächlich angewendet zur Herstellung von Automobildächern, dann aber auch auf gewisse andere Gebiete der Fabrikation von wasserdichten Materialien ausgedehnt.

14. Feuerfeste Baumwollgewebe. Verglichen mit der Wolle, ist die Baumwolle eher leicht entzündbar, was in vielen Fällen ihrer Anwendung ein Hindernis entgegengesetzt. Baumwollgarnituren aus gesteppten oder wollig gewobenem Baumwollstoff waren oft infolge ihrer Endzündbarkeit die Ursache von größeren Unglücksfällen. Das gleiche gilt für die Verwendung zu Theaterkostümen, Vorhängen, Bändern, Schleifen usw. Es wurde gefunden, daß man die Brennbarkeit der Baumwolle in erheblichem Maße zurückdrängen kann durch Imprägnieren derselben mit Metallsalzen, z. B. mit Ammoniumverbindungen. Eine viel empfohlene

¹ Siehe Color Trade Journ. 1922, S. 3.

Lösung zu diesem Zweck besteht aus 3 Teilen Ammoniumphosphat, 2 Teilen Ammoniumchlorid, 2 Teilen Ammoniumsulfat und 40 Teilen Wasser. Der Stoff kann entweder mit dieser Lösung imprägniert oder die Stärkebeschwerung damit angerührt werden. Die leichte Flüchtigkeit dieser Verbindungen bei höherer Temperatur bewirkt die Bildung einer inerten Gasschicht um das Gewebe herum und verhindert so dessen Entflammung. Alaun, mit der Beschwerungsflüssigkeit für Baumwollwaren gemischt, reduziert deren Brennbarkeit auch bedeutend. Ebenso wurden für diesen Zweck Borax und Natriumwolframat in großen Mengen verwendet. Alle diese Salze haben aber den Nachteil, wasserlöslich zu sein, so daß infolgedessen der Effekt verschwindet, wenn die Baumwolle gewaschen wird.

15. Das Perkinsche Verfahren. Perkin hat gefunden, daß man bei Behandlung des Stoffes mit einer Natriumstannatlösung (45° Tw.) eine dauerhafte Imprägnierung erhält, wenn man, nach der Behandlung abgequetscht, auf heißen Walzen trocknet und dann mit einer Lösung von Ammoniumsulfat (15° Tw.) tränkt. Das Produkt wird dann ein zweites Mal getrocknet und gewaschen, um das Natriumsulfat herauszulösen, welches bei der Reaktion gebildet worden ist, wobei in der Faser gefälltes Zinnoxid zurückbleibt. Das Verfahren ist unter dem Namen „Non flam“-Prozeß bekannt und Gegenstand einer Reihe von Patenten. Es wird ein vollständig unbrennbares Produkt erhalten, welches sich auch nach wiederholtem Waschen nicht verändert. Der Griff der Ware bleibt weich und die Festigkeit wird nicht vermindert.

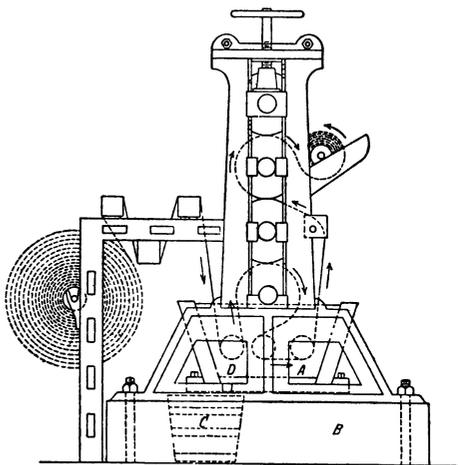


Abb. 205. Imprägniermaschine zur Herstellung feuersicherer Stoffe.

Das Perkinsche Verfahren wurde hauptsächlich in England angewendet und besonders für die Behandlung von „Flanelette“. Die bedeutenden Kosten scheinen dagegen seine Einführung in Amerika erschwert zu haben. Nanson gibt an, daß alle mit Zinnlösungen behandelte Ware nach Passieren der Flüssigkeit gut abgequetscht werden müsse. Was diese Operation für eine Bedeutung hat, ist nicht klar, doch scheint der starke Druck die Affinität des Stoffes zum Zinnoxid zu erhöhen, so daß infolgedessen mehr auf der Faser abgelagert wird.

16. Wirkungsweise verschiedener Salze. König¹ bemerkt, daß Textilfabrikate nicht vollständig feuerfest erhalten werden können, daß aber durch geeignete Behandlung ein Produkt entsteht, welches, wenn es der Flamme ausgesetzt wird, nicht Feuer fängt, sondern nur verkohlt.

¹ Oest, Wollen- und Leinenind. 1900.

Die gewöhnlich angewendeten Salze wirken in verschiedener Weise. Einige verflüchtigen sich bei hohen Temperaturen und bilden Dämpfe, welche die Flamme ersticken, während andere schmelzen und um die Faser eine glasartige Schutzschicht bilden, welche weitere Zerstörung verhindert. Zu der ersten Gruppe gehören die Ammoniumsalze, wie z. B. das Sulfat. Dieses Salz ist aber nicht einwandfrei infolge des unangenehmen Rauches, den es erzeugt. Ammoniumchlorid wirkt in ähnlicher Weise, doch ist zur Erreichung guter Resultate mit einer Lösung zu imprägnieren, welche wenigstens 15% Salz enthält, und nach König wirkt das auf die Ware schädigend.

Zu der zweiten Gruppe der erwähnten Salze gehören unter anderem Natriumsilikat, Borax und Natriumphosphat. Das Silikat (Wasserglas) hat den Nachteil, der Ware ziemliche Steifheit zu verleihen und kann deshalb nicht für weiche Artikel verwendet werden. Gute Resultate werden mit Borax oder einer Mischung von Borax und Phosphat erhalten, und es wird auch ein Zusatz von Glukose zu der Mischung empfohlen. Diese letztere verhindert die Kristallisation der Salze auf der Faser während des Trocknens, und man erreicht so eine bessere Durchdringung und Imprägnierung. Ferner kann auch Ammoniumphosphat mit gutem Erfolge angewendet werden, da es zugleich flüchtig ist und eine glasartige Schmelze ergibt. Andere Substanzen, wie Vanadium—Wolfram und Molybdänsalze schmelzen nicht, durchdringen die Faser aber sehr gut, mineralisieren sie sozusagen, ohne sie aber brüchig und steif zu machen. Natriumwolframat wird besonders für feine Artikel verwendet. Alle diese Methoden aber haben den Nachteil, daß das imprägnierte Salz beim Waschen herausgelöst wird.

Holden hat den Einfluß verschiedener Färbe- und Beizoperationen auf die Brennbarkeit von Baumwollwaren untersucht¹. Er findet, daß die Anwesenheit von Eisen-, Chrom-, Blei- oder Kupferverbindungen dieselbe erhöht; Färben mit substantiven oder Schwefelfarben besitzt, auch wenn die Ware nach dem Färben noch mit Kupfer- oder Chromsalzen behandelt worden ist, keinen merkbaren Einfluß. Die nachfolgende Tabelle (siehe S. 437) enthält die Resultate der verschiedenen Versuche.

17. Herstellung verschiedener feuerfester Verbindungen. Die Entwicklung in der Herstellung von feuerfestem Gewebe mag durch folgende Stufen charakterisiert werden: Arfied empfahl 1876 die Sättigung von Baumwollwaren mit Ammoniumphosphat, doch ohne bemerkenswerte Resultate. Fuchs verwendete 1820 zuerst Wasserglas und Gay-Lussac erhielt 1821 damit gute Resultate. Sie erkannten, daß solche Stoffe für diesen Zweck brauchbar seien, welche bei einiger Hitze schmelzen und die Faser glasieren, ohne natürlich selbst brennbar zu sein, wie z. B. Borax, später wurden Ammoniumborat und Ammoniumphosphat, allein oder in Mischung mit Salmiak, in größerem Maßstab verwendet. Morin empfahl Zinkoxyd, Masson das Doppelsalz von Calciumchlorid und -azetat. Gleiche Teile dieser zwei Chemikalien werden zusammen in

¹ Journ. Soc. Dyers and Col. 1918, S. 7.

Relativer Wert des Einflusses des Färbens auf die Brennbarkeit von Baumwolle.

Erhöhende Wirkung	Nicht merkbarer Einfluß	Verringemde Wirkung
Tannin mit Eisen	Gereinigter Stoff	Tannin mit Aluminium
„ „ Kupfer	Tannin allein	—
„ „ Mangan	„ mit Zinn	—
„ „ Blei	„ „ Antimon	—
„ „ Chrom	—	—
Blauholz mit Eisen	Blauholz allein	Blauholz mit Aluminium
Katechu mit Eisen	Katechu allein	Katechu mit Aluminium
„ „ Kupfer	—	—
„ „ Chrom	—	—
Gelbholz mit Eisen	Gelbholz allein	Gelbholz mit Aluminium
„ „ Kupfer	—	—
„ „ Chrom	—	—
Eisenbister	Substantive Farbstoffe allein	Alizarin mit Aluminium
Khaki	„ „ gekupfert	—
Chromgrün	„ „ chromiert	Alizarin mit Zinn und Aluminium
Preußischblau	Schwefelfarbstoffe allein	—
Manganbronze	„ gekupfert	—
Chromgelb	„ chromiert	—
Chromorange	—	—
Alizarin mit Eisen	—	—
„ „ Chrom	—	—
Anilinschwarz	—	—

warmem Ammoniakwasser gelöst. Doebereiner erwähnt bei Besprechung der leichten Entzündbarkeit von Baumwollfabrikaten Borax, Wasserglas, Alaun und Ammoniumphosphat. W. H. Perkin beobachtete, daß eine Lösung von Natriumwolframat, Aluminiumsalzen und einer genügenden Menge von Essig- oder Ameisensäure zum Feuerfestmachen von Baumwolle geeignet ist. Er empfiehlt folgende Mischungen (Volumteile):

1. Aluminiumsulfatlösung 20° Bé	100
Essigsäure 7° Bé	25
Natriumwolframat 31° Bé	200
2. Aluminiumazetat 16° Bé	100
Essigsäure 7° Bé	10
Natriumwolframat 31° Bé	200
3. Aluminiumsulfat 16° Bé	100
Essigsäure 7° Bé	30
Natriumwolframat 33° Bé	150
4. Aluminiumsulfat 16° Bé	100
Ameisensäure 7° Bé	40
Natriumwolframat 33° Bé	150

Die ersten zwei Ingredienzien werden gemischt und dann das Wolframat in dünnem Strahl unter gutem Rühren zugegeben, so daß sich der zuerst gebildete Niederschlag leicht wieder löst. Die Ware wird gut mit der Lösung getränkt und dann eine Stunde in Lauge gelegt, hierauf getrocknet, gedämpft und kalandert. Die organischen Säuren verflüchtigen sich und lassen die unlösliche feuerbeständige Verbindung in der Faser zurück.

Folgende Verfahren haben in der Technik ausgedehnte Verwendung gefunden:

a) Thouret imprägniert diese Ware entweder mit 3 Teilen Ammoniumphosphat, oder mit 2 Teilen Ammoniumphosphat, 1 Teil Salmiak und etwas Calciumchlorid in 45 Teilen Wasser, je nach dem Grad der Feuerfestigkeit, der verlangt wird.

b) Nicoll nimmt 6 Teile Alaun, 2 Teile Borax, 1 Teil Natriumwolframat, 1 Teil Dextrin in Seifenwasser. Dextrin erleichtert das Aufziehen der Salze auf die Faser.

c) Martin verwendet 8 Pfund Ammoniumsulfat, 2,5 Pfund Ammonkarbonat, 30 Pfund Borsäure und 2 Pfund Stärke auf 100 l Wasser. Diese Mischung eignet sich gut für helle Fabrikate. Sie werden damit bei etwa 38° C imprägniert, gepreßt und getrocknet.

d) Ein anderes Präparat enthält 12 Pfund Alaun, 4 Pfund Borax, 4 Pfund Natriumphosphat, 4 Pfund Natriumwolframat und 2 Pfund Ammonsulfat. Die Salze werden gut pulverisiert und gemischt und mit Natronlauge von 36° Bé versetzt, bis eine milchige Lösung entsteht. Dieselbe wird gekocht, bis sie auf einem Stück Holz einen blauen Niederschlag ergibt, dann die Ware mit der kochenden Lösung getränkt, ausgerungen oder gleichmäßig abgequetscht und bei 65° C getrocknet.

e) Ein Stärkepräparat wird folgendermaßen hergestellt: 30 Pfund Natriumwolframat, 30 Pfund Borax und 60 Pfund Reis- oder Weizenstärke werden gut gemischt. Beim Gebrauch wird die Mischung wie gewöhnliche Stärke aufgekocht und in üblicher Weise angewendet.

Es ist nicht möglich, die Textilfabrikate feuerbeständig zu machen, ohne die feuerfeste Verbindung auf der Faser zu belassen. Obwohl viele Versuche gemacht worden sind, die Faser selbst so zu verändern, daß sie nicht mehr brennbar ist, wurden keine Resultate erzielt. Die beste Methode besteht darin, die Faser mit einer Substanz zu imprägnieren, welche selbst unverbrennlich ist und auf diese Weise die Faser vor der Entzündung schützt.

Folgendes Verfahren zur Herstellung einer feuerfesten Verbindung wurde empfohlen, um zu verhindern, daß ein Textilfabrikat, welches in Form eines getrockneten Bandes über einer Alkohollampe aufgehängt wurde, verbrennt. Die einzige Folge ist eine Verkohlung und Zerfall des Produktes:

Ammonsulfat	8 Pfund	Ammonkarbonat	2 Pfund
Borax	2 „	Dextrin	5 Unzen
Borsäure	3 „	Wasser	auf 15 Gallonen

Das zu „prüfende“ Material wird einfach mit der Lösung gesättigt, dann ausgequetscht und getrocknet. Die Menge genügt, um 100 Pfd. Textilwaren damit zu imprägnieren.

Eine andere ähnliche Lösung ist folgende:

Ammonsulfat	15 Pfund	Borsäure	3 Pfund
Borax	3 „	Wasser	auf 15 Gallonen

Die Anwendung ist die gleiche wie oben beschrieben.

Für gleichzeitige Beschwerungszwecke wird nach folgender Vorschrift verfahren, wobei die Stärke durch Mehl, Sago, Dextrin oder ähnliche Substanzen ersetzt werden kann:

Stärke	55 Pfund
Natriumwolframat . . .	27 ¹ / ₂ „
Borax	17 ¹ / ₂ „

Die Mischung wird in einer üblichen Konsistenz für Höchstbeschwerung hergestellt, die Ware damit nach dem gewöhnlichen Verfahren imprägniert und getrocknet.

Nach E. Duhem beträgt die minimale von der Baumwolle zurückzuhaltende Menge Substanz zur Erreichung einer Feuerbeständigkeit für jedes Salz folgende Werte:

Reagens	Gewichtsteile	Reagens	Gewichtsteile
Natriumwolframat	12	Ammonchlorid	4 ¹ / ₂
Ammonsulfat	14 ¹ / ₂	Ammonphosphat	4 ¹ / ₂
Natriumphosphat	30	Natriumsilikat	50
Natriumchlorid	35	Borax	8 ¹ / ₂
Calciumphosphat	30	Calciumchlorid	4 ¹ / ₂
Magnesiumphosphat	30	Magnesiumsulfat	15
Magnesiumchlorid	4—5	Kaliumchlorid	45
Zinkphosphat	20	Zinkborat	20
Zinksulfat	4 ¹ / ₂	Aluminiumphosphat	30
Aluminiumborat	24	Borsäure	10
Aluminiumhydroxyd	3	Kieselsäure	30

Die Verhältnisse und Mengen wechseln mit der Art der Ware: 10 % für feinere Fabrikate, wie Bänder, Spitzen; 15 % für starke Ware; 20 % für Leinwand für Theaterkulissen.

18. Wirksamkeit der Reagenzien. — W. B. Nanson hat bei der Untersuchung des Einflusses verschiedener Salze auf die Brennbarkeit von Textilfasern gefunden, daß die wirksamsten die Ammon-, Zink-, Zinnsalze, Borax, Borsäure und Aluminiumsalze in Form eines Niederschlages von Natriumaluminat mit Ammonsalz sind. Die Ammonsalze, welche sich in der Hitze verflüchtigen, bilden mit dem Sauerstoff der Luft und anderen Gasen Gemische, welche vollständig unverbrennbar sind, die ersteren verbinden sich mit den Fasern, die letzteren bilden eine nicht entflammbare Atmosphäre in welcher nichts brennen kann. Die Wirkung von Zinn, Aluminium, Zink, Wolfram und Boraten ist lediglich eine mechanische, sie leiten und verteilen die Wärme, so daß die Ware in keinem Moment sich auf ihre Entzündungstemperatur erhitzen kann. Wenn die Faser aber einer fremden Flamme ausgesetzt ist, mottet sie, schwärzt sich und verkohlt bloß, ohne zu verbrennen. Mit anderen Worten, sie sind feuerbeständig und wenig brennbar und erniedrigen infolge ihrer Anwesenheit die von der Flamme auf der Faser erzeugte Temperatur. Mit Ausnahme von Zinn und Aluminium ist ihre Wirkung nur von kurzer Dauer. Das gleiche gilt auch bei Ammonsalzen, die ausgebürstet oder ausgewaschen werden und wieder ersetzt werden müssen. Die Oxyde von Zinn, Eisen und Wolfram besitzen große Feuerfestigkeit, doch ist ihre Anwendung beschränkt; Zinn und Wolfram sind teuer und Eisen ist infolge seiner Eigenfarbe für viele Zwecke unbrauchbar. Aluminium kann, wie wir später zeigen werden, in eine unlösliche feuerfeste Verbindung übergeführt und mit einigem Erfolg angewendet werden.

Zinndioxyd wird in Form von löslichem Natriumstannat auf die Faser gebracht. Wenn ein damit imprägnierter Stoff in eine Lösung von Ammonchlorid oder Ammonsulfat oder verdünnte Schwefelsäure ge-

taucht wird, wird diese alkalische Verbindung zersetzt und Zinnoxid ($\text{SnO}_2 \text{ Aq}$) in der Faser niedergeschlagen.

Die Wirkung des Zinndioxyds beruht auf dem Umstand, daß die Faser so starke Affinität zu demselben besitzt, daß sie sich gewissermaßen mit ihm verbindet, so daß die Wirkung dauernd wird. Ferner kann das Zinndioxyd, als höchste Oxydationsstufe, sich nicht mehr mit Sauerstoff verbinden.

Ein anderes Zinnverfahren von Nanson ist folgendes: Die Ware wird eine Stunde in Natriumstannat von 20° Tw. umgezogen, gut ausgequetscht und getrocknet. Nach dem Trocknen zieht man durch ein Ammonchlorid-Zinkazetatbad von 17° Tw. und trocknet ohne zu waschen.

Nach dem Verfahren von Melauny, welches von französischen Autoritäten sehr empfohlen wird, wird die Baumwolle durch ein Natriumstannatbad von $5\text{--}10^\circ \text{ Bé}$ passiert, getrocknet und dann mit einer Titansalzlösung imprägniert. Man kann jedes Titansalz benutzen, Nanson empfiehlt das Chlorid. Die Lösung sollte pro Liter etwa 62 g Titanoxyd enthalten. Die Ware wird wieder getrocknet und das Titansalz durch ein alkalisches Bad fixiert. Dazu verwendet man vorteilhaft eine Lösung von Natriumsilikat von $12\text{--}15^\circ \text{ Tw.}$, oder eine Mischung von Natriumwolframat und Ammonchlorid. Darauf wird die Ware gewaschen. Dieselbe kann nach dem Stannatbad auch mit einer Mischung, welche Titan und Wolfram in einem geeigneten Lösungsmittel enthält, behandelt werden.

An Stelle des teuren Natriumstannates empfiehlt Nanson die entsprechende Aluminiumverbindung, die ungefähr die gleichen Resultate ergibt. Sie wurde unter dem Namen Alumin verwendet. Da das Aluminium in der Verbindung in der höchsten Oxydationsstufe vorliegt, kann es nicht brennen. Ferner wirkt es als unlöslicher Körper mechanisch, indem es die Ware selbst unbrennbar macht, während die vorhergehende Behandlung mit Ammonchlorid infolge der Flüchtigkeit desselben die Wirkung in der oben beschriebenen Weise erhöht. Natriumaluminat, als „Alumin“ bekannt, entsteht durch Auflösen von gepulvertem Alaun in Natronlauge bis zur Sättigung. Die angewendete Lösung ist etwa $15\text{--}20^\circ \text{ Tw.}$ stark, das Material wird durchpassiert und getrocknet. Während des Trocknens bildet die Kohlensäure der Luft Natriumkarbonat mit der Natronlauge unter Abscheidung von Aluminiumhydroxyd. Doch genügt die Dauer des Trocknens selten zur vollständigen Zersetzung des Aluminates. Dasselbe wird durch ein nachträgliches Bad in verdünntem Chlorammonium erzielt, welches das Aluminat momentan zersetzt.

Sowohl Ammonsulfat als auch Ammonchlorid können zur Herstellung feuerbeständiger Textilwaren verwendet werden. Eines der billigsten Verfahren, welches oft angewendet wird, ist folgendes: Man imprägniert die Ware mit einer kochenden Lösung von 16 Pfd. Bleiazetat, 12 Pfd. Zinksulfat in 60 Gallonen Wasser, läßt über Nacht drin, kocht am Morgen wieder auf und trocknet. Nach dem Abkühlen gibt man in eine Alaunlösung, welche $\frac{1}{2}$ Pfd. Alaun pro Gallone Wasser enthält, und trocknet ohne vorheriges Spülen. In Europa wird für

feinere Artikel Natriumwolframat verwendet, doch ist es teuer und nicht dauerhaft.

Eine der besten Ammoniumverbindungen zum Zwecke der Feuerfestmachung ist das Ammonphosphat, welches sehr wirksam und zudem sehr einfach anzuwenden ist. Wird das Textilgut mit einer 10 %igen Lösung von Ammonphosphat imprägniert und getrocknet, so wird die Entzündungstemperatur desselben so erhöht, daß es durch die dann einsetzende rapide Entwicklung von Kohlensäure und Ammoniak in Verbindung mit der frei werdenden Phosphorsäure unbrennbar wird. Neben ihrer Wirkung auf die Faser selbst erzeugen die beiden Gase auch eine inerte Atmosphäre um die Masse herum, welche keinen freien Sauerstoff enthält und infolgedessen auch nicht brennbar ist. Die Fasern werden bedeutend steifer, verkohlen aber, ohne sich zu entzünden. Doch hält der Effekt nach dem Waschen nicht an.

Nach einem andern Verfahren wird das Ammoniumphosphat mit Hilfe von Magnesiumsalzen als unlösliches Magnesiumammoniumphosphat auf der Faser fixiert. Das Material wird zuletzt mit einer konzentrierten Lösung eines Phosphates, vorteilhaft mit Monocalciumphosphat getränkt, getrocknet und dann durch eine ammoniakalische Lösung von Magnesiumchlorid, aus Ammoniak, Ammonchlorid und Magnesiumsulfat hergestellt, passiert. Das unlösliche Salz wird so auf und in der Faser niedergeschlagen und nach dem Spülen in stark verdünntem Ammoniak und Trocknen ein praktisch nicht entflammbares Produkt erhalten. Diese Eigenschaft wird durch Waschen oder Bürsten nur wenig verringert. Bei der Herstellung der ammoniakalischen Lösung von Magnesiumchlorid muß beobachtet werden, daß Magnesiumhydrat im Chlorammonium löslich ist, und daß Ammoniak in einer Magnesiumlösung, welche überschüssiges Ammoniumchlorid enthält, keinen Niederschlag erzeugt; infolgedessen muß Sorge getragen werden, daß genügend Chlorammonium vorhanden ist, um die Fällung des Magnesiumhydrates zu verhindern. Das leichte Spülen in Ammoniakwasser nach der Operation dient dazu, den Prozeß zu vervollständigen, indem alles mit der Faser nicht verbundene Hydrat gefällt und gewegewaschen wird.

Um Textilwaren mit Hilfe von Stärkeverbindungen in nicht brennbare Produkte überzuführen, wendet man folgende Mischung an:

10 Teile Natriumhyposulfit (gekörnt),	5 Teile Borax und
10 „ Getreidestärke,	10 „ Magnesiumhydrat.
10 „ Kochsalz,	

Dieselben werden gut zusammen vermischt, Wasser bis zur gewünschten Konsistenz zugegeben und gekocht. Die Wirkung ist vollständig mechanischer Art und nicht dauerhaft.

Die französische Akademie der Wissenschaften hat für das folgende Verfahren, welches auf der Anwendung von Ammonsalzen beruht, eine Ehrenmedaille verliehen: 8 Pfd. Ammonsulfat, 2,5 Pfd. Ammonkarbonat, 3 Pfd. Borsäure, 8 Pfd. Borax, 2 Pfd. Stärke, 0,4 Pfd. Dextrin, und 100 Pfd. Wasser werden gemischt und bei 30° C auf der Mangelmaschine mit dem Stoff in Berührung gebracht und im Trockenschrank getrocknet.

Das folgende Rezept ist ebenfalls aus Frankreich: 15 Pfd. Ammonchlorid, 6 Pfd. Borsäure, 3 Pfd. Borax und 100 Pfd. Wasser. Keines der beiden Verfahren erlaubt eine Wäsche der imprägnierten Ware.

Aus dem Vorhergehenden ist zu erkennen, daß die Anwendung der verschiedenen Verfahren in bedeutendem Maße davon abhängt, ob das zu erzielende Produkt gewaschen werden muß oder nicht. Wenn nicht, was gewöhnlich bei Dekorationstüchern der Fall ist, kann eine Mischung verwendet werden, welche einen oder mehrere der folgenden Körper enthält: Metalloxyde, wie von Zinn oder Aluminium, Ammoniumverbindungen, wie das Chlorid oder das Phosphat, Natriumphosphat, -borat, -silikat, Wolframat oder Alaun.

In vielen Fällen ist es nur notwendig, das Material mit der beschriebenen Mischung zu tränken, muß das Produkt aber gewaschen werden oder wird es durch Gebrauch abgenutzt, so muß das feuerbeständige Agens wenn möglich in und auf der Faser niedergeschlagen werden, z. B. mit Hilfe einer doppelten Umsetzung, wie sie in den Vorschriften für die Herstellung von Zinn- oder Aluminiumoxydnieder schlägen angegeben sind.

Nanson empfiehlt zur Behandlung von Textilwaren, welche feuerbeständig gemacht werden sollen, den in Abb. 205 gezeigten Apparat.

XIX. Merzerisierte Baumwolle.

1. Herkunft des Namens. Unter Merzerisieren versteht man die Operationen, bei denen Baumwolle mit konzentrierten Ätzalkalien behandelt wird. Im engeren Sinne bezeichnet man damit das Verfahren, der Baumwolle durch Behandeln mit Ätzalkalien unter gleichzeitiger Streckung, um eine Kontraktion zu verhindern, einen höheren Glanz zu verleihen. Der Name stammt von John Mercer, welcher 1844 als erster die Einwirkung von starken Ätzalkalien auf die Zellulosefaser erkannte. Doch hat der Prozeß erst im letzten Jahrzehnt technische Bedeutung erlangt. In den letzten Jahren ist praktisch eine neue Textilfaser dadurch eingeführt worden.

2. Die erste Erfindung des Prozesses. Mercer hat sich 1850 ein Verfahren schützen lassen, in dem er bereits alle praktisch wichtigen Bedingungen zur Herstellung einer merzerisierten Faser, mit Ausnahme der Streckung während der Laugenbehandlung, beschreibt.

Mercers Originalpatent ist so wichtig nicht nur in bezug auf die Behandlung von Baumwolle mit Ätzalkalien, sondern überhaupt auf ihr Verhalten zu chemischen Reagenzien, daß es interessant ist, an diesem Orte die wichtigsten Stellen des Patentes kennenzulernen. Es lautet:

Meine Erfindung betrifft die Behandlung vegetabilischer Fasern und Gewebe, Baumwolle, Flachs usw. in rohem oder ausgerüstetem Zustand, mit Ätznatron oder Ätzkali, verdünnter Schwefelsäure oder Zinkchlorid bei einer Konzentration und Temperatur, welche zur Erzielung des neuartigen Effektes und der neuen Eigenschaften, welche nachfolgend beschrieben werden, genügt.

Das vorliegende Verfahren zur Anwendung für gebleichte Stoffe aus irgendwelchen vegetabilischen Fasern ist folgendes: Ich passiere den Stoff durch eine Maschine, welche mit Natron- oder Kalilauge von etwa 60—70° Tw. beschickt ist,

bei gewöhnlicher Temperatur, z. B. bei 60° F und darunter, wasche dann den Stoff, ohne ihn zu trocknen, mit Wasser, passiere durch verdünnte Schwefelsäure und wasche wieder; oder ich lasse den Stoff über und unter einer Reihe von Walzen durchgehen in einem Gefäß, welches Kali- oder Natronlauge von 40—50° Tw. bei Zimmertemperatur enthält. Die letzten 2 Walzen sind so angeordnet, daß der Überschuß an Lauge in das Gefäß abgequetscht wird. Dann passiert der Stoff eine Reihe von Walzen in einer Serie Becken, welche zuerst nur mit Wasser beschickt sind, so daß im letzten Becken das Alkali fast vollständig ausgewaschen ist. Der Stoff wird nun noch einmal durch die obenerwähnte Maschine gelassen, dann mit Wasser gewaschen, durch verdünnte Schwefelsäure passiert und wieder mit Wasser gewaschen.

Zur Ausführung vorliegender Erfindung für rohen und ungebleichten Stoff aus vegetabilischen Fasern koche oder tauche ich denselben zuerst in Wasser, bis er gründlich durchnetzt ist, entferne das überschüssige Wasser durch Ausquetschen und passiere den Stoff durch Natron- oder Kalilauge, wie oben beschrieben.

In derselben Art läßt sich meine Erfindung für gebleichte oder ungebleichte Ketten (Zettel) anwenden, wobei dieselben nach dem Imprägnieren zwischen Rollen oder durch eine Öffnung in einer Metallplatte durchgezogen werden, um das überschüssige Alkali zu entfernen, dann durch Wassertröge passiert, gesäuert und gewaschen wie oben.

Wenn Zwirn oder Garn in Knäueln behandelt werden soll, so tränke ich das Garn im Alkali und presse es aus, wie es beim Ausrüsten oder Färben geschieht, wasche, säure und wasche wieder wie oben.

Wenn Stoff aus vegetabilischen Fasern, wie aus Baumwolle, Flachs usw., in der oben beschriebenen Weise durch Eintauchen, Tränken oder in irgendeiner Art und Weise behandelt, dann der Überschuß an Alkali entfernt worden ist, so hat der Stoff neue, wertvolle Eigenschaften erhalten, wovon ich die wichtigsten beschreibe. Er ist sowohl in der Länge als auch in der Breite zusammengeschrumpft, oder seine äußeren Dimensionen sind kleiner geworden, er ist aber dichter und geschlossener, so daß durch die chemische Reaktion von Alkali auf Baumwolle oder andere vegetabilische Fasern ein Effekt erreicht wird, ähnlich demjenigen des Füllens oder Kräuselns der Wolle. Der Stoff hat größere Festigkeit und Haltbarkeit erhalten, jede einzelne Faser ist gegen Bruch widerstandsfähiger. Er ist also durch die Behandlung mit Alkali fester geworden und zeigt ferner stark erhöhte Aufnahmefähigkeit für Farbstoffe sowohl beim Färben als auch beim Drucken.

Zweitens verwende ich verdünnte Schwefelsäure von 105° Tw., bei einer Temperatur von 60° F und darunter, an Stelle von Natron- oder Kalilauge und verfare in jeder Hinsicht gleich wie bei der Verwendung von Alkali, außer daß das letzte Säuern hier nicht nötig ist.

Drittens wende ich statt Natron- oder Kalilauge Lösungen von Chlorzink von 105° Tw. bei 150—160° F an und verfare im übrigen gleich wie bei Anwendung von Alkali.

Bei der Behandlung von gemischten Geweben, zum Teil aus vegetabilischen, z. B. aus Woll- oder Seiden- oder andern animalischen Fasern bestehend, wie Halbwolle, bevorzuge ich eine Konzentration des Alkalis von nicht über 40° Tw. und eine Temperatur unter 50° F, da sonst die animalischen Fasern zerstört werden.

Mercer fand ferner, daß starke Lösungen von Kalziumchlorid, Zinnchlorid, Arsensäure, Phosphorsäure, ebenfalls den Mercerisierereffekt ergeben, aber weniger wirksam und stärker störend sind als kaustische Alkalien.

Mercer verwendete das Verfahren einzig zur Erhöhung der Festigkeit und Stärke von Baumwollfabrikaten, da er keine Spannung anwendete, bemerkte er den erhöhten Glanz nicht sehr deutlich. In seiner „Traité de l'Impression“ (1846) beschreibt Persoz eine Methode zum Färben von Manganbronze, bei welcher in Frankreich Natronlauge von

35° Bé. angewendet wurde, und erwähnt, daß diese Konzentration notwendig sei, um ein Schrumpfen des Produktes zu erreichen. Die Wirkung von konzentrierter Natronlauge auf Baumwolle scheint, wenigstens was die Verkürzung der Fasern betrifft, demnach schon vor Mercer bekannt gewesen zu sein. Garnier und Depouilly verwendeten das Verfahren 1883 zur Herstellung von Crêpe. Lowe nahm 1890 ein englisches Patent, in dem er den Glanzeffekt beschreibt, den man durch Anwendung von Zug während der Merzerisierung erzeugt. Die Kombination der Patente von Mercer und Lowe beschreiben ausführlich alle notwendigen Bedingungen für die Merzerisierung, wie sie heutzutage ausgeführt wird. Der Prozeß der Merzerisierung war Gegenstand einer großen Anzahl Patente, hauptsächlich deutscher Patente von Thomas und Prevost. Das führte in vielen Ländern zu bedeutenden Prozessen. Was den eigentlichen chemischen Prozeß selbst betrifft, so scheinen diese Patente keine materiellen Fortschritte gegenüber den von Mercer zuerst entdeckten und von ihm 1850 patentierten Tatsachen zu enthalten; in bezug auf die Ausführungsform des Verfahrens unter Streckung muß bemerkt werden, daß dieselbe zuerst von Arthur Lowe 1890 geschützt wurde, und in dem Patent ist die Anwendung einer Streckvorrichtung sowohl während als auch nach dem Behandeln mit Alkali enthalten. Die Absicht, welche Lowe mit dem Strecken des Materials verfolgte, bestand allerdings in einer Kompensation des durch das Schrumpfen entstehenden Verlustes, doch bemerkt er auch, daß das Material gleichzeitig erhöhten Glanz erhalte. Die einzige Neuerung, welche Thomas und Prevost einführten, besteht in der Verwendung einer speziellen Baumwollart, nämlich der langstapeligen Varietäten; aber sowohl Mercer als auch Lowe beanspruchen die Verwendung aller Baumwollvarietäten, so daß es schwer einzusehen ist, auf Grund welcher Tatsachen Thomas und Prevost ihre Patentansprüche erheben. Patente, welche den Prozeß der Merzerisierung enthalten, scheinen keine Berechtigung zu besitzen; infolgedessen müssen dieselben lediglich auf die Ausführungsform in bezug auf Apparate begründet sein. In den Vereinigten Staaten und in Deutschland wurden die Patente von Thomas und Prevost auf Grund eines Beschlusses ungültig erklärt.

3. Das Wesen der Merzerisierung. Das Merzerisieren gehört im wesentlichen zu jenen chemischen Einflüssen auf Zellulose, bei welchen dieselbe in das sogenannte Zellulosehydrat verwandelt wird, obwohl der Ausdruck technisch im Zusammenhang mit der Herstellung eines seidenartigen Glanzes auf der Faser gebraucht wird¹.

¹ Es ist viel sowohl dafür als auch dagegen gesprochen worden, ob Zellulosehydrat eine definierte chemische Verbindung, welche Konstitutionswasser enthält, sei, und ob merzerisierte Baumwolle von gewöhnlicher Baumwolle sich chemisch unterscheiden lasse. Wichelhaus und Vieweg (Berichte 1907, S. 441 und 3880) zeigten, daß ein erheblicher Unterschied in der Alkohol-Äther-Löslichkeit der Nitrate von gewöhnlicher und merzerisierter Baumwolle bestehe, auch gibt die letztere eine größere Ausbeute an Benzoësäureester, und daraus wurde geschlossen, daß merzerisierte Baumwolle hydratisierte Zellulose sei. Schwalbe, Cross und Bevan, und Berl sind derselben Ansicht. Diese Verschiedenheiten in den Reak-

Allgemein bezeichnet man damit einfach das Imprägnieren von Baumwollgarn oder Stoff mit einer ziemlich konzentrierten kalten Lösung von Natronlauge und dem nachfolgenden Auswaschen des Alkaliüberschusses, wobei das Material entweder in gespanntem Zustand gehalten oder nach der Behandlung, doch vor dem Waschen durch Strecken wieder auf die ursprüngliche Länge gebracht wird. Auf jeden Fall muß das Material während dem Auswaschen gestreckt gehalten werden. Es gibt zwei Phasen im Merzerisierungsprozeß, welcher in den obigen Operationen repräsentiert ist, welche auseinandergehalten werden müssen, um den genauen Verlauf der Veränderung, die die Faser erleidet, zu verfolgen. Die eine besteht in der chemischen Einwirkung der Natronlauge und die andere im mechanischen Effekt, welcher durch die Streckung erzeugt wird. Die Wirkung der Natronlauge besteht in einer chemischen Veränderung in der Fasersubstanz, und beim Behandeln des Produktes mit Wasser tritt eine weitere chemische Reaktion ein.

Miller¹ ist der Meinung, daß die merzerisierte Baumwolle kein Zellulosehydrat darstelle. Wenn das Material vor und nach der Merzerisation bei 95° C getrocknet wird, resultiert durch die Behandlung ein geringer Gewichtsverlust anstatt einer Gewichtszunahme. Die hygroskopische Feuchtigkeit von merzerisierter Baumwolle ist dieselbe, ob sie bei 95° C im Ofen oder bei 25° C über Calciumchlorid getrocknet wird. Ein stabiles Hydrat zwischen diesen beiden extremen Temperaturen ist kaum denkbar. Über Schwefelsäure im Vakuum getrocknet, hat merzerisierte Baumwolle dieselbe prozentuale Zusammensetzung wie Baumwolle selbst. Andererseits unterscheidet sich merzerisierte Baumwolle erheblich von gewöhnlicher in gewissen chemischen Reaktionen, auch zeigt sie erhöhte Adsorptionsfähigkeit für atmosphärische Feuchtigkeit, Farbstoffe usw. Diese Tatsachen erklärt Miller damit, daß das Natriumhydroxyd während der Merzerisierung in Form einer festen Lösung in die Zellulose eintrete, und dieser Vorgang ist begleitet von einer teilweisen Umwandlung der Zellulose in ein Isomeres, wobei der Grad der Umwandlung von der Konzentration des Alkalis abhängt.

4. Alkali-Zellulose. Wie schon früher erwähnt wurde, besitzt Zellulose die Eigenschaft, sich mit Natriumhydroxyd im Verhältnis $C_{12}H_{20}O_{10} : NaOH$ zu einem Produkt, welches als Alkalizellulose, $C_{12}H_{20}O_{10} \cdot NaOH$ bekannt ist, zu verbinden. Die Bildung dieser Verbindung scheint die Struktur der Faserzellen nicht zu beeinflussen, wenn gewisse Bedingungen innegehalten werden. Die Alkalizellulose ist immerhin eine ziemlich labile Molekülverbindung und gegen chemische Einflüsse nicht sehr widerstandsfähig. Sie wird sogar durch Wasser zersetzt, welches die molekulare Bindung zwischen Alkali und Zellulose zerreißt unter Bildung von Natronlauge und Eintritt von Wasser in das Zellulosemolekül. Diese letztere Verbindung, welche als

tionen sind aber absolut keine Beweise für die Verschiedenheit in der chemischen Konstitution, da die Baumwollzellulose ein komplexer kolloider Körper ist und ihre Reaktionsfähigkeit wesentlich von physikalischen Änderungen im Molekül abhängt, welche nicht von einer eigentlichen chemischen Veränderung begleitet sein müssen.

¹ Berichte 1910, S. 3430.

Zellulosehydrat bezeichnet wird, bildet die chemische Grundsubstanz von merzerisierter Baumwolle. Die Theorie, daß Natronlauge eine eigentliche chemische Verbindung mit der Zellulose bilde, wird etwas durch die Tatsache gestützt, daß Alkalizellulose chemische Reaktionen eingehen kann, zu denen die Zellulose selbst nicht fähig ist. Z. B. wird die erstere leicht von einer ammoniakalischen Kupferoxydlösung gelöst, ist reaktionsfähig gegen Schwefelkohlenstoff unter Bildung von löslichem Zellulosethiokarbonat und reagiert ferner mit Benzoylchlorid und Essigsäureanhydrid unter Bildung von Zellulosebenzoëaten und -azetaten. Die Art der chemischen Veränderung von merzerisierter Baumwolle ist aber ziemlich wenig bekannt, ohne Zweifel kann sie unter die Klasse von Reaktionen eingereiht werden, welche zwischen gewöhnlichen physikalischen und chemischen Veränderungen liegt und muß

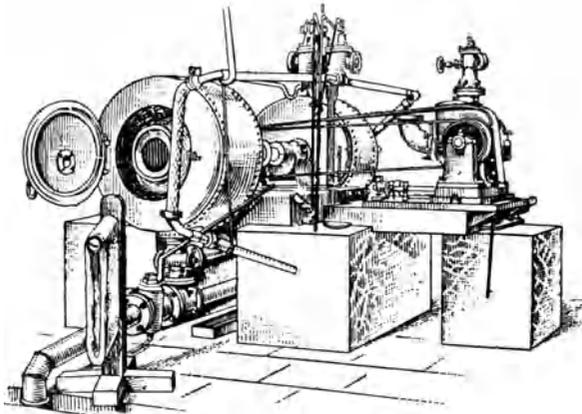
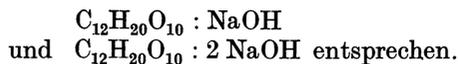


Abb. 206. Zentrifugal-Strang-Merzerisiermaschine. (Klenewefer.)

speziell betrachtet werden in Beziehung zu Substanzen mit großen komplexen Molekülen, wie verschiedenen Kolloiden und der großen Anzahl der natürlich vorkommenden Kohlenhydrate, Stärkearten, Gummi usw. Die Tatsache, daß keine sichtbare strukturelle Änderung eintritt, welche durch ihre physikalischen Eigenschaften oder mikroskopische Beschaffenheit bemerkt werden könnte, ist ein starkes Argument gegen eine chemische Veränderung im Molekül, welche letztere eine Neuordnung der Atomgruppierung in der Fasersubstanz erfordern würde. Das würde eine Zerstörung der organischen Struktur zur Folge haben, und in einer Abnahme der Festigkeit und in einem Zusammenbruch der Faser selbst zum Ausdruck kommen. Doch bewirkt die Merzerisierung keine solche Veränderung, im Gegenteil ist die Zugfestigkeit erheblich gestiegen und die Faserzellen zeigen keine Tendenz zur Zerstörung.

Nach Schwalbe¹ zeigt die Absorptionskurve von Baumwolle gegenüber Natronlauge zwei markante Stellen, welche den Molekularverhältnissen



¹ Berichte 1907, S. 3876.

Schwalbe schreibt der Alkalizellulose die Formel $C_{12}H_{19}O_{10}Na$ zu und betrachtet sie als eine wohldefinierte chemische Verbindung, welche noch mehr Alkali bis zur Bildung von $C_{12}H_{19}O_{10}Na \cdot NaOH$ aufnehmen kann.

Alkalizellulose wird an der Luft durch die darin enthaltene Feuchtigkeit und Kohlensäure zersetzt. Wenn die Alkalizellulose mit Wasser frei von Natrium gewaschen, d. h. vollständig in Hydrozellulose übergeführt wird, so besitzt die letztere eine größere Aufnahmefähigkeit für substantive Farbstoffe als Alkalizellulose, welche mit heißem, absolutem Alkohol gewaschen wurde. In letzterem Falle tritt keine Hydratation der Zellulose ein¹.

Beim Waschen mit kaltem, absolutem Alkohol wird Alkalizellulose nicht zersetzt. Dadurch ist man imstande, die Menge an gebundenem Alkali in Zellulose, welche mit Natronlauge von verschiedenen Konzentrationen behandelt wurde, zu bestimmen. Heißer Alkohol dagegen zersetzt Alkalizellulose.

Vieweg² hat die Absorption von Natronlauge durch Baumwolle auf folgende Weise untersucht: 3 g reine Baumwolle, bei 100° C getrocknet, wurden in 200 cm³ Natronlauge von verschiedener Konzentration getränkt. Nach zweistündigem Stehen wurden 50 cm³ jeder Probelösung abpipettiert und mit n/10 Schwefelsäure und Phenolphthalein als Indikator titriert. Die Abnahme der Stärke der Natronlauge erlaubte die Berechnung des von der Baumwolle gebundenen Alkalis. Er erhielt folgende Zahlen:

Konzentration des NaOH:												
g/NaOH pro 100 cm ³ Wasser	0,4	2,0	6,0	8,0	12	20	24	28	33	35	40	
Gebundenes NaOH:												
g/NaOH pro 100 g Baumwolle	0,4	0,9	2,7	4,4	8,4	13	13	15,4	20,4	22,5	22,5	

Es ist zu beachten, daß die Absorption an zwei Punkten konstant verläuft, bei einer Konzentration von etwa 16% NaOH und wieder bei 35% NaOH. Die Absorption in jedem Falle entspricht ungefähr den Alkalizelluloseverbindungen $(C_6H_{10}O_5)_2 \cdot NaOH$ und $(C_6H_{10}O_5)_2 \cdot 2NaOH$.

Hübner und Teltscher³ haben dieses Problem in etwas anderer Weise studiert: 10 g gereinigte Baumwolle wurden in 600 g Natronlauge von verschiedener Konzentration 67 Stunden getränkt. Der Überschuß an Alkali wurde dann abgesogen und die Proben mit absolutem Alkohol kalt gewaschen, bis mit Phenolphthalein keine alkalische Reaktion mehr auftrat. Die Menge von gebundenem Alkali wurde dann durch Veraschung bestimmt⁴.

¹ Miller, Berichte 1910, S. 3430.

² Berichte 1907, S. 3876.

³ Journ. Soc. Chem. Ind. 1909, S. 641.

⁴ Die Arbeiten von Hübner und Teltscher wie auch die von Miller (Chem. Zg. 1905, S. 491) scheinen die früheren Untersuchungen von Vieweg und von Gladstone in keiner Weise zu bestätigen, da sie gar keine Anhaltspunkte für die Existenz einer Verbindung von Zellulose mit Ätznatron enthalten. Nach den Untersuchungen von Ost und Westoff (Chem. Zg. 1909, S. 198) zeigen sowohl merzerisierte als auch aus frischer Viskose regenerierte Zellulose, wenn sie von hygroskopischer Feuchtigkeit durch Erhitzen auf 120—125° C befreit sind, die gleiche Formel wie gewöhnliche Zellulose $(C_6H_{10}O_5)_n$. Das scheint gegen die Existenz

Die Resultate sind in folgender Tabelle zusammengestellt:

g NaOH. in 100 cm ³ Flüssigkeit	° Tw	Von 100 g Baumwolle zurückgehaltene NaOH in g	Anzahl der Washungen mit absolutem Alkohol
0,4	1	0,190	6
2,3	5	0,198	13
4,19	10	0,330	17
8,68	20	0,710	30
9,98	23	1,456	38
11,47	26	2,752	45
13,39	30	3,250	63
15,47	35	3,298	70
17,67	40	3,600	74
20,03	45	3,184	81
22,42	50	2,722	86
27,10	60	2,824	89
31,74	70	3,030	91
36,54	80	3,024	96

In bezug auf den Einfluß von Salzen auf die Reaktion von Natronlauge auf Baumwolle beim Merzerisierprozeß gibt Vieweg folgende Werte, welche einer Absorption bei 20° C entsprechen:

Stärke der Lauge %	% absorbiertes Lauge		Stärke der Lauge %	% absorbiertes Lauge	
	Aus reiner Lauge	Lauge, ge- sättigt mit Kochsalz		Aus reiner Lauge	Lauge, ge- sättigt mit Kochsalz
2	0,9	3,8	16	11,3	17,1
4	2,7	3,8	20	13,2	17,4
8	4,4	6,4	24	12,8	18,5
12	8,4	14,5			

Harrison gibt an, daß die Reaktion von kaustischer Soda auf Baumwolle von verschiedenen Forschern wie folgt erklärt wurde:

Mercer (1850)	(C ₆ H ₁₀ O ₅) ₂ · Na ₂ O
Thiele	C ₁₂ H ₂₀ O ₁₂ · 2NaOH
Beilstein (3. Aufl., I, 1074)	2 · C ₆ H ₁₀ O ₅ · NaOH
Cross (aus „Viskose“)	C ₆ H ₁₀ O ₅ · 2NaOH
Gladstone (Journ. Chem. Soc. 17, 1862)	C ₁₂ H ₂₀ O ₁₀ · NaOH
Crum (Journ. Chem. Soc. 16, 406)	C ₁₂ H ₂₀ O ₁₀ · 2NaOH
Cross and Bevan (Cellulose, S. 23)	C ₁₂ H ₂₀ O ₁₀ · 2NaOH

Mercer und Gladstone leiteten ihre Formel aus der Menge NaOH ab, welche nach dem Behandeln von Baumwolle mit Natronlauge und Waschen mit Alkohol zurückgehalten wurde. Hübner und Teltscher führten zahlreiche Versuche, ähnlich denjenigen von Mercer und Gladstone, aus, ohne Anhaltspunkte für die Bildung einer bestimmten Zellulose-Alkaliverbindung zu finden. Vieweg fand bei der Bestimmung der

einer bestimmten chemischen Verbindung zwischen Zellulose und Natriumhydroxyd zu sprechen, ebenso gegen die Annahme, daß merzerisierte Baumwolle eine hydratisierte Zellulose sei, welche Wasser in Form von Konstitutionswasser enthalte.

von Baumwolle aus verschiedenen konzentrierten Natronlauge aufgenom-
menen Mengen Alkali zwei deutliche Punkte bei 15, und 40 % NaOH,
welche den Verbindungen $(C_6H_{10}O_5)_2NaOH$ und $(C_6H_{10}O_5)_2 \cdot 2 NaOH$
entsprechen. Miller behauptet, daß zwischen Zellulose und kaustischer
Soda keine Verbindung bestehe, und nimmt an, daß die Resultate von
Vie weg einer Lösungserscheinung zuzuschreiben seien. Harrison selbst
ist der Ansicht, daß es sehr wahrscheinlich ist, daß zwischen Zellulose
und Natronlauge Absorptionsverbindungen gebildet werden ähnlich den-
jenigen, welche man bei vielen anderen Kolloiden beobachtet; da aber
durch gewisse Laugenkonzentrationen Änderungen im physikalischen
Zustand der Faser eintreten, wird die gewöhnliche Absorptionsformel
nicht erfüllt.

5. Physikalische Veränderung der Baumwollfaser beim Merzerisieren.

Wenn die Baumwolle in eine konzentrierte Natronlauge getaucht wird,
erleidet sie eine eigenartige Änderung ihrer physikalischen Beschaffen-
heit; sie scheint das Alkali zu absorbieren, schwillt zylindrisch auf, so
daß ihr Aussehen mehr einem Haar als einem flachen Band ähnlich sieht;
die Faser dreht sich ferner auf und wird gerader, wobei sie sich gleich-
zeitig in der Längsrichtung erheblich zusammenzieht. Das Innere der
Faser erhält ein gelatineartiges Aussehen, wird etwas lichtdurchlässig,
obwohl die Struktur noch erhalten bleibt. Die Oberfläche der Faser
wird runzelig infolge einer ungleichmäßigen Ausdehnung des Innern. In
Teilen der Oberfläche erscheint geringer Glanz, der aber, da er von der
ungleichen Streckung und Schrumpfung der äußern Haut herrührt,
ungleichmäßig und nicht sehr stark ist. Ferner nimmt die Faser auch
etwas an Gewicht zu.

Die physikalischen Veränderungen der Baumwolle beim Merzerisieren
werden von Hübner und Pope¹ wie folgt angegeben:

Stärke der Lauge:	Effekt:
bis 15° Tw.	Keine merkbare Änderung.
„ 16—18° Tw.	Geringe, aber unvollständige Zwirnung.
„ 20° „	Beginnende Ausdrehung, gefolgt von einer Ab- wicklung der Zwirnung.
„ 26° „	Rapide Abwicklung, während 5 Sekunden.
„ 40° „	Aufdrehung und Abwicklung gleichzeitig.
„ 60—80° „	Das Aufquellen geht rascher als das Aufdrehen.

6. Veränderungen der Eigenschaften. Die physikalischen Änderungen
in der Faser sind begleitet von einer bemerkenswerten Zunahme der
Zugfestigkeit, welche in den meisten Fällen 30—50 % beträgt; die Fasern
weisen ferner eine größere Aufnahmefähigkeit für viele Lösungen, be-
sonders von Farbstoffen, auf. Die Zunahme der Zugfestigkeit beruht
wahrscheinlich darauf, daß das Innere der Faser durch die Merzerisierung
fester verbunden wird, indem die Zwischenräume zwischen den einzelnen
Zellwänden ausgefüllt werden.

Auf diese Art erhält die Faser als Ganzes mehr Festigkeit; die innere
Spannung zwischen den Einzelzellen (welche nach dem Trocknen und
Einschrumpfen der reifen Faser bedeutend sein muß) ist zweifellos

¹ Journ. Soc. Chem. Ind. 1904, S. 404.

geringer geworden und vergrößert infolgedessen die Gesamtfestigkeit der Faser. Aus der Tatsache, daß die Fasern durch das Merzerisieren in ihrer Längsrichtung einschrumpfen, schließt man, daß die Zellelemente sich quer zum Faserkanal zusammengezogen haben, und, durch die Wirkung des Ätzalkalis wieder ausgedehnt, in ihrer Länge verkürzt und dichter aneinander gepackt werden.

Grosheintz gibt folgende Resultate von Versuchen über den Einfluß der Merzerisierung auf die Zugfestigkeit von Baumwolle an: Nichtmerzerisiertes Garn bricht bei einer Belastung von 356—360 g; das gleiche Garn in kalter wässriger Natronlauge (35° Bé) merzerisiert bei 530—570 g; mit kalter alkoholischer Natronlauge behandelt bei 600 bis 645 g; mit heißer alkoholischer Lauge bei 690—740 g.

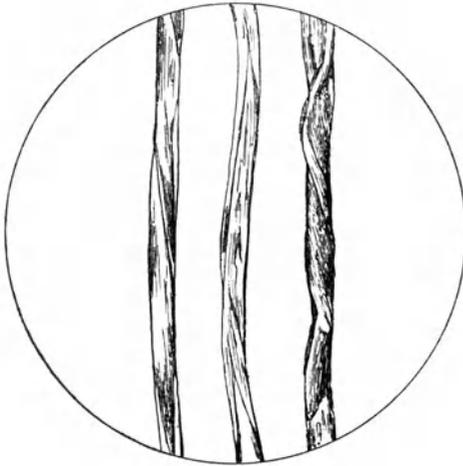


Abb. 207. Merzerisierte Baumwolle.

Nach Bowman¹ beträgt die Zunahme der Streckfestigkeit durch die Merzerisierung bei einfachen Baumwollgarnen ($\frac{20}{1}$ — $\frac{60}{1}$) etwa 32%, bei doppelten Garnen 50%. Die Garne wurden ohne Streckung mit kalter Natronlauge von 1,35 spezifischem Gewicht merzerisiert und erst beim Spülen gestreckt.

Die erhöhte Affinität von merzerisierter Baumwolle gegenüber Farbstoffen ist nicht als eine infolge chemischer Veränderungen der Zellulose entstandene neue Eigenschaft

zu betrachten, sondern sie ist zweifellos das Produkt der Modifikation der physikalischen Struktur der Faser selbst; denn wenn die Zellelemente wie ein Schwamm aufquellen, vermögen sie mehr Flüssigkeit aufzunehmen und zurückzuhalten, als wenn sie schlaff und eingefallen sind.

7. Der Glanz der merzerisierten Baumwolle. Der hohe Glanz, welcher merzerisierter Baumwolle eigen ist, beruht noch auf anderen Ursachen als der bloßen Einwirkung des Ätzalkalis. Es wurde behauptet, daß der Merzerisierereffekt auch erreicht werden könne, wenn man statt Anwendung von Spannung dem alkalischen Bad Glukose oder andere Substanzen, wie Äther, Aluminiumchlorid usw., zusetze. Doch ist sehr fraglich, ob damit ein hoher Glanz erzielt werden kann.

Durch die Schwellung der Zellwände und die darauffolgende Kontraktion der Faser erscheint die Oberfläche gerunzelt und uneben, hervorgerufen durch die ungleiche Ausdehnung. Wenn dagegen die Enden der Faser festgehalten und so eine Kontraktion verhindert wird, bleibt

¹ Structure of Cotton Fiber, S. 227.

die Oberfläche glatt, und ähnlich wie eine polierte Oberfläche ist sie imstande, Licht mit nur geringer Zerstreuung der Strahlen zu reflektieren. Hübner und Pope¹ haben beobachtet, daß beim Merzerisieren die bandähnliche Faser aufgedreht wird, und betrachten diese Änderung der Zwirnung als ausschlaggebend für die Entstehung des Glanzes. Sie geben ferner an, daß bei Anwendung einer Lauge von 40° Tw. und mehr die Quellung der Entzwirnung folge, bei einer Lauge unter 40° Tw. folge die Entzwirnung der Quellung. Da 40° Tw. die niedrigste Konzentration ist, bei welcher ein Merzerisierungseffekt erzielt werden kann, folgern sie, daß zur Erzeugung eines Glanzes eine solche Laugenkonzentration notwendig ist, bei welcher eine Aufdrehung der Faser erfolge. Eine andere Ursache zur Entstehung des Glanzes hängt zweifellos auch zusammen mit der physikalischen Beschaffenheit der Zellelemente selbst. Wenn die Faser unter der Einwirkung des Ätzalkalis aufquillt, wird ihre Substanz gelatinös und durchscheinend, und das hat einen erheblichen Einfluß auf die optischen Eigenschaften der Faser und erhöht den Glanz beträchtlich, indem die Menge des absorbierten Lichtes vermindert wird.

Dr. Frankel hat die Ansicht ausgesprochen, daß der hohe Glanz der merzerisierten Baumwolle hauptsächlich davon herrühre, daß die Faser während der Merzerisierung ihre Kutikula verliere. Doch ist diese Theorie durch die Tatsache widerlegt, daß merzerisierte Baumwolle, welche noch einmal der Einwirkung von starkem Alkali unterworfen wird, sich wieder fast so stark wie rohe Baumwolle zusammenzieht und ihren Glanz verliert. Nach Minajeff² ist die Kutikula sowohl in merzerisierter als auch in gebleichter Baumwolle noch vorhanden. Die Kutikula enthält inkrustierende Körper, wie Fette, Wachse, Farbstoffe, und eine Substanz, welche Kutin genannt wird und in Schwefelsäure unlöslich ist. Durch Prozesse, bei welchen Alkali verwendet wird, wie Merzerisieren, Beuchen, Bleichen, wird wohl die Wachs- und Fettsubstanz, nicht aber die Kutikula selbst entfernt. Bei der Untersuchung der Einwirkung verschiedener Reagenzien auf die Baumwollfaser unter dem Mikroskop kam Minajeff zu folgenden Resultaten: Die Kutikula der rohen Faser widersteht der Einwirkung von konzentriertem Kupferoxydammoniak, ziemlich schwacher Schwefelsäure (aber nicht konzentrierter), konzentrierten alkalischen Flüssigkeiten beim Kochen wie beim Merzerisieren. Die Kutikula der gebleichten Faser zeigt die gleichen Eigenschaften wie die der rohen, wenn auch nicht im selben Grade.

Hübner und Pope³ schreiben den Glanz der merzerisierten Baumwolle der Reflexion des Lichtes an den spiraligen Windungen auf der Oberfläche der Faser, welche von den ursprünglichen Drehungen herrühren, zu. Der Verfasser und ebenso Lange⁴ erklärten den Glanz einfach aus der durch die Aufquellung erfolgenden Streckung der Oberfläche der Faser, wobei eine glatte Fläche gebildet wird, welche das Licht besser reflektiert. Harrison⁵ gelangt zu demselben Schlusse auf Grund einer sorgfältigen

¹ Journ. Soc. Chem. Ind. 1904, S. 404.

² Z. Farben-Ind. 1908, S. 1 u. 17.

³ Journ. Soc. Chem. Ind. 1904, S. 410.

⁴ Gerber-Zg. 1898, S. 197.

⁵ Journ. Soc. Dyers and Col. 1915, S. 202.

Untersuchung der Faser mit Hilfe des Mikroskops. Wenn, wie Hübner und Pope behaupten, der einzige Unterschied von mit und ohne Streckung merzerisierter Baumwolle in der Abwesenheit von korkzieherartigen Drehungen bei den letzteren liegt, so müßte lose merzerisierte Baumwolle, welche solche Drehungen besitzt, Glanz aufweisen. Wenn man eine Anzahl Fasern an beiden Enden einklemmt und sie dann merzerisiert und die Fasern nur so stark einschrumpfen läßt, daß sie gestreckt bleiben, aber kein Zug auf sie ausgeübt wird, sie dann in den Haltern wäscht und trocknet, so findet man, daß sie nur wenig oder keinen Glanz besitzen. Wenn man sie aber wieder merzerisiert, ohne sie aus den Klammern genommen zu haben, und sie vor dem Waschen auf ihre ursprüngliche Länge streckt, so werden sie glänzend. Offenbar ist die Zahl der Drehungen pro Faser in jedem Falle gleich und die Zahl der Drehungen pro Zentimeter ist größer bei der ohne Anwendung von Zug merzerisierten Faser, so daß diese Resultate mit der von Hübner und Pope verfochtenen Theorie nicht in Einklang stehen.

Harrison ist der Ansicht, daß die Schrumpfung der Faser während der Merzerisierung herrührt von Spannungen in der Faser, welche auftreten, wenn die Faser mit der Natronlauge aufgeweicht wird.

Um diese Ansicht zu begründen, führt Harrison zwei Versuche mit Stärke an. Er zeigte, daß das charakteristische Aussehen von Stärkekörnern unter polarisiertem Licht Spannungen in den Körnern zuzuschreiben sei, indem die gleiche Erscheinung bei Gelatinetropfen hervorgerufen wurde, in welchen diese Spannungen durch Trocknenlassen erzeugt wurden; daß ferner mit dem Eliminieren dieser Spannungen durch Lösen der Körner in heißem Wasser die Wirkung des polarisierten Lichtes verschwand. Ein ähnliches Resultat wurde mit Baumwolle erhalten.

Unter polarisiertem Licht zeigt die Baumwollfaser zwischen gekreuzten Nicols starke Aufhellung. Wenn die Fasern mit Schweitzers Reagens behandelt werden, verschwindet dieser Effekt. Aufhellung tritt nur in den unvollständig gequollenen Partien auf, welche die Ränder der faßartigen Gebilde, welche bei nicht merzerisierter Baumwolle bekanntermaßen auftreten, bilden. Kunstseide aus Kupferoxydammoniaklösung zeigt Aufhellung zwischen gekreuzten Nicols, und dieselbe verschwindet ebenfalls, wenn man sie mit Schweitzers Reagenz behandelt. Ein Stab, welcher Spannungslinien parallel zu seiner Achse besitzt, zwischen gekreuzte Nicols gebracht und 90° um seine Achse in einer vertikalen Ebene zum einfallenden Licht gedreht, erscheint am dunkelsten, wenn er parallel oder senkrecht, am hellsten, wenn er in einem Winkel von 45° zur Polarisationsebene steht. Ein gutes Beispiel dafür ist ein Stab von nicht vulkanisiertem Kautschuk, welcher warm gestreckt und beim Abkühlen eingespannt wird. Es wurde gefunden, daß Baumwollfasern sich ähnlich wie solche gespannte Stäbe verhalten. Die Aufdrehung der Faser während des Merzerisierens beruht wahrscheinlich auf solchen Spannungen, welche teilweise spiralig verlaufen.

Die Untersuchung der Faser in polarisiertem Licht erlaubt eine Unterscheidung von merzerisierter und nichtmerzerisierter Baumwolle. Die spiraligen Spannungslinien, deutlich vorhanden in nichtmerzerisier-

ter, sind zerstreut in ohne Streckung merzerisierter und vollständig verschwunden in unter Spannung merzerisierter Baumwolle. Die Unterschiede bei der Betrachtung unter verschiedenen Winkeln zur Polarisationsebene kann zu ihrer Unterscheidung dienen. Der Unterschied im Aussehen von Querschnitten ist sehr erheblich.

8. Wirkung der Streckung. In bezug auf die Stärke und Elastizität von mit und ohne Spannung merzerisierter Baumwolle kann man einen beträchtlichen Unterschied wahrnehmen. Bun trock fand in einer Untersuchung dieses Problems, daß ohne Anwendung von Spannung merzerisierte Baumwolle eine Zunahme von 68% ihrer Zugfestigkeit aufwies, während die gleiche Baumwolle unter Spannung merzerisiert nur 35% an Stärke zunahm. In bezug auf die Elastizität des Garnes fand derselbe Chemiker, daß die nicht behandelte Baumwolle sich 11% ihrer Länge ausdehnen ließ, bevor sie brach, bei nicht in gespanntem Zustand merzerisierter Baumwolle betrug derselbe Wert 17%, also war eine Erhöhung um 54% eingetreten. Mit Anwendung von Spannung merzerisierte Baumwolle zeigte gar keine Erhöhung der Elastizität, d. h. konnte nur bis 11% ihrer Länge gestreckt werden, ohne zu reißen. Diese Zahlen gelten übrigens nicht genau für alle Baumwollvarietäten, wohl aber innerhalb gewisser Grenzen, und sind abhängig von der Art der angewendeten Rohbaumwolle. Es muß auch berücksichtigt werden, daß die Werte für die Zugfestigkeit und Elastizität, welche oben angegeben sind, für gesponnenes Garn gelten und nicht für die einzelne Faser. Im allgemeinen wird in der Praxis mit der Festigkeit des Garnes gerechnet, doch sind dessen Werte nicht in allen Fällen auch die Werte für die Faser selbst. Beim Merzerisieren von Garn oder Stoff muß in Betracht gezogen werden, daß die Fasern stark einschrumpfen, und dabei fester miteinander verbunden werden, deshalb die Zunahme der Festigkeit. Wie Bun trock behauptet, ist es viel eher die größere Kohäsion der Fasern zueinander als eine eigentliche Zunahme der Festigkeit der einzelnen Faser; denn beim Zerreißen eines aus vielen einzelnen Fasern gesponnenen Garnes beobachtet man wenig oder kein Brechen der einzelnen Fasern, sondern nur ein Auseinanderreißen der letzteren. Die nämliche Untersuchung genügt auch zur Bestimmung der Elastizität. Es würde wissenschaftlich einwandfreier sein, die Zugfestigkeit und Elastizität der einzelnen Fasern zu bestimmen, statt derjenigen des Garnes oder Stoffes, doch kann mit einigem Grund behauptet werden, daß die von Bun trock aufgestellten Zahlen auch gut die Beziehung zwischen Elastizität und Festigkeit bei der einzelnen Faser illustrieren. Die Ursache der geringeren Zunahme der Festigkeit von in gespanntem Zustand merzerisierter, verglichen mit lose merzerisierter Baumwolle ist der Tatsache zuzuschreiben, daß, wenn das Eingehen der Faser durch Anwendung einer äußeren Kraft verhindert wird, die Zellgewebe nicht so kompakt gelagert werden können und dadurch eine innere Spannung verursacht wird, welche die größte Festigkeit der Faser verringert. Dieselben Tatsachen gelten auch für das Fehlen jeglicher Zunahme der Elastizität der unter Spannung merzerisierten Faser; denn die so behandelte Faser ist immer noch in einem gestreckten oder gespannten Zustand und kann nicht mehr die-

selbe Elastizität aufweisen, wie wenn kein Zug angewendet wurde, da ein gewisser Teil ihrer Elastizität durch das Strecken verbraucht wurde.

9. Die Wirkung des Merzerisierens auf die physikalischen Eigenschaften der Garne. In einer von R. S. Thoms¹ über den Effekt des Merzerisierens und Bleichens auf Baumwollgarne gemachten Untersuchung gelangte er zu folgenden Resultaten:

	Roh	Gebeucht	Merzerisiert	Merzerisiert u. gebleicht, Chlorkalk
Gewichtsverlust in Prozent	0	5,53	4,61	3,02
Verlust an Länge in Prozent	0	1,95	1,00	0,37
Mittlere Nummer	16,46	17,66	17,42	17,35
Bruchbelastung in Pfund (engl.)	97,00	72,41	82,19	86,41
Doppelfadenbruch in Unzen	27,68	23,26	26,12	27,55
Doppelfadenstreckung in $\frac{1}{16}$ inch	20,57	14,22	11,08	10,25
Mittlere Drehungen pro inch	20,18	19,88	19,57	19,99
Zurückgehaltene Feuchtigkeit in Proz.	5,86	5,07	7,18	7,34

	Merzerisiert u. gebleicht, Na-hypochlorit	Merzerisiert u. gebleicht, elektrolytisch	Chlorkalkbleiche	Natriumhypochloritbleiche
Gewichtsverlust in Prozent	3,03	3,06	5,00	4,91
Verlust an Länge in Prozent	1,11	1,14	2,04	1,73
Mittlere Nummer	17,02	17,02	17,35	17,45
Bruchbelastung in Pfund	87,12	85,94	17,66	79,97
Doppelfadenbruch in Unzen	28,08	27,58	24,14	23,93
Doppelfadenstreckung in $\frac{1}{16}$ inch	11,09	10,78	13,76	13,97
Mittlere Drehung pro inch	20,20	20,25	20,07	20,11
Zurückgehaltene Feuchtigkeit in Proz.	7,55	7,59	5,28	5,46

	Elektrolytisch gebleicht	Chlorkalkbleiche und merzerisiert	Hypochloritbleiche und merzerisiert	Elektrolytische Bleiche und merzerisiert
Gewichtsverlust in Prozent	4,88	3,40	3,37	3,37
Verlust an Länge in Prozent	1,97	0,17	0,63	0,10
Mittlere Nummer	17,40	17,58	17,24	17,40
Bruchbelastung in Pfund	79,78	80,28	80,47	78,28
Doppelfadenbruch in Unzen	23,65	26,52	26,14	25,85
Doppelfadenstreckung in $\frac{1}{16}$ inch	13,78	9,08	9,23	8,90
Mittlere Drehungen pro inch	19,89	19,91	19,32	19,59
Zurückgehaltene Feuchtigkeit in Proz.	5,42	7,63	7,69	8,19

10. Theorie der Merzerisierreaktion. Die Reaktion zwischen Baumwolle und Natronlauge während des Merzerisierens wird im allgemeinen als ein Vorgang chemischer Natur betrachtet. Das war die Ansicht von Mercer selbst und ist gestützt worden von Gladstone, Cross und Bevan, Beltzer und vielen anderen prominenten Chemikern. Neuerdings hat Ristenpart die Meinung vertreten, daß die Merzerisierung hauptsächlich ein osmotischer Prozeß und die Kontraktion, welche die Baumwolle während des Merzerisierens erleide, lediglich durch physika-

¹ Journ. Soc. Dyers and Col. 1911, S. 178.

liche Ursachen bedingt sei. Die Baumwollfaser ist von einer erhärteten Kutikula umgeben, welche als dialysierendes Organ bei der erwähnten osmotischen Reaktion wirkt; wenn die Faser mit einer starken Lösung von Natriumhydroxyd getränkt wird, so sucht das Wasser aus der Faser in die umgebende Flüssigkeit zu diffundieren, während das Ätznatron in die Faser hineindringt. Dieser osmotische Vorgang bewirkt einen größeren Druck in der Faser und hat eine Quellung derselben zur Folge. Dabei nimmt sie natürlicherweise eine Form an, welche ihr das größte innere Fassungsvermögen bei kleinster Oberfläche erteilt, d. h. sie zieht sich in der Längsrichtung zusammen und wird gerade und zylindrisch.

Spätere Untersuchungen über die Einwirkung von Natronlauge auf die Baumwolle scheinen die Ansicht, daß es sich um eine chemische Reaktion handle, zu widerlegen. Harrison¹ gibt an, daß die in der Reaktion zwischen Lauge und Baumwolle gebildeten Verbindungen höchstwahrscheinlich Adsorptionsverbindungen seien. Die Versuche von Hübner und Teltcher² deuten ebenfalls darauf hin, daß keine bestimmt definierten chemischen Reaktionsprodukte entstehen.

11. Merzerisierungsbedingungen; angewandte Chemikalien. Die in der Praxis angewendeten Bedingungen zur Ausführung des Merzerisierungsprozesses sind einfach. Das gebräuchlichste Mittel ist die Natronlauge; es wurde gefunden, daß Lösungen von einer Dichte zwischen 60 und 70° Tw. die besten Resultate ergeben. Kaliumhydroxydlösungen geben wahrscheinlich einen etwas besseren Glanz und bewirken ein geringeres Eingehen der Faser als Natriumhydroxyd. Doch sind diese kleinen Vorteile nicht genügend, um die größeren Kosten, welche bei Verwendung von Ätzkali entstehen würden, zu rechtfertigen.

Ätznatronlösungen von weniger als 15° Tw. haben nur geringe Wirkung auf Baumwolle; der maximale Effekt wird erreicht mit einer Lauge von etwa 60° Tw., doch ist die Differenz zwischen demselben und dem mit einer Lauge von 50° Tw. erhaltenen nicht sehr groß, und auch 40°ige Lauge hat noch starken merzerisierenden Einfluß.

Vieweg³ fand, daß Baumwolle Ätznatron aus einer Lösung von 16% (36° Tw.) bis zur Bildung einer Verbindung von der Formel $C_{12}H_{20}O_{10} \cdot NaOH$ absorbiere, während aus Lösungen von 36% (76° Tw.) eine Verbindung $C_{12}H_{20}O_{10} \cdot 2 NaOH$ resultierte. Hübner und Teltcher⁴ finden dagegen, daß die maximale Menge absorbiertes Ätznatron, welches beim nachfolgenden Waschen mit absolutem Alkohol nicht mehr herausgelöst wird, aus Lösungen von 40° Tw. absorbiert werde, während aus stärkerer Lösungen weniger Alkali aufgenommen wird. Im Gegensatz zu Gladstone und Vieweg finden sie keine Anhaltspunkte, welche für die Bildung einer bestimmten chemischen Verbindung zwischen Zellulose und Lauge sprechen.

Zur Hydrolyse der Baumwolle können auch andere Reagenzien als kaustische Alkalien verwendet werden. Konzentrierte Mineralsäuren, wie z. B. Schwefelsäure von 100—125° Tw., wirken ebenfalls mehr oder

¹ Journ. Soc. Dyers and Col. 1915, S. 202.

² Journ. Soc. Chem. Ind. 1909, S. 641.

³ Berichte 1907, S. 3876.

⁴ Journ. Soc. Chem. Ind. 1909, S. 643.

weniger vollständig merzerisierend. Das gleiche gilt für gewisse Metallsalze, besonders für die Chloride von Zink, Kalzium und Zinn. Außer einem rein theoretischen Interesse haben diese Produkte jedoch geringe praktische Bedeutung erlangt. Mercer beschreibt in seinem Originalpatent die Anwendung von konzentrierter Schwefelsäure, Zinkchlorid und Phosphorsäure als merzerisierende Mittel. Hübner und Pope¹ fanden, daß Baumwollgarn, welches mit Schwefelsäure von 114° Tw. getränkt wurde, eine Kontraktion von 9,5% aufwies. Wenn es in gespanntem Zustand damit behandelt wird, erzielt man einen haltbaren Glanz. Eine 50%ige Zinkchloridlösung bewirkt eine Kontraktion von 2,3%, auf gestrecktes Garn angewendet, ebenfalls einen leichten Glanz. Salpetersäure von 83° Tw. bewirkt eine Kontraktion von 9,5%, bei gestrecktem Garn ebenfalls Glanz. Konzentrierte Salzsäure erzeugt eine Kontraktion von 1,8% und einen schwachen Glanz bei Anwendung von Spannung. Eine 30%ige Lösung von Natriumsulfid bewirkt eine Kontraktion von 1,3% und beim Strecken schwachen Glanz. In keinem dieser Fälle kann der Merzerisierungseffekt aber verglichen werden mit dem durch Ätznatron erreichten.

Hübner und Pope² haben gezeigt, daß ein Merzerisierungseffekt ferner erzielt werden kann durch Anwendung einer konzentrierten Jodkalilösung, wobei die Faser 15% des Salzes absorbiert und eine stark erhöhte Affinität für viele Farbstoffe zeigt.

An Stelle der Ätzalkalien wurde die Verwendung von Natrium- oder Kaliumsulfid vorgeschlagen, doch sind die damit erreichten Resultate sehr gering. Es wurde ferner behauptet, daß bei Zusatz von Äther zur Natronlauge eine gute Merzerisation erzielt werde bei nur geringer Kontraktion; da aber dieses Verfahren 50 Teile Äther auf 20 Teile Natronlauge verlangt, sind die Kosten viel zu hoch. Ein Zusatz von Schwefelkohlenstoff soll im weiteren den Glanz stark erhöhen, doch bewirkt er gleichzeitig eine Zerstörung der Faser durch Bildung von Viskose, infolgedessen darf die Behandlung nur sehr kurze Zeit erfolgen, wenn die Baumwolle nicht ernstlich geschwächt werden soll. Die merzerisierte Faser ist zuerst so steif wie Roßhaare, doch kann diese Erscheinung durch wiederholtes Waschen beseitigt werden. Der Schwefel kann aus der Baumwolle durch Waschen mit Salmiaklösung entfernt werden, welche Behandlung vor dem Eingehen in ein Säurebad vorgenommen werden soll, da sonst eine Fällung von Schwefel auf der Faser erfolgt, welche den Glanz verdirbt.

Verschiedene Salzzusätze zum Merzerisierbad sind mit Erfolg versucht worden. Es wurde beobachtet, daß z. B. ein Zusatz von Zinkoxyd einen bemerkenswerten Effekt ergibt. Der Zusatz von Glycerin, wenn er auch in gewissem Grade das Eindringen der Flüssigkeit in die Faser erleichtert, bedeutet kaum eine prinzipielle Änderung des gewöhnlichen Merzerisierverfahrens. Zum gleichen Zweck wird auch eine Vorbehandlung mit Türkischrotöl und Seife oder Natriumaluminat empfohlen. Zusätze von Natriumsilikat oder Glycerin zur Merzerisierung sollen die

¹ Journ. Soc. Chem. Ind. 1904, S. 409.

² Journ. Soc. Chem. Ind. 1904, S. 404.

Quellung und Kontraktion verzögern, weshalb der erzielte Glanz minderwertig ist¹.

Eine Natronlauge von 13^o Bé hat nur geringe merzerisierende Wirkung, fügt man aber 1 Teil Zinkhydroxyd (ZnOH)₂ auf 4 Teile Natronlauge (NaOH) zu, so wird dieselbe stark erhöht. Den gleichen Effekt zeigen auch ammoniakalisches Kupfer- und Nickelhydroxyd.

Vieweg² behauptet, daß ein Zusatz von Natriumchlorid die Aufnahmefähigkeit der Baumwolle für das Ätznatron erhöhe. Miller³ dagegen gibt an, daß die Absorption von Natronlauge durch die Baumwolle weder durch Natriumchlorid noch durch Natriumkarbonat beeinflußt werde. Hübner⁴ zeigt, daß die Gegenwart von Natriumchlorid den

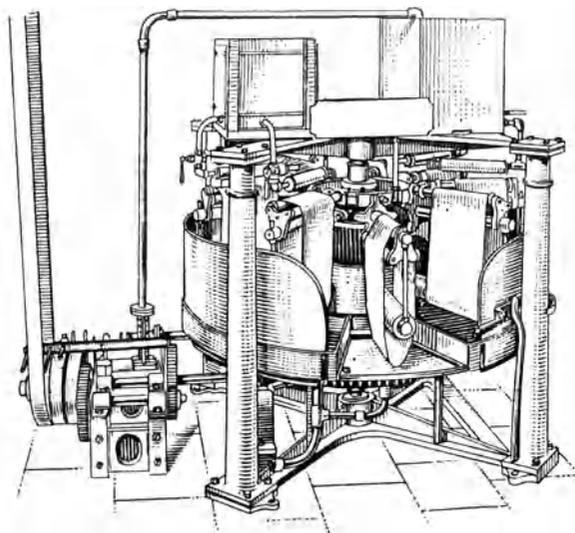


Abb. 208. Automatische Strang-Merzerisiermaschine.
Horizontal drehbarer Typ. (Spencer.)

Merzerisierereffekt (Kontraktion und Glanz) der Ätznatronlösung vermindert. Unter dem Mikroskop betrachtet, ist die Aufdrehung der Faser ebenfalls geringer und weniger vollständig. Knecht⁵ hat den Einfluß von Salzen auf den Merzerisierereffekt ebenfalls sorgfältig untersucht und gefunden, daß die Kontraktion der Faser und die Aufnahmefähigkeit für Farbstoffe durch Salzzusatz vermindert wird. Die folgende Tabelle gibt die quantitative Absorption verschiedener Farbstoffe:

Farbstoff	Nicht behandelte Baumwolle %	Merzerisiert mit Natronlauge allein %	Merzerisiert mit Lauge und Salz %
Diaminreinblau	1,06	1,66	1,25
Chrysophenin	0,74	1,17	1,01
Benzopurpurin 4 B.	1,02	1,97	1,67

¹ Siehe Hübner u. Pope, Journ. Soc. Chem. Ind. 1904, S. 409.

² Berichte 1908, S. 3269. ³ Journ. Russ. Chem. Phys. Gesellsch. 1905, S. 361.

⁴ Journ. Soc. Chem. Ind. 1909, S. 228. ⁵ Journ. Soc. Chem. Ind. 1909, S. 228.

Die Behauptung von Vieweg, daß ein Zusatz von Chlornatrium zur Merzerisierlauge den Effekt erhöht, scheint demnach falsch zu sein. Auch wurde nachgewiesen, daß ein Zusatz von Salz zur Lauge den Glanz der merzerisierten Baumwolle immer beeinträchtigt.

Für die praktische Ausführung der Merzerisierung hat sich ein Zusatz von 5% Alkohol, auf das Gewicht des Ätznatrons berechnet, als günstig erwiesen.

Neuere Versuche zur Bestimmung der Schrumpfung, welche bei Baumwollsträngen verschiedener Qualitäten auftritt, wenn sie lose mit

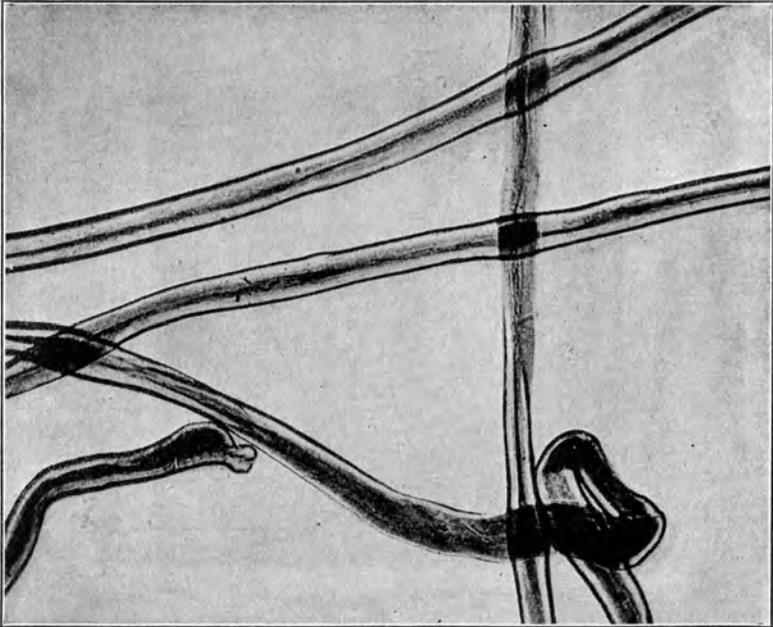


Abb. 209. Merzerisierte Baumwolle. (Herzog.)

Merzerisierlauge von verschiedenen Konzentrationen und bei verschiedenen Temperaturen behandelt wurden, sind von Kraiss ausgeführt wurden. Die Garnstränge wurden vor und nach der Behandlung unter einer einheitlichen Spannung von 2,2 Pfund gemessen. Unter günstigen Bedingungen in bezug auf die Qualität des Garnes, die Konzentration der Lauge und die Temperatur wurde eine maximale Kontraktion von 31,3% erreicht. Dieser Wert ist etwas höher, als er von anderen Forschern, welche sich mit diesem Problem befaßten, erreicht wurde. Versuche mit einfachem und doppeltem Garn derselben Qualität unter denselben Bedingungen zeigten eine nur geringe Differenz in bezug auf die erhaltene Schrumpfung, obwohl im allgemeinen zugunsten des einfachen Garnes. Diese Tatsache ist von Bedeutung bei der Merzerisierung von Stückwaren, bei welchen der einfache Einzug im allgemeinen auf der oberen Seite des Stoffes sich befindet.

Weitere Versuche wurden angestellt über den Einfluß von verschiedenen Zusätzen zur Merzerisierlauge. Es wurde allgemein beobachtet, daß keine dieser Substanzen die Schrumpfung erhöht, also auch keine Erhöhung des Merzerisiereffektes der Natronlauge bewirkt. Es wurden z. B. Alkohol, verschiedene Metallsalze, Glycerin, Dextrin, Natriumkarbonat usw. untersucht. Alle verminderten den Grad

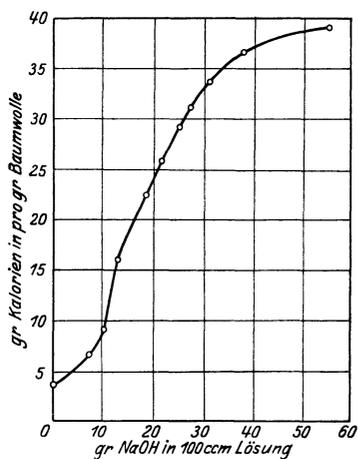


Abb. 210. Grad der Merzerisierung, gemessen an der entwickelten Wärme.

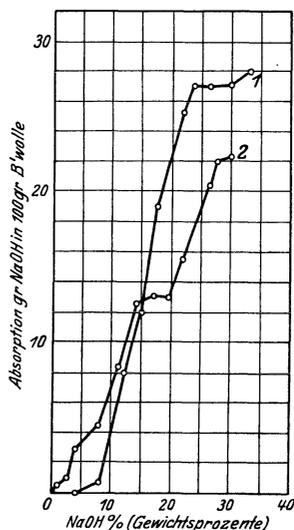


Abb. 211. Grad der Merzerisierung, gemessen an der Menge des von der Baumwolle aufgenommenen Alkalis: 1 v. Leighton; 2 von Vieweg.

der Kontraktion, und diese Tatsache erhellt die Bedeutung einer fortwährenden Kontrolle der Reinheit der zur Verwendung gelangenden Natronlauge, besonders von Laugen, welche kontinuierlich gebraucht werden und so durch langsame Bildung von Salzen verunreinigt werden können.

Produkte aus pflanzlichen Fasern (Baumwolle oder Leinen) können auch gemustert merzerisiert werden, indem man Reserven aus solchen Verbindungen aufdruckt, welche der nachfolgenden Behandlung mit Natronlauge widerstehen. Für diesen Zweck brauchbar sind in erster Linie organische Substanzen, welche leicht koagulieren, wie Eiweiß und Kasein, ferner solche Salze, Säuren oder Oxyde, welche das Alkali neutralisieren oder welche als Hydrate auf die Faser gefällt werden. Solche Verbindungen sind z. B. Salze von Aluminium oder Zink, organische Säuren, die Oxyde von Zink, Aluminium oder Chrom. Durch dieses Verfahren können sehr schöne Effekte erzielt werden.

Barrat und Lewis¹ haben versucht, den Grad der Merzerisierung



Abb. 212. Grad der Merzerisierung, gemessen an der: 1 Kontraktion in der Länge des Garns; 2 Aufnahmefähigkeit für Farbstoffe.

¹ Journ. Text. Inst. 1922, S. 113.

von Baumwolle zu bestimmen, in dem sie die bei der Reaktion zwischen Lauge und Baumwolle entwickelte Wärme messen. Sie verwendeten dabei einen sinnreich konstruierten Apparat mit elektrischer Temperaturmessung. Die Hauptergebnisse ihrer Arbeit sind folgende: die Merzerisierungswärme nimmt mit der Stärke der Merzerisierlauge zu, ist ihr aber nicht proportional. Es sind zwei Knickpunkte in der Kurve, der erste zwischen 10- und 15 %iger Lauge, welcher eine starke Zunahme der Wärmeentwicklung in dieser Gegend anzeigt und wahrscheinlich mit dem Punkt übereinstimmt, wo die eigentliche Merzerisierung stattfindet; der zweite befindet sich bei etwa 30 % iger Natronlauge und zeigt die obere Grenze von gewöhnlich für die Merzerisierung verwendeten Laugenkonzentrationen an. Die obenstehenden Kurven stehen in Zusammenhang mit diesen Messungen (Abb. 210, 211, 212).

12. Temperatur. Die Temperatur, bei welcher die Merzerisierung ausgeführt wird, soll nicht höher als die gewöhnliche Zimmertemperatur sein. Es wurde empfohlen, die Temperatur der Lauge durch Zusatz von Eis zu erniedrigen, doch scheint dieses Verfahren keine tatsächlichen Vorteile zu besitzen. Erhöhte Temperatur dagegen scheint zerstörend auf die Baumwolle zu wirken, wahrscheinlich infolge der Bildung von Oxyzellulose durch Hydrolyse und nachfolgende Oxydation. Oberhalb einer gewissen Temperatur verschwindet der Merzerisierungseffekt rapid und bei Kochtemperatur ist er kaum durchführbar. Die besten Resultate scheinen bei 20° C und darunter erhalten zu werden. Oberhalb dieser Temperatur ist die Kontraktion der Faser, welche als Maß der Merzerisierung angesehen werden kann, geringer und vermindert sich stetig mit steigender Temperatur.

Lefèvre¹ gibt an, daß eine Natronlauge von 35° Bé bei tiefer Temperatur den gleichen Effekt ergebe wie eine 50 grädige Lauge bei gewöhnlicher Temperatur. Kurz empfiehlt für rohe Baumwolle die Verwendung von gekühlter Natronlauge als vorteilhaft, bei gebleichter Baumwolle dagegen ist es nicht notwendig, da die Temperaturerhöhung bei letzterer während der Merzerisierung nur gering ist, bei ersterer aber 13—21° C beträgt.

Praktisch ist es notwendig, eine Natronlauge von konstanter Konzentration und Temperatur anzuwenden, um immer gleichmäßig merzerisierte Produkte zu erhalten. Bei Garnen sind geringe Unterschiede erst nach dem Färben zu erkennen. Um ein gleichmäßiges Resultat zu erhalten, muß die Lauge fortwährend durch die Merzerisiermaschine zirkulieren (gleichgültig, welches System angewendet wird), wobei sukzessive die nötige Menge Ätznatron zur Erhaltung einer konstanten Konzentration zugeführt wird. In der Praxis hat sich ergeben, daß ein Pfund Baumwollgarn 0,5—0,75 Pfund festes Ätznatron (98 % NaOH) für die Merzerisierung erfordert. Wenn während der Merzerisierung eine erhebliche Wärme entsteht, so ist künstliche Kühlung notwendig, um die Temperatur der Lauge konstant zu halten. Das wird gewöhnlich so durchgeführt, daß die Lauge während der Zirkulation durch

¹ Rev. Gen. Mat. Col. 1902, S. 1.

einen mit kaltem Wasser gekühlten Kessel geleitet wird. Um gute Resultate zu erhalten, muß die Temperatur der Lauge unterhalb 24° C gehalten werden.

Es wurde gefunden, daß die Stärke des Glanzes mit steigender Temperatur bedeutend abnimmt, wie in folgender Abbildung graphisch gezeigt wird (Abb. 213¹).

Bei Betrachtung dieser Kurve ergibt sich, daß beim Übergang von Natronlauge von 15° Bé zu solcher von 25° Bé eine charakteristische Erscheinung eintritt. Bei einer Konzentration von 15° Bé ist die Kontraktionskurve konvex gegen die Koordinatenachsen, bei einer Laugenkonzentration von 25° Bé aber konkav. Bei einer gewissen mittleren Konzentration (20° Bé) sollte die Kurve in eine gerade Linie übergehen².

Die folgende Tabelle³ zeigt die Kontraktion (Grad der Merzerisierung) von Baumwollgarnen, welche mit verschiedenen Laugenkonzentrationen und bei verschiedenen Temperaturen während 1, 10 und 30 Minuten merzerisiert wurden.

Die Kontraktion ist in Prozenten der ursprünglichen Lauge ausgedrückt:

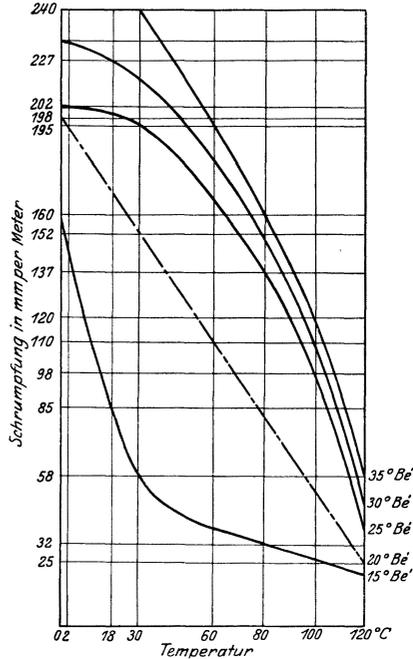


Abb. 213. Die Kontraktion von merzerisierter Baumwolle bei verschiedenen Temperaturen und mit verschiedenen Alkalikonzentrationen.

Temperatur ° C	Laugenkonzentration																	
	5° Bé			10° Bé			15° Bé			25° Bé			30° Bé			35° Bé		
	Dauer der Merzerisierung in Minuten																	
	1	10	30	1	10	30	1	10	30	1	10	30	1	10	30	1	10	30
2	0	0	0	1	1	1	12,2	15,2	16,8	19,2	20,1	21,5	22,7	22,7	22,7	23,5	23,0	23,0
18	0	0	0	0	0	0	8	8,8	11,8	19,2	20,1	21,1	22,5	22,5	22,5	23,5	23,0	21,0
30	0	0	0	0	0	0	4,6	4,6	6,0	19,2	20,3	19,0	19,8	19,8	19,8	20,7	20,5	20,1
80	0	0	0	0	0	0	3,5	3,7	3,8	13,4	13,7	14,2	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5	15,4

Eine Modifikation des Merzerisierprozesses, weniger zur Erzeugung eines Glanzes als eines Transparent-finishs verwendet, ist von Heberlein beschrieben worden⁴. Er fand, daß bei Behandlung von Baumwollfabrikaten mit einer auf 0° C gekühlten Natronlauge von einer Konzentration, welche bei gewöhnlicher Temperatur einen Merzeri-

¹ Beltzer: Rev. Gen. Mat. Col. 1902, S. 25 u. 34.

² Beltzer: L'Ind. Text. 1908, S. 118.

³ Gardner: Die Merzerisation der Baumwolle.

⁴ E. P. 108671.

sierereffekt hervorruft (50—55° Tw.), die Baumwolle ein durchscheinendes Aussehen erhält, welches sie auch nach dem Waschen und Trocknen beibehält. Die Behandlung wird meist 1 Minute lang bei — 10° C ausgeführt. Gemusterte Effekte werden erhalten, indem man gewisse Stellen reserviert (mit einer Gummiverdickung) und dann mit der gekühlten Lauge behandelt. Dieses Verfahren wird nicht so sehr für sich selbst angewendet, denn als Vorbehandlung zur Erzielung des sogenannten, transparenten „Swiss finish“ (auch als „Permanent finish“ bekannt) mit konzentrierter Schwefelsäure. Diese Vorbehandlung mit Lauge erhöht zweifellos die Aufnahmefähigkeit der Baumwolle für die

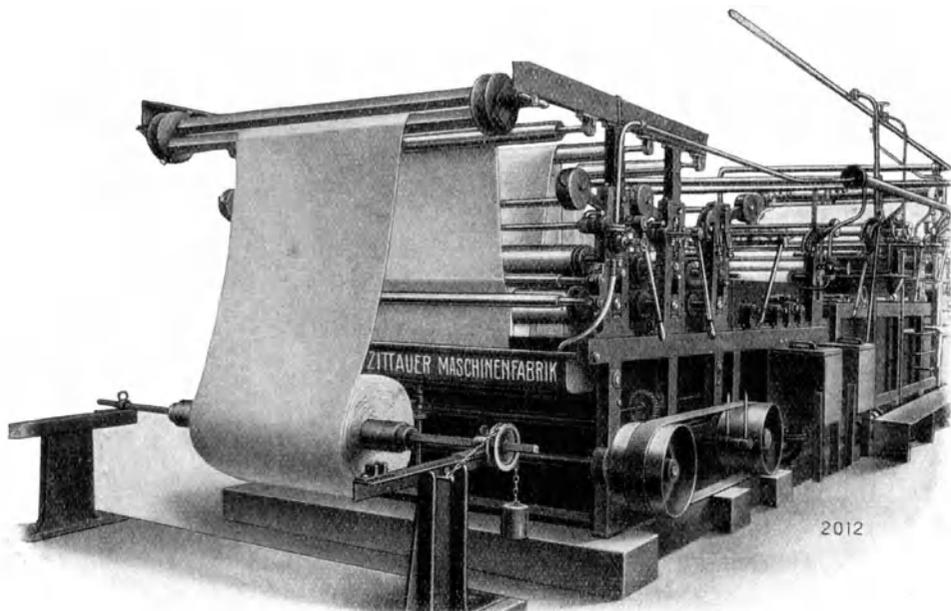


Abb. 214 a. Kettenlose Merzerisiermaschine.

Säure bedeutend, so daß dieselbe rasch auf die Faser einwirken kann. Die Säurebehandlung macht die Ware auch dauernd steif, indem sie die Faser pergamentiert, und diese Eigenschaft bleibt auch nach wiederholtem Waschen erhalten.

13. Merzerisierungsdauer. Die merzerisierende Wirkung der Lauge auf die Baumwolle ist eine ziemlich rasch verlaufende, da sie nur wenige Minuten bis zur Vollendung erfordert. Tatsächlich scheint sie momentan vor sich zu gehen, sobald die Faser mit der Flüssigkeit in Berührung kommt. In 10 Minuten ist die Merzerisierung praktisch beendet und eine Verlängerung erhöht den Merzerisierereffekt nicht, ja, ein zu langer Kontakt der Baumwolle mit dem Alkali ist zu vermeiden, hauptsächlich, wenn die imprägnierte Faser der Luft ausgesetzt ist, da sonst Gefahr einer Zerstörung der Zellstruktur der Faser und infolgedessen eine Schwächung derselben eintritt. Die Dauer des Prozesses zur Er-

zielung des maximalen Effektes scheint sowohl von der Temperatur als auch von der Konzentration der Merzerisierlauge unabhängig zu sein. Bei kurzer Imprägnierungsdauer variiert die Kontraktion proportional zur Zeit bis zu etwa 20 Sekunden, der Glanz erreicht in etwa dieser Zeit sein Maximum¹.

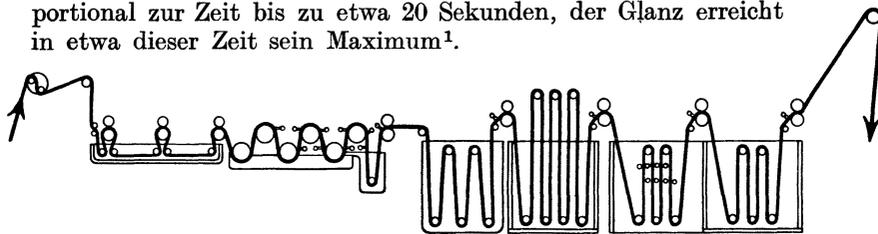


Abb. 214 b. Schema zu Abb. 214 a.

Miller² hat gefunden, daß die Baumwolle bei längerer Behandlung weniger Alkali absorbiert als bei kurzer. Wenn 100 g Baumwolle in eine Natronlauge von 28° Bé getaucht wurden, verlief die Alkaliabsorption wie folgt:

Zeit	Absorbiertes Alkali
30 Sekunden	2,69
1 Stunde	2,53
24 Stunden	2,50

Die folgende Tabelle zeigt die Beziehung zwischen der Kontraktion des Garnes, der Menge fixierten Benzopurpurins und der Dauer der Merzerisation. Dieselbe wurde ausgeführt mit einer Lauge von 28° Bé.

Dauer der Merzerisation in Sekunden	Kontraktion %	Fixierter Farbstoff %
1	15,7	3,24
10	17,4	3,62
20	25,0	3,80
40	25,0	3,89
60	25,0	3,91
120	27,0	4,10

In einer eingehenden Untersuchung über die Veränderungen, welche einzelne Baumwollfasern bei der Behandlung mit Ätznatronlösungen erleiden, haben Willows, Barratt und Parker³ gezeigt, daß die merzerisierende Wirkung der Natronlauge keineswegs so rasch erfolgt wie gewöhnlich angenommen wird, praktisch aber doch in etwa 3 Minuten beendet ist. Lösungen unter 22° Tw. bewirken Verlängerung, solche von 30—35° Tw. aber rasche Durchdringung und starke Kontraktion. Lauge von 60° Tw. reagiert sehr langsam und sehr konzentrierte Lösungen (86° Tw.) haben sehr geringen Effekt.

14. Die Streckung beim Merzerisieren. Es gibt zwei Methoden der Anwendung der Spannung beim Merzerisieren: a) Das Material wird während der Behandlung mit Natronlauge in gespanntem Zustand gehalten und bis das Alkali ausgewaschen ist, in welchem Falle die Streckung so ausgeführt werden soll, daß das Material nicht schrumpfen kann. b) Die Spannung wird nach der Merzerisierung,

¹ Beltzer: Les Matières Cellulosiques, S. 65.

² Berichte 1907, S. 4903.

³ Journ. Text. Inst. 1922, S. 229.

doch vor dem Waschen angewendet, wobei das Material auf seine ursprüngliche Länge zurückgestreckt werden soll. Wenn die Streckung nicht bis nach dem Auswaschen des Alkalis beibehalten wird, entsteht

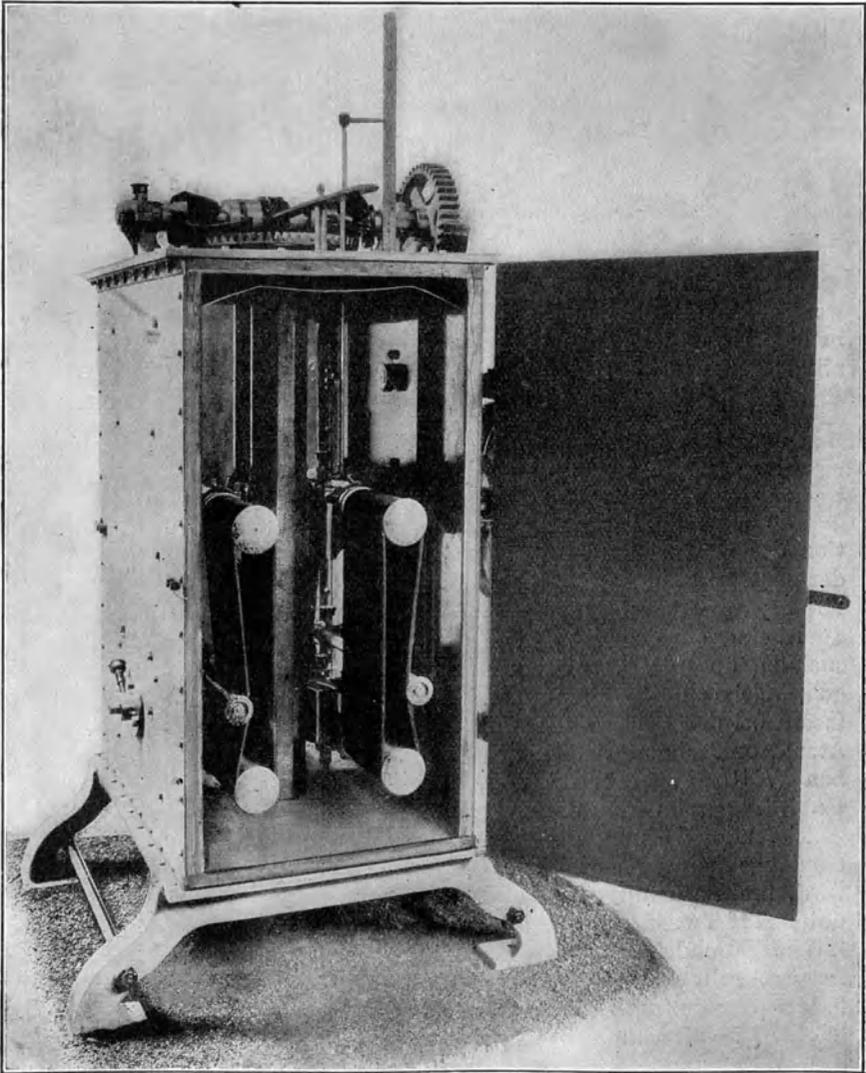


Abb. 215. Streckapparat für Garne.

kein Glanzeffekt, es ist absolut wesentlich, daß die Streckung stattfindet, während die Faser in Form einer Alkalizellulose vorhanden ist und bevor sie durch Wasser in Hydratzellulose umgewandelt wurde.

Nach Versuchen von Herbig ist die zur Erhaltung der Lauge während des Merzerisierens notwendige Kraft nur ein Viertel bis ein Drittel so

groß wie diejenige, welche zur Streckung der Fasern auf ihre ursprüngliche Länge nach der Merzerisierung aufgewendet werden muß; es scheint im erzielten Glanz bei beiden Verfahren kein Unterschied zu bestehen. Doch wird durch Strecken über eine gewisse Länge der Glanz nicht mehr erhöht, und es ist nicht notwendig, die Fasern zur Erzielung des maximalen Glanzes bis ganz auf ihre ursprüngliche Länge zu strecken. Herbig folgert, daß die Spannung während des Merzerisierens unvorteilhaft und es besser sei, das Garn lose zu merzerisieren, auszuquetschen und nur während des Spülens in gespanntem Zustand zu halten, da die erforderliche Spannkraft dann ganz klein ist. Der beste Moment ist während der Umwandlung der Alkalizellulose in das Zellosohydrat. Wenn die Streckung erst nach dem Spülen vorgenommen wird, ist die doppelte Kraft notwendig, um die ursprüngliche Länge herzustellen und dererzielte Glanz ist minderwertig. Die für die Spannung aufzuwendende Kraft scheint auch von der Zwirnung abhängig zu sein und mit der Stärke der Zwirnung zuzunehmen.

Herbig gibt folgende Zusammenfassung seiner Untersuchungen:

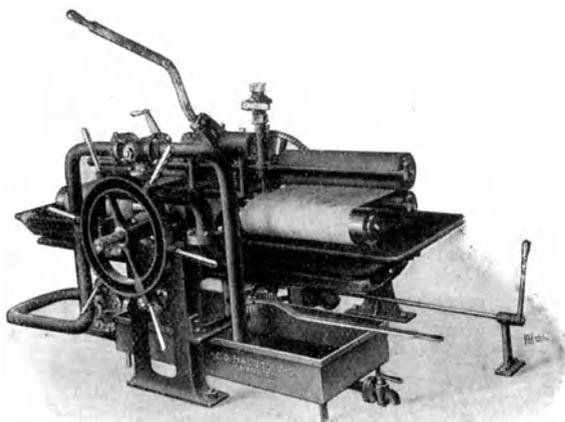


Abb. 216. Garnstreckapparat.

1. Lose, ohne jede Streckung merzerisiertes Garn, sowohl lang- als auch kurzstapeliges, schwach oder stark gezwirntes, hat weniger Glanz als nicht merzerisiertes. Bei Anwendung einer nur geringen Spannung aber ist der Glanz größer.

2. Sowohl bei lang- wie bei kurzstapeligen Garnen wird der Glanz erst bedeutend, wenn sie auf die ursprüngliche Länge zurückgestreckt werden.

3. Strecken über die ursprüngliche Länge ergibt keine Erhöhung des Glanzes.

4. Zwischen der Kraft, welche erforderlich ist, um lose merzerisierte Baumwolle nachträglich wieder auf die ursprüngliche Länge zurückzustrecken, und derjenigen, um die Baumwolle während des Merzerisierens in der Originallänge zu halten, ist ein großer Unterschied, indem letztere nur ein Drittel bis ein Viertel der ersteren beträgt.

5. Das Strecken des Garnes erfordert nur geringe Kraft, wenn es während des Spülens geschieht, der günstigste Moment ist während der Umwandlung der Alkali- in Hydratzellulose.

6. Nach dem Spülen ist doppelt so viel Kraft notwendig, um die ursprüngliche Länge herzustellen, als wenn das Garn noch mit der Lauge in Berührung ist. So behandeltes Garn zieht sich beim Trocknen noch etwas zusammen, wobei der Glanz abnimmt.

7. Die zum Strecken erforderliche Kraft für merzerisiertes Garn variiert mit der Zwirnung und ist im allgemeinen um so größer, je stärker die Faser gedreht ist.

8. Der entstehende Seidenglanz hängt nicht in erster Linie von der angewendeten Streckkraft ab, da auch weiches Garn mit schwacher Zwirnung Glanz erhalten kann.

9. Der Glanz ist unabhängig von der Faserlänge, da kurzstapelige amerikanische Baumwolle mit geringer Zwirnung auch glänzend gemacht werden kann.

10. Die Herstellung eines Hochglanzes hängt hauptsächlich von der Feinheit des Garnes und seinem natürlichen Glanz ab, wie beim Merzerisieren von Sea-Island- und ägyptischer Baumwolle ersichtlich ist.

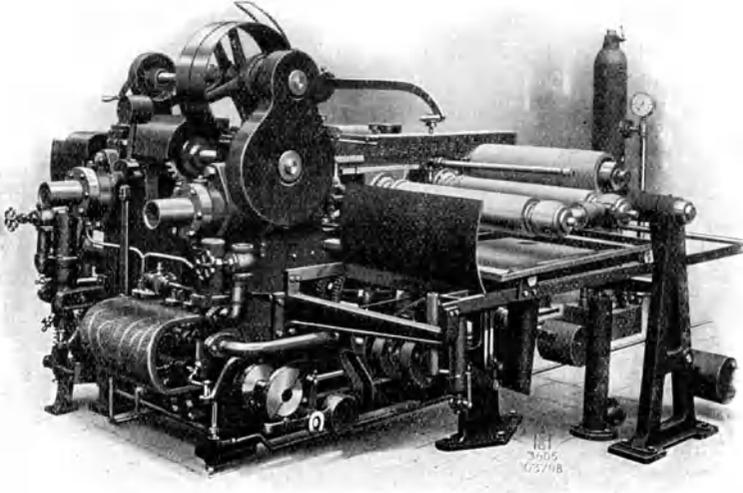


Abb. 217. Streckapparat für Garne.

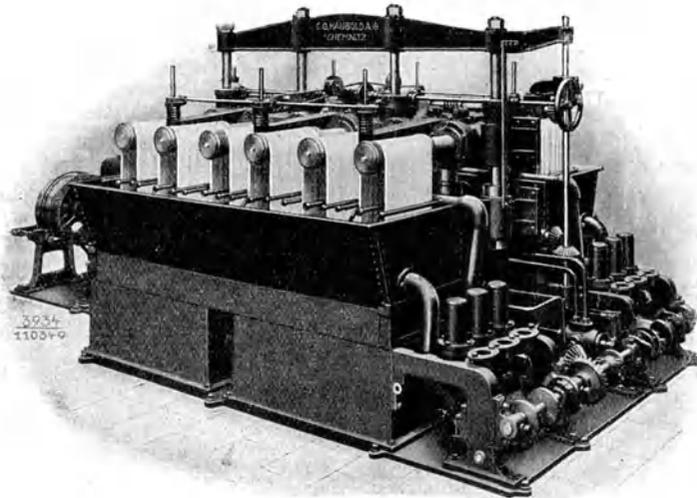


Abb. 218. Streckapparat für Garne.

Grosheintz¹ führte einige interessante Versuche über die Kontraktionskraft von Baumwollfabrikaten während des Merzerisierens aus.

¹ Bull. Soc. Ind. Mulh. 1902.

Die Versuche wurden mit Baumwollstücken, welche längs des Einschlages 5 cm breit waren, und längs der Kette mit beiden Enden auf einer Länge von 10 cm in die Klemmen einer Maschine zur Bestimmung der Streckfähigkeit eingespannt waren, ausgeführt. Die Strängchen waren so fixiert, daß sie leicht gestreckt blieben. Sie wurden durch

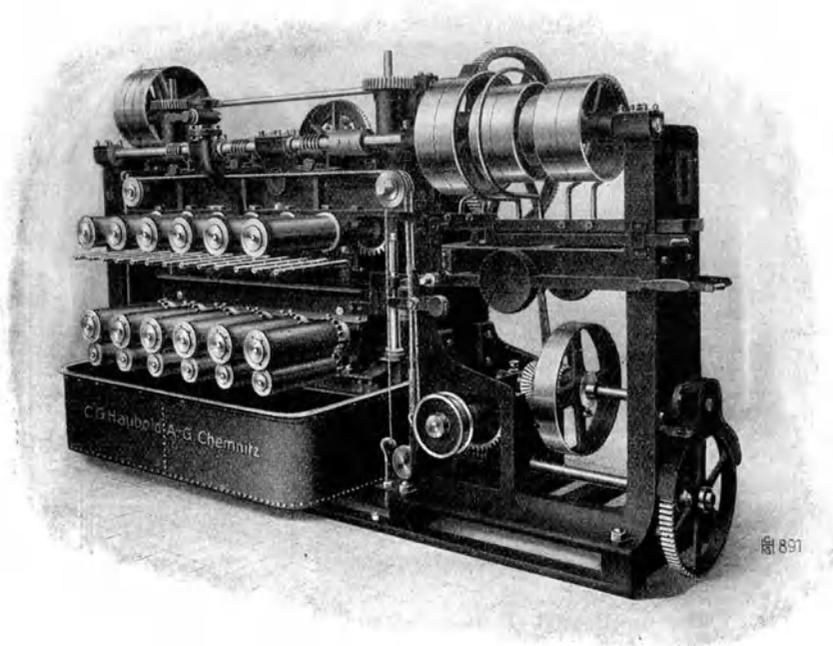


Abb. 219. Strangmerzerisiermaschine.

Befeuchten mit Natronlauge mit einem Glasstabe merzerisiert. Mit einem Kaliko wurden folgende Resultate erhalten:

	Zug in kg	Dauer der Kontraktion Minuten
1. Natronlauge 71° Tw	5,3	4
2. Natronlauge 71° Tw	5,0	5
Wasser		
3. Natronlauge 71° Tw	4,2	5
Wasser		
4. Natronlauge 71° Tw	4,0	5
Wasser		
5. Natronlauge 71° Tw	3,5	5
Wasser		
6. Natronlauge 71° Tw	3,0	5
Wasser		

15. Das Waschen als Merzerisieroperation. Durch das Waschen des Materials nach der Behandlung mit Ätzalkali wird ein doppelter Effekt erzielt. In erster Linie bewirkt das Wasser eine Umwandlung

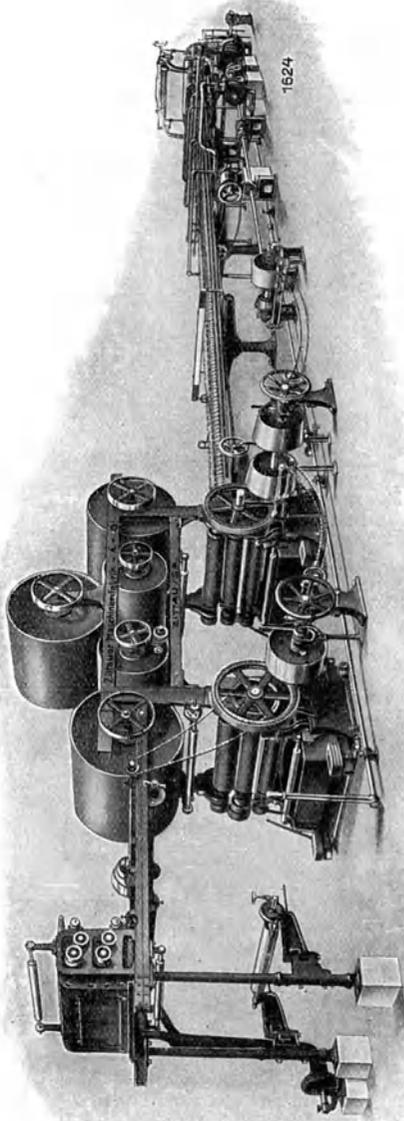


Abb. 220 a. Merzerisierouland. Zittauer Maschinenfabrik A.-G.)

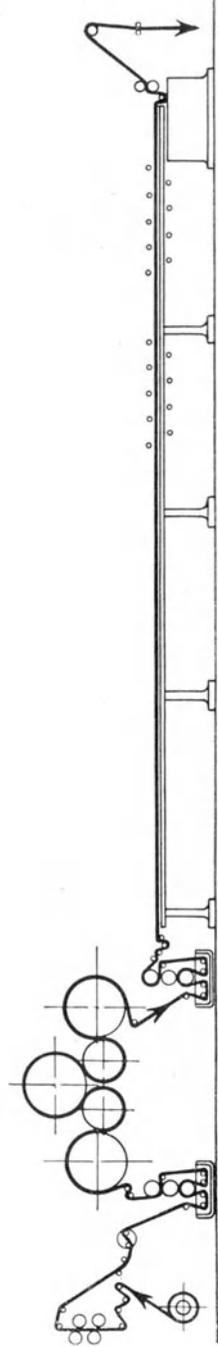


Abb. 220 b. Schema zu 220 a.

der Alkalizellulose in Zellulosehydrat, und diese Reaktion ist für die Merzerisierung so wichtig wie die Behandlung mit Ätznatron selbst. In zweiter Linie soll durch das Waschen der Überschuß an Lauge entfernt werden. Natriumhydroxyd wird von der Baumwolle hartnäckig zurückgehalten, und es ist sehr gründliches und langes Waschen erforderlich, um die letzten Spuren Alkali herauszubringen. Um die Dauer des Waschens abzukürzen, ist es üblich, die Baumwolle zuerst in warmem Wasser zu spülen, nach welchem die Streckung aufgehoben werden kann, und dann mit kaltem und hierauf mit angesäuertem Wasser zu waschen, wobei entweder Schwefel- oder Salzsäure angewendet wird. Die Verwendung von Essig- und Ameisensäure wurde ebenfalls versucht, doch ist sie teurer als Schwefelsäure. Die Stärke des Säurebades muß so gewählt werden, daß das Alkali vollständig neutralisiert wird, ohne daß die Baumwolle unnötigerweise sauer wird. Um einen Überschuß an Säure zu entfernen und auch nachheriges Schwächen der Faser zu vermeiden, muß das Material nach dem Säuern wieder gründlich gewaschen und geseift und geölt werden.

Wenn merzerisierte Baumwolle statt mit Wasser mit Ammoniak gespült wird, behält sie ihre gelatinöse, pergamentartige Konsistenz während des Waschens bei und kann, ohne zu reißen, auf ihre ursprüngliche Länge zurückgebracht werden. Wird die Baumwolle dann in gespanntem Zustand mit Wasser gewaschen, so erhalten die Fasern ihr ursprüngliches Aussehen zurück und werden ebenso glänzend wie die nach dem gewöhnlichen Verfahren erhaltenen.

16. „Scrooping“ von merzerisierter Baumwolle¹. Wenn die Baumwolle mit Seifenlösung und hierauf mit verdünnter Ameisen- oder Essigsäure behandelt und, ohne die überschüssige Säure zu entfernen, getrocknet wird, erhält die Faser einen seidenartigen Griff („scroop“). Werden an Stelle der Ameisensäure andere Säuren, besonders Mineralsäuren angewendet, ist ein nachfolgendes Spülen mit frischem Wasser und Seife notwendig, um alle Säure zu neutralisieren, da die Faser sonst beim Trocknen erheblich geschwächt würde; oder aber die Menge der Säure wird genau so bemessen, daß keine freie Säure in der Faser zurückbleibt.

Merzerisierte Baumwollwaren, welche mit Schwefelfarben gefärbt und dann mit Seife und Säure zur Erzielung des „scroop“-Effektes behandelt worden sind, neigen bei längerem Lagern zur Zerstörung. Um dieselbe zu verhüten, wird Natriumazetat (5—10 g pro l) dem Säurebad (10 g Essigsäure pro l) zugesetzt. Nach der englischen Patentschrift Nr. 11729 von 1909 behandelt man nach dem Färben und Seifen, ohne zu waschen, mit einer 17 g Milchsäure und 7 g Soda pro Liter enthaltenen Lösung während 20 Minuten, preßt aus und trocknet, ohne zu waschen.

Ein „Scroop“-Effekt wird merzerisiertem Garn auch auf folgende Weise verliehen: das Garn wird in einem lauwarmen (50° C), 8% Olivenölseife und 1% Stärke (auf das Gewicht des Garnes gerechnet)

¹ Die Behandlung der Baumwolle entspricht dem sog. „Avivieren“ der Seide.

enthaltendem Bade geseift, ausgequetscht und 10 Minuten in einem Bad mit 100 Gallonen Wasser, 3 Pfund Weinsäure und 10 Pfund Natriumazetat behandelt, ausgequetscht und, ohne zu spülen, getrocknet.

Es wurden eine Reihe von Methoden zur Herstellung eines „scoop“ oder seidenartigen Griffes bei gefärbter Unterwäsche, hauptsächlich für solche, die aus merzerisierten Garnen hergestellt ist, empfohlen. Der „scooping“-Prozeß wird nach dem Färben ausgeführt und gehört zu den Ausrüstprozessen. Die gewöhnlich vorgeschlagenen Verfahren beruhen auf der Anwendung von verschiedenen organischen Säuren, wie Essig-, Milch-, Wein- und Ameisensäure. Tatsächlich verleiht jede Säure, mit welcher die Baumwolle behandelt und getrocknet wird, der Ware einen seidenartigen Griff. Bei starken Mineralsäuren, wie Schwefel-, Salz- und Salpetersäure, geht die Reaktion aber zu weit, und, ob-

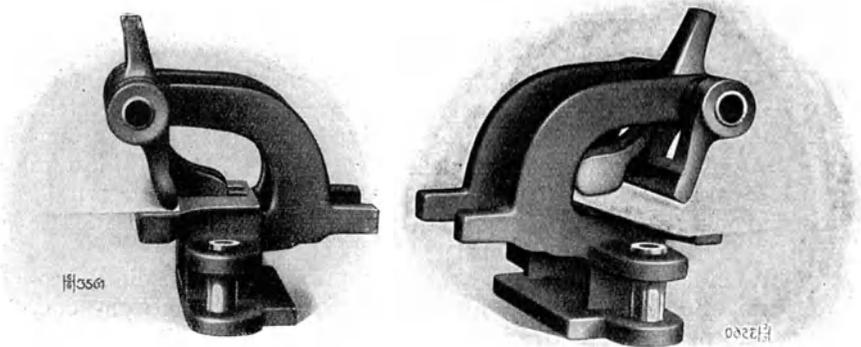


Abb. 221 a und b. Tasterkluppe für Gewebemerzerisiermaschinen. (H a u b o l d.)

wohl ein sehr ausgesprochener seidenartiger Griff entsteht, wird die Zellulosefaser in solchem Grade angegriffen, daß eine Schwächung oder Zerstörung der Faser eintritt.

Die obenerwähnten] organischen Säuren haben den zerstörenden Einfluß auf die Baumwollfaser nicht in dem Maße, doch genügt ihre alleinige Anwendung nicht zur Erzielung eines genügend starken Effektes. Wenn sie aber in Verbindung mit einem Seifenbad angewendet werden, kann ein befriedigendes Resultat erhalten werden ohne merkbare Schwächung des Zellulosematerials. Die Ursache des auf diese Art auf der Baumwolle erzielten „scoop“-Effektes ist wahrscheinlich eine gewisse Erhärtung der Oberfläche der Faser, so daß sie beim Biegen einen knisternden Ton erzeugt. Dieses Erhärten kann in manchen Fällen durch Zusatz von wenig Stärke oder Leim erhöht werden, obwohl diese Substanzen die Ware leicht steif machen. In Fällen, wo ein solches Steifwerden nicht erwünscht ist, können diese Zusätze nicht angewendet werden.

Der Grad des erzeugten „scoop“-Effektes ist weitgehend abhängig vom Charakter der verwendeten Baumwolle. Merzerisierte Baumwolle kann stärker und leichter „gehärtet“ werden als nicht merzeri-

sierte. Weiches, einfaches, unmerzerisiertes Garn kann kaum zur Herstellung dieses Effektes verwendet werden, während stark gewirnte, nicht merzerisierte Baumwolle sich ganz gut dazu eignet. Der Grad der „Härtung“ ist ferner abhängig von der angewendeten Temperatur, bei welcher das Material getrocknet wird. Es ist vorteilhaft, so schnell und heiß wie möglich zu trocknen, da die Oberfläche der Faser unter diesen Bedingungen in stärkerem Grade gehärtet wird. Eine ganze Anzahl von Vorschriften, hauptsächlich für merzerisierte Baumwolle, wurden empfohlen, von denen einige in folgendem zusammengestellt sind:

1. Die gefärbte Ware wird durch ein Seifenbad, welches 1 Unze harte Seife pro Gallone Flüssigkeit enthält, passiert und bis zur vollständigen Imprägnierung bei einer Temperatur von etwa 60° C umgezogen. Dann wird die Ware herausgenommen, die überschüssige Flüssigkeit abgequetscht und, ohne zu spülen, in ein zweites Bad mit 2½ Unzen Milchsäure und 3 Unzen Natronlauge pro Gallone gegeben, darin 20 Minuten bei 60° C umgezogen, ausgequetscht und ohne zu spülen getrocknet.

2. Das Seifen des Materials wird wie oben ausgeführt, dasselbe dann in einem Bad, enthaltend 1 Unze Ameisensäure pro Gallone, 20 Minuten bei Zimmertemperatur umgezogen, ausgepreßt und getrocknet.

3. Einen deutlichen und haltbaren „scoop“ soll die Ware erhalten, wenn man wie oben seift und dann in einem kalten Bad von 1 Unze Weinsäure pro Gallone 15 Minuten behandelt, ausquetscht und trocknet. Der Effekt wird noch vergrößert durch Zusatz von Leimsubstanzen, z. B. durch Verwendung eines Bades, welches 1 Unze Weinsäure, 1/8 Unze Leim und 1/5 Unze Kartoffelstärke enthält. Zu noch besseren Resultaten soll man durch Behandlung der Ware mit 2—3% Tannin und 1—1½% Antimonsalz, nachfolgendem Seifen und Behandeln mit Weinsäure, wie oben beschrieben, gelangen.

4. Nach dem D.R.P. 242933 kann der Prozeß in folgender Weise durchgeführt werden: Die Ware wird zuerst wie üblich geseift, ausgequetscht oder leicht gespült und dann in eines der vier folgenden Bäder gegeben, wieder ausgeschwungen und getrocknet:

- | | | | |
|----|----------------------|----------------------|--------------|
| a) | 2½ Unzen Milchsäure, | 1 Unze Soda | pro Gallone, |
| b) | 1 „ „ | 2 „ Natriumlaktat | pro Gallone, |
| c) | 3 „ Weinsäure, | 2 „ Soda | pro Gallone, |
| d) | 1 „ „ | 1/2 „ Natriumtartrat | pro Gallone. |

Wenn die Ware mit Schwefelfarben gefärbt ist, sollen diese Verfahren nicht nur einen ausgesprochenen „scoop“-Effekt ergeben, sondern dieselbe auch vor nachfolgender Schwächung bewahren.

5. Ein anderes Verfahren für gefärbte Baumwolle beruht auf sukzessiver Behandlung mit Bädern von Kalziumazetat, Seife und Essigsäure nach folgender allgemeiner Vorschrift: Man zieht 15 Minuten bei 44° C in einer Kalziumazetatlösung von 7,9° Tw., preßt leicht ab und zieht 15 Minuten bei 50—60° C in einer Lösung, welche 40% Seife auf das Gewicht der Ware enthält, um, quetscht ab und passiert durch ein kaltes Bad von 10% iger Essigsäure, preßt ab und trocknet, ohne zu spülen.

6. Nach einer weiteren Methode wird Borsäure empfohlen. 100 Pfund Baumwolle werden eine halbe Stunde bei 21° C in einem Bad, enthaltend 16—20 Pfund Borsäure, hantiert, ausgequetscht und getrocknet. Der Effekt kann durch Anwendung von zwei Bädern verstärkt werden. Man behandelt zuerst mit 1½ Unzen Seife pro Gallone, preßt ab und dann mit 1½ Unzen Borsäure pro Gallone.

17. Qualität der Faser für die Merzerisierung. Die Eigenschaften der angewendeten Fasern besitzen erheblichen Einfluß auf das Gelingen des Merzerisierungsprozesses. Ausgehend von der Tatsache, daß bei der Operation eine bedeutende Spannung auf die Fasern ausgeübt werden muß, erscheint es natürlich, daß längere Fasern sich für das Merzeri-

sieren besser eignen. Diese Vermutung bestätigt sich auch in der Praxis; die langstapeligen Sea-Island und ägyptischen Varietäten werden zur Merzerisierung hauptsächlich verwendet, während die kurzstapeligen Arten nur wenig geeignet sind, da der mit denselben erhaltene Glanz nicht bedeutend ist.

Außer der Sea-Island und der ägyptischen Baumwolle gibt es aber noch eine große Zahl langstapeliger amerikanischer „peeler“-Qualitäten, welche in den U. S. A. verwendet werden. Gewisse Varietäten, wie Allenseed von Mississippi, werden speziell zur Merzerisierung gebraucht und ergeben, wenn sie sorgfältig behandelt werden, sehr gute Resultate. Boucart¹ gibt folgende Gründe an, warum eine langstapelige Baumwolle, und auch davon nur gewisse Nummern, gute Merzerisierungseffekte ergeben: Ein einfacher Faden besteht aus einer Anzahl gezwirnter Faserbündel, zusammengesetzt aus annähernd parallelen Fasern. Die Drehungen hängen sowohl von der Art der Baumwolle als auch von der Nummer des Garnes ab. Von den zwei Sorten einfacher Garne besitzt die Kette mehr Zusammenhang zwischen den einzelnen Faserelementen als Zugfestigkeit, während beim Schuß das Umgekehrte der Fall ist. Die Folge davon ist, daß bei stufenweiser Erhöhung der Spannung die Fasern des Einschlaggarnes auseinandergerissen werden, ohne zu brechen, das Kettengarn aber bricht, bevor diese Erscheinung eintritt. Der Grad der Zwirnung hängt also vom durchschnittlichen Stapel ab, und der Winkel zwischen den einzelnen Faden und der Längsachse in jedem Punkt ist proportional der Länge des Fadens. Der Grad der Zwirnung, welcher notwendig ist, damit die Kohäsion die Streckfestigkeit übertrifft, hängt natürlich ab von der Festigkeit der Faser. Der Merzerisierungsprozeß bewirkt eine Verkürzung jeder einzelnen Faser, und diese Verkürzung wird verhindert durch einen Zug parallel zu der Achse des Fadens. Infolgedessen ist die Wirkung des Zuges um so geringer, je größer der Winkel zwischen Faser und Längsachse ist, und wenn eine Stelle der Faser in rechtem Winkel zur Achse steht, wirkt gar kein Zug auf sie ein.

Deshalb kann ein einfacher Kettenfaden nur einen mäßigen Merzerisierungsgrad erreichen, und zwar um so geringer, je stärker gedreht er ist. Schwach gezwirnte Faden sollten den besten Glanz ergeben; wenn aber die Kohäsion zwischen den Fasern geringer ist als die durch die Merzerisierung entstehende Kontraktionskraft, gleiten die Fasern aneinander vorbei und es wird kein Glanz erzeugt. Wenn die Einschlagfäden aber fixiert werden, wie bei Stückwaren, ergeben sie einen besseren Glanz als die Kette, obwohl die letztere im allgemeinen aus wertvollerer Baumwolle hergestellt wird. Kurzstapelige Varietäten ergeben einen geringeren Glanz, weil sie fester gedreht werden müssen. Den besten Glanz erhält man mit doppelt gezwirntem Garn, bei welchem die äußern Fasern parallel zur Achse liegen und das Garn gut gesengt worden ist, um vorstehende Fasern zu entfernen.

Die Möglichkeit, merzerisiert zu werden, ist keine spezielle Eigenschaft bestimmter Baumwollvarietäten, wie vorhin vermutet wurde;

¹ Rev. Gen. Mat. Col. 1902, S. 34.

jede Baumwollart kann merzerisiert werden, wobei die Hauptbedingung ist, daß die Faser in gestrecktem Zustande gehalten wird. Um diese Bedingung bei kurzstapeligen Arten zu erfüllen, muß das Garn fest gezwirnt werden, um zwischen den einzelnen Fasern genügend Kohäsion zu erhalten, welche den angewandten starken Zug auszuhalten vermag. Andererseits verhindert das ein gleichmäßiges und gründliches Eindringen des Alkalis in die Fasern, so daß die mit kurzstapeligen Varietäten erhaltenen Resultate nicht verglichen werden können mit denjenigen aus einer langstapeligen Faserart.

Das Kämmen der Baumwolle vor dem Merzerisieren hat einen erheblichen Einfluß auf den nachher zu erzeugenden Glanz. Sea-Island-Baumwolle besitzt anfänglich eine ziemlich seidenartige Faser, welche durch das Kämmen, bei welchem die Fasern parallel gerichtet werden, und durch das Sengen, bei welchem die vorstehenden Haare verbrannt werden, noch geeigneter gemacht wird zur Herstellung eines starken Glanzes. Garne, welche ziemlichen Glanz besaßen, wurden auf diese Art aus feinen Sea-Island-Nummern hergestellt, lange bevor die Erzeugung eines Glanzes durch die Merzerisierung bekannt war, und es wurde immer beobachtet, daß die durch das Kämmen erhaltene parallele Lage der Fasern (oft vervollständigt durch ein zweites Kämmen) eine Hauptbedingung ist, um der Ware einen seidenartigen Glanz zu verleihen. Bei späteren Untersuchungen über die Anwendung der Spannung scheint sich ergeben zu haben, daß bei Erfüllung der mechanischen Bedingungen auch verhältnismäßig kurzstapelige Baumwolle mit größerem Erfolg als früher merzerisiert werden kann.

Lowe hat in einer Untersuchung über die Beziehung zwischen Merzerisieren und dem Spinnen des Garnes gefunden, daß Garn, welches zu „Spinnlänge“ merzerisiert und ohne Streckung gewaschen wird, 1. dünner, 2. stärker, 3. gleichmäßiger und 4. stärker gezwirnt wird; mit anderen Worten, die Merzerisierung hat den gleichen Effekt, wie wenn das Garn weitergesponnen würde. In günstigen Fällen beträgt die Zunahme der Zwirnung 10—17 oder 24—40 pro inch, der Stärke 14,5% und die Abnahme des Durchmessers bis 18%. Die Wirkung beruht auf einer festeren Bindung der Fasern untereinander in dem plastischen Zustand.

18. Methoden der Merzerisierung. Die Baumwolle wird sowohl als Garn als auch in gewobenem Zustande in großem Maßstabe merzerisiert. Die Garnmerzerisierung wird im Strang oder in der Kette ausgeführt, letzteres hauptsächlich in Amerika, während in Europa fast alles Garn im Strang merzerisiert wird¹.

¹ Der drehbare Typ einer Garnmerzerisiermaschine nach Kleinewefer besitzt 8 Paar Walzen, welche sich horizontal um eine zentrale Achse drehen und die Beaufsichtigung von nur einem Arbeiter für eine Produktion von bis 2400 Pfund pro Tag beanspruchen. Zuerst wird das Garn zwischen die Walzen gebracht, welche sich einzeln drehen und dem Garn die nötige Spannung erteilen, dann erfolgt die Behandlung mit der Natronlauge, welche in der dritten Stellung wiederholt wird, in der vierten Abteilung wird das Garn ausgequetscht und mit möglichst wenig Wasser gewaschen, um ein hochkonzentriertes Waschwasser zu erhalten, welches wieder auf Länge verarbeitet wird. In der fünften und sechsten

Maschinen für die Garnmerzerisierung sind so eingerichtet, daß die Garnstränge zwischen Walzen gestreckt und nacheinander der Einwirkung von Natronlauge, warmem und kaltem Wasser unterworfen werden. Die Wirkungsweise der meisten Maschinentypen ist vollständig automatisch¹.

Nach einer anderen Ausführungsform werden die Stränge über eine durchlöchernte, horizontale Trommel gehängt, die letztere wird dann mit großer Geschwindigkeit gedreht, wobei die Natronlauge von innen heraus zur Wirkung gebracht wird und ebenso das Waschwasser. Die Spannung der Stränge wird erreicht durch die infolge der raschen Umdrehung wirkende Zentrifugalkraft². Wenn das Garn in der Kette merzerisiert wird, passiert es eine Reihe von Wannen, in welchen es gebeutelt, mit Natronlauge behandelt, gewaschen, gesäuert und geseift wird. Die Spannung wird durch eine Serie von Quetschwalzen erzeugt. Die Merzerisierung in der Kette ist billiger als im Strang und die erhaltenen Produkte sind gleichmäßiger. Das Merzerisieren von Stoff wird in einem Apparat vorgenommen, der einem langen Spannrahmen gestreckt, in dem der Stoff durch eine Reihe seitlicher Klammern gestreckt wird. Während der Stoff längs dieser Rahmen sich bewegt, wird er sukzessive den verschiedenen Merzerisier-Operationen unterworfen. In jedem Fall wird die Spannung nachgelassen, sobald das Alkali aus dem Stoff herausgewaschen ist, doch braucht es nicht vollständig entfernt zu sein.

Es wurden auch Versuche gemacht, lose Baumwolle zu merzerisieren in Form der gekämmten Faserbündel, und sinnreiche Methoden erfunden, um das Eingehen der Faser während des Merzerisierens zu verhindern. Nach einer Ausführungsform wird das gekämmte Material zu einer kompakten Masse verpackt und die Merzerisierlauge unter Druck hindurchgepumpt oder im Vakuum durchgesogen. Nach einem andern Verfahren werden die Fasern zwischen zwei durchlöchernte Metallplatten gepreßt und der sukzessiven Einwirkung von Lauge und Wasser ausgesetzt. Ferner wurde auch eine durchlöchernte, sich rasch drehende Trommel verwendet.

So viele sinnreiche Maschinen zur Merzerisierung der Baumwolle in losem Zustand oder in gekämmten Faserbündeln konstruiert worden sind, so hat doch keine sich praktisch bewährt. Einen aufklärenden Bericht über dieses Problem hat Erban geschrieben³.

Von Gros und Bourcart⁴ wurde empfohlen, die gekämmte Baumwolle zu einem festen Faden zu drehen, in diesem Zustand zu merze-

Abteilung wird mit warmem und kaltem Wasser gewaschen, in der siebenten gesäuert und in der achten endlich wieder gewaschen, worauf das Garn aus der Maschine herauskommt.

¹ Eine gute Beschreibung der verschiedenen Maschinentypen für das Merzerisieren im Strang findet sich in dem Buch von Herzfeld: Das Färben und Bleichen, Bd. II, S. 373.

² Die Zentrifugalmerzerisiermaschine wurde von Kleinewefer erfunden und einst sehr viel verwendet, ist aber heute zugunsten des Walzentyps verlassen worden. ³ Monatsschrift f. Textilind. 1907, S. 349 u. 390.

⁴ D.R.P. 124135, s. Z. Farb. Ind. 1902, S. 54.

risieren, zu waschen und zu trocknen und denselben nachher wieder aufzudrehen und dem Spinnprozeß zu unterwerfen. Das Resultat ist aber, obwohl die starke Zwirnung ein Eingehen der Faser verhindert, daß nur die äußeren Lagen merzerisiert werden. Bourcart¹ versuchte ferner die Merzerisierung von loser Baumwolle, indem er sie zwischen endlosen Metallbändern einspannte.

Mather, Hübner und Pope² haben eine ähnliche Maschine konstruiert, nur daß die Merzerisierlauge dort durch die zwischen zwei durchlöcherten Metallrahmen eingespannte Faser durchgepreßt wird. Kleinewefers Söhne³ empfehlen eine Zentrifugalmerzerisiermaschine für lose Baumwolle, bei welcher die Fasern durch die Zentrifugalkraft in genügend gespanntem Zustand gehalten werden; doch ist mit diesem Typ kein Erfolg erzielt worden. Heberlein & Cie.⁴ verwenden einen ähnlichen Apparat von etwas verschiedener Konstruktion. Ahnert⁵ bringt die gut benetzte Baumwolle in einen durchlöcherten Rahmen, gibt starken Druck darauf und versucht auf diese Weise zu merzerisieren, wobei die Faser infolge ihrer Unbeweglichkeit am Einschrumpfen verhindert werden soll. Es wurden ferner auch Maschinen konstruiert, um Garn auf den Cops zu merzerisieren, für empfindliche Fabrikate, welche eine starke Streckung nicht aushalten; keine dieser Methoden hat aber Erfolg gehabt.

In den neuerdings von H. Nelson beanspruchten E. P. 175741, 175761 wird eine Maschine zum Merzerisieren von loser Baumwolle beschrieben. Dieselbe muß speziell vorbereitet und gewirnt werden, um der Spannung standhalten zu können.

Die Maschine arbeitet ähnlich wie die gewöhnlichen Ketten-Merzerisiermaschinen, welche in Amerika sehr viel verwendet werden. Die Baumwolle passiert die verschiedenen Prozesse, wie Beuchen, Merzerisieren, Waschen, Trocknen und Ausrüsten auf kontinuierlichen Ketten oder Bändern. Infolge der natürlichen, losen Beschaffenheit der Baumwollcops ist schwer zu verstehen, auf welche Art dieselben während des Merzerisierens in genügend gestrecktem Zustande gehalten werden, und zweifelhaft, ob auf diese Art ein Produkt mit genügend starkem Glanz erhalten werden kann. Da die Baumwolle, wenn sie in ziemlich loser Form mit starken Alkalien zusammengebracht wird, leicht etwas weich und schleimartig wird, ist kaum anzunehmen, wieso die Faserbüschel an sich für die Merzerisierung geeignet sein sollen, um so weniger, wenn das so merzerisierte Produkt nach dem Merzerisieren die Maschine nicht in einem für das weitere Zwirnen und Spinnen geeigneten Zustande verläßt. Es ist sehr wahrscheinlich, daß die Baumwolle beim Merzerisieren nach dieser Methode wieder ausgekämmt werden muß, um sie in einen für das Spinnen geeigneten Zustand zu bringen. Es wurden noch andere Maschinen zum Merzerisieren der Baumwolle in ungesponnenem Zustande empfohlen, welche meistens auf dem Prinzip eines laufenden Rahmens, in welchem die Faserbündel während der Operation eingespannt werden sollen,

¹ D.R.P. 145582, Z. Farb. Ind. 1904, S. 48.

³ D.R.P. 181927.

² D.R.P. 177166.

⁴ D.R.P. 204512.

⁵ D.R.P. 209428.

beruhen. Wenn man die Merzerisieroperation vom Standpunkt der Erzielung eines hohen Glanzes betrachtet, so ist mit keiner dieser Methoden je ein nennenswerter praktischer Erfolg erzielt worden, und die gegenwärtigen Systeme versprechen kaum einen großen Fortschritt in dieser Beziehung. Wenn dagegen durch die Merzerisierung lediglich die Aufnahmefähigkeit für Farbstoffe erhöht werden soll, ohne Rücksicht auf den entstehenden Glanz, können einige dieser Maschinen für den genannten Zweck wohl geeignet sein.

Eine andere Methode zum Merzerisieren von loser Baumwolle ist die von Lohmann. Die Baumwolle wird in so festverpacktem Zustande, daß sie nicht eingehen kann, mit Lauge behandelt, welche durch das vorerst evakuierte Gefäß durchgepreßt wird. Nach einem anderen Verfahren wird die Baumwolle fest zwischen zwei Drahtnetze verpackt, in welchem Zustand sie durch die Merzerisierlauge passiert und gespült wird. Ferner wurde in Zentrifugalmaschinen merzerisiert, wobei die Zentrifugalkraft genügte, um die Faser in gestrecktem Zustand zu erhalten, während die Baumwolle mit Federn gegen die rotierende Trommel gepreßt wird. Nach einem neuen Patent von Heberlein wird das gleiche System angewendet; statt die Ware aber mit Federn festzuhalten, wird mit dem Zugeben der Lauge gewartet, bis die Zentrifugalkraft allein die Baumwolle genügend fest gegen die innern Wände der Trommel gepreßt hat. Diese letztere Methode kann für Zentrifugen mit vertikaler oder horizontaler Achse angewendet werden. In letzterem Falle muß die Zentrifugenwand doppelt sein, zwei ineinanderstehende, durchlöchernte Trommeln. Die Fasern werden im Zwischenraum so gleichmäßig wie möglich eingepackt. Die Zentrifuge muß während der Merzerisation und dem darauffolgenden Spülen ununterbrochen und in gleicher Richtung im Gange sein. Die Geschwindigkeit der Maschine kann je nach der gewünschten Einwirkung auf die Ware beliebig vergrößert werden.

Dieser Methode wird der große Vorteil zuerkannt, daß sie sowohl für Garn und Fertigwaren als auch für lose Baumwolle angewendet werden kann, ferner auch für andere vegetabilische Fasern, wie Leinen, Jute oder Ramie, letztere Behauptung ist aber abzulehnen. Das Verfahren ist an und für sich wertlos für solche Fasern, welche parallel zur Zentrifugenwandung liegen, da dieselben durch die Zentrifugalkraft nicht gestreckt werden.

Ferner schrumpfen die Fasern stärker ein, da sie gegeneinander gepreßt werden, während, wenn sie nur in dünnen Schichten eingepackt sind, keine guten Resultate erhalten werden. Ist die Ware fest und in dicken Lagen verpackt, so kann die Lauge ohne Anwendung von Druck kaum nur durch die Zentrifugalkraft allein die Ware durchdringen.

Um diesen hohen Druck zu vermeiden, wird nach einem patentierten Verfahren von Carl Ahnert, Chemnitz, eine speziell präparierte Lauge benutzt, welche die Baumwolle nicht nur leicht durchdringen, sondern auch vor Bewegung schützen soll, so daß das Merzerisieren, Spülen, Säuern und das zweite Spülen nacheinander,

ohne die Baumwolle umzupacken oder den Druck zu wechseln, ausgeführt werden kann. Nach diesem Verfahren wird die gereinigte lose Baumwolle zuerst mit heißem Wasser benetzt, dann im Imprägnierkessel zwischen zwei perforierten Platten unter starkem Druck gesetzt, welcher genügt, um alle Bewegung und ein Einschrumpfen während des Merzerisierens zu verhindern. Die Ware wird so gleichmäßig wie möglich verpackt, so daß jeder Teil unter gleichem Druck steht. Um das zu erreichen, wird sie in Lagen geschichtet mit dazwischengelegten Drahtnetzen. Das Material wird dann sukzessive den verschiedenen Operationen unterworfen, indem die Merzerisierlauge und die Waschwässer in bekannter Art und Weise durchgepreßt werden.

Baumwollstoff wird hauptsächlich in ungebleichtem Zustand merzerisiert. Es wurde viel darüber gestritten, ob man besser zuerst merzerisiere und dann bleiche oder umgekehrt; die Praxis hat die erstere Methode bevorzugt. Bei den Bleichoperationen, welche im allgemeinen eine ziemlich starke Beanspruchung der Baumwolle, zuerst mit ziemlich starken Alkalien und dann mit Bleichmitteln, darstellen, erleidet dieselbe mehr oder weniger chemische Veränderungen, welche für die Bildung der Alkalizellulose bei der Merzerisation nicht mehr geeignet sind, so daß keine eigentliche Merzerisierung erfolgt. Obwohl die Baumwolle vor dem Merzerisieren gründlich gereinigt werden soll („gebeucht“), so ist es doch vorteilhaft, für diesen Zweck kein Alkali, sondern Türkischrotöl (oder andere gebräuchliche sulfurierte Öle) oder Seife zu verwenden. Wenn das Bleichen nach dem Merzerisieren sorgfältig ausgeführt wird, ist die Abnahme des Glanzes sehr gering. Doch erfordert merzerisierte Baumwolle kein längeres alkalisches Kochen vor dem Bleichen wie gewöhnliche Baumwolle.

Um die besten Bedingungen zur Erzielung eines hohen Glanzes zu erhalten, muß das Garn vor dem Merzerisieren gut gesengt werden (Gassenge), da sonst die äußeren haarigen Fäserchen lose bleiben und nicht gestreckt werden. Infolgedessen schrumpfen diese Fasern ein, nehmen keinen Glanz an und vermindern in starkem Grade den Glanz der Oberfläche des Stoffes. Ferner hat die Natronlauge einen verfilzenden Einfluß auf diese Fäserchen, und das Verfilzen verdirbt den Glanz ganz besonders.

Ein anderes Verfahren zur Vorbehandlung von Baumwollgarn oder -stoff für die Merzerisierung besteht darin, dasselbe mit einer warmen Lösung eines Malzpräparates zu imprägnieren, auszuquetschen und über Nacht liegenzulassen. Das Malzpräparat erzeugt eine gelinde Fermentation in den Pektinsubstanzen der Faser unter Umwandlung derselben in lösliche Verbindungen, welche leicht zu entfernen sind. Infolgedessen wird die Faser aufgeweicht und ist dann der Durchdringung der Merzerisierlauge leichter zugänglich. Andere passieren das Garn durch eine kochende verdünnte Sodalösung, quetschen die überschüssige Flüssigkeit ab und lassen über Nacht naß liegen. Dieses Verfahren bewirkt ebenfalls eine Fermentation der Pektinsubstanzen und soll nach dem Merzerisieren ein etwas weiches Garn ergeben.

Beim Merzerisieren von Stoff tritt eine Reaktion ein zwischen den Füllstoffen, welche in mehr oder weniger großer Menge immer vorhanden sind, und dem Ätzalkali, welche unter Umständen die Temperatur erheblich erhöhen kann, so daß ein minderwertigerer Glanz entsteht. In solchen Fällen muß mit kaltem Wasser gekühlt werden.

Merzerisierten Stoff bleicht man am besten nach dem ersten Spülen, nachdem der größte Teil des Alkalis entfernt und die Merzerisierung beendet ist, ohne noch mit angesäuertem Wasser zu waschen, wie man es macht, wenn der Stoff nicht unmittelbar gebleicht werden soll. Die geringe noch zurückbleibende Alkalimenge begünstigt die Bleichoperation.

19. Wiedergewinnung der Natronlauge aus den Merzerisierflüssigkeiten. Da das von der Baumwolle während des Merzerisierens aufgenommene Alkali vor der Vollendung des Prozesses alles wieder ent-

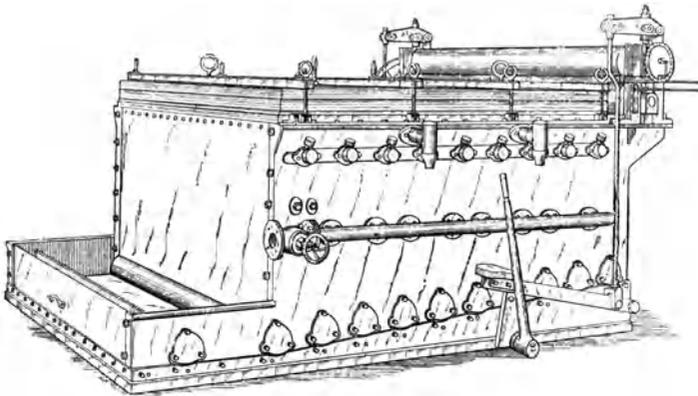


Abb. 222. Dampfwaschapparat für Laugeregenerierung. (System Matter.)

fernt werden muß, ist leicht zu verstehen, daß ein großer Teil desselben durch die Waschwässer verlorengeht, wenn dieselben nicht sorgfältig auf Wiedergewinnung desselben verarbeitet werden. Für eine rationelle Durchführung des Merzerisierprozesses ist eine Regenerierung des Ätzalkalis aus diesen Waschwässern unbedingt erforderlich. Diese besteht in einer Konzentration und Reinigung derselben bis zu einem Grade, daß sie als Merzerisierlauge wieder Verwendung finden können¹.

Wenn die Merzerisierlauge wieder gewonnen werden soll, arbeitet man vorteilhaft in der Weise, daß die erste Waschung des Materials, welches nach dem Herausnehmen aus der Lauge noch stark mit Lauge durchtränkt ist, mit Wasser vorgenommen wird, welches von einer vorhergehenden Waschoperation bereits etwas Lauge enthält, d. h. mit anderen Worten, es wird nach dem Gegenstromprinzip zuerst mit ver-

¹ In bezug auf die Regenerierverfahren der Lauge aus Merzerisierflüssigkeiten s. Z. Farb. Ind. 1910, S. 157; ferner O. Ventner, D.R.P. 211566; Kraus und Petzold, D.R.P. 216622; Kraus, E.P. 15352 von 1907 und F.P. 379992; Z. Farb. Ind. 1909, S. 107; Wallach, D.R.P. 202789; Haubold, D.R.P. 205962; und 212900; Möller-Holtkamp, D.R.P. 207813.

dünnter Lauge und zuletzt mit frischem Wasser gewaschen. Dadurch enthält das Wasser bei seiner letzten Verwendung bereits ziemlich viel Lauge und seine Konzentrierung gestaltet sich rationeller¹. Um die Abfall-Lauge technisch rentabel regenerieren zu können, muß man dafür sorgen, daß die zur Regenerierung gelangenden Waschwässer so konzentriert wie möglich sind. Bei den gewöhnlich angewendeten Waschoptionen sind die Waschwässer so verdünnt, daß sich ihre Reinigung und Konzentration unter Umständen nicht lohnt.

Die Waschwässer werden gewöhnlich durch mehr oder weniger fremde Bestandteile verunreinigt, welche von Farbstoffen und Appretursubstanzen der Ware herrühren, und ferner wird durch Zutritt der Luft aus der Natronlauge eine beträchtliche Menge Karbonat gebildet. Die Reinigung und Rückbildung dieser Lauge wird in einem Kessel ausgeführt, in welchem sie mit der notwendigen Menge Kalkmilch versetzt und der Niederschlag absitzen gelassen wird. Die geklärte Lösung wird abgezogen und in Vakuumapparaten auf eine für eine neue Verwendung geeignete Konzentration (ca. 50° Tw.) eingedampft.

Neuerdings wurde gefunden, daß beim Merzerisieren von Stückware eine wesentliche Ersparnis erzielt wird, wenn man das Waschen anstatt mit Wasser mit Dampf ausführt². Derselbe löst das Alkali aus dem Stoff rascher und gibt ein Waschwasser von verhältnismäßig hohem Gehalt an Lauge (14—16° Tw.), so daß die Kosten der nachfolgenden Eindampfung gering sind. Nach diesem Verfahren können 96—98% des angewendeten Alkalis regeneriert werden.

Das Bembergsche oder Mattersche Verfahren erfordert eine spezielle Apparatur, wie sie in den Abb. 222 und 223 gezeigt wird, ebenso den Konzentrationsapparat Abb. 224. Der Gang der Ware durch die Kammer ist aus Abb. 223 ersichtlich. A. stellt eine Kammer dar, auf deren Grund ein Bottich (B) angebracht ist, eingeteilt in eine Reihe Einzelabteilungen (C) durch die Querwände D und E, welche so konstruiert sind, daß die Flüssigkeit vom höchsten ins tiefste Gefäß (C¹) fließen kann. In den Abteilungen (C) sind Rollen (F) eingerichtet, im oberen Teil der Kammer eine weitere Serie (G), angetrieben durch die

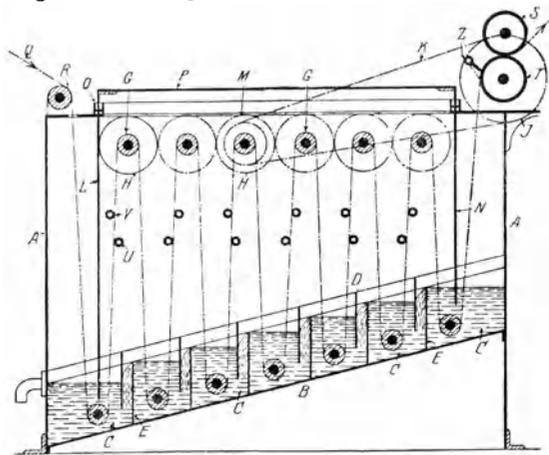


Abb. 223. Schematische Darstellung des Matterschen Dampfwaschapparates für merzerisierten Stoff.

¹ Siehe Scott & Cie, E.P. 19734 von 1902.

² Siehe Matter, D.R.P. 215045 von 1908; ferner Petzold, E.P. 20656 von 1911.

Räder (H), welche durch den Riemen (K) von der Rolle J zur Rolle M gedreht werden. In die Kammer (A) sind vertikale Abteilungen (L, N) eingebaut, deren Querwände in die Flüssigkeit in B tauchen, während oben mit Flüssigkeit gefüllte Kanäle (O) sich befinden, in welchen die Decke P eintaucht, so daß durch diese hydraulische Verbindung die Kammer luftdicht abgeschlossen ist.

Das Material Q, von dem Merzerisierapparat herkommend, wird über einen Zylinder R in die unterste Abteilung C, dann aufwärts über

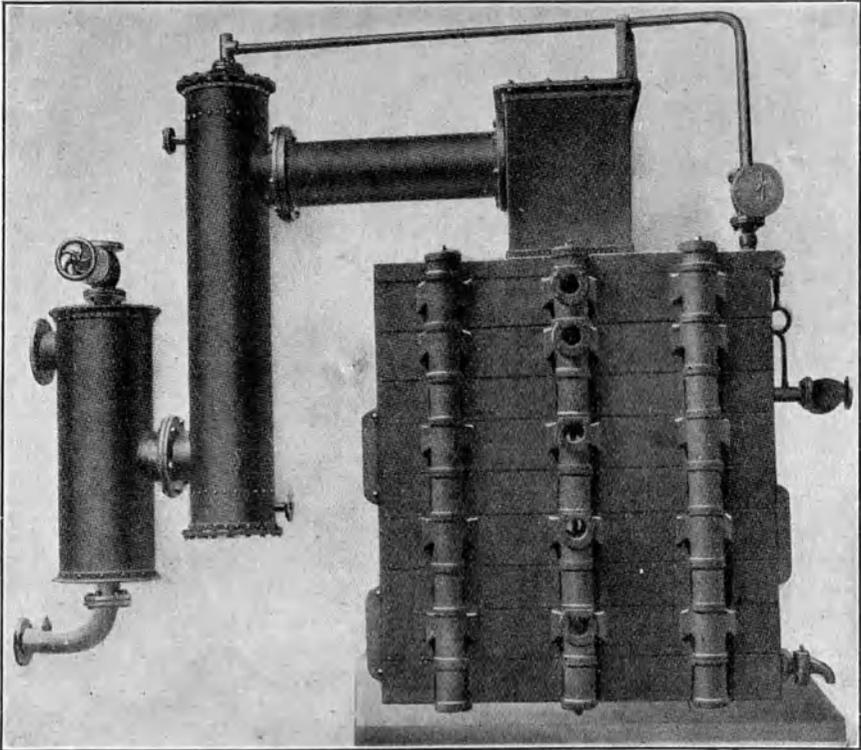


Abb. 224. Verdampfer für das Matternsche System der Laugeregenerierung.

die Rollen G, nach unten in die nächste Abteilung usw. im Zickzack geführt, bis es zwischen den Quetschwalzen (S, T) die Maschine, für eine weitere Behandlung bereit, verläßt.

Die Entfernung der Lauge aus der Ware geschieht in der luftdichten Kammer, zu welchem Zwecke Röhren (U) und Stäbe (V) so angeordnet sind, daß das Baumwolltuch zwischen ihnen gestreckt durchläuft. Die Röhren sind gegen das Material hin durchlöchert und es wird Dampf durchgeleitet, welcher die Lauge weglöst. Die Stäbe (V) dienen dazu, die auf der Oberfläche der Ware durch den Dampfstrahl bei U angesammelte Lauge abzustreifen, so daß sie in die Gefäße (C) nach unten fließt. Der Prozeß wird wiederholt, bis das Material fast frei von Lauge

durch die Rollen S und T läuft, von welchen es noch mit wenig Wasser, welches aus einer Röhre (Z) fließt, abgespritzt wird. Dieses Wasser fließt dann nach dem höchsten Gefäß C¹ und mischt sich dort mit der Lauge. Diese gemischte Flüssigkeit fließt nach der nächsttiefer gelegenen Abteilung, während der Inhalt derselben selbst in das tiefere fließt usw. Es ist leicht einzusehen, daß jede tieferliegende Abteilung, beginnend bei C¹, stärkere Lauge enthält, wobei die Konzentration derselben reguliert werden kann durch die Menge des Wassers, welches bei Z aufgespritzt wird. Das hat den wichtigen Vorteil, daß aus jeder Abteilung Lauge direkt für den Gebrauch abgelassen werden kann, ohne daß sie regeneriert werden muß.

20. Eigenschaften der merzerisierten Baumwolle. Abgesehen vom hohen Glanz und der etwas erhöhten Festigkeit zeigt merzerisierte Baumwolle gegenüber der gewöhnlichen nur wenige äußere Unterschiede. Gegen Farbstoffe und Beizen ist sie eher etwas reaktionsfähiger, infolgedessen können mit derselben Menge Farbstoff etwas tiefere Töne gefärbt werden. Diese Eigenschaft ist mehr der hohen Absorptionsfähigkeit der Faser als irgendeiner chemischen Veränderung zuzuschreiben, sie ist auch unabhängig von der Merzerisiermethode, d. h. äußert sich gleich, ob mit oder ohne Spannung merzerisiert wurde.

Haller¹ hat die Ansicht vertreten, daß die Zunahme der Affinität zu Farbstoffen der Zerstörung der Kutikula zuzuschreiben sei, indem er annahm, daß diese Kutikula oder dünne Haut das freie Eindringen der Farbstofflösungen und Beizen in die Faser erschwere. Dieser Meinung tritt Herzog entgegen, der zeigte, daß die Kutikula sowohl der rohen als auch der merzerisierten Faser in physikalischer und chemischer Beziehung annähernd die gleiche ist. Er schloß daraus, daß die erhöhte Aufnahmefähigkeit aus der Hydratation der Zellulose und einer physikalischen Veränderung der Zellwände herrühre.

Justin-Mueller² ist der Ansicht, daß die Baumwolle durch die Behandlung mit dem Alkali in einen gelatinierten Zustand übergehe und infolgedessen stärker absorbiere. Dreaper betrachtet die mehr entwickelte kolloidale Natur der merzerisierten Baumwolle als Ursache der größeren Aufnahmefähigkeit für Farbstoffe.

Wichelhaus und Vieweg haben die Reaktion zwischen merzerisierter Baumwolle und einigen Metalloxyden untersucht und gefunden, daß erstere 3,82% Bariumhydrat aus einer $\frac{1}{5}$ normalen Lösung und 2,18% Strontiumhydrat aus einer $\frac{1}{10}$ normalen Lösung zu absorbieren vermöge.

Merzerisierte Baumwolle ist chemisch reaktionsfähiger als gewöhnliche. Bei der Herstellung von Kunstseide und anderen plastischen Zellulosematerialien, welche Viskose, Kupferoxydammoniakzellulose oder Zelluloseazetatlösungen verwenden, geht man fast immer von merzerisierter Baumwolle aus, da dieselbe sich in den angewandten Reagenzien besser löst als die gewöhnliche Zellulose.

¹ Z. Farb. Ind. 1907, S. 125.

² Bull. Soc. Ind. Rouen 1905, S. 35.

Die erhöhte Affinität von merzerisierter Baumwolle zu substantiven Farbstoffen ist eine sehr charakteristische Eigenschaft. Zur Erzielung derselben Farbintensität sind 20—50% weniger Farbstoff erforderlich.

Schaposchnikoff und Minajeff¹ haben die Absorption von Farbstoffen bei merzerisierter und gewöhnlicher Baumwolle quantitativ verfolgt. Von Indigo, substantiven Farbstoffen, Tanninfarben (basischen) und Schwefelfarben nimmt merzerisierte Baumwolle etwa 40% mehr auf, bei Entwicklungsfarben dagegen beträgt die Differenz nur etwa 4—10%. Beim Tränken mit Anilinsalz nimmt die merzerisierte Faser etwas weniger auf, doch wird das erzielte Schwarz trotzdem tiefer. Bei den Beizen wurden widersprechende Resultate erhalten, einige werden besser, andere nicht so gut absorbiert. Beim Färben von Türkischrot ist praktisch keine Differenz zwischen merzerisierter und gewöhnlicher Baumwolle, doch färbt sich erstere leichter mit Mineralfarben an (Manganbraun etwa 12,5%, Eisenbister 40%).

Knecht² hat vergleichende Versuche in bezug auf die Menge des von verschiedenen merzerisierten und gewöhnlichen Baumwollbeispielen aufgenommenen Farbstoffes gemacht. Der angewandte Farbstoff war Benzopurpurin 4 B, und die Menge an fixiertem Farbstoff wurde nach der Knechtschen Titanchlorürmethode ermittelt. Eine Zusammenfassung seiner Resultate ist in folgender Tabelle enthalten:

Fixierter Farbstoff pro 100 g Baumwolle	Art der gefärbten Baumwolle
0,69	gewöhnliche, nicht gebeuchte Baumwolle
2,78	merzerisiert mit Natronlauge von 33° Bé
5,23	behandelt mit HNO ₃ von 43° Bé
1,55	gebeucht, nicht merzerisiert
2,90	„ unter Spannung mit NaOH von 29° Bé merzerisiert
3,39	„ ohne „ „ „ „ 29° Bé „
1,50	gebleicht, nicht merzerisiert
2,86	„ mit Spannung mit „ „ 29° Bé merzerisiert
3,54	„ ohne „ „ „ „ 29° Bé „

Fixierter Farbstoff auf 100 g Baumwolle	Laugenkonzentration
1,77	nicht merzerisiert
1,88	merzerisiert mit Lauge von 10° Bé
2,39	„ „ „ „ 14° Bé
2,57	„ „ „ „ 16° Bé
2,95	„ „ „ „ 19° Bé
3,02	„ „ „ „ 21,5° Bé
3,15	„ „ „ „ 24° Bé
3,27	„ „ „ „ 26,5° Bé
3,38	„ „ „ „ 29° Bé
3,50	„ „ „ „ 31° Bé
3,56	„ „ „ „ 33° Bé
3,60	„ „ „ „ 35,5° Bé
3,66	„ „ „ „ 37,5° Bé

Die nebenstehende Tabelle enthält die Resultate bei Verwendung von ägyptischer Baumwolle, welche unter verschiedenen Bedingungen merzerisiert wurde.

Die Tabelle zeigt, daß die Affinität der Baumwolle für direkt ziehende Farbstoffe mit dem Grade der

¹ Z. Farb.-Ind. 1903, S. 257; 1904, S. 163; 1905, S. 81; 1907, S. 233, 252, 309 und 345.

² Journ. Soc. Dyers and Col. 1908, S. 68.

Merzerisation zunimmt, infolgedessen kann derselbe direkt bestimmt werden durch Ermittlung der Anzahl Gramme Farbstoff (Benzopurpurin 4 B), welche von 100 g Baumwolle aufgenommen werden.

Hübner und Pope¹ haben die färberischen Eigenschaften von merzerisierter Baumwolle gegenüber gewöhnlicher untersucht und ebenfalls gezeigt, daß die Zunahme der Affinität abhängig ist vom Grad der Merzerisation. Ihre Resultate sind folgendermaßen angegeben:

1. Kalte Natronlauge von 1° Tw. hat einen erheblichen Einfluß auf die Erhöhung der Affinität der Baumwolle zu substantiven Farbstoffen und von 0 und 18° Tw. ist die Erhöhung der Affinität angenähert proportional der Laugenkonzentration. Heiße verdünnte Laugen haben nicht denselben Effekt, indem Baumwollgarn, welches mit Lauge von 2° Tw. gekocht wird, die gleiche Affinität zu Farbstoffen besitzt wie nicht behandelte Baumwolle.

2. Zwischen 18 und 22° Tw. ist die Zunahme der Affinität mit der Konzentration größer als dem analogen Verhältnis bei geringeren Konzentrationen entspricht. Mit Lauge von 22—26° Tw. wird der Effekt noch größer und ebenso wächst er bei Konzentrationen von 26—30° Tw.

3. Über 30° Tw. hat eine Vergrößerung der Laugenkonzentration dagegen einen geringeren Einfluß auf die Zunahme der Affinität zu Farbstoffen. Zwischen 55 und 70° Tw. ist derselbe sehr gering.

4. Wenn mit einer Natronlauge über 70° Tw. merzerisiert wird, nimmt die Affinität ab, so daß Baumwolle, welche mit Lauge von 80° Tw. behandelt wurde, die gleiche Aufnahmefähigkeit für Farbstoffe zeigt, wie die mit 35° NaOH merzerisierte.

Hübner und Pope haben ferner auch den Einfluß verschiedener Alkalikonzentrationen auf die Kontraktion der Faser während des Merzerisierens studiert und folgende Ergebnisse erhalten:

Stärke der Lauge ° Tw.	Länge des Stranges Yards	Kontraktion %	Stärke der Lauge ° Tw.	Länge des Stranges Yards	Kontraktion %
—	200	—	20	186,8	6,6
0 (Wasser)	198	1,0	22	171,3	14,3
1	196,4	1,7	24	163,1	18,4
2	195,7	2,1	26	160,3	19,8
3	195,6	2,2	28	160,0	20,0
4	195,5	2,2	30	158,2	20,9
5	195,2	2,4	35	150,2	24,9
6	194,2	2,9	40	143,7	28,1
7	193,7	3,1	45	141,0	29,5
8	194,2	2,9	50	144,2	28,9
9	194,0	3,0	55	142,7	28,6
10	194,2	2,9	60	145,3	27,3
12	194,5	2,7	65	149,2	25,4
14	192,7	3,6	70	150,3	24,8
16	190,4	4,8	75	152,8	23,6
18	188,7	5,6	80	154,2	22,9

Daraus ist zu ersehen, daß bei etwa 20° Tw. ein plötzlicher Sprung in der Stärke der Kontraktion eintritt und daß das Maximum bei etwa 45° Tw. erreicht ist.

Merzerisiertes Garn hat die unangenehme Eigenschaft, daß es hie und da unegale und streifige Färbungen ergibt. Die Ursache derselben

¹ Journ. Soc. Chem. Ind. 1909, S. 404.

ist meist unbekannt und die Ungleichheiten verschwinden im nächsten Versuch oft so unerklärlich, wie sie vorher da waren. Es muß hier irgendein Fehler entweder in der Merzerisierung oder im Färben vorliegen. Färber, welche ihr eigenes Garn merzerisieren, wären am besten in der Lage, dieses Problem aufzuklären, doch färben die meisten Garn, welches von anderen merzerisiert wurde. Wenn ungleiche Färbungen auftreten, ist der einzig mögliche Weg, eine zweite Probe eines Garnes zu färben, von dem man weiß, daß es richtig und gleichmäßig merzerisiert ist. Ein Vorrat solchen Garnes sollte immer zur Hand sein. Wenn in demselben Bade dieses Garn wieder schlecht gefärbt ist, so liegt der Fehler beim Färben, oder beim Färben und Merzerisieren, wenn das richtig merzerisierte Garn viel besser, wenn auch nicht sehr gut, angefärbt wird als das unbekanntes Garn. Es ist sehr schwierig, unegal merzerisiertes Garn zu korrigieren. Eine zweite Merzerisierung schadet mehr, als sie nützt, denn dabei werden diejenigen Parteien, welche bereits bei der ersten Operation übermerzerisiert waren, noch stärker übermerzerisiert, da sie mehr Affinität zu Lauge besitzen als die weniger merzerisierten Teile. Bleichen ist noch nutzloser, sofern die ungleichmäßige Merzerisierung nicht vor dem Färben bemerkt wird. In diesem Falle ist eine Behandlung mit warmem, verdünntem Methylalkohol, gefolgt von einer gewöhnlichen Permanganatbleiche, in manchen Fällen erfolgreich.

Es wurde ferner gefunden, daß ein unegales Färben von merzerisiertem Garn oft vermieden werden kann, wenn man dasselbe vorher mit einer NatronlaugeLösung von etwa 25^o Tw. behandelt und dann gründlich wäscht. Die Tatsache, daß merzerisierte Garne verschiedener Herkunft sich färberisch fast immer etwas verschieden verhalten, ist bekannt. In vielen Fällen ist es nicht möglich, merzerisierte Baumwolle von zwei verschiedenen Fabriken miteinander zu gebrauchen, wenn dieselbe gefärbt werden muß. Dieser Unterschied im färberischen Verhalten rührt wahrscheinlich davon her, daß der eine Merzerisierer die Baumwolle viel länger mit Natronlauge in Berührung läßt als der andere. Auch kann es auf der Anwendung von verschiedenen Qualitäten Wasser beim Merzerisierprozeß beruhen, oder auf Anwendung verschiedener Wasch- und Weichmachungsmethoden.

21. Prüfung der merzerisierten Baumwolle. Merzerisierte Baumwolle gibt mit Jod-Jodkalilösung eine Reaktion, welche zu ihrer Unterscheidung von gewöhnlicher Baumwolle dient. Taucht man Proben von gewöhnlicher und merzerisierter Baumwolle einige Sekunden in eine Lösung von 20 g Jod in 100 cm³ einer gesättigten Jodkaliumlösung und wäscht dann mit Wasser, so wird die gewöhnliche Baumwolle hellbraun, während die merzerisierte schwarz wird. Setzt man das Waschen fort, so wird die gewöhnliche Baumwolle schließlich farblos, während die merzerisierte blautichig schwarz bleibt und nur sehr langsam an Farbstärke abnimmt.

Behandelt man Baumwolle mit einer $n/_{100}$ Jodlösung und setzt die Probe der Luft aus, so entfärbt sich gewöhnliche Baumwolle nach kurzer Zeit, während merzerisierte Baumwolle eine Farbstärke, welche von der

Stärke der bei der Merzerisierung angewandten Lauge abhängt, beibehält. Es scheint ferner, daß ohne Anwendung von Spannung merzerisierte Baumwolle auf Jod stärker absorbierend wirkt als solche, die während der Merzerisierung gestreckt wurde.

Ein anderes Reagens auf merzerisierte Baumwolle ist eine Lösung von 46 g Aluminiumchlorid in 100 cm³ Wasser, welcher 15–20 Tropfen Jodlösung zugesetzt sind. Bei einstündigem Behandeln mit dieser Lösung entsteht eine dunkelschokoladebraune Farbe, während gewöhnliche Baumwolle farblos bleibt¹.

Verwendet man eine Lösung von 280 g Chlorzink in 300 cm³ Wasser, der 20 Tropfen einer Lösung von 1 g Jod in 20 g Kaliumjodid auf 100 cm³ Wasser zugesetzt sind, so erhält man noch deutlicher unterscheidbare Farbreaktionen als nach obiger Methode². Die dadurch auf gewöhnlicher Baumwolle erzeugte Farbe wird leichter wieder gewaschen, während merzerisierte Baumwolle ihre Farbe länger beibehält. Bei Anwendung dieser Lösung kann direkt die Menge des bei der Merzerisation verwendeten Ätzkalis bestimmt werden.

Hübner³ hat bei seinen Versuchen mit diesem Reagens bei mit verschiedenen Alkalikonzentrationen merzerisierten Baumwollproben folgende Resultate erhalten:

Laugenkonzentration ° Tw	I 20 Tropfen der Jodlösung	II 10 Tropfen der Jodlösung	III 5 Tropfen der Jodlösung
0	leicht rötlich	bleibt weiß	farblos
10	schwach rot	sehr schwach braun	„
20	tief schokoladebraun	dunkler braun	„
23	dunkler, blauer	dunkler, blauer	„
26	noch dunkler u. blauer	noch dunkler u. blauer	„
30	sehr tief marineblau	dunkler, rötlich blau	schwach blau
40	schwarz	noch dunkler	blauer
50	„	dunkler als 40	dunkler blau
60	„	„ „ 40	etwas heller
70	„	„ „ 40	heller

Die verschiedenen Portionen der Jodlösung wurden zu 100 cm³ der Chlorzinklösung gegeben. Wenn gewobene Ware geprüft werden soll, so muß die Probe zuerst mit Wasser benetzt und zwischen Filterpapier ausgepreßt werden, bevor man das Reagens anwendet. Die vorhergehende Entfernung von Farbstoffen beeinträchtigt den Test nicht.

Eine andere charakteristische Reaktion auf merzerisierte Baumwolle ist ihre Behandlung mit Benzopurpurin⁴.

Wenn gewöhnliche und merzerisierte Baumwolle mit Benzopurpurin aus verdünnter Flotte gefärbt und dann Salzsäure tropfenweise zu-

¹ Hübner, Journ. Soc. Chem. Ind. 1908, S. 110.

² Siehe Lange (Färb.-Zg. 1903, S. 369). Die Beispiele müssen 3 Min. in der Lösung belassen und dann gewaschen werden. Die Farbe verschwindet bei gewöhnlicher Baumwolle rasch, während die merzerisierte einige Zeit blau bleibt.

³ Journ. Chem. Soc. 1908, S. 105.

⁴ Es muß darauf geachtet werden, daß man reines Benzopurpurin anwendet, da das den Handelsmarken oft beigemischte Safranin u. a. die Probe beeinträchtigt.

gegeben wird, bis gewöhnliche Baumwolle gerade nach Blau umschlägt, so behält das merzerisierte Stück immer noch seine tiefrote Farbe¹. Diese Prüfung wurde zuerst von Knecht vorgeschlagen, der sie so ausführte, daß er genügend Säure zugab, um bei beiden Proben den Farbumschlag zu erzielen. Dann fügte er sorgfältig eine Lösung von Titanchlorür zu, bis gerade vor der Entfärbung, wobei die gewöhnliche Baumwolle blau blieb, das merzerisierte Beispiel wieder rot wurde².

Knaggs³ verwendete dieselbe Reaktion mit einer sehr verdünnten Lösung von Benzopurpurin 4 B, 5 cm³ der Farbstofflösung (0,1 g pro Liter) auf 100 cm³ Wasser und säuerte die kochende Flüssigkeit mit Titanchlorür an. Baumwolle wird blauschwarz, merzerisierte Baumwolle rot.

David⁴ unterscheidet merzerisierte und nichtmerzerisierte Ware folgendermaßen: Das Garn oder Fertigfabrikat wird gebeucht und soviel wie möglich entfärbt, hierauf in gestrecktem Zustand mit Natronlauge von 4° Bé getupft und ferner mit der gleichen Lauge, mit Wasser 1:1 und 1:3 verdünnt. Das so vorbehandelte Beispiel wird dann mit Kongorot gefärbt. Wenn die Baumwolle nicht vorher merzerisiert war, so färben sich die betupften Stellen tiefer an, während merzerisierte Baumwolle überall gleichmäßig rot wird.

Higgins⁵ zeigte, daß merzerisierte Baumwolle hygroskopischer ist als gewöhnliche und daß im weiteren das Verhältnis der absorbierten Feuchtigkeit mit dem Grad der „Merzerisierung“ zunimmt, wie die folgende Tabelle zeigt:

Grad der Merzerisierung	Feuchtigkeit %
Gewöhnliche Baumwolle	6,20
Merzerisiert mit Lauge von 10° Tw.	6,37
„ „ „ „ 20° Tw.	6,68
„ „ „ „ 30° Tw.	8,40
„ „ „ „ 40° Tw.	9,41
„ „ „ „ 50° Tw.	9,43
„ „ „ „ 60° Tw.	9,57
„ „ „ „ 70° Tw.	9,69

Für diese Versuche wurde das Baumwollgarn gut gebeucht und ohne Spannung mit Natronlauge von verschiedenen Konzentrationen merzerisiert. Die Beispiele wurden hierauf gewaschen, gesäuert, gewaschen, bei 60° C getrocknet und einige Zeit der Luft ausgesetzt. Die Feuchtigkeit wurde durch Wägen vor und nach 8stündigem Trocknen bei 100° C bestimmt.

¹ Knaggs, Journ. Soc. Dyers and Col. 1908, S. 112. Die Tatsache, daß die merzerisierte Baumwolle rot bleibt, ist offenbar nicht noch in der Faser zurückgebliebenem Alkali zuzuschreiben, da, wenn genügend Säure zugesetzt wird, um den Farbumschlag zu erreichen und man die Probe wieder in die Farbstofflösung taucht, die rote Farbe wieder auftritt.

² Siehe Journ. Soc. Dyers and Col. 1908, S. 67.

³ Journ. Soc. Dyers and Col. 1908, S. 112.

⁴ Rev. Gen. Mat. Col. 1907, S. 267.

⁵ Journ. Soc. Chem. Ind. 1909, S. 188.

Beim Vergleich dieser Resultate ersieht man einen scharfen Zuwachs der Feuchtigkeit bei Baumwolle, welche mit Lauge von 20—30° Tw. merzerisiert wurde, während mit Lauge von über 40° Tw. der Feuchtigkeitsgehalt annähernd konstant wird.

Oxley¹ gibt an, daß merzerisierte Baumwolle, welche nach dem Trocknen gefärbt wird, nicht so dunkle Nuancen ergibt, als vorher gefärbte und dann getrocknete. Es wurde gefunden, daß sich gewöhnliche Baumwolle in analoger Weise verhält. Ferner ist bekannt, daß scharf getrocknete Baumwolle auch nach längerem Exponieren an der Luft nicht mehr den ursprünglichen Feuchtigkeitsgehalt der lufttrockenen Baumwolle aufnimmt².

David beschreibt eine Methode zur Unterscheidung von merzerisierter Baumwolle, welche auf der Tatsache beruht, daß ein zweites Mal merzerisierte Baumwolle keine Zunahme der Affinität zu Farbstoffen mehr aufweist. Der zu behandelnde Stoff wird, wenn bereits gefärbt, zuerst mit Salzsäure behandelt und dann in einen Rahmen gespannt. Dann werden drei Natronlauge-lösungen vorbereitet: 1. eine Standardlösung von 40° Bé; 2. dieselbe mit der gleichen Menge Wasser verdünnt, 3. mit der dreifachen Menge Wasser verdünnt. Mit diesen drei Lösungen wird der Stoff an verschiedenen Stellen betupft. Nach kurzer Zeit wird der eingespannte Stoff mit Wasser gespült, bis die Lauge entfernt ist, dann mit Schwefelsäure gesäuert und wieder gewaschen und hierauf mit Kongo-rot gefärbt. Wenn die Baumwolle vor der Behandlung nicht merzerisiert war, so sind die mit der Lauge betupften Stellen stärker gefärbt als die übrigen Partien des Stoffes, während bereits merzerisierte Baumwolle keine Unterschiede zeigt (siehe auch oben).

22. Ultramikroskopisches Aussehen von merzerisierter Baumwolle. Die mikroskopische Untersuchung im polarisierten Licht bietet ein Mittel, um merzerisierte und nichtmerzerisierte Baumwollgarne zu unterscheiden. Die runzeligen Spannungslinien, welche starke Aufhellung zeigen, sind bei nichtmerzerisierter Baumwolle deutlich zu sehen, bei Baumwolle, welche ohne Streckung merzerisiert wurde, sind sie undeutlich und bei mit Streckung merzerisierter überhaupt nicht vorhanden. Aus der ultramikroskopischen Untersuchung der merzerisierten Baumwollfaser schließt Harrison³, daß die beim Behandeln mit Natronlauge auftretende Quellung analog ist der Quellung von Gelatine durch Wasser und nicht auf einer chemischen Veränderung des Zellulosemoleküls selbst beruht, sondern auf einer Dispersion des kolloidalen Zellulosekomplexes, welchen die Faser darstellt. Der Grad der Dispersion ist größer, wenn die Merzerisierung ohne Spannung als mit Spannung ausgeführt wurde. Merzerisierte Baumwolle ist also nach ihm nichts anderes als gewöhnliche Baumwolle mit stärker dispersem Zellulosekomplex.

23. Zellulosehydrat; Hydrazellulose. Wie bereits erwähnt wurde, kann merzerisierte Baumwolle als ein Umwandlungsprodukt der Zellulose, als sogenanntes Zellulosehydrat oder Hydrazellulose, betrachtet

¹ Journ. Soc. Dyers and Col. 1906.

² Higgins, Journ. Soc. Chem. Ind. 1909, S. 188.

³ Journ. Soc. Dyers and Col. 1915, S. 200.

werden. Dieselbe wird als Zellulose plus ein Molekül Wasser formuliert, als $C_6H_{10}O_5 \cdot H_2O$.

Hydrzellulose darf nicht mit Hydrozellulose verwechselt werden, da bei letzterer eine Veränderung des Moleküls stattfindet, indem die Zellulose hydrolysiert wird. Die Form der Bindung des Wassers in der Hydrzellulose ist wahrscheinlich ähnlich derjenigen in verschiedenen kristallisierten Salzen, welche Kristallwasser enthalten (oder Hydrationswasser). Die Untersuchungen von Ost und Westhoff¹ über „Zellulosehydrate“ (inklusive merzerisierter Baumwolle) zeigen, daß diese Substanzen, wenn sie von aller hygroskopischen Feuchtigkeit befreit würden, die gleiche Zusammensetzung besitzen wie gewöhnliche Zellulose, also $C_6H_{10}O_5$. Hydrozellulose andererseits scheint chemisch gebundenes Wasser zu enthalten.

Hydrzellulose hat die Eigenschaft, aus verdünnten Lösungen eine größere Menge Alkali zu absorbieren als nichthydratisierte Baumwolle, wie die folgende Tabelle für eine 2%ige Lösung von Natriumhydroxyd zeigt:

Baumwollart	Absorbierte NaOH
Gewöhnlich gereinigte Baumwolle	1
Mit 8%iger NaOH merzerisiert	1,4
„ 16%iger „ „	2,8
Hydrzellulose von Viskoseseide	4,5
„ „ Kupferseide	4,0

Die Menge des von hydratisierter Zellulose aufgenommenen Alkalis steigt nicht über 2,8%, auch wenn die Merzerisierflüssigkeit stärker als 16%ig ist. Auch scheint sie unabhängig von der Temperatur zu sein.

Es ist ferner von Interesse, wie sich verschiedene Hydrzellulosen gegenüber hochkonzentrierten Natronlauge verhalten. Bekanntlich gehören die Viskose- und Kupferammoniakseide zur selben Hydrzelluloseart wie die merzerisierte Baumwolle. Tatsächlich sind sie auf Grund ihrer reduzierenden Eigenschaften kaum zu unterscheiden. Zwischen diesen künstlichen Seiden und der merzerisierten Baumwolle besteht dagegen ein deutlicher Unterschied im Grad der Hydratation. Die ersten werden, mit starker Natronlauge behandelt, gelatinös und lösen sich fast vollständig auf. Merzerisierte Baumwolle dagegen bleibt unlöslich. Die künstlichen Seiden bestehen aus Zellulose, welche aus Lösungen regeneriert wurde, und enthalten vielleicht Zellulosemoleküle, welche sich nicht weiter polymerisiert haben, während merzerisierte Zellulose aus hochpolymerisierten Zellulosemolekülen besteht, weshalb ihre Dissoziation viel schwerer verläuft.

Es kann deshalb angenommen werden, daß verschiedene Grade der Hydratation auftreten, welche bestimmt werden können durch die Menge des absorbierten Alkalis. Mit andern Worten, der Grad der Hydratation kann gemessen werden aus der Menge des von 100 g Baumwolle bei der Behandlung mit einer 2%igen Natronlauge absorbierten Alkalis (NaOH). Folgende Tabelle (S. 489) zeigt diese Werte.

¹ Chem. Z. 1909, S. 197.

Die praktische Bestimmung des Hydratationsgrades kann nach folgender Methode ausgeführt werden: 200 cm³ einer 2%igen Natronlauge werden in eine Flasche abgefüllt und 50 cm³ davon mit n/2 Schwefelsäure titriert. In die restliche Lösung werden dann 3 g lufttrockene Baumwolle getaucht

Konzentration der Merzerisierlauge % NaOH	Absorbiertes NaOH pro 100 g Baumwolle
Nicht merzerisiert	1
4	1
8	1,4
12	1,8
16	2,8
20	2,8
24	2,8

und 30 Minuten umgezogen. Hierauf werden wieder 50 cm³ der Lösung mit Schwefelsäure titriert und aus der Differenz der Titrationswerte die absorbierte Menge Alkali berechnet.

Unter bestimmten Bedingungen kann man Hydrzellulose auch durch Einwirkung von konzentrierten Säuren auf Baumwolle gewinnen, was auf dem merzerisierenden Effekt derselben beruht. Ebenso gilt das für das Barium-Quecksilberjodid und für Chlorzinklösungen; in jedem Falle wird eine hydratisierte Zellulose erhalten, und es entsteht ein Merzerisierungseffekt.

Wenn Baumwolle mit Schwefelsäure von 51° Bé behandelt, gewaschen und getrocknet wird, so kann das Produkt in mäßig konzentrierter Natronlauge gelöst werden (wie Viskose- oder Kupferammoniakseide). Wenn hydratisierte Baumwolle mit einer zur Merzerisation genügend konzentrierten Natronlauge zerstoßen oder zerrieben wird, entsteht eine viskose Flüssigkeit, ähnlich einer kolloidalen Lösung. Dieselbe kann durch eine Filterpresse filtriert und auf diese Weise eine homogene, viskose Flüssigkeit erhalten werden, welche bei Zusatz von Säuren koaguliert. Der Niederschlag von regenerierter Zellulose wird durch gewöhnliche Filtration getrennt.

Schwalbe¹ hat die „Kupferzahl“ von mit Natronlauge von verschiedenen Konzentrationen behandelter Baumwolle bestimmt und folgende Werte erhalten:

	Kupferäquivalent	
	vor der Hydratation	nach der Hydratation
Nicht behandelte Baumwolle	1,1	3,3
Mit 8%iger Lauge behandelt	1,0	3,2
„ 16%iger „ „	1,3	5,2
„ 24%iger „ „	1,2	6,0
„ 40%iger „ „	1,9	6,5

Die Kupferzahl wurde in üblicher Weise durch Behandlung des Materials mit Fehlingscher Lösung bestimmt.

24. Mikroskopie der merzerisierten Baumwolle. Im mikroskopischen Aussehen unterscheidet sich die merzerisierte Baumwolle erheblich von der gewöhnlichen. Letztere erscheint als ein gewirntes flaches Band mit verdickten Kanten, im Querschnitt als zusammengeschnürter Zylinder, merzerisierte Baumwolle zeigt sich als ziemlich platter Zylinder

¹ Z. angew. Chem. 1908, S. 1321.

und im Querschnitt mehr oder weniger kreisrund. Selten besitzt eine Faser gar keine Drehungen mehr, doch kann der Grad der Merzerisation an der Abnahme der Unregelmäßigkeiten und Drehungen der Faser beobachtet werden. Wenn Baumwolle unter gewöhnlichen Bedingungen in gestrecktem Zustand merzerisiert wird, findet man, daß viele Fasern ihre ursprüngliche Form beibehalten, d. h. unmerzerisiert bleiben, während andere nur in einem Teil ihrer Länge merzerisiert sind. Die mikroskopische Untersuchung ist wichtig, um zu bestimmen, wie weit die Merzerisierung fortgeschritten ist, indem man die relative Zahl von nicht oder nur teilweise merzerisierten Fasern bestimmt.

Hanausek¹ beschreibt die Mikroskopie der merzerisierten Baumwolle folgendermaßen: Die Fasern sind breit, gerade, rund und glatt, mit einem Lumen, welches, obwohl schmal und wechselnd in der Breite, entweder auf der ganzen Länge oder nur gelegentlich sichtbar ist, so daß die Fasern eine Reihe von Streifen zeigen, oder das Lumen ist überhaupt unsichtbar. Erhöhungen und Vertiefungen, herrührend von Falten und Drehungen in der ursprünglichen Faser, sind meist vorhanden. Die Faser ohne sichtbares Lumen gleicht der Seidenfaser, bei Behandlung mit Kupferammoniak erscheint das Lumen aber, und zu gleicher Zeit werden deutliche Unterschiede zwischen merzerisierten und nichtmerzerisierten Fasern sichtbar. Erstere quellen im Reagens gleichmäßig auf, ohne merkbare Kontraktion, und das Lumen wird nicht faltig oder aufgewickelt, da die Faser sich in der Längsrichtung nicht zusammenzieht. Die gleichmäßige Quellung rührt her von der Abwesenheit der Kutikula; nur in seltenen Fällen, wenn die Faser zu kurze Zeit mit der Merzerisierflüssigkeit in Berührung war, ist die Kutikula noch vorhanden. Manchmal ist der innere Zylinder verbreitert und zusammengezogen und sieht von oben aus wie eine Reihe von Rhomboiden. Im Querschnitt sind die Fasern annähernd kreisrund und enthalten Gruppen von kleinen Körnchen.

25. Der Kalander-Finish. Ein Seidenglanz ähnlich dem durch die Merzerisation erhaltenen kann der Baumwolle auch verliehen werden durch den sogenannten „Kalander- oder Schreiner-Finish“². Derselbe wird erhalten, indem man den Stoff zwischen Walzen unter hohem Druck durchläßt, wobei eine der Walzen 125—600 schiefe, vertiefte Linien pro inch eingraviert hat. Der Effekt besteht in der Erzeugung einer großen Anzahl von parallelen, geglätteten Oberflächen auf dem Stoff, welche einen hohen Glanz ergeben.

Führt man die Operation mit heißen Walzen aus, so wird ein dauerhafter Glanz erzeugt, welcher dem von merzerisierter Baumwolle sehr ähnlich ist. So ausgerüsteter Stoff verliert seinen Glanz aber doch stark beim Waschen. Das Verfahren ist hauptsächlich als „Schreiner“-Finish, in England als „Hall“-Finish oder „Williams“-Finish bekannt³.

¹ Microscopy of Technical Products, S. 66.

² Siehe H. Fischer, Z. Farb.-Ind. 1907, S. 271, ferner Deisler, DRP. 85368 (Schreiner-Patent); Appleby, Engl. Pat. 170 v. 1860; Kirkham, Engl. Pat. 4593 v. 1885 und 10825 v. 1899; Hübner und Pope, DRP. 167930; Keller-Dorian DRP. 185835; Eck und Söhne, DRP. 197589; Hall, DRP. 177241.

³ Siehe auch Gardner, Merzerisation und Appretur, S. 150.

Es wurden verschiedene Verfahren ausgearbeitet, um den so erzeugten Glanz dauerhaft zu machen, wie das „Kalandern“ mit Dampf unter Druck¹, oder durch Überziehen des Stoffes mit einer feinen Schicht eines wasserunlöslichen Stoffes².

Der heute sogenannte permanente Glanz-Finish (auch als Radium- oder Adler-Finish bekannt) wird erhalten, indem man auf dem Stoff im eingravierten Kalandar den Seidenglanz erzeugt und denselben auf einem andern Kalandar bei hoher Temperatur³ und unter hohem Druck (bis 300000 Pfund) fixiert. Je höher die Temperatur ist, um so höher ist der erzielte Glanz (meist 200—300° C).

Im R u m p f -Prozeß (D. R. P. 220349) wird die Ware (Baumwollstückgut, Baumwollplüsch, Sammet u. dergl.) zuerst einer Vorbehandlung unterworfen. Diese besteht darin, daß man zuerst stark befeuchtet und mit heißen Kalandern oder durch Pressen einen hohen Glanz erzeugt. Derselbe wird dann meist fixiert, indem man die Ware, vorteilhaft in gestrecktem Zustand, auf hohe Temperaturen erhitzt, entweder durch Gasflammen oder durch längeres Verweilen im heißen Kalandar, oder durch Passieren über eine stark erhitzte Trommel, oder durch Aufrollen auf eine solche.

Wenn Temperaturen bis 400° C angewendet werden, kann der Glanz schon durch ein zweimaliges Passieren fixiert werden. Beim Erhitzen wird ein Teil des Glanzes zerstört, indem die Fasern sich verschieben, derselbe kann also durch die Hitze nicht vollständig fixiert werden. Um diesen Defekt zu beheben, wird die Ware vorher mit irgendeinem hellen Material behandelt: meist mit Stärke. Die Ware wird zuletzt fertiggestellt durch Waschen mit Wasser, Seifenlösung, nassem Dampf oder andern Lösungen, und wenn Stärke verwendet wurde, mit Malz oder Malzextrakt, wobei bekanntlich der fettige Glanz verschwindet und ein reiner, seidenartiger Glanz zurückbleibt, welcher dann gegen Wasser und Seife beständig ist.

Die Stärke des erzielten Glanzes hängt in erster Linie ab von der Stärke des durch die Vorbehandlung erhaltenen Glanzes. Der Grad der Fixierung dagegen hängt hauptsächlich von der Temperatur ab, welcher die Fixationsreaktion proportional ist. Die Erhitzung wird deshalb so hoch wie möglich getrieben, doch ohne das Material zu schädigen.

Im Palmer-Prozeß (E. P. 20645 von 1909) wird die Ware noch ganz naß durch stark erhitzte Walzen mit solcher Geschwindigkeit (30—40 m pro Minute) passiert, daß trotz der hohen Temperatur und des starken

¹ Sharp, Engl. Pat. 16746 v. 1897.

² Siehe „Bradford Dyers Association“ D. R. P. 212696 und 212695 über die Verwendung von Zellulosenitratlösungen; dieselben sind aber teuer und riechen schlecht. Müller, D. R. P. 222777, verwendet Zellulose, gelöst in Dichlorhydrin, ist ebenfalls zu teuer. Düring, D. R. P. 206901, 217679 verwendet Albumin- und Kaseinlösungen, welche beim Dämpfen koagulieren; das Verfahren ist aber zu teuer. Eck und Söhne, D. R. P. 232568 verwenden eine saure Gelatine-lösung und koagulieren durch Neutralisieren; auch zu teuer. Bernhard, D. R. P. 233514 verwendet eine verdünnte Lösung von Kautschuk, Wachs oder Paraffin in Benzol, welches Verfahren ebenfalls zu teuer ist.

³ Siehe Aderholt, D. R. P. 235701.

Druckes die Feuchtigkeit nicht verdampft. Das Wasser wirkt hier als Schutzmittel, indem es die Wirkung der Hitze auf die Oberfläche beschränkt und das Innere gegen Zerstörung durch die Hitze schützt, so daß der Glanz nur an den Berührungsstellen der Ware mit den Walzen entsteht. Gleichzeitig entfernt der durch das Pressen entstehende Dampf den nicht haltbaren Teil des Glanzes, ohne daß eine vorhergehende Behandlung stattfinden muß. Um das Material beiderseitig dauerhaft glänzend zu machen, wird es durch zwei Kalandriermaschinen passiert, bei welchen die Walzen entsprechend umgekehrt angeordnet sind.



Abb. 225. Gauffer-Finish.

Um die flache Form zu beheben, können Garne, wenn es gewünscht wird, vorher mit heißem Wasser getränkt werden. Anstatt gewöhnlichen Druck anzuwenden, kann derselbe mit Reibung verbunden werden, z. B. durch verschiedene Geschwindigkeit der beiden Walzen, oder indem man sie schieft stellt, usw. Ähnlich wie Baumwollgarne können auch andere vegetabilische Fasern behandelt werden, wie auch Gewebe, Fertigwaren usw., bei welchen in der Regel eine Behandlung auf einer Seite genügt. Jede Art von Walzen (poliert, eingraviert usw.) kann als Druckwalze verwendet werden. Dieses Verfahren ist sowohl für merzerisierte, als auch nicht merzerisierte Ware geeignet¹.

Hamburg und Poznansky haben ein kombiniertes Merzerisier- und Fältungsverfahren beschrieben, nach dem die Ware reliefartig gemustert wird und dauerhaft gegen das Waschen ist. Das

Fabrikat wird zwischen zwei Kalandrierwalzen passiert, von denen die eine das Muster als Relief trägt, während dasselbe auf die andere erhaben aufgetragen ist. Wenn beide Walzen eingestellt sind, kann das Muster ohne Verdrehung aufgedruckt und zu gleicher Zeit sowohl Kette als auch Einzug gestreckt werden. Wenn die Ware hierauf mit Natronlauge behandelt wird, indem sie eine Walze passiert, welche in Lauge gedreht wird, mit der unbedruckten Seite gegen die Walze,

¹ Ein eigenartiger Prozeß zum Glänzendmachen besteht darin, die Ware sowohl in nassem als auch in trockenem Zustande mit einer kristallisierbaren Lösung zu imprägnieren, wie mit Natriumchlorid, Ammonchlorid, worauf das Material mehrere Male durch Walzen, welche auf 100—200° C erhitzt sind, passiert wird. Der oberflächliche Glanz wird dann in üblicher Weise entfernt und das Aussehen der Ware verschönert, indem man sie durch geriefelte Walzen passiert. Danach bleibt ein seidenartiger Glanz zurück infolge von ganz feinen, gleichmäßig über alle Fasern verteilten Kriställchen. Es wird behauptet, daß so behandelte Waren tagelang mit Wasser behandelt werden können, ohne daß sie den Glanz verlieren.

so erzielt man durch die Kontraktion der linken Seite ein haltbares Muster.

Die Lauge reagiert hier am besten, wenn sie mit etwas Dextrin verdickt ist. Die Ware wird dann gebügelt und in üblicher Weise ausgerüstet. Diese Muster sollen kochendes Wasser aushalten (Abb. 225). Wenn der erhabene Teil des Musters mit einer Reserve bedruckt wird, um ihn vor der Merzerisierlauge zu schützen, so erhält man einen ähnlichen Effekt. Nach einem andern Verfahren bedruckt man die erhabenen Teile einer Walze mit verdickter Lauge, so daß im Gegensatz zum vorigen das Muster sich vom Grund abhebt und zusammenzieht. Je nach der Art des Merzerisierens und dem Grade der Musterung können auch Färbefeffekte erzielt werden, z. B. helle Muster auf dunklem Grund oder umgekehrt. Noch viel bessere Resultate werden auf gefärbtem Grund erhalten, indem man der Merzerisierlauge Farbstoffe zufügt, oder indem man die Muster reliefartig anordnet, so daß die erhabenen Teile sich scharf vom matten Grund abheben.

Eine andere Methode zur Erhaltung eines Glanzes durch Falten wird von Oliver¹ wie folgt beschrieben: Zu einer Mischung von 450 g Sandaracgummi, 910 g Kastoröl, 113 g feinem Zelluloidabfall und Amylacetat, welche zu einer Paste verrührt ist, werden 2,5 l Methylalkohol zugefügt, bis eine sirupartige Konsistenz erhalten wird. Die Ware wird mit dieser Mischung besprengt und durch die „Gauffer“-Walzen passiert und getrocknet.

26. Andere Methoden zur Erzielung eines Glanzes. Ein weiteres wichtiges Ausrüstverfahren für Baumwolle, wobei der Charakter der Oberfläche durch mechanische Mittel verändert wird, um ihr das Aussehen von „chamois“ oder „moleskin“ zu geben, ist unter dem Namen „Duvety“-Finish bekannt. Derselbe wird durch „emerisieren“ der Ware erzielt. Er hat große Verbreitung gefunden und wird noch angewendet.

Zur Zeit seiner Einführung wurde das Verfahren geheimgehalten, verschiedene Fabriken wandten etwas modifizierte Methoden an. Mit der Zeit wurden Verbesserungen erzielt, eine davon bildet den Inhalt des F. P. 449 266 der Société Durbar-Delespaul in Roubaix. Es ist eine Ausführungsart des wohlbekannten „Emerising“ (Schmirgel-) Prozesses, und die Erfinder geben an, daß das Patent keine technische Verbesserung dieses Verfahrens enthalte. Der Schmirgelprozeß wird gewöhnlich für Baumwollwaren angewendet, welche so gewoben sind, daß der Einzug auf der Vorderseite und die Kette auf der Hinterseite des Stoffes verläuft, so wie bei einem Moleskin. Diese Ausrüstprozesse erfordern keine spezielle Behandlung beim Weben und können für gesponnene oder gekämmte Wollwaren verwendet werden wie für Baumwolle, und sowohl vor als auch nach dem Färben oder Drucken. Der Prozeß verändert die Oberfläche des Stoffes, indem er ihm das Aussehen von Halbsammet, Chamois, oder Maulswurfpelz verleiht. Die Operation ist sehr einfach und wird ausgeführt, indem man den Stoff

¹ Franz. Pat. 508241.

2—3 mal durch verschiedene Walzen, welche rasch in der dem Stoff entgegengesetzten Richtung rotieren, passiert. Die Walzen sind mit Schmirgeltuch bedeckt.

Als Schmirgelmittel wird pulverisierter Flintstein, Glas oder Sand verwendet. Die Einwirkung der Walzen auf den Einzug des Stoffes erzeugt eine sehr kurze, pelzige Oberfläche, wobei die Fasern grade aufstehen. Der Grad der Einwirkung hängt ab von der Art des Fabrikates und wird durch die Streckung des Stoffes, die Schnelligkeit und Anzahl der Walzen reguliert, und ferner von der Feinheit des Schmirgelmittels, mit dem die Walzen bedeckt sind. Es ist leicht einzusehen, daß gekrempelte Wollwaren durch dieses Verfahren infolge der verschiedenen Zwirnung leichter bearbeitet werden können als gesponnene. Das „Schmirgeln“ unterscheidet sich prinzipiell vom „Rauhen“ oder „Aufbürsten“ durch die gewöhnlichen Maschinen; letzteres reißt die Fasern auseinander, um die pelzige Oberfläche zu bilden, während nach dem beschriebenen Verfahren die Oberfläche poliert oder abgetragen wird. Beide Prozesse dagegen vermindern die Festigkeit der Ware. Um die Oberfläche gleichmäßig rau zu machen, ist es notwendig, daß die Ware eine gewisse Steifheit besitze. Deshalb wird dieselbe stark beschwert, was verhindert, daß das Schmirgelmittel tiefer in die Fasern eindringt. Der gewöhnlich angewandte Leim genügt für diesen Zweck; nach der Behandlung damit wird die Ware vor dem Rauhen gut getrocknet. Wenn man die Walzen mit Bändern von Schmirgeltuch bedeckt, erhält man den „Duvetyn-Finish“ streifenartig auf dem Gewebe verteilt.

27. Kreppeffekte beim Merzerisieren. Kreppeffekte können bei allen Baumwollfabrikaten erzeugt werden, wenn man merzerisiertes Baumwollgarn als Kette, die man dann meist mit Gummi schützt, und als Einzug einfaches Garn verwendet und das gewobene Produkt zuletzt merzerisiert. Das Einschlaggarn zieht sich dann zusammen und erzeugt so einen Schrumpf- oder Kreppeffekt.

Kreppeffekte auf Halbwoollgewebe erzeugt man ebenfalls durch Merzerisation. Wenn Baumwolle im Fabrikat streifenförmig gemustert auftritt, genügt eine Behandlung mit starker Lauge ohne Spannung, um genügende Schrumpfung zu erzeugen. Verwendet man eine Lauge von 50° Tw. bei einer Temperatur unter 10° C nur während 1—3 Minuten, so leidet die Qualität der Wolle nicht darunter, die Faser wird nur etwas glänzend und härter.

Die gewöhnliche Methode zur Herstellung von Kreppeffekten ist aber eine Kombination der Merzerisierung mit der Druckoperation. Wenn man eine stark alkalische Paste in Streifen oder gemustert aufdruckt, so ziehen sich die damit bedruckten Partien der Baumwolle stark zusammen, während der Rest unverändert bleibt. Auf diese Weise können solche verschiedenartige Effekte erzielt werden. Nachdem die alkalische Paste auf den Stoff aufgedruckt worden ist, wird er einige Zeit bis zur Beendigung der gewöhnlichen Merzerisierungsreaktion so belassen, nicht aber getrocknet, wie bei gewöhnlichen Druckoperationen, da durch das Eintrocknen des Alkalis die Faser beschädigt würde. Nach Beendigung der Merzerisierung wird die Druckpaste abgewaschen und

die Ware mit verdünnter Essig- oder Schwefelsäure gesäuert. Da die merzerisierten Fasern auf diese Art nicht gestreckt waren, erhalten sie keinen Glanz, sondern schrumpfen lediglich ein, was ja in diesem Fall auch bezweckt wird.

Noch andere Methoden zur Erreichung eines Kreppeffektes sind angewendet worden; z. B. drückt man zuerst eine Paste auf, welche der Einwirkung des Ätzalkalis widersteht. Dazu können neutrale Schutzmittel, wie chinesischer Kleister, oder säureabspaltende Substanzen, wie Alaun, verwendet werden. Unter diesen Bedingungen werden bei der Behandlung des Stoffes mit Natronlauge nur die nicht bedruckten Stellen merzerisiert und schrumpfen ein, während die übrigen Partien nach dem Wegwaschen der Druckpaste unverändert erscheinen.

Bedruckt man mit einer Reserve und merzerisiert dann in gestrecktem Zustand, so erhält man ein Produkt, welches merzerisierte und glänzende Muster auf nicht merzerisiertem und glanzlosem Grund besitzt, d. h. ähnlich wie Damast erscheint.

Eine Abänderung des gewöhnlichen Merzerisierverfahrens enthält ein Patent von Heberlein¹. Das Garn oder der Stoff wird mit einer Lösung von 300 g Stärke in 10 Liter Natronlauge von 35° Tw. während etwa 10 Minuten in gestrecktem Zustand imprägniert, dann mit Wasser, verdünnter Säure und wieder mit Wasser gewaschen. Die so behandelte Baumwolle soll einen seidenartigen Glanz und eine Steifheit erhalten, welche sie beim nachträglichen Waschen nicht mehr verliert. Das Verfahren wurde zur Herstellung von glatten Garnen empfohlen. Es enthält zugleich den Kern des vom gleichen Erfinder veröffentlichten Verfahrens zur Herstellung eines dauerhaften steifen Finish durch Merzerisieren und nachfolgendes Behandeln mit Schwefelsäure.

Knecht hat neuerdings eine neue Merzerisiermethode beschrieben, welche auf der Verwendung von Salzsäure von bestimmter Konzentration (37—38° Tw.) beruht. Dadurch soll nicht nur eine Schrumpfung der Baumwolle, sondern auch eine enorm gesteigerte Affinität zu den meisten Farbstoffen erzielt werden. Die Dauer der Reaktion beträgt 30 Sekunden, und es soll, wie Knecht angibt, absolut keine Schwächung oder Zerstörung der Faser eingetreten sein. Er glaubt, daß der Grund, warum diese Reaktion eines so einfachen Stoffes wie Salzsäure bisher nicht entdeckt worden ist, darin liegt, daß die von ihm verwendete Säurekonzentration im Handel nicht gebräuchlich und ihr Verhalten gegenüber verschiedenen Stoffen nicht untersucht worden ist. Das Reagens ist billig und das Auswaschen der Säure kann in sehr kurzer Zeit bewerkstelligt werden.

28. Der Swiss-Finish oder das Merzerisieren mit Säure. Dieser Finish, welcher die Baumwolle durchscheinend, glänzend und steif macht, wurde besonders von der Schweizer Firma Heberlein entdeckt. Die an gestärkten Stoff erinnernde Steifheit des Fabrikates widersteht mehrmaligem Waschen oder Reinigen. Das Verfahren besteht im wesentlichen in einer Merzerisierung der Baumwollware (gewöhnlicher

¹ Engl. Pat. 27529 v. 1898.

Voile, „Organdie“ oder anderem leicht beschwertem Material) mit starker Natronlauge und nachfolgender Behandlung mit starker Schwefelsäure, wonach zum Schluß die Säure ausgewaschen wird.

Mercer (1844) und nach ihm andere haben beobachtet, daß konzentrierte Schwefelsäure auf Baumwolle in der Weise einwirkt, daß dieselbe ein pergamentartiges Aussehen erhält.

Diese Reaktion ist einfach ein Spezialfall der allgemeinen Reaktion von starker Schwefelsäure auf Zellulose, welche schon lange vorher bei Papier beobachtet und technisch zur Herstellung von künstlichem Pergamentpapier verwertet wurde. Nach Mercer wird dieser Effekt mit einer Schwefelsäure von 49,5—55,5° Bé erhalten, und er bemerkte, daß die Baumwolle dabei eine chemische Veränderung erleidet und für gewisse Farbstoffe aufnahmefähiger wird. Wahrscheinlich hat Mercer diesen Effekt auch zuerst bei Papier beobachtet. Beim Behandeln von Papier mit Schwefelsäure von verschiedenen Konzentrationen (115 bis 125° Tw.) bei einer Temperatur von 10° C fand er, daß dasselbe durchscheinend und bedeutend stärker wurde. Es konnte sowohl geleimtes als auch ungeleimtes Papier verwendet werden. Wenn man es vorher mit Gelatine tränkt und trocknet, so erhält man nach dem Behandeln mit Säure, Waschen und Trocknen ein „sehr feines, weißes Papier, welches sich sehr leicht falten läßt“, wie seine eigenen Worte lauten. Dieses „merzerisierte“ Papier wurde von Mercer offensichtlich mehr als eine Kuriosität betrachtet denn als etwas praktisch Verwertbares; aber bereits einige Jahre später wurde es von anderen in größtem Maßstab als sog. „Pergamentpapier“ fabriziert. Gewöhnlich verwendet man ungeleimtes Papier und Schwefelsäure, welche mit $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{4}$ ihres Volumens mit Wasser verdünnt und gekühlt ist. Die Zellulosefaser wird rasch angegriffen, das Papier wird infolge der Quellung und Gelatinierung der Zellulose durchsichtig und wird danach rasch gelöst. Wenn aber die Dauer der Reaktion gut reguliert ist und sofort mit Wasser gewaschen wird, so wird die Säureverbindung zersetzt und das entstehende Zellulosehydrat als Bestandteil des Papiers fixiert. Nach gründlichem Waschen und Trocknen erhält man so ein durchscheinendes Blatt. Die bei dieser Reaktion auftretenden Veränderungen der Zellulose wurden von Guignet untersucht¹.

Die Verwendung von Schwefelsäure war als „Veredlung von Baumwolle“ im Patent von Mercer 1850 einbegriffen. Die Wirkung dieser Säuren, wie auch die von Natronlauge, hängt stark ab von der Konzentration, Temperatur und Dauer der Reaktionen. Sowohl schwache als auch starke Säure zerstört die Faser, doch bewirkt eine Einwirkung von wenigen Minuten mit einer Säure von 104—125° Tw. bei gewöhnlicher Temperatur eine Veränderung der Faser ohne nachteilige Schädigung. Wenn nur die Aufnahmefähigkeit der Farbstoffe erhöht werden soll, ohne daß die Faser angegriffen wird, empfiehlt Mercer eine Säurekonzentrationen etwa 140° Tw. und eine Temperatur von 10—15° C. Der Stoff, welcher Flüssigkeiten rasch absorbieren muß, wird zwischen

¹ Lösliche und unlösliche kolloidale Zellulose und die Zusammensetzung des Pergamentpapiers; Comptes Rendus Bd. 108, S. 1258.

Walzen passiert, so daß er mit der Säure eine Minute in Berührung bleibt, dann ausgequetscht und mit Wasser gewaschen. Unmittelbar wirkt Schwefelsäure von 104° Tw sehr wenig ein. Mercer betrachtete als das wirksame Hydrat das „Terhydrat“ ($\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) von 125° Tw., doch scheint es ihm für praktische Zwecke unter den angegebenen Bedingungen zu energisch zu wirken. Er machte folgende Bemerkungen über die Einwirkung von Schwefelsäure verschiedener Stärke auf Baumwolle und Papier: „Es können drei oder vielleicht mehr Stufen in der Reaktion beobachtet werden. Die erste scheint in der Ausdehnung und in Zerreißen der Faser zu bestehen, wobei die Säurekonzentration etwa 110° Tw. und die Temperatur etwa 10° C betragen soll. Wenn der Stoff hierauf gewaschen wird, so ist er nicht steif wie bei Anwendung stärkerer Säure, sondern sehr weich und fühlt sich wie Handschuhleder an. Er ist nicht stark eingeschrumpft und kann leicht zur ursprünglichen Länge gestreckt werden. Er ist sehr hell und seine Aufnahmefähigkeit für Farbstoffe stark erhöht. Mein Patent bezieht sich auf Stoff von diesen Eigenschaften. Die nächste Stufe wird mit Säure von 114—115° Tw. bei derselben Temperatur erreicht, wobei der Stoff erheblich eingeht. Nach dem Waschen und Trocknen unter Druck zwischen gebleichtem Stoff ist die Baumwolle steif und weiß und sieht aus, als ob sie mit einem dichten weißen Niederschlag bedeckt wäre. Der Stoff kann nicht zu seiner ursprünglichen Länge gestreckt werden. Wenn derselbe vor dem Imprägnieren mit Säure mit Milch getränkt und getrocknet wird, wird er noch weißer und schöner. Noch stärkere Säure von 116—125° Tw. hat eine andere, deutlich bemerkbare Wirkung, indem der Stoff damit halbdurchsichtig und steif wird und stark einschrumpft. Wenn vorerst ein Muster mit einem Schutzmittel, wie Eiweiß, Kaseinlösung oder Gummi aufgedruckt und getrocknet wird, so wird bei der Behandlung mit Säure das Muster reserviert und ein sehr schöner Effekt erzielt. Wird Baumwolle oder Papier kurze Zeit in nicht über 115° Tw. starke Säure bei gewöhnlicher Temperatur getaucht, löst sie sich auf und bildet einen dicken Brei, welcher, mit Wasser versetzt, einen weißen Niederschlag wie gekochter Reis ergibt, der sehr leicht löslich in Lauge ist.“

Blondell¹ hat ebenfalls beobachtet, daß Schwefelsäure von 90 bis 106° Tw. der Baumwolle die Eigenschaft verleiht, mit Methylenblau stark angefärbt zu werden, während ein Pergamenteffekt erst mit einer Säurekonzentration von 116—125 Tw. erhalten wird.

Die Untersuchungen von Georg Heberlein, Schweiz, wurden in einer Reihe von Patenten niedergelegt, von denen die wichtigsten folgende sind: D.R.P. 280 134, 290 444 u. 294 571; F.P. 468 642, 468 821 u. 481 561; E.P. 12 559 v. 1914, 13 129 v. 1914, u. 100 483 v. 1915; U.S.A.P. 1 392 264/265.

Heberlein hat gefunden, daß Schwefelsäure von einer Konzentration von 51° Bé (109° Tw.) und darüber auf Zellulose in vollständig anderer Weise einwirkt als Säure unter 51° Bé. Während höher konzen-

¹ Bull. Soc. Ind. Rouen, 1882 S. 435 und 471.

trierte Säure der Baumwolle in wenigen Sekunden ein typisch pergamentartiges Aussehen verleiht, so bewirkt z. B. 50grädige Säure (106° Tw.) auch nach 15 Minuten noch keine solche Veränderung der Zellulose und im Gegensatz zur stärkeren Säure wird die Ware auch nach längerer Einwirkung nicht geschwächt. Heberlein beobachtete auch, daß die Wirkung von Schwefelsäure unterhalb 51° Bé intensiver ist und der Baumwolle ganz neue Eigenschaften verleiht, wenn dieselbe vorher merzerisiert wurde, da sie dadurch gegenüber der Säure reaktionsfähiger wird. Wenn Baumwollfabrikate, welche vorher merzerisiert und vorteilhaft auch gebleicht wurden, mit Schwefelsäure von 49—50¹/₂° Bé (103—108° Tw.) behandelt werden, verschwindet der Merzerisierglanz und anstatt des mit höher konzentrierter Säure entstehenden Transparenteffektes wird die Ware kreppartig verändert, wodurch sie dicker, voller, wollähnlicher, weicher erscheint und im allgemeinen eine Verbesserung ihrer Eigenschaften aufweist. Sie besitzt dann den Charakter eines feinen, dünnen, wollenen Materials. Dies ist der neue von Heberlein entdeckte Effekt.

Das Verfahren kann sowohl für uni, gemusterte als auch verzierte Stoffe verwendet werden. Gemusterte Effekte können auf einfachem Stoff auch erhalten werden, wenn man 50grädige Schwefelsäure auf merzerisierten Stoff druckt und die Säure nach der Reaktion auswäscht. Man kann auch eine geeignete Reserve aufdrucken, wie Tragantverdickung, und dann den ganzen Stoff mit Schwefelsäure behandeln. An den Stellen, wo die Säure einwirkt, entsteht der obenerwähnte Effekt, so daß in dieser Weise Dessins oder Muster in glänzendem, merzerisiertem Stoff auf mattem, wollartigem Grund hergestellt werden können.

Die Dauer der Einwirkung der Schwefelsäure hängt ab von der Natur des verwendeten Stoffes, in manchen Fällen genügen einige Sekunden, in anderen behandelt man mehrere Minuten lang.

Die Ware kann auch zuerst mit der Säure behandelt, gewaschen und dann in nicht getrocknetem Zustand merzerisiert werden. Heberlein gibt ferner an, daß die Schwefelsäure durch Phosphorsäure von 55 bis 57° Bé (123—130° Tw.) oder Salzsäure vom spez. Gew. 1,19 bei niedriger Temperatur, oder durch Salpetersäure von 43—46° Bé (85—94° Tw.), oder durch Zinkchloridlösung von 66° Bé (168° Tw.), oder durch Kupferoxydammoniak mit kurzer Einwirkungsdauer ersetzt werden könne. Doch werden nach ihm die besten Resultate mit Schwefelsäure erhalten.

Im U.S.A.-Patent 1392 265 beschreibt Heberlein die Anwendung von Schwefelsäure in Konzentrationen oberhalb 50,5° Bé (108° Tw.) zum Zwecke der Herstellung eines pergamentartigen Produktes, speziell eines solchen mit erhöhter Transparenz. Er verwendet zu diesem Zweck merzerisierte Baumwolle infolge ihrer größeren Reaktionsfähigkeit gegenüber der Säure und beschreibt das Verfahren und die erzielten Resultate wie folgt:

„Es ist charakteristisch für die nach meinem Verfahren behandelte Baumwolle, daß sie vollständig durchsichtig ist und das Aussehen einer gut durch-

sichtigen ‚Organdie‘ besitzt, und daß die Fasern hell und rein sind, wodurch das Fabrikat hell und leuchtend wird und ein glattes Aussehen besitzt im Vergleich zu den rauhen, matten, unvollständig pergamentierten Produkten, welche durch bloßes Behandeln der Baumwolle mit Schwefelsäure nach den gewöhnlichen Methoden erhalten werden. Es ist ferner charakteristisch für die nach meinem Verfahren hergestellten Produkte, daß ihre chemische Veränderung dauernd ist, d. h. wiederholtem Waschen widersteht, so daß die so hergestellten Fabrikate ohne Eliminierung der eben erwähnten Eigenschaften gewaschen werden können, was ihren Wert bedeutend erhöht.

Wenn das ganze Fabrikat in der oben beschriebenen Art und Weise behandelt wird, so entsteht der Transparenteffekt natürlich überall und das entstehende Produkt hat ein helles und klares Aussehen, das stark einem hochdurchsichtigen ‚Organdie‘-Material gleicht. Wenn nur einzelne Stellen des Fabrikates nach meiner Erfindung behandelt werden und die übrigen Partien als unveränderte merzerisierte Baumwolle verbleiben, so entstehen gemusterte Effekte, wobei die unverändert gebliebenen Partien die Eigenschaften von merzerisierter Baumwolle beibehalten und weich, glänzend und opak sind und einen überraschenden Kontrast bilden zu den transparenten Stellen.

Ich habe ferner gefunden, daß noch verstärkte Transparenteffekte durch ein verbessertes Verfahren, nach welchem Schwefelsäure von über $50\frac{1}{2}^{\circ}$ Bé und konzentriertes Ätzkali auf Baumwolle mehrere Male hintereinander einwirken gelassen wird, wobei die Schwefelsäurereaktion immer nur wenige Sekunden dauert, erhalten werden können.

Um den im Vergleich zu meinem früheren Verfahren erhöhten Transparenteffekt zu erhalten, ist es notwendig, daß eines der erwähnten Reagenzien mindestens zweimal, mit einer Einwirkung des anderen dazwischen, angewendet wird, also z. B. Natronlauge—Schwefelsäure—Natronlauge oder umgekehrt. Zwischen den einzelnen Operationen muß die Ware gut gewaschen und nachfolgend gefrocknet werden.

Wenn mit Natronlauge behandelte Baumwolle zum zweiten Male derselben Behandlung unterworfen wird, so tritt keine weitere Veränderung derselben ein, d. h. die zweite Behandlung hat keinen Effekt auf das Fabrikat. In ähnlicher Weise verhält sich die Baumwolle gegenüber wiederholter Einwirkung von konzentrierter Schwefelsäure. Wenn aber bereits merzerisierte Baumwolle zuerst mit Schwefelsäure und dann wieder mit Natronlauge behandelt wird, so reagiert dieselbe von neuem und bewirkt eine weitere Veränderung. Dasselbe gilt auch für eine Säure-Lauge-Säure-Behandlung. In jeder solcher aufeinanderfolgenden Einwirkung von Säure und Alkali wirkt jedes wieder für sich ein unter weiterer Veränderung der Baumwolle. Eine solche abwechselnde Behandlung kann verschiedene Male wiederholt werden.

Es ist ohne weiteres klar, daß verschiedene Grade der Durchsichtigkeit auf diese Art durch Variierung der Zahl der Säure-Alkali-Operationen hergestellt werden können. Ferner kann die Qualität des Endproduktes beeinflusst werden, indem man die Ware während der Operation mehr oder weniger gespannt hält oder indem man dieselbe größere oder kleinere Schrumpfung in Längs- und Querrichtung erzielt.

Endlich können gemusterte Effekte erhalten werden, wenn man die Säure oder das Alkali während einer oder mehrerer Operationen an gewissen Stellen aufdrückt oder eine gewisse Partie der Ware mit einer Reserve bedruckt (z. B. Gummiverdickung), sowohl am Anfang als auch zwischen einer der folgenden Operationen, wobei die Reserve eine weitere Einwirkung der Säure oder des Alkalis verhindert. Zum Beispiel geht aus dem Obengesagten leicht hervor, daß das erwähnte Muster von glänzenden, merzerisierten und matten, durchsichtigen Stellen hergestellt werden kann, indem man das Material vollständig mit Alkali behandelt, dann das Muster reserviert und den Grund nacheinander mit Säure und Alkali in Berührung bringt.“

Das hier beschriebene Produkt hat große Bedeutung erlangt und ist allgemein als sog. „Permanent-Finish“, Schweizer-Voile usw. bekannt. Es wird auch in den Vereinigten Staaten, vermutlich mit

schweizerischer Lizenz, hergestellt. Das Hauptproblem dieser Industrie ist dagegen nicht die rein chemische Behandlung, welche schon seit Mercer mehr oder weniger bekannt war, sondern die Art und Weise der Behandlung der Ware, ohne daß Schädigungen derselben auftreten. Dieses Problem ist schwieriger mechanischer Natur, und der praktische Erfolg dieser Produkte beruht mehr auf der Lösung dieser Ingenieuraufgaben als auf der „Entdeckung“ der chemischen Behandlung.

Im U.S.A.-Patent 1395472 beschreibt Boßhard, ebenfalls ein Schweizer Chemiker, die Anwendung von Salpetersäure und Salpeter-Schwefelsäure. Es sei bemerkt, daß die Verwendung von Salpetersäure in diesem Zusammenhang bereits von Heberlein im U.S.A.-Patent 1392264 erwähnt wurde. Die technischen Möglichkeiten, die durch dieses neue Verfahren eröffnet werden, sind gering im Vergleich zu denjenigen der Schwefelsäurebehandlung, und es ist zweifelhaft, ob der Prozeß je in größerem Maßstab ausgeführt worden ist. Doch ist das Boßhardsche Patent vom Standpunkt des Chemikers interessant und soll deshalb hier wiedergegeben werden:

„Es ist eine bekannte Tatsache, daß konzentrierte Mineralsäuren Baumwolle in ein pergamentähnliches Produkt verwandeln. Es wurde vorgeschlagen, diesen Transparenteffekt durch aufeinanderfolgendes Behandeln der Baumwolle mit Schwefelsäure von 49—51° Bé und konzentrierten Alkalilauge zu erzielen.

Im weitern ist bekannt, daß die Schwefelsäure durch gekühlte Salzsäure vom spezifischen Gewicht 1,19, oder durch Salpetersäure von 43—46° Bé, oder durch Zinkchloridlösung von 66° Bé bei Temperaturen von 140—170° F, oder durch Kupferoxydammoniaklösung ersetzt werden kann.

Wenn eine Salpetersäure von mehr als 42,3° Bé (spezifisches Gewicht 1,415), oder Schwefelsäure von mehr als 49° Bé (spezifisches Gewicht 1,515) auf Baumwolle einwirken gelassen wird, so tritt eine Reaktion ähnlich der Merzerisierung durch starke Natronlauge ein, die in einem Aufquellen und Einschrumpfen der Faser unter gleichzeitiger Zunahme der Festigkeit besteht. Gebleichte und merzerisierte Baumwolle, die in dieser Weise behandelt wird, erhält ein gelatinöses, pergamentähnliches Aussehen und zeigt erheblich gesteigerte Affinität zu direktziehenden Farbstoffen. Nach Knecht¹ bewirkt eine Salpetersäure von 24,3° Bé und mehr neben einer schwachen Nitrierung die Bildung von sehr unbeständigen Zelluloseestern, welche sich mit Wasser ähnlich wie die Alkalizellulose zersetzen. Wird Salpetersäure von einem spezifischen Gewicht von über 1,415 (42,3° Bé) oder Schwefelsäure von einem spezifischen Gewicht über 1,515 (49° Bé) auf merzerisierte Baumwollfabrikate angewendet, so gehen dieselben in kurzer Zeit in gelatinöse, pergamentartige Produkte über und nach starkem Strecken werden sie transparent.

Die vorliegende Erfindung beruht auf der Beobachtung, daß der oben beschriebene, durch starke Salpeter- oder Schwefelsäure hervorgerufene pergamentartige oder Transparenteffekt erheblich gesteigert werden kann, wenn man statt einer der beiden Säuren eine Salpeter-Schwefelsäure von 48—50¹/₂° Bé bei einer Temperatur von 32° F und darunter anwendet. Die Salpeter-Schwefelsäure erhält man durch Mischen von Salpetersäure von 40—41° Bé und Schwefelsäure von 55—58° Bé bei einer Temperatur von 60° F.

Wenn die Salpeter-Schwefelsäure, welche 1 Volumteil Schwefelsäure von 55 bis 58° Bé auf 1 Volumteil Salpetersäure von 40—41° Bé enthält, auf 32° F und darunter (bis —4° F) gekühlt und mit gebleichter und merzerisierter Baumwolle zur Reaktion gebracht wird, geht dieselbe nach 5 Sek. in ein gelatinöses, pergamentartiges Produkt über, wobei die Fasern aufquellen und in der Längs- und Querrichtung schrumpfen. Die oben beschriebene morphologische Veränderung des

¹ Engl. Pat. 37459 v. 1904.

Baumwollfabrikates kann durch Veränderung des Salpeter-Schwefelsäure-Gemisches variiert werden.

Wenn eine konzentrierte Salpeter-Schwefelsäure, z. B. aus 1 Volumteil Schwefelsäure von 57° Bé und 1 Volumteil Salpetersäure von 41° Bé verwendet wird, entstehen stark pergamentartige Effekte, welche nach dem Strecken oder Einspannen in Transparenteffekte übergehen, die durch nachfolgendes Merzerisieren des Fabrikates noch verstärkt werden können.

Wird der gebleichte oder merzerisierte Baumwollstoff mit Reserven bedruckt und dann mit der Salpeter-Schwefelsäure behandelt, erhält man gemusterte Transparenteffekte. Es muß beachtet werden, daß die Einwirkung der Säure bei einer Temperatur, die unterhalb der Atmosphärentemperatur liegt, vorgenommen wird, und während die Ware in gestrecktem Zustand sich befindet. Durch Kontrollieren und Tiefhalten der Temperatur kann man verschiedene Effekte erzielen, von einem hartgriffigen Produkt bei höherer Temperatur zu einem weichen bei tieferen Temperaturen. Wird andererseits die Säurekonzentration etwas herabgesetzt und die Reaktionsdauer gleichzeitig etwas erhöht, werden wollartige Effekte erzielt, wobei die Baumwolle z. B. nicht stark eingespannt wird, damit die Fasern sich frei deformieren können.“

Anschließend sollen noch die Arbeiten von C. Schwartz¹ erwähnt werden, welche sich mit der Überführung der Baumwolle in ein wollähnliches Produkt befassen. Das Verfahren beruht auf einer Behandlung mit Stärke und Salpetersäure.

Durch Erhitzen von 40 kg Maisstärke, 75 l Wasser und 75 l Essigsäure wird eine Paste hergestellt. Das Textilgut wird mit dieser Paste imprägniert, getrocknet und 3—5 Minuten mit 72% iger Salpetersäure bei 15—20°C behandelt, der Überschuß an Säure ausgequetscht, und durch eine 10% ige Natriumbisulfatlösung passiert und mit Wasser gewaschen.

Nach einem anderen Verfahren von Schwartz wird die Faser mit einer verdünnten ammoniakalischen Kaseinlösung, welche 10% Kasein enthält, imprägniert, getrocknet und einige Zeit Formaldehyddampf ausgesetzt. Hierauf behandelt man zwei Minuten mit 70% iger Salpetersäure bei gewöhnlicher Temperatur, quetscht aus und wäscht. Die gelbliche Farbe von entstehendem Xanthoproteid kann durch eine nachträgliche Behandlung mit schwacher Sodalösung leicht entfernt werden.

Die technische Anwendung dieser Verfahren ist noch in Entwicklung begriffen, doch wurde bereits so viel ausgeführt, daß man daraus ersieht, daß aus diesen in den Patenten von Heberlein, Boßhard und Schwarz beschriebenen Methoden, zusammen mit der Konstruktion von geeigneten Maschinen und zugehörigen Apparaten, bis zur technischen Durchführung ein erfolgreicher Weg beschritten und der Textilindustrie ein neues hoffnungsvolles Gebiet mit einer Reihe von neuen und wertvollen Produkten erschlossen worden ist. Das Merzerisieren ist eine allgemeine und gut ausgearbeitete Operation in der Baumwollmanufaktur geworden und hat die Gründung mancher neuen Fabriken und die Herstellung wertvoller und nützlicher Produkte bewirkt. Es ist sehr wohl möglich, daß die hier angedeuteten neuen Verfahren mit der Zeit sich als so wertvoll erweisen, wie die eigentliche Merzerisation selbst. Erinnern wir uns, daß diese Säurebehandlung der Baumwolle

¹ U.S.A.-Patente 1400380 und 1400381.

in ihren Grundzügen bereits dem so fruchtbaren Gehirn John Mercers entsprungen ist, so können wir ermessen, wie großen Dank die heutige Textilindustrie und alle damit verbundenen Industrien diesem großen, vor 70 Jahren lebenden Textilchemiker schulden.

XX. Geringere Samenhaare.

1. Bombax-Baumwolle. Neben Baumwolle, welche von der gewöhnlichen Spezies der Baumwollpflanzen (*Gossypium*) stammt, gibt es eine sehr ähnliche Samenhaarfaser, gewonnen vom Baumwollbaum, welcher den Bombacaceen angehört. Im Handel ist die Faser bekannt als Pflanzendaune oder Bombax-Baumwolle. Sie stammt ausschließlich aus tropischen Gegenden. Sie ist weich, jedoch im Vergleich zu Baumwolle ziemlich schwach; in der Farbe variiert sie von weiß bis gelblich-braun und ist sehr glänzend. Die Faser hat eine Länge von 10—30 mm und einen Durchmesser von 0,020—0,045 mm. Ihre geringe Festigkeit und der Mangel an Elastizität lassen Bombax-Baumwolle als Textilfaser nicht für sich allein verwenden, sondern gemischt mit Baumwolle wird sie zu Garn gesponnen; meistens aber dient sie als Wattierungs- und Polstermaterial. In ihren physikalischen Eigenschaften differiert Bombax-Baumwolle von der echten Baumwolle durch das Fehlen der spiralen Windungen und durch unregelmäßige Verdickungen der Zellwand. Gewöhnlich besteht die Faser aus einer Zelle, obgleich gelegentlich auch zwei ein Samenhaar bilden können. Die Faser wächst nicht direkt aus dem Samen wie bei der Baumwolle, sondern an der inneren Seite der Samenkapseln. Es gibt verschiedene Pflanzenarten, von welchen Bombax-Baumwolle gewonnen wird¹. Die brasilianische Art ist bekannt als *Paina limpa* oder *Ceiba-Baumwolle*, und wird auch in Westindien und anderen Teilen des tropischen Amerikas produziert. Alle Abarten von Bombax-Baumwolle sind so ähnlich in Aussehen und Eigenschaften, daß es praktisch unmöglich ist, sie mit einiger Sicherheit zu unterscheiden. Bei *Bombax ceiba* ist die Faser 1—1,5 cm lang,

¹ Dodge gibt folgende Liste von Pflanzen, von welchen sogenannte Pflanzen-seide gewonnen wird:

Asclepias syriaca and *A. incarnata* (Milkweed).

„ *currassavica* (Platanilo of Venezuela).

Bombax ceiba.

„ *cumanensis* (Lana del tambor of Venezuela).

„ *malabaricum*.

„ *munguba*.

„ *pubescens*.

„ *villosum*.

Calotropis gigantea.

Chorisia insignis und *C. speciosa*.

Cibotium menziesii (Pulu-Faser, keine echte Pflanzenseide).

Cochlospermum gossypium.

Eriodendron anfractuosum (Handels-Kapok).

„ *samauma*.

Epilobium angustifolium (Feuerkraut).

Ochroma lagopus (Balso; auch bekannt als Korkholzbaum).

In Brasilien gewinnt man die Faser von der *Bombax heptaphyllum* und *B. ceiba*.

während bei *B. heptaphyllum* die Faser 2—3 cm lang und somit die längste und stärkste Art der Bombax-Faser überhaupt ist¹.

Bombax malabaricum aus Südasien und Afrika hat Fasern von 1—2 cm Länge und ist in Indien bekannt unter dem Namen Simal-Baumwolle oder rote Seidenbaumwolle². Andere Arten Bombax-Pflanzen sind *B. Cumanensis* aus Venezuela, welches Produkt als Lana *B. villosum* aus Brasilien, *B. del tambor* oder Lana vegetale bekannt ist, *Bombax pubescens* und *B. carolinum* aus Südamerika, *B. rhodognaphalon* aus Westafrika. Diese Fasern sind bekannt als wilder Kapok und werden verwendet zum Füllen von Kissen und Matratzen.

Canto-Baumwolle ist die Faser eines Baumwollbaumes und von leicht gelblicher Farbe. Die besten Fasern sind $1\frac{1}{8}$ — $1\frac{1}{4}$ inch lang, sie

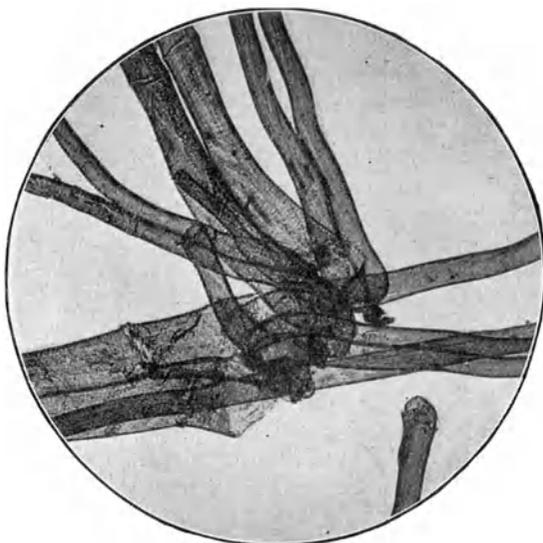


Abb. 226. Bombaxfasern. (Herzog.)

soll so stark sein wie Sea-Island-Baumwolle. Zum Unterschied von der amerikanischen Baumwolle, welche jährlich geschnitten wird, ist die Pflanze perennierend. Der Baum blüht mehr als 14 Jahre; ein mittlerer Baum ergibt 2—3 lbs. Samenwolle im ersten Jahre und volle 3 lbs. im zweiten Jahre; ungefähr $\frac{1}{3}$ davon ist Scharpie. Dasselbst (Kuba) wurden Versuche gemacht, ägyptische und Sea-Island-Baumwolle zu pflanzen, jedoch ohne Erfolg infolge der zahlreichen Schädlinge. Die mikroskopischen Eigenschaften von Bombax-Baumwolle sind folgende: Die Faser besteht aus einer einzelnen Zelle von zylindrischer Form, ziemlich dick am Fuß und konisch auslaufend zur Spitze. Der Fuß der Faser ist meistens angeschwollen und zeigt eine netzartige Struktur (Abb. 226).

¹ Diese Faser ist ziemlich die einzige Art Pflanzendaunen, welche immer schon gesponnen wurde.

² Rote Seidenbaumwolle ist sehr ähnlich dem gewöhnlichen Kapok; trotz ihrer Minderwertigkeit wird sie oft als Kapokersatz verwendet, hauptsächlich als Füllmaterial für Polstermöbel, da die Faser zum Spinnen zu kurz und zu weich ist.

Die Zellwand ist gewöhnlich sehr dünn, sie beansprucht ca. $\frac{1}{10}$ der Faserdicke, während die Oberhaut sehr gut entwickelt ist. Der Querschnitt ist rund, nicht flach wie bei Baumwolle, und 20—40 Mikrons breit; der innere Kanal (Lumen) ist teilweise gefüllt mit vertrockneten Protoplasma-Häutchen.

In ihrer chemischen Zusammensetzung unterscheidet sich Bombax-Baumwolle von der echten Baumwolle dadurch, daß sie eine gewisse Menge verholztes Gewebe enthält; daher ergibt sich eine gelbliche Färbung beim Behandeln mit Anilinsulfat oder mit Jod-Schwefelsäure; sie kann so leicht von der echten Baumwolle unterschieden werden. Infolge dieses Holzgewebegehaltes schwillt die Faser auch nur schwach an, wenn sie mit Schweitzers Reagenz behandelt wird. Die Faser von *B. ceiba* ist kenntlich durch ausgesprochen gelbe Farbe, keine dieser Baumwollenarten ist ganz weiß, sondern sie variieren von hellgelb bis braun. Die *Paina limpa* ist die hellste.

2. Kapok. Die Samenhaare von *Eriodendron anfractuosum* (*Bombax pentandrum*) sind der vorerwähnten Art von Bombax-Baumwolle sehr ähnlich. Sie liefern das Produkt, welches in Holland als Kapok¹ bekannt ist. Die echte Kapokfaser kommt vom Kapokbaum (*Eriodendron anfractuosum*). Die hauptsächlichsten Produktionsländer sind Holländisch Indien und Java. Kapok und ähnliche Fasern werden auch in Ceylon, Britisch-Indien und Zentralamerika gepflanzt. Es wurden weiter Versuche gemacht, die Pflanze auch in Deutsch-Neuguinea und Deutschost-Afrika einzuführen. In Java bilden die Kapokbäume lange Reihen längs den Straßen. Die folgende Statistik zeigt den Kapokhandel für Java im Jahre 1921:

Nach	Export in Tonnen
Holland	4 436
Großbritannien	223
Deutschland	—
Anderswo in Europa	327
U. S. A.	10 078
Australien und Neuseeland	1 967
Singapore	282
Japan	231
Anderswo	41

Daraus ist ersichtlich, daß die U.S.A. der größte Konsument von Kapok ist. Kapok findet hauptsächlich Verwendung zu Matratzenfüllungen und bietet für diesen Zweck große Vorteile. Er ist federnd und sehr leicht; eine Matratze von $3 \times 6\frac{1}{2}$ Fuß benötigt nur 17—20 lbs. Kapok, gegen 26—29 lbs. Roßhaar, 33—35 lbs. Seegras oder 30—60 lbs. Stroh. Außerdem wird er nie feucht, was sehr wichtig ist für Betten in feuchten Klimata. Kapokmatratzen sind auch sehr hygienisch, speziell gegen Ungeziefer. Java-Kapok hat eine 20—30 fache (Eigengewicht) Schwimmtragkraft, während indischer Kapok nur eine 10—15 fache

¹ Der Ausdruck „Kapok“ wird, nicht ganz einwandfrei, für eine große Zahl von vegetabilen Seidenfasern angewendet, die allerdings im Aussehen einander ähnlich, jedoch sehr verschieden in Eigenschaften und Herkunft sind.

aufweist. Java-Kapok verliert auch die Spannkraft nicht beim Eintauchen in Wasser (in 30 Tagen nur 10 %).

Nach ihrem Aussehen und den chemischen Eigenschaften ist es fast unmöglich, zwischen Kapok und Ceiba-Baumwolle zu unterscheiden, Kapok kommt aus Südasien und Ostindien und wird fast ausschließlich als Füllmaterial verwendet, auch für Rettungsschwimmgürtel wegen seines niedrigen spezifischen Gewichtes. Es ist bewiesen, daß Kapok in gepreßtem Zustand ungefähr 36 mal sein eigenes Gewicht tragen kann, zudem hat er noch den Vorteil vor Kork, daß er schneller trocknet. Kapok wird auch verwendet in der Chirurgie als Ersatz für Watte¹.

Um Kapok zu gewinnen, wird die Frucht von Eingeborenen vom Baume gepflückt und durch Schlagen mit Holzhämmern aufgebrochen. Die Samen und Fasern werden herausgenommen und an der Sonne getrocknet. Der Trockenprozeß wird in den inneren Räumlichkeiten fortgesetzt, um zu verhindern, daß die Fasern wegfliegen. Künstliche Trocknung wird nicht angewendet. Die Faser wird mit der Hand vom Samen entfernt. Samen mit Fasern werden mit einem kurzen Stock in einem Korb herumgerührt. Der schwere Samen fällt auf den Grund und die Faser wird aus dem Korb genommen. Begreiflicherweise ist

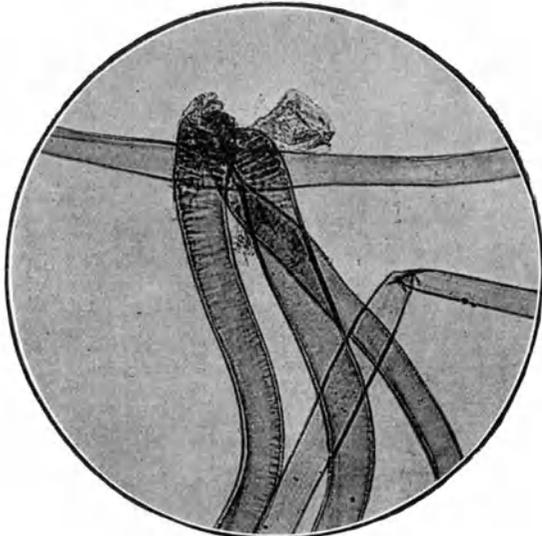


Abb. 227. Wurzelpartie von Kapok. (Herzog.)

das ein langsamer und kostspieliger Prozeß. Es wurden Versuche gemacht, zum Entfernen der Faser von dem Samen eine Maschine anzuwenden, jedoch ohne Erfolg, infolge der geringen Festigkeit der Faser.

In den letzten Jahren sind Verfälschungen von Kapok vorgekommen, meist Mischungen mit schlechter Baumwolle und Baumwollabfällen. Die Faser wird in viereckige Ballots verpackt unter Anwendung von Druck von 150—400 lbs. pro inch. Die Ballen werden mit Jute bedeckt und mit Eisenbändern gebunden. Infolge der Wichtigkeit der Kapokkultur in Java haben die Pflanzler der Kolonie ihr Produkt geschützt mit der Marke „Java-Kapok“. Jeder Ballen trägt den Stempel der Qualität als Garantie gegen Fälschungen.

¹ Die Chemnitzer Aktienspinnerei in Chemnitz verarbeitet Kapok zu Garn von seidenähnlichem Aussehen. Es kann in jeder gewünschten Farbe gefärbt und zu allen möglichen Fabrikaten gewoben werden.

Weil Kapok leicht entzündbar ist, haben verschiedene Versicherungsgesellschaften die Gebäude, in welchen dieses Material gelagert und verarbeitet wird, nicht oder nur zu hohen Summen versichert. Kapoksamensamen ergeben ungefähr 25 % Öl, welches zur Seifenfabrikation verwendet wird; die ausgepressten Samen dienen als Viehfutter und als Düngemittel. Da Kapok große Spannkraft hat und sich im Wasser nicht vollsaugt, eignet er sich vorzüglich als Füllung von Rettungsringen, Rettungsbojen, Schwimmjacken usw.

Java-Kapok, welches speziell für Rettungswesen zur See verwendet wird, besteht aus Samenhaaren von *Eriodendron anfractuosum*. Obgleich dieser Baum in Indien auch vorkommt, wird doch weitaus indischer Kapok vom sog. Baumwollbaum (*Bombax malabaricum*) gewonnen



Abb. 228. Kapok-Kapseln.

und findet daher nicht so ausschließlich Verwendung zu obigem Zwecke wie Java-Kapok. Die Samenhaare von *Calotropis procera* (Akund floss) stammen ebenfalls aus Indien, manchmal gemischt (Abb. 230) mit indischem Kapok. Um das Naturvolumen von indischem Kapok im Vergleich zu echtem Kapok festzustellen, wurde folgender Versuch gemacht: 50 g Wolle (floss) kommen in einen Glaszylinder, werden mit leichten, steifen Kartonscheiben bedeckt, worauf ein Gewicht von 500 g kommt; nach einiger Zeit kann dann die Höhe der Wollkolonne

gemessen werden. Folgende Tabelle gibt das Resultat wiederholter diesbezüglicher Versuche (B. of the Imperial Institute):

	Naturvolumen
Java-Kapok	100
Indischer Kapok (maschinengereinigt).	125
„ „ (Handelsmuster Nr. 1).	93
Akund floss	100

In Versuchen, die Spannkraft des indischen Kapoks zu bestimmen, stimmen die Resultate einer langen Skala mit 24 oz. Wollmuster sehr gut mit denen mit kurzen Skalen überein, ausgenommen bei unvorsichtiger Behandlung. Sie zeigen an, daß, trotzdem indischer Kapok mehr Fremdkörper (Sand, Blätter, Hülsen usw.) als Java-Kapok enthält, kein Grund vorhanden ist, indischen Kapok als Füllmasse für Rettungsapparate für See auszuschließen, vorausgesetzt, daß er vollständig gereinigt ist. Akund floss dagegen ist ausgesprochen geringwertiger als Kapok in seiner Spannkraft. Ein Versuch, diese zu messen, ergab nach 24 stündigem Eintauchen kein befriedigendes Resultat;

erstens, weil das Material den Ansprüchen nicht standhielt, und zweitens, weil es zu schnell und zu viel Wasser sog. Es eignet sich daher nicht für obigen Zweck und wird zum Füllen von Polstermöbeln verwendet. Der Verbrauch von Kapok und weniger wertvollen Ersatzfasern hat während des Weltkrieges eine beträchtliche Ausdehnung erfahren. In Anbetracht der Nützlichkeit von Kapok und Kapok-Ersatz wurde eine Methode von Cross und Bevan ausgearbeitet, um schnellstens den ungefähren Wert der diesbezüglichen Muster feststellen zu können.

Gewöhnlich wurde angenommen, daß die Immunität des Materials gegenüber Wasser daher stamme, daß sich Öl, Wachs oder Harz in den Zellwänden befinde; dem ist aber nicht so. Die Menge solcher Stoffe variiert beträchtlich in verschiedenen Mustern, doch zeigt dieses Verhalten keine Wechselbeziehung zwischen der Widerstandskraft der Faser und der Aufnahmefähigkeit von Wasser, und diese wird auch nicht stark beeinflußt beim Entfernen dieser Stoffe. Drei Versuche sind notwendig, um die Qualität bestimmen zu können: 1. Bestimmung des Holzgehaltes der Faser mit Phloroglucin; das beste Muster gibt keine Reaktion, schlechtere Qualitäten färben rötlich-braun bis fuchsigrot, typisch für Holzzellulose. 2. Messen des Durchmessers der Faser;

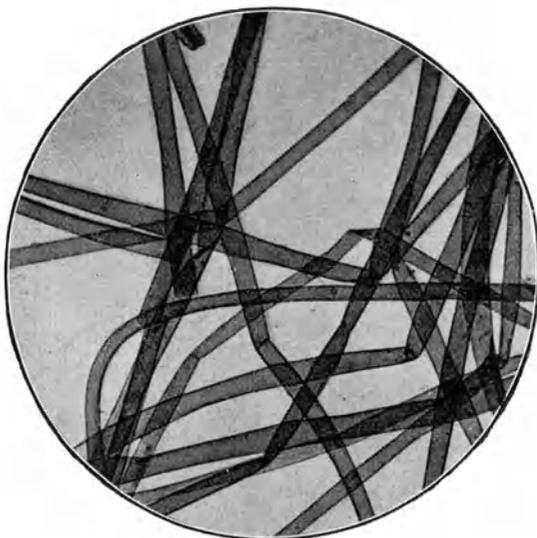


Abb. 229. Kapokfaser. (Herzog.)

je gleichmäßiger der Durchschnitt der Faser, desto höher ist der Wert des Materials. 3. Die Faser wird auf wässrigem Alkohol von spez. Gew. 0,928 schwimmend auf die Oberfläche gesetzt, um den relativen Grad von Wasseraufnahme und Sinken der verschiedenen Muster zu bestimmen. Da der Durchschnitt der Tragkraft der gepreßten Faser gleich dem fünfzehnfachen Gewicht derselben ist, hat eine Rettungsschwimmjacke, wenn untergetaucht, eine Hebekraft von 10,5 kg. Ins Wasser getaucht, nach und nach mit 9 kg Gewicht beschwert, erträgt die Jacke nach 72 Stunden noch extra 1,3 kg; nach hundert Stunden noch 1,0 kg, nach 192 Stunden noch 0,9 kg Zusatzgewicht.

Versuche, die glänzende Kapokfaser zu spinnen, wurden vereitelt durch die außerordentliche Brüchigkeit und Glätte der Faser, bis Emil Stark von der Chemnitzer Aktienspinnerei nach jahrelangen Versuchen auf ein Verfahren kam, Kapok so fein wie 8's Garn zu spinnen. Eine Mischung von Kapok und Baumwolle kann bis zu 20's gesponnen

werden; gemischt mit Wolle oder Seidenabfall, bis zu 10's. Das Stark-sche Verfahren kann auch angewendet werden für kapokähnliche Fasern, speziell für Calotropis von Südasien und Afrika. Wegen ihrer außerordentlichen Länge kann diese Faser sogar besser verarbeitet werden

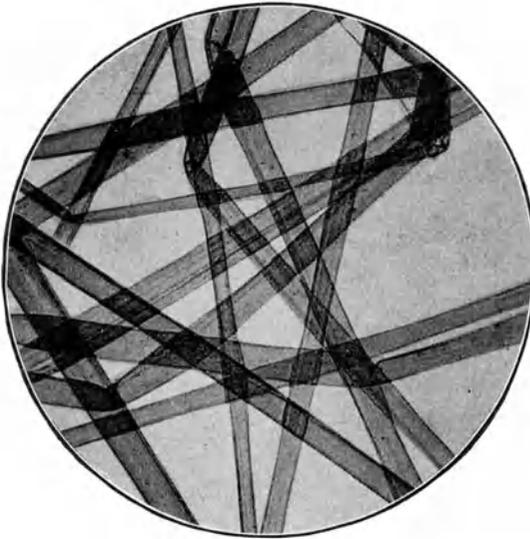


Abb. 230. Calotropisfaser.

als Kapok. Nach dem Stark-schen Verfahren wird die Faser mit einer Mischung von Äther und Schwefelkohlenstoff und danach mit kochendem Wasser behandelt. Diese Behandlung löst die Substanzen auf, welche der Faser anhaften, so daß sie durch Zusammenschrumpfen ihren Glanz verliert. Durch das Mikroskop erscheint die Faser konisch-zylindrisch in Form, bestehend aus einer einzelnen Zelle mit knolligem Fuß. (Abb. 227). Sie ist weich und glänzend, doch nicht genügend elastisch, da-

her zu spröde zum Spinnen. Die Faser gleicht einer weichen, durchsichtigen, strukturlosen Rute (Abb. 229).

Wie Bombax-Baumwolle enthält Kapok Holzzellulose und ergibt daher braune Färbung mit Jod-Schwefelsäure. Hier folgen Analysen von Kapok verschiedener Herkunft.

	Lagos-Kapok %	Java-Kapok %	Seychellen-Kapok %
Feuchtigkeit	9,9	10,9	10,00
Asche	2,8	1,3	2,08
Zellulose	50,3	63,6	61,30

Kapok hat ein sehr breites Lumen im Gegensatz zu der außerordentlich dünnen Zellwand. Er bricht leicht beim Spinnprozeß, wo er notwendigerweise gepreßt und gezwirnt werden muß. Die Calotropis-Faser hat eine ähnliche Struktur, doch zeigt sie mehr ausgesprochene Längslinien (Abb. 230). In einer Mischung von Kapok und Baumwolle unter dem Mikroskop (Abb. 231) ist die durchsichtige und strukturlose Kapokfaser leicht zu unterscheiden von der Baumwollfaser; daher ist eine Mischung dieser beiden Fasern leicht zu entdecken. Die Kapokfaser hat eine Länge von 0,3—1,25 inch, Durchschnitt 0,7 inch, und einen Durchmesser von 0,0012—0,0014 inch. Kapok hat schönen, seidenähnlichen Glanz, ist gelblichbraun, sehr leicht. Beim leichtesten

Luftzug fliegen kleine Büschelchen durch die Luft. Der Querschnitt der Faser ist meistens rund oder oval, mit sehr dünner Wand. Der Widerstand der dünnen Wand ist ziemlich stark in bezug auf die natürliche Bestimmung, jedoch zu schwach beim Verarbeiten zu Garn. Der Querschnitt zeigt manchmal verflachte Formen, es sind dies abgestorbene Fasern. Die Calotropis-Faser hat eine Länge von 0,7—1,5 inch und einen Durchmesser von 0,0006—0,0016 inch. In ihrer äußeren Erscheinung ist sie der Kapokfaser ähnlich und hat auch denselben Querschnitt, rund oder oval.

Der U.S.A.-Consular-Report gibt folgende interessante Handelsdaten über Kapok: Java exportiert ungefähr $\frac{7}{8}$ vom Totalexport Ostindiens; trotzdem der größte Teil der Kapokpflanzungen von Eingebornen bewirtschaftet wird, ist doch eine große Zahl in europä-

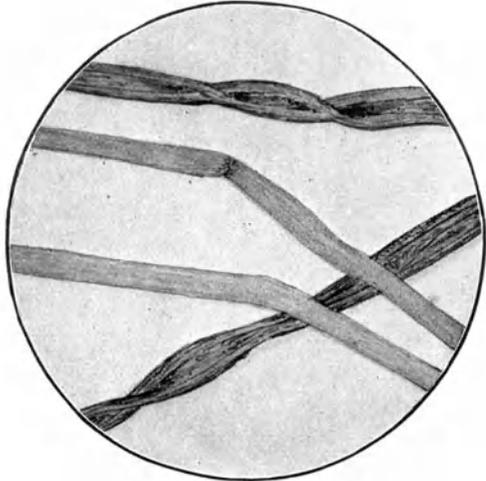


Abb. 231. Baumwolle und Kapok.

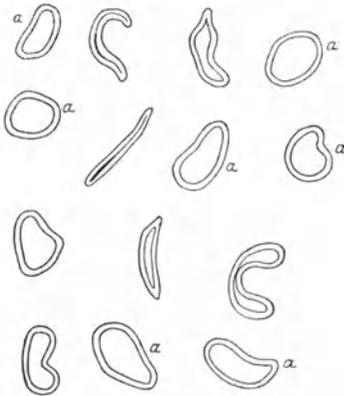


Abb. 232. Querschnitte durch Kapokfasern.

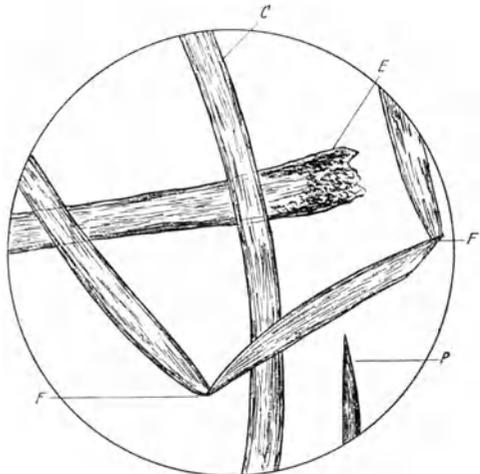


Abb. 233. Vegetabile Daunen. ($\times 350$.) *Ochroma Lagopus*.

ischem Besitz. Unter diesen Siedlungen wird der Kapokbaum meistens zwischen Kokospalmen und Kaffee gepflanzt. Für den Export erhält das Produkt gewöhnlich den Namen des Distrikts seiner Herkunft. Kapok eignet sich vorzüglich für Füllungen von Matratzen, Rettungsringen, Bandagen usw., wird aber auch zum Spinnen verwendet; dient auch bei der Herstellung von Filzhüten und zur Fabrikation

von Schießbaumwolle. Kapok nimmt wenig Feuchtigkeit auf, hat große Spannkraft und kann im Wasser 20—30 mal sein eigenes Gewicht tragen. In der Regel geht die beste Qualität beim Export nach den U.S.A., mittlere Qualitäten nach Europa und die schlechtesten Qualitäten nach Australien.

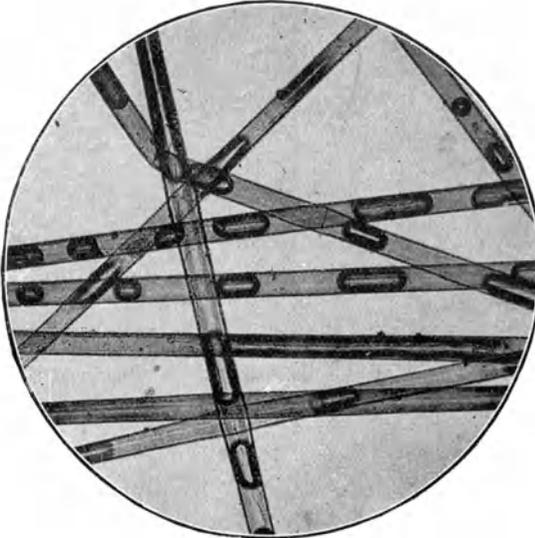


Abb. 234. *Cochlospermum gossypium* mit Luftblasen im Lumen. (Herzog.)

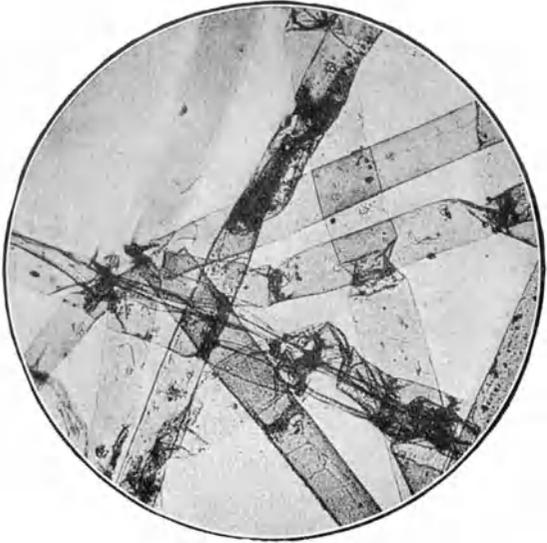
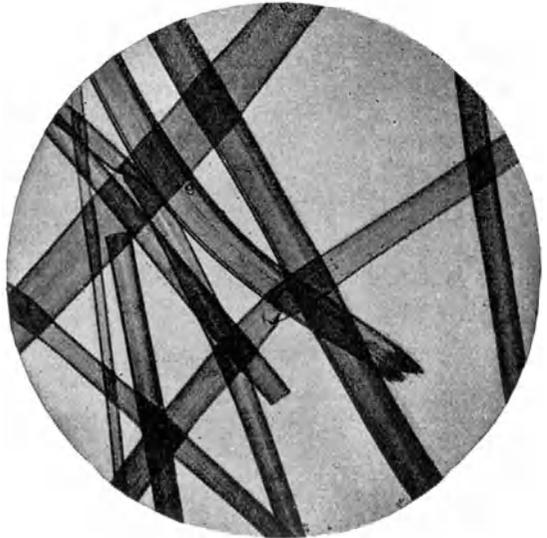
Die Soerabaya-Handelsvereinigung bestimmt folgende Bezeichnungen: Gut, rein, prima Madura; Gut, rein, prima Porong; Gut, rein, prima Ost-Java; mittlere Qualität der Ernte. Weitere Klassifikation wie folgt: Fancy grade (Extra-Qualität) mit max. $1\frac{1}{2}$ % Samen und

Schmutz; gute marktfähige Qualität mit max. 5% Samen und Schmutz; geringste Qualität mit max. 6%. Der Export von Kapok von Niederländisch-Indien nach den hauptsächlichsten Bestimmungsländern ist folgender (eine Tonne gleich 2204 lbs.):

Hauptsächlichste Bestimmungsländer	1913 Tonnen	1917 Tonnen	1918 Tonnen	1919 Tonnen
Holland	5 028	125	50	3 375
U.S.A.	1 377	5 690	4 440	9 110
Großbritannien	25	1 519	34	1 165
Singapore und Penang	680	1 094	406	1 149
Australien	2 110	2 537	2 509	1 688
Totalexport	10 145	11 939	9 031	17 082

3. Pflanzendaunen. Die Haarfasern von *Ochroma lagopus* (Westindien) haben eine Länge von 0,5—1,5 cm und sind dicker (6—7 Mikrons) in der Mitte als am Ende. Die Zellwand ist viel dicker als bei der Bombax-Baumwolle, auch ist die Faser mehr verholzt. Die Zellwand ist speziell am Fuß dick oder zeigt hier körnige Masse (Abb. 233). Die Farbe der Faser ist dunkelbraun. Pflanzendaunen erscheinen im Handel als „édredon végétale“ oder Hasenpfoten; das Produkt kommt meistens von Guadeloupe und Martinique. Die typische Faser zeigt unter dem Mikroskop tiefgelbe Farbe; andere sind fast farblos, flach, manchmal gefaltet, mit unbestimmter Außenlinie und fein gestreifter Oberfläche. Die typische Faser ist 25—50 Mikrons breit, Ouate végétale des französischen Handels ist eine Mischung von Fasern des Bombax-

Ochroma und -Chorisia und dient als Füllmaterial für Matratzen und Kissen. Das *Cochlospermum gossypium* von Indien und das *Chorisia speciosa*¹ und *C. insignis* von Südamerika liefern ebenfalls gute Qualitäten Pflanzendaunen. Diese sind bekannt unter dem Namen Kumbi oder Galgal und werden als Kissenfüllungen verwendet. Die Fasern von *C. insignis* schwellen im Wasser auf. Pulu-Faser kann auch unter dem allgemeinen Namen Pflanzendaunen gehen. Es ist das Haar, gewonnen von den Stengeln der Farnbäume, speziell *Cibotium glaucum* von den Hawaiiinseln. Die Fasern sind glänzend, goldbraun, sehr weich, aber nicht sehr stark. Sie haben eine Länge von ungefähr 5 cm und sind zusammengesetzt aus einer Serie sehr flacher Zellen, zusammengepreßt in bandähnliche Form (Abb. 233). Die Faser wird nur zum Polstern verwendet und nicht gesponnen. Ähnliche Fasern werden gewonnen von *Cibotium barometz*, *C. menziesii* und *C. chamissoi*. Die zweite liefert die beste Faser. Die Unterscheidung verschiedener Arten Pflanzendaunen ist sehr schwierig, aber auch nicht von großer Wichtigkeit.

Abb. 235. Pulu-Faser von *Cibotium glaucum*. (Herzog)Abb. 236. Vegetabile Seide, *Asclepias*. (Herzog)

4. Pflanzenseide. Ein anderes Samenhaar, welches bis zu einem gewissen Grad als Faser benutzt wird, ist die sogenannte Pflanzenseide

¹ Nach Dodge ist die Pflanzenseide von *Chorisia speciosa* vorzüglich geeignet für Wintermatratzen und Kissen. Der Baum ist bekannt in Brasilien als *Arvore*

oder *Asclepias cotton*. Trotzdem die Faser schön seidenartig aussieht, ist sie für Textilfabrikation nicht geeignet, obgleich sie länger und stärker ist als *Bombax*-Baumwolle oder Kapok. Diese Faser wird gewonnen von *Asclepias syriaca* und *A. incarnata*, der gemeinen Seidenweide. Die Pflanze wächst hauptsächlich in Amerika. Die Oberflächenfasern von den Samenhülsen werden ausschließlich zu Polstermaterial verarbeitet.

Die gleiche Pflanze liefert auch eine feine, lange, glänzende Bastfaser, welche so stark und dauerhaft wie Hanf sein soll. Man hat aber auch alle möglichen Versuche angestellt, die Seidenfaser der Seidenweide zur Textilfabrikation herbeizuziehen. Dodge schreibt in „Useful

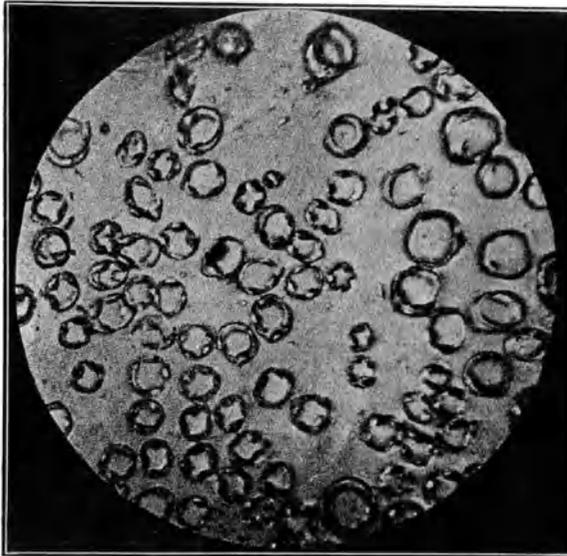


Abb. 237. Querschnitt durch *Asclepias*-Fasern.

Fiber Plants“, daß ihm ein Freund in Salem, Mass., mitgeteilt habe, daß schon im Jahre 1862 Miss Margareth Gerrish in Salem schöne Fabrikate aus Seidenweidefasern, wie Börsen, Handtaschen, Socken usw., hergestellt und in verschiedenen Farben gefärbt habe. Es scheint auch, daß diese Pflanze hauptsächlich in Syrien wächst, aber die Versuche, die Faser nutzbar zu machen, haben auch dort kein großes Resultat gezeitigt und sind auf Liebhaberhandarbeiten beschränkt geblieben. Das Studium der Textilgeschichte zeigt, daß viele ernsthafte Versuche zum Spinnen und Weben dieser Faser unternommen worden sind, aber alle mit Mißerfolg. Da die Faser schön weiß, glänzend, lang und fein ist, schien sie zum Spinnen geeignet, besitzt aber andere Qualitäten, welche letzteres praktisch unmöglich macht. Die Faser ist steif und

de Paina. Nach Spon liefert die Pflanze eine Faser, aus der Textilien gemacht werden, welche so fein in Glanz und Biagsamkeit sind, daß sie kaum von echter Seide zu unterscheiden sind.

brüchig, sie erlaubt nicht gezwirnt zu werden, eine Eigenschaft, die sehr wichtig beim Spinnen ist, um aus einer Anzahl Fasern einen fortlaufenden Faden gewinnen zu können. Zudem ist die Oberfläche der Faser außerordentlich glatt, fast glasig, besitzt keine Unregelmäßigkeiten oder Knötchen, welche erlauben würden, beim Spinnen ineinanderzugreifen. Nach diesen Feststellungen wurden Versuche unternommen, diese Faser mit andern Fasern zusammenzuspinnen, und zwar mit etwelchem Erfolg. Vor einigen Jahren verwendete eine französische Firma 20% Pflanzenseide gemischt mit 80% Wolle. Das ergab ein ziemlich brauchbares Garn für Spezial-Artikel, bekannt als Silbertuch. Der Silberglanz rührt von der Verwendung der Silberweidefaser her. Außer der Verwendung als Spinnmaterial eignet sich diese Faser sehr gut zum Füllen von Kissen, Bettzeug und Polster. Der Ertrag ist aber nicht so groß, um das eigentliche Kultivieren der Silberweide durchzuführen. Die Silberweide liefert aber neben der Faser der Samenkapseln noch eine Bastfaser, ähnlich derjenigen des Hanfes oder Flachses. Das Studium der Faser zeigt, daß sie ein feines, langes, glänzendes Material von großer Stärke und Dauerhaftigkeit ist. Einige Autoritäten behaupten, die Ernte dieser Faser sei ungefähr derjenigen des Hanfes gleich. Verglichen mit der Hanffaser scheint sie aber ebenso stark oder eher noch feiner und glänzender zu sein. Erwiesenermaßen sind in Brasilien Versuche gemacht worden, die Bastfaser der Silberweide nutzbar zu machen. Das Produkt hat aber bis heute im Handel noch keine große Rolle gespielt. In Indien wird aus dieser Bastfaser ein feines Fabrikat gewoben, ebenso wird sie dort zur Papierfabrikation verwendet, wozu sie sich vorzüglich eignen soll. Aber trotz all dieser Berichte, Feststellungen und Beobachtungen scheint das Produkt nicht eigentlich in den Handel zu kommen, und so ist es besser, es bei diesen Feststellungen zu belassen, statt sich allzu optimistischen Hoffnungen hinzugeben.

Die Faser der Pflanzenseide ist von Natur sehr brüchig, besitzt wenig Dehnbarkeit und hat daher beim Spinnen wenig Erfolg. Pflanzenseide ist auch ungeeignet zur Fabrikation von Schießpulver, da sie zu langsam brennt und zu viel Asche hinterläßt. Ihre physikalischen Hauptqualitäten sind hoher Glanz und Weichheit. Unter dem Mikroskop zeigt die Faser in den Zellwänden verdickte Furchen, welche ermöglichen, sie von derjenigen der Bombax-Wollen zu unterscheiden. Diese Furchen oder Längsverdickungen kommen 2—5 mal vor in der Faser; in einigen Fällen sehr deutlich, in andern kaum bemerkbar. Infolge dieser Furchen erscheint die Faser unbestimmt längsgestreift und unterscheidet sich dadurch von andern Samenhaaren. Jede Faser besteht aus einer einzelnen Zelle, welche am Fuße etwas verdickt ist. Sie ist gelblichweiß, 10—30 mm lang und 0,02—0,05 mm im Durchmesser. Da Pflanzenseide etwas holzhaltig ist, unterscheidet sie sich von echter Baumwolle

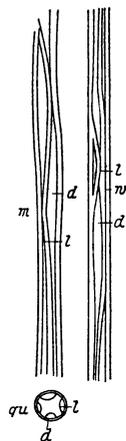


Abb. 238. Struktur d. Asclepias-Seide. m Mittelseil der Faser; q Querschnitt; l Längsfurche; d Dünner Teil zwisch. verdickten Furchen; w Zellwand. (H ö h n e l.)

dadurch, daß sie sich mit Jod-Schwefelsäure gelblichbraun und mit Anilinsulfat gelb färbt. Ihre mikro-chemischen Reaktionen sind denen der Bombax-Baumwolle sehr ähnlich, da sie sich mit Phloroglucin und Salzsäure glänzend rotviolett färbt, während Bombax-Baumwolle mattviolett wird. Es wurden Versuche gemacht, die glasglatte Oberfläche der Pflanzenseidefaser so zu verändern, daß sich die Faser besser zum Spinnen eignet. Nach Stark¹ kann das Material behandelt werden mit Alkohol, Säure, Tetrachlorkohlenstoff, Gasolin oder mit schwacher alkalischer Lösung von Türkischrot-Öl oder Seife bei 85—100° C, mit dem Resultat, daß die Oberfläche der Faser etwas zusammenschrumpft; daher wird die Faser rauher und gleichzeitig gereinigt.

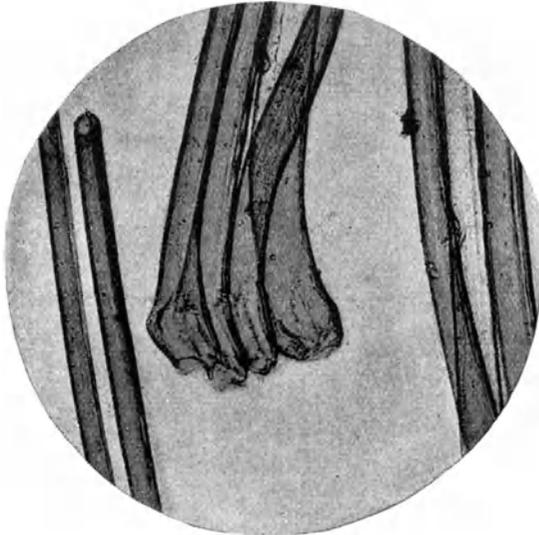


Abb. 239. *Beumontia grandiflora*.

Die so behandelte Faser kann in gewöhnlicher Weise gesponnen werden wie Baumwolle². Es scheint aber, daß diese Behandlung die speziellen Qualitäten, Glanz und Seidenart der Faser, vermindert. Wenn die Oberfläche der Faser rauher wird, so wird auch der Glanz ruiniert und der Autor sieht nicht ein, daß sie dann wertvoller wäre als Baumwolle. Es wird aber behauptet, daß nach dieser Art sehr feine Garne fabriziert werden, welche in Deutschland zu neuartigen Mode-

stoffen gewoben werden³. Es gibt noch verschiedene geringwertigere Arten von Pflanzenseide. Die hauptsächlichsten von ihnen sind folgende: *Asclepias curassavica* und *As. volubilis* von Westindien und Südamerika; *Catropis gigantea* und *Cat. proccera* von Südasien und Afrika; verschiedene Spezies von *Marsdenia* aus Indien; *Beaumontia grandiflora* aus Indien und verschiedene Arten von *Strophanthus* aus Senegal. Die verschiedenen Arten von Pflanzenseide sind sehr schwierig voneinander zu unterscheiden. Alle sind weich anzufühlen und von hohem Seidenglanz. In der Farbe variieren sie von rein weiß bis hellorange gelb. Die Dicke der Faser variiert von 35—60 Mikrons, doch können sie gelegentlich auch 80 Mi-

¹ Deutsche Pat. 230142 und 230143.

² Siehe auch deutsche Pat. 231940 und 231941 für Bleichen und Färben dieser Faser.

³ Siehe auch Leipz. Monats-Text.-Ind. 1911, S. 137; auch Elsäss. Text.-Blatt 1911, S. 334.

krons erreichen. In der Länge variieren sie von 10—50 mm. Die Fasern haben nur wenig Elastizität, sind sehr brüchig infolge der sehr dünnen Zellwand. Alle Arten zeigen verdickte Furchen in der Zellwand, welche der Faser ein ungleichmäßig dickes Aussehen geben. Im Querschnitt sind die Furchen halbrund, manchmal auch flach und breit. Der Querschnitt der Faser selbst ist gewöhnlich rund.

Die Seidenhaare der *Beaumontia grandiflora* (Abb. 239) liefern vielleicht die beste Art von Pflanzenseide, da die Faser nicht nur sehr glänzend und fast rein weiß ist, sondern auch die größte Dehnbarkeit besitzt; zudem läßt sich die Faser leicht von den Samen entfernen. Die Fasern sind $3\frac{1}{2}$ — $4\frac{1}{2}$ cm lang und 20—50 Mikrons im Durchmesser. Die Zellwand ist dünn, nur etwa 3,9 Mikrons dick. Der Fuß der Faser ist etwas verdickt und die Wände sind von feinen, länglichen Poren durchzogen, welche in einer Reihe geordnet sind (Abb. 240). Die Faser von *Calotropis gigantea* besteht aus dünnwandigen, farblosen Zellen. Diese Faser zeigt am Fuße kleine Grüb-

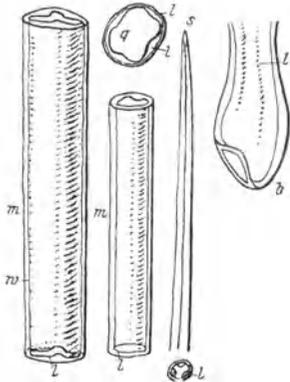


Abb. 240. Vegetabile Seide von *Beaumontia grandiflora*. b Wurzel; s Spitze; q Querschnitt; m Fasermulle; w Zellwand; z Zellwand im Querschnitt. (H ö h n e l.)

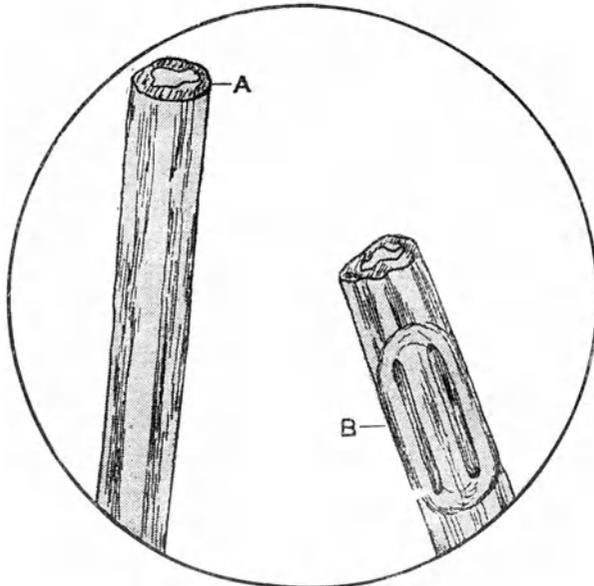


Abb. 241. *Calotropis gigantea*. A zeigt die unregelmäßige Wandung; B eine Luftblase.

chen, sie ist 2—3 cm lang und 12—42 Mikrons im Durchmesser; die Zellwand ist 1,4—4,2 Mikrons dick. Am Fuße ist die Faser etwas flach verbreitert, jedoch nicht so deutlich wie bei *Beaumontia gran-*

diflora. Die Faser der *Calotropis gigantea* (Abb. 241) ist in Venezuela bekannt unter dem Namen Algodon de seda. Sie ist gelblicher in Farbe als *Asclepias cotton*.

Die Faser der verschiedenen Spezies von *Marsdenia* ist sehr gleichmäßig zylindrisch und gerade (Abb. 242). Sie ist 1—2,5 cm lang und hat einen Durchmesser von 19—33 Mikrons. Die Zellwand ist durchschnittlich 2,5 Mikrons dick.

Die Faser von *Strophantus* differiert etwas von den vorherigen Arten. Die Faser ist auch nicht so leicht vom Samen zu entfernen und ist rötlichgelb gefärbt.

Die *Calotropis gigantea* oder Giant *asclepias* liefert auch eine Bastfaser von ausgezeichneter Qualität. Sie hat Ähnlichkeit mit dem Flachs

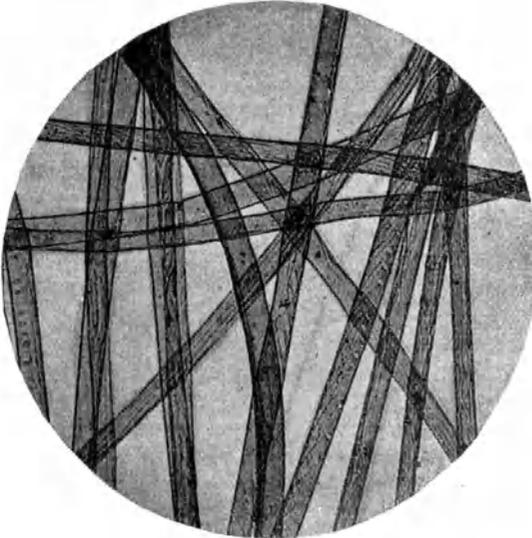


Abb. 242. Fasern der Spezies *Marsdenia*.

und ist von derselben Stärke. Die Pflanzenseide, welche die Samen einhüllt, ist in Indien bekannt unter dem Namen Madar floss. Die Bastfaser ist sehr widerstandsfähig gegen Feuchtigkeit. Nach Spon verliert ein Muster in 2 Stunden unter Dampf von 2 Atmosphären Druck, darauf 3 Stunden in Wasser gekocht und wieder 4 Stunden unter Dampf gesetzt nur 5,47% an Gewicht, während Flachs unter denselben Bedingungen 3,50%, Manila-Hanf 6,07%, Hanf 6,18 bis

8,44% und Kokosfaser 8,14% verlieren. Über die Stärke der Faser geben Dr. Wrights Versuche folgende Resultate: Bruchstärke 552 lbs. gegen Sonnenhanf 404 lbs.; Royles Versuche ergeben: Bruchstärke 190 lbs., für russischen Hanf 160 lbs. und 190 lbs. für Jubbulpore-Hanf von *Crotalaria tenuifolia*.

Pflanzenseide von *Calotropis gigantea* geht manchmal unter dem Namen Kapok, obgleich dieser Name dem Produkt von *Eriodendron anfractuosum* und *Bombax pentandrum* zugehört. Aus dieser Faser sollen Schals und Taschentücher hergestellt werden, doch besitzt sie kaum die Stärke, um allein gesponnen werden zu können. Die *Calotropis gigantea* ist nicht nur Faserpflanze, sondern liefert auch Guttaperchalack, Farbstoff und Medizinalsubstanzen. Die Furchen in der Faser der *Calatropia gigantea* sind nur nach sorgfältiger Prüfung sichtbar, am besten im Querschnitt, hie und da kommen im Lumen Luftblasen vor, bemerkbar durch verschiedene Bruchstärke. Mit ge-

eignet starker Lösung von Jod-Schwefelsäure behandelt, zeigt die Faser 3 Schichten.

1. Eine fahlgelbe, leicht veränderliche Außenschicht.
2. Eine grünliche, mittlere Schicht mit aufgeschwollener Außenkontur.
3. Eine enge, innere Röhre (Lumen)¹.

5. **Pflanzenwolle.** Pflanzenwolle ist ein Produkt, gewonnen von den grünen Zapfen der Föhren und Fichten. Sie machen einen Gärungsprozeß durch, werden gewaschen und den nötigen mechanischen Reinigungen unterworfen. Pflanzenwolle wird, gemischt mit Baumwolle und Wolle, sowohl zu Garnfabrikation als auch als Füllmaterial zu Matratzen benutzt. Mit Schafwolle vermischt verarbeitet man sie zu Garnen, aus welchen das sog. hygienische Flanell gewoben wird; dieses wird hauptsächlich für Gichtkranke empfohlen, da es den Körper gleichmäßig warm hält und das Naßwerden verhindert.

XXI. Die künstlichen Seiden.

1. **Einteilung.** Infolge des hohen Preises und des großen Wertes der natürlichen Seide als Textilstoff sind schon unzählige Versuche gemacht worden, eine künstliche Faser mit ähnlichen Eigenschaften herzustellen. Der erste, welcher sich mit diesem Problem beschäftigte, scheint der Franzose Réaumur gewesen zu sein, der 1734 in einer Abhandlung über die Geschichte der Insekten die Möglichkeit der künstlichen Herstellung von Seide erwähnt. Jedoch erst im Jahre 1884 wurde das erste technische Verfahren zur Herstellung von Kunstseide von Graf Hilaire de Chardonnet patentiert².

Der erste Versuch zum Verspinnen von Kollodiumlösungen scheint von Audemars³ in Lausanne gemacht worden zu sein. Weitere Versuche machten dann Weston⁴ und Swan⁵ mit Lösungen von Nitrozellulose in Essigsäure, während Wynne-Powell⁶ versuchte, die Faser aus einer Zelluloselösung in Chlorzink zu erhalten. Alle diese Versuche waren von dem Gedanken getragen, Fäden für sehr hell brennende Glühlampen herzustellen.

Die verschiedenen Kunstseiden werden in folgende Klassen eingeteilt:

1. Pyroxylin oder Kollodiumseiden, aus Lösungen von Nitrozellulose in einer Mischung von Äther und Alkohol.
2. Kupferammonium oder Kupferseiden, aus Lösungen von Zellulose in ammoniakalischem Kupferoxyd.
3. Viskoseseide, aus Lösungen von Zellulose-Thiokarbonat (Xanthogenat).
4. Azetatseide, aus Lösungen von Zelluloseazetat.

¹ Hanausek, Mikroskopie von technischen Produkten. S. 70.

² Brit. Pat. 6045 (1885). ³ Brit. Pat. 283 (1855).

⁴ Brit. Pat. vom 12. September 1882. ⁵ D.R.P. 30291 (1884).

⁶ Brit. Pat. vom 22. Dezember 1884.

5. Gelatineseide, aus Gelatinefäden, die durch Behandeln mit Formaldehyd unlöslich gemacht werden¹.

Mit Ausnahme der zuletzt erwähnten Klasse sind alle diese sogenannten Seiden Zellulosefäden, welche aus den verschiedenen Lösungsmitteln entweder durch Verdunsten derselben oder durch Ausfällen erhalten wurden. Daher schlug man vor, für die Kunstseiden die Generalbezeichnung Lustrazellulose einzuführen, weil sie der Natur dieser Stoffe besser entspreche².

Aus der Benennung „Kunstseide“ könnte man schließen, daß die so benannte Substanz in bezug auf chemische Zusammensetzung und physikalische Eigenschaften mit derjenigen der Seidenraupe identisch, und nur ein auf chemischem Wege hergestelltes, sonst aber vollkom-

¹ Kunstseide aus Milch. — Ein vor kurzem erteiltes britisches Patent beschreibt folgende Methode zur Darstellung von Kunstseide: Milch wird mit Natriumpyrophosphat im Verhältnis von 3 g pro Liter versetzt. Diese Lösung läßt man so lange stehen, bis das Kasein als gallertige Masse ausfällt. Die Molken werden nun abgossen und das Kasein wird durch Zusatz von wenig Alkali in eine plastische Masse verwandelt, welche nun wieder gelöst wird. Die Lösung filtriert man und fällt durch Säurezusatz wieder aus. Das so erhaltene Produkt wird durch Auspressen vom anhaftenden Wasser befreit und dann mit Ammoniak geknetet. Nach einigem Stehen wird die Masse transparent und glänzend und man kann sie nun in feine Fäden ausziehen, welche durch Behandlung mit Formaldehyd koaguliert werden.

Eine außergewöhnliche Abart von Kunstseide beschreibt L. Drut im Fr. Pat. 509723. Die Zelluloselösung, sei es nun Viskose-, Kupferammonium-, Kollodium-, Leim-, Zelluloseazetat- oder irgendeine andere Lösung, wird vor dem Verspinnen mit Luft- oder Gasblasen gesättigt, so daß man eine vollständig oder teilweise hohle Faser erhält.

² Von den vielen Methoden zur Kunstseidefabrikation ist wahrscheinlich der Viskoseprozeß die weitaus billigste. Das Kollodiumverfahren hatte anfänglich sehr großen Erfolg, und die Fabriken, welche damit arbeiteten, erzielten große Gewinne. Doch wenn man den hohen Preis der Äther-Alkohol-Mischung in Betracht zieht, so scheint es unwahrscheinlich, daß es mit dem Viskoseverfahren konkurrieren kann.

Auch das Kupferammoniumverfahren scheint man langsam zu verlassen, denn die meisten Gesellschaften, die damit arbeiteten, haben es, obschon sie große Gewinne erzielten, zugunsten des Viskoseverfahrens aufgegeben. Bei den hohen Preisen, die momentan (1922) für Kunstseide bezahlt werden, ist es jedoch möglich, mit allen drei Verfahren einen guten Gewinn zu erzielen. Wenn man aber scharfe Konkurrenzbedingungen in Betracht zieht, so ist vom ökonomischen Standpunkte aus gesehen das Viskoseverfahren das einzige, welches die Möglichkeit hätte, die andern dauernd zu überleben, vorausgesetzt, daß das Kupferammonium- und das Kollodiumverfahren nicht durch starke Verbesserungen der Fabrikationsbedingungen im Preise heruntergehen können. Im folgenden werden die Gesteungskosten der drei Verfahren im Jahre 1917 gezeigt:

Viskoseseide	0,67 Dollar
Kupferseide	1,05 „
Chardonnetseide	1,31 „

Es ist ziemlich sicher, daß diese Preise auch heute noch Gültigkeit haben.

Für die Azetatseide, welche ganz andere chemische Eigenschaften aufweist (Färben) als die übrigen künstlichen Seiden, sind auch andere Anwendungsgebiete vorbehalten, so daß sie weniger in Konkurrenz zu den übrigen tritt. Einige Konkurrenz dürfte der Azetatseide als Effektfaden in dem Immungarn (s. dieses) erwachsen; doch sind die praktischen Erfolge beider Stoffe noch zu jung, um ein endgültiges Urteil zu fällen.

men analoges Produkt sei. Dem ist aber nun nicht so, und in dieser Beziehung ist die Benennung Kunstseide eine Irreführung. Der Name ist nur berechtigt in bezug auf den Glanz und die äußere Erscheinung, die der Naturseide sehr ähnlich sind, aber weiter geht die Identität nicht, denn die chemischen Eigenschaften, wie auch das physikalische Verhalten sind grundverschieden von denjenigen der natürlichen Seide. Es wäre besser, das künstliche Produkt mit „Imitationsseide“ oder sonst einem Namen, der wahrheitsgetreu seine Herkunft und Natur angibt, zu benennen, wie z. B. „Lustrazellulose“, wie es Cross und Bevan vorgeschlagen haben. Diese letztere Bezeichnung würde sich für das in Frage kommende Produkt besonders gut eignen, denn die verschiedenen Varietäten dieser Fasern, welche die größte technische Bedeutung erreicht haben, sind alle Zellosederivate und ihre hauptsächlichste Eigenschaft ist der sehr starke Glanz (Lüster).

Die gesamte gegenwärtige Kunstseideproduktion setzt sich der Hauptsache nach aus den drei ersten Klassen zusammen. Das Pyroxylinverfahren repräsentiert die älteste Methode zur Fabrikation dieses interessanten Textilstoffes, und es sind hier hauptsächlich drei Prozesse, nach welchen man diese Seide herstellt und die nach ihren Erfindern Chardonnet, du Vivier und Lehner benannt werden. Alle drei Verfahren benutzen eine Lösung von Nitrozellulose. Auch die Grundzüge des Spinnmechanismus sind dieselben: Die Lösung der Nitrozellulose wird durch eine Kapillare gepreßt, der so erhaltene feine Flüssigkeitsfaden koaguliert, dann denitriert und aufgehaspelt. Wie früher gesagt wurde, kann man durch Behandeln der Zellulose mit Salpetersäure eine Reihe von nitrierten Derivaten erhalten, deren genaue Zusammensetzung von den angewendeten Bedingungen abhängt.

Da die Kunstseide sowohl in ihren chemischen als auch in den physikalischen Eigenschaften von der Naturseide vollkommen verschieden ist, war von einer eigentlichen Konkurrenz zwischen diesen beiden Textilstoffen nie die Rede. Der große Glanz der Kunstseide, der in der Regel den der Naturseide weit übertrifft, hat es dem Produkte ermöglicht, den bisher freien Platz zwischen der merzerisierten Baumwolle und der Naturseide einzunehmen. Sie ist aber 10—20% schwerer als die natürliche Seide, hat nur ein Drittel bis die Hälfte ihrer Elastizität und nur die Hälfte bis zwei Drittel ihrer Reißfestigkeit¹. Während die Naturseide von Wasser praktisch nicht beeinflusst

¹ Im American Silk Journal macht Rosenzweig einige interessante Feststellungen über das Verhältnis der Kunstseide zur natürlichen Seide. Er sagt: Die Kunstseide ist der einzige Faden, den der Mensch durch richtiges „Spinnen“ herstellt, denn unter „Spinnen“ versteht man die Arbeit der „Spinne“, welche einen praktisch endlosen Faden herstellt. Alle andern Fäden sind nicht eigentlich „gesponnen“, sondern „gezwirnt“, d. h. hergestellt durch Umeinanderdrillen von kurzen Fasern. Daher sind Naturseide und Kunstseide die einzigen praktisch endlosen Fäden, die existieren, während alle andern aus kleinen Stücken bestehen, welche zusammengedreht sind. Der Glanz und die Glätte der Kunstseide ist denen der Naturseide noch überlegen, sie ist tatsächlich zu glatt und zu glänzend. Diese Glätte ist ein großer Nachteil, da sie verhindert, ein dichtes Gewebe herzustellen. In anderer Hinsicht wieder ist diese Glätte ein Vorteil, da der Schmutz nicht leicht an dem Gewebe anhaften kann und es somit leicht zu reinigen ist.

wird, schwillt die Kunstseide¹ stark an und verliert ungefähr 60% ihrer Reißfestigkeit, so daß sie mit äußerster Vorsicht behandelt werden muß. Man kann ziemlich wasserbeständige Stoffe herstellen, indem man die Kunstseide mit andern Textilfasern zusammenwebt, und so diese unangenehme Eigenschaft stark zurückdrängt. Auch das gleichmäßige Färben der Kunstseide bietet ziemliche Schwierigkeiten, und das ist ein Grund dafür, daß ihre Verwendung auf gewisse Gebiete beschränkt blieb².

Die obenerwähnten physikalischen Eigenschaften sind leider der Hauptgrund dafür, daß das Anwendungsgebiet der Kunstseide so beschränkt geblieben ist. Von Hause aus leicht entzündlich, schwach, und sehr empfindlich in heißem Wasser, wurde sie anfänglich nur zur Herstellung von Schnüren, Putzwaren und Kleiderbesätzen verwendet, aus welchen Gebieten sie nun die Naturseide praktisch verdrängt hat. Die moderne Kunstseide ist aber nicht entzündlicher als Baumwolle, und einige Spezialsorten sind überhaupt absolut feuerbeständig. Sie ist auch widerstandsfähig genug, um mit Textilmaschinen behandelt zu werden, und was die Wasserfestigkeit anbetrifft, hat man sehr große Fortschritte gemacht. In den Vereinigten Staaten ist der größte Konsument die Strumpfwarenindustrie, und in den letzten paar Jahren hat die Produktion von Sweatern und andern gestrickten Produkten stark zugenommen. Die Kunstseide wird zusammen mit Naturseide, Baumwolle und andern Fasern zu Bekleidungsstoffen, z. B. Satin, Phantasieseiden, Hemd- und Tapetenstoffen verwoben. Auch macht man neuerdings Plüsch, Teppiche und Fellimitationen, sowie viele Arten von Fransen, Quasten und Luxusartikeln aus diesem Material. Sie ist von großer Bedeutung für die Herstellung von Ballonhüllen, Elastiks, Schuhnesteln, wie auch anderer Artikel von geringerem Werte, und während des Krieges benützte man sie in einigen Fällen für die Fabrikation von Pulversäcken und Teilen der Gasmasken.

2. Die Kollodium- oder Chardonnet-Seide. Sie wird hergestellt durch Lösen von Nitrozellulose unter Druck in einer Mischung von Äther und Alkohol. Der Faden wird koaguliert, indem man ihn durch Wasser gehen läßt, und anschließend daran wird er denitriert durch Behandlung mit verdünnter Salpetersäure, Eisenchlorid und

Ein Platz, der von 85 Unzen Naturseide bedeckt wird, benötigt zu seiner Bedeckung 100 Unzen Kunstseide, was heißen will, daß die letztere 20% weniger Deckkraft hat. Berechnet man nun auf dieser Grundlage den Preis der Kunstseide, so ergibt sich beim momentanen Preis von 2,80 Dollar 3,35 Dollar, verglichen mit der Deckkraft der Naturseide.

¹ Es ist nicht von der Azetatseide die Rede, diese zeigt ein ganz anderes Verhalten.

² Bei jeder im Stück gewobenen und zu färbenden Kunstseide treten die Ungleichheiten der Titer, der Viskositäten des Ausgangsmaterials, Änderungen im Fällbad usw. beim Färben zutage. Bis vor kurzem sind mit solchen (sog. streifigen) Kunstseiden dem Färber schwierige Probleme gestellt gewesen, wenn es galt im Stück egal zu färben. Die Farbenindustrie bringt aber heute besondere Egalisierungsfarbstoffe für Kunstseide heraus, mit denen es ein leichtes ist auch diesen Schwierigkeiten Herr zu werden (Icylfarben).

Ammoniumphosphat. Sie bildet eine glänzende, biegsame Faser und hat den der natürlichen Seide eigentümlichen Griff.

Es wurden sehr viele Versuche gemacht, um die Herstellung der Chardonnetseide billiger zu gestalten, was man dadurch zu erreichen suchte, daß man andere Lösungsmittel für die Nitrozellulose verwendete. Bronnert arbeitete 1895 ein Verfahren aus, welches auf der Löslichkeit der tetranitrierten Zellulose in alkoholischen Lösungen gewisser Salze, wie Calciumchlorid, Ammonazetat und Ammoniumsulfocyanid beruhte. Die zur Erklärung des Vorganges vorgebrachten Theorien sind alle ziemlich unsicher. Man kann annehmen, daß das Ammonazetat eine Hydrolyse verursacht, das Ammoniumsulfocyanid eine teilweise Denitrierung der Tetranitrozellulose zur Folge hat, worauf dann das Calciumchlorid die Bildung eines Derivates der Zellulose bewirkt, welches ein Äthoxyl-derivat sein könnte, wenn die Annahme von Dr. Bronnert richtig ist, daß es sich wirklich um tetranitrierte Oxyzellulose handelt. Die nach dieser Theorie entstehenden Körper wären in Alkohol löslich, wie Bronnert auch festgestellt hat¹.

Als die Fabrikation der Pyroxylinseide noch in den Anfängen steckte, war diese sehr feuergefährlich und infolgedessen hatte man große Mühe, sie auf dem Markte einzuführen. Aber mit den modernen Denitrierverfahren hergestellt ist sie weniger brennbar als gewöhnliche Baumwolle².

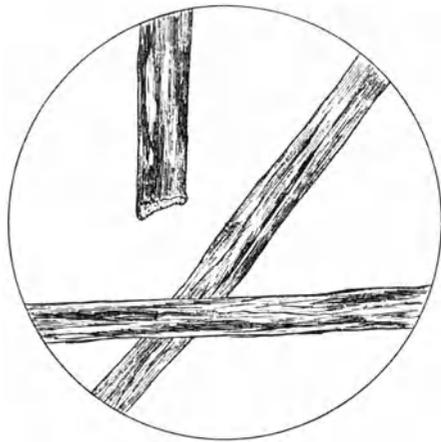


Abb. 243. Chardonnet- oder Kollodiumseide.

Das Pyroxylin zur Darstellung der Chardonnetseide kann entweder aus Holzbrei, Baumwolle, Ramie oder aus irgendeiner andern gereinigten Zellulose gewonnen werden. Die Nitrozellulose, die man aus dem Holzbrei (Sulfitverfahren) gewinnt, gibt eine etwas dünnere Lösung in der Alkoholäthermischung. Doch sagt man, daß der gesponnene Faden eine geringere Reißfestigkeit und auch nicht den schönen Glanz und die reine Farbe habe, die das Produkt aufweist, zu dessen Herstellung man Baumwolle genommen hat. Da in der zur Auflösung des Pyroxylins verwendeten Ätheralkoholmischung verschiedene Nitrationstufen der Zellulose löslich sind, und da es schwierig ist, eine befriedigende Trennung der verschiedenen Stufen durchzuführen, ist

¹ Siehe Bernard: Mon. Scientif., Mai 1905.

² „Antiphlogin“ ist der Handelsname einer Mischung, welche zur Beseitigung der feuergefährlichen Eigenschaften der Kunstseide dient. Sie besteht aus Borsäure, Ammonphosphat und Essigsäure. Man sagt, daß Pyroxylin, welches in diese Flüssigkeit getaucht wurde, nicht entzündlich sei.

anzunehmen, daß das Pyroxylin aus einem Gemische von Penta-, Tetra-, Tri- und Dinitrozellulose besteht, in welchem die Tri- und Tetranitrostufe überwiegt.

Nach einem Rezept von Wyss-Naef verlangt die Darstellung von Pyroxylin für Chardonnetseide eine Nitriersäuremischung von 15 Teilen rauchender Salpetersäure (spez. Gew. 1,52) mit 85 Teilen Handelschwefelsäure. Auf 4 kg Zellulose läßt man ungefähr 35 l der Mischung einwirken. Die Reaktionsdauer beträgt 4—6 Std. Von Zeit zu Zeit werden, um den Verlauf der Nitration festzustellen, Proben entnommen und unter dem Polarisationsmikroskop untersucht. Wenn die Fasern unter dem Polarisationsmikroskop alle eine gleichmäßig hellblaue Farbe angenommen haben, wird die Nitration unterbrochen. Die überschüssige Säure wird mittels hydraulischer Presse oder durch Zentrifugieren entfernt, dann wird die Nitrozellulose mehrere Stunden mit Wasser gewaschen und wieder ausgepreßt. Nach dieser Behandlung enthält die Masse noch ungefähr 30% Flüssigkeit. Früher wurde das Pyroxylin vor der Auflösung in Ätheralkohol getrocknet, doch stellte man dann fest, daß man eine bedeutend bessere Lösung erhalte, wenn man das obenerwähnte wasserhaltige Pyroxylin verwende. Chardonnet nannte diese Form Pyroxylinhydrat. Es scheint jedoch zweifelhaft, ob es wirklich ein richtiges Hydrat ist. Immerhin hat man die Erfahrung gemacht, daß es um ungefähr 20% löslicher ist als das trockene Produkt. Als Lösungsmittel für die Nitrozellulose benutzt man eine Mischung von 40 Teilen 95% igem Alkohol¹ mit 60 Teilen Äther. Hundert Teile dieses Lösungsmittels lösen 28—30 Teile Pyroxylin. Der so hergestellte dicke, äußerst schwer bewegliche Sirup wird nun mehrmals filtriert, um ihn von ungelösten und nicht nitrierten Bestandteilen zu trennen und so eine vollkommen klare und homogene Lösung zu erhalten. Die Anforderung der vollkommenen Homogenität und Reinheit der Spinnflüssigkeit ist äußerst wichtig, da die kleinste Unregelmäßigkeit einen Bruch des Fadens oder eine Verstopfung der Apparatur zur Folge haben kann. Zur vollständigen Auflösung der Nitrozellulose braucht es ungefähr 15—20 Stunden, wobei die aus Baumwolle hergestellte länger braucht als die aus Holzbrei gewonnene. Zur Filtration benötigt man einen Druck von 30—60 Atmosphären. Ein neueres Verfahren besteht darin, daß man ohne Äther arbeitet, indem man eine Lösung von Chlorcalcium in Alkohol benutzt, um die Nitrozellulose aufzulösen (Bronnert). Es hat den Vorteil, viel ökonomischer zu sein, da die Verluste des teuren Äthers durch Verdunsten wegfallen, und außerdem ist der ganze Betrieb weniger explosions- und feuergefährlich.

Die nun folgende Operation des „Spinnens“ ist, obschon sie einen rein mechanischen Charakter hat, eine der schwierigsten der ganzen Fabrikation und ihre Ausarbeitung hat große Erfindungsgabe und Geschicklichkeit erfordert. Es handelt sich darum, die Kollodiumlösung durch sehr feine Glaskapillaren zu pressen, so daß sie als ein

¹ In den Besançonwerken braucht man pro Kilo fertiger Seide 4—5 l Alkohol.

dünnere, kontinuierlicher Faden herauskommt. Da die Lösung äußerst viskos ist, benötigt sie einen Druck von 40—50 Atmosphären, um durch die Kapillaren von 0,08 mm Durchmesser zu strömen. Infolge dieser sehr großen Viskosität der Nitrozelluloselösungen ist es äußerst schwierig, sie konzentriert zu machen. Man kann sich aber behelfen, indem man Benzol oder Formaldehyd zu den gewöhnlichen Lösungsmitteln zusetzt. Dadurch wird die Löslichkeit beträchtlich gesteigert und man erhält eine Lösung, welche weniger dickflüssig ist. Auch Epichlor- und Dichlorhydrin sind vorzügliche Lösungsmittel für Nitrozellulose, die sie in jedem Verhältnisse auflösen.

Der Fluß der Lösung und der Spinnndruck müssen so ausgeglichen und regulierbar sein, daß der Spinnprozeß vollkommen kontinuierlich vor sich gehen kann. Dies verursachte anfänglich große mechanische Schwierigkeiten, die man erst nach unzähligen Versuchen und Fehlschlägen beseitigen konnte. Wir wollen jedoch hier nicht näher auf die Betrachtung der mechanischen Einrichtungen, welche zu Spinn- und Bearbeitungszwecken der Kunstseide ausgebildet worden sind, eingehen¹, obwohl sie äußerst sinnreich und kunstvoll sind.

Zusammengefaßt verläuft also der Fabrikationsgang der Chardonnetseide folgendermaßen: Ein Zellulosebrei, wie man ihn beim Reinigen von Holz nach dem Sulfitverfahren erhält, wird mit geeigneten Maschinen gut desintegriert, so daß die einzelnen Fasern möglichst voneinander getrennt sind. Die Reinheit dieser Ausgangsstoffe, sei es nun gebleichte Sulfitzellulose oder Baumwolle, ist ebenso wichtig wie ihr feiner Verteilungsgrad. Merzerisierung oder Hydratisierung der Zellulose vor dem Nitrieren haben einen sehr großen Einfluß auf die Viskosität der Spinnflüssigkeit. Diese Viskosität ist aber ihrerseits der wichtigste Faktor des Spinnverfahrens, und sie ist ausschlaggebend für die Qualität des hergestellten Fadens².

Die desintegrierte Zellulose, die nun sehr voluminös ist und ein wolliges Aussehen hat, wird in Dampföfen bei 140—160° getrocknet, worauf die noch warmen Fasern in die Nitriersäure eingetragen werden, analog der Fabrikation der Schießbaumwolle. Das Innehalten der richtigen Temperatur bei der Nitrierung ist sehr wichtig, da die Zellulose chemisch gar nicht so indifferent ist, wie man gemeinhin anzunehmen pflegt. Denn tatsächlich wird sie von Chemikalien, besonders bei erhöhten Temperaturen, leicht abgebaut. Das Molekulargewicht nimmt ab, und sie verliert auch an chemischer und physikalischer Widerstandsfähigkeit.

Nach Beendigung der Nitrierung wird die Nitrozellulose zentrifugiert, um die überschüssige Säure zu entfernen, und dann so lange gewaschen, bis ihr Säuregehalt nur noch 10% beträgt. Früher wurde sie dann in Trockenräumen getrocknet, wobei die Temperatur 30° nicht

¹ Siehe „Süvern“: Die künstlichen Seiden. Berlin: Julius Springer, 1926, und Williams: La Soie artificielle. Paris 1902.

² Vgl. dagegen die Darstellung in V. E. Yarsley: „Über die Herstellung und physikalischen Eigenschaften der Zelluloseazetate“, S. 1—4. Berlin: Springer, 1927.

übersteigen durfte und wo alle möglichen Vorsichtsmaßregeln beobachtet werden mußten, um Explosionen zu vermeiden. Die trockene Nitrozellulose wird dann in einer Mischung von gleichen Teilen Äther und Alkohol aufgelöst, so daß ein 20% iger Sirup entsteht, den man „Kolloidum“ nennt.

Dieser Sirup wird nun mehrmals durch Seidenfilter gepreßt, so daß er am Ende vollkommen frei von ungelösten Bestandteilen und Fremdkörpern ist. Hierauf wird er zur Spinnmaschine befördert, von welcher er durch Glas- oder Platinkapillaren ausgespritzt wird. Gleich nach dem Verlassen der Kapillare kommt der Faden in strömendes Wasser, welches das Lösungsmittel wegwäscht und die Zellulose koaguliert. Neuerdings tritt an Stelle des soeben besprochenen Verfahrens, das man „Naßspinnen“ nennt, das „Trockenspinnen“. Hier läßt man das Lösungsmittel einfach in einem warmen Luftstrom verdunsten. Mehrere der feinen Fäden werden nun zusammengenommen und aufgehaspelt. Hierauf wird die Seide durch Behandeln mit einer warmen 5—20% igen Ammonsulfidlösung denitriert, gewaschen und schließlich schwach angesäuert, um den Rest des etwa noch anhaftenden Ammoniaks unschädlich zu machen.

Beim Denitrieren verliert die Seide ungefähr 40% an Gewicht, die wieder ersetzt werden, indem man sie mit Metallsalzlösungen imprägniert (beschwert), wodurch sie dann gleichzeitig feuerfest wird.

In dem Kolloidiumseideverfahren ist eines der Hauptprobleme die Regenerierung des Lösungsmittels aus dem Waschwasser, wobei die große Flüchtigkeit des Äthers die Hauptschwierigkeiten bietet.

Einer der charakteristischsten Züge des Chardonnetprozesses ist die Verwendung von sehr hochkonzentrierten Nitrozelluloselösungen, um so an Alkohol und Äther zu sparen. Die Lösung wird in einigen Fabriken direkt in heiße Luft hineingesponnen, besonders wenn feuchte Nitrozellulose zur Verwendung kommt. Die Wasserdämpfe werden dann durch Abkühlen niedergeschlagen und der Alkohol und Äther nachher unter Druck kondensiert. Der hohe Druck, der nötig ist, um die konzentrierte stark viskose Lösung durch die äußerst feinen Spinndüsen zu pressen, macht das Spinnen zu einem heiklen Prozeß und es entstehen oft Unregelmäßigkeiten in der Dicke der Fäden. Chardonnet arbeitet mit 20—25% igen Lösungen und verspinnt sie durch Düsen von 0,08—0,05 mm Durchmesser. Um das rasche Verstopfen der feinen Düsen zu vermeiden, muß man als Filtertuch für die Viskoselösung die allerfeinste Naturseidengaze verwenden. Lehner versuchte mit einer 8% igen Lösung zu arbeiten und verspinn diese durch Düsen von 0,2 mm Durchmesser. Auf diese Art vermied er die große Schwierigkeiten bietenden hohen Drucke. Jedoch war es nun nicht mehr möglich, das Trockenspinnverfahren beizubehalten, und so führte er den Faden gleich nach dem Verlassen der Spinndüse in fließendes Wasser, welches den Alkohol und einen Teil des Äthers absorbiert.

Später zeigte dann Bronnert, daß man den Äther überhaupt vermeiden kann, da er sah, daß die Dinitrozellulose in Alkohol, welcher einen gewissen Prozentsatz an Chlorcalcium enthält, löslich ist. Die so

erhaltene Lösung hat den Vorteil, nicht explosiv zu sein und daß man den Alkohol fast quantitativ regenerieren kann, wenn man in warmes Wasser spinn.

Beim Trockenspinnverfahren wird der Faden, nachdem er die Spinn-düse verlassen hat, infolge der Verdunstung des Lösungsmittels rasch fest. Um die verdunsteten Lösungsmittel anzusammeln und zu regenerieren, wird die Spinnmaschine mit Glaskasten vollständig eingedeckt. Die in diesen sich befindende warme, an Dämpfen und Äther und Alkohol gesättigte Luft wird kontinuierlich abgesaugt und in Kondensationskammern entweder durch Kühlen unter Druck, oder indem man sie in Schwefelsäure absorbiert, von den Dämpfen befreit.) Auf diese Weise wird der Verlust an Lösungsmitteln auf ein Minimum reduziert, und die Explosionsgefahr im Betriebe vermindert. Gleich nach dem Verlassen der Düsen werden mehrere Fäden zusammengenommen und auf Spulen aufgewunden, genau wie man es bei der Naturseide auch macht. Zwischen den einzelnen Fäden herrscht dann eine gewisse Adhäsion, die die Stärke der fertigen Faser beträchtlich erhöht. In dieser Form besteht die Faser nun aus Nitrozellulose und ist natürlich so für die Textilindustrie nicht verwendbar.

Die nächste Operation, die man mit ihr vornimmt, ist die Denitrierung, so daß die Faser nachher sozusagen aus regenerierter Zellulose besteht.

Der Denitrierungsprozeß wird ausgeführt, indem man den Nitrozellulosefaden durch ein Ammonsulfidbad gehen läßt. Jedoch bewirken Alkalisulfide und verschiedene andere Reagentien dasselbe. In diesem Zustande hat nun der Zellulosefaden eine gelbliche Farbe, die man aber durch Bleichen nach den bekannten Methoden mit Natriumhypochlorit, oder Chlorkalklösung beseitigen kann. Das Endprodukt besitzt einen sehr hohen Glanz und hat ein fast metallisches Aussehen. Es hat auch eine ziemlich gute Reißfestigkeit, obschon es in dieser Beziehung wie auch an Elastität der Naturseide unterlegen ist¹.

Es sind viele Verfahren zur Darstellung der Nitrozelluloselösung für Kunstseide ausgearbeitet worden. Bronnert² beobachtete, daß man ohne Äther lösen kann, wenn man dem Alkohol Chlorcalcium zusetzt. Verschiedene andere organische und anorganische Salze haben den gleichen Einfluß, aber das Chlorcalcium-Alkoholverfahren ist das bequemste und billigste, so daß es während langer Zeit benutzt wurde, um den lästigen und teuren Äther auszuschalten. Das Chlorcalcium scheint eine Kondensation zwischen der Nitrozellulose und dem Alkohol zu bewirken, da die Lösung momentan eintritt, wenn man pro Molekül Tetranitrozellulose ein Molekül Chlorcalcium zusetzt. Die Lösung ist bei 60—70° in ungefähr einer halben Stunde gesättigt. Die Viskosität der Lösung kann um ungefähr 30% vermindert werden, wenn man die Zellulose vor der Nitration durch Merzerisieren energisch hydratisiert. Die Merzerisierung nimmt man mit Natronlauge vor und man wäscht nachher gut aus.

¹ Siehe Mathews, Journ. Soc. Chem. Ind. 1904, S. 176.

² Siehe Brit. Pat. 1858 vom Jahre 1896.

Es ist vorteilhaft, wenn man die Nitrozellulose vor der Weiterverarbeitung schwach mit Chlorkalk bleicht. Dabei scheint keine Gefahr zu bestehen, daß die Nitrozellulose oxydiert wird, da die vier esterifizierten Hydroxylgruppen das Molekül vor oxydativer Einwirkung schützen. Chardonnet zeigte, daß, wenn man die Zellulose vor der Nitrierung mit Hypochlorit bleicht, die Nitrozellulose nicht so gut verspinnbar ist wie solche, die aus ungebleichtem Ausgangsmaterial hergestellt ist.

Nach Duliz¹ ist es nicht möglich, ein vollkommen denitriertes Produkt zu erhalten, ohne daß der Faden zerstört wird, und infolgedessen enthält die Handelsware immer ungefähr 0,05% Nitrozellulose. Die Gleichmäßigkeit der Denitrierung ist sehr wichtig für die Qualität des Produktes, und sie bildet eine der wesentlichsten Schwierigkeiten in der Herstellung der Chardonnetseide. Gorrand² patentierte ein Verfahren, nach dem man zu der Spinnflüssigkeit geringe Mengen von Essigsäure zusetzt, was die nachherige Denitrierung mit Ammonsulfid beschleunigt. Die Pyroxylinseide verliert bei der Denitrierung ungefähr 8% an Festigkeit, was vielleicht auf die Bildung von Oxyzellulose zurückzuführen ist. Zum Bleichen der Chardonnetseide benutzt man folgenden Ansatz:

Kunstseide	16 kg
Bleichpulver	4 „
Salzsäure	8 „

Die gebleichten Stränge werden mit kaltem Wasser gewaschen, um alle Spuren von Hypochlorit zu entfernen. Nachher behandelt man mit Türkischrotöl, um sie geschmeidig zu machen.

Duliz³ stellt fest, daß die Verwendung von Chlorkalk zum Bleichen der Kollodiumseide fast ganz verlassen worden ist, weil er die Festigkeit der Faser stark herabmindert und nachträgliche Verfärbung bewirkt. Man versuchte nun die Verwendung von verschiedenen Peroxyden und Persalzen, jedoch konnten sie ihres hohen Preises wegen und weil sie die Faser rauh machen, nicht aufkommen. Am meisten verwendet werden jetzt Natriumhypochloritlösungen mit 0,5 g Gehalt an aktiver unterchloriger Säure pro Liter. Oft setzt man der Bleichlösung noch Natriumkarbonat oder Türkischrotöl zu. Zum Ansäuern wird meist Salzsäure verwendet, da sie am leichtesten auszuwaschen ist und auch eine glattere Faser liefert als die andern Säuren. Auch soll es vorteilhaft sein, die Faser vor dem Bleichen zu seifen oder mit Türkischrotöl zu behandeln und sie dann gleich ungewaschen in die Bleichlösung zu geben.

Wie der Chemiker leicht feststellen kann, haften dem Chardonnetprozeß gewisse Fehler an. Es ist dies besonders die Anwesenheit von Sulfogruppen⁴ in der Zellulose, die dann zu bemerken ist, wenn während der Denitrierung nicht sehr gut gerührt wurde. Dieser Prozeß bewirkt nämlich nicht, wie zu erwarten wäre, eine einfache Verseifung der Nitro-

¹ Chem. Z. 1910 S. 989.

² Fr. Pat. 354424 vom Jahre 1909.

³ Chem. Z. 1911 S. 189.

⁴ Sulfoester der Hydroxylgruppen.

zellulose, und es scheint nicht möglich zu sein, diese Reaktion eindeutig durchzuführen. Wenn man mit Alkali verseifen will, so wird das Zellulosemolekül abgebaut. Um dies zu vermeiden besteht ein Verfahren, welches als Grundlage die Unschädlichmachung der Säurereste durch sofortige Neutralisierung zu wasserlöslichen Salzen hat.

Nach Folzer¹ wird im modernen Fabrikationsverfahren für Chardonnetseide die gewaschene Baumwolle durch Eintragen von 4 kg Baumwolle in 35 l einer Mischung von Salpetersäure und Schwefelsäure nitriert. Die Nitriersäure besteht aus 15% Salpetersäure vom spez. Gew. 1,52 und 85% gewöhnliche Handelsschwefelsäure. Die Baumwolle bleibt 4—6 Stunden in der Säure liegen, und der Grad der Nitration hängt von der Dauer der Einwirkung ab. Den Fortschritt der Nitrierung kann man nur unter dem Polarisationsmikroskop feststellen. Wenn die Reaktion beendet ist, wird von der Säure abgepreßt und so lange gewaschen, bis im Waschwasser keine Säure mehr nachgewiesen werden kann. Hierauf wird das Wasser entweder durch Auspressen mit hydraulischen Pressen oder durch Zentrifugieren entfernt, so daß die Nitrozellulose einen Wassergehalt von nicht mehr als 36% hat.

In diesem Zustande ist die Nitrozellulose nur sehr schwer brennbar, was zu ihrer weiteren Verarbeitung vorteilhaft ist. Zu je 22 kg Nitrozellulose werden nun 100 l einer Mischung von gleichen Teilen Äther und Alkohol zugegeben. Die so erhaltene Lösung wird filtriert und in großen Tanks aufbewahrt. Die Erfahrung hat nämlich gezeigt, daß eine ein paar Tage gestandene Lösung eine hochwertigere Seide liefert, als die frisch versponnene. Man nennt diesen Vorgang das Reifen der Lösung. Nachher wird dann der dicke Sirup versponnen. Zu diesem Zwecke benutzt man eine sehr einfache Apparatur, welche aus einer Anzahl Glasröhren, die in Kapillaren von 0,1 bis 0,2 mm Lichtweite ausgezogen sind, besteht. Durch diese Kapillaren wird nun die Spinnflüssigkeit mit einem Drucke von 60 kg pro Quadratcentimeter gepreßt. Mehrere Faden werden zusammen durch einen Führungsring genommen und auf die gleiche Spule aufgewickelt, so daß der fertige Faden ungefähr dieselbe Anzahl feine Fädchen hat wie die Naturseide. Beim darauffolgenden Trocknen, das in einem gut ventilierten Trockenschrank bei 45° geschieht, erhalten diese Fäden einen gewissen Grad von Glanz, Elastizität und Festigkeit. Hier verflüchtigen sich noch die letzten Reste von Alkohol und Äther, und die Feuergefährlichkeit der Seide vermindert sich beträchtlich. Um jedoch den Faden vollständig unentzündlich zu machen, muß er denitriert werden, was in einem Alkalisulfidbad geschieht. So erhält man ein kräftiges und elastisches Produkt, dessen Farbe zwar gelblich ist, was man aber durch nachträgliches Bleichen mit Hypochlorit entfernen kann.

Die Denitrierung der Nitrozellulose, die man neuerdings mit gesträngtem Material vornimmt, wird immer in einer Lösung von alkalischen Hydrosulfiden ausgeführt. In Besançon verwendet man Calciumhydrosulfid, jedoch wird davon der Faden hart und brüchig und

¹ Textile Manufacturer.

seine Festigkeit und Elastizität nehmen stark ab. Ammoniumhydro-sulfid denitriert in der Wärme sehr gut, doch muß man bei seiner Verwendung sehr vorsichtig sein, und es ist auch sehr teuer. Ein anderer Nachteil ist sein unangenehmer Geruch, obschon er weniger gesundheitsschädlich ist als derjenige der Nitriersäure. Magnesiumhydrosulfid hat den Vorteil, billiger zu sein, schneller zu denitrieren und einen stärkeren Faden zu liefern. Eine Mischung von Ammonsulfid mit Magnesiumsalzen ist beständiger als reines Ammonsulfid und ist ebenfalls sehr gut zu Denitrierungszwecken geeignet. Jedoch verursacht ihre Anwendung immerhin vermehrte Ausgaben.

Beobachtet man gewisse Vorsichtsmaßregeln, so ist es möglich, auch mit Natriumhydrosulfid zu denitrieren. Gewöhnlich ist es am vorteilhaftesten, wenn man bei nicht zu hohen Temperaturen arbeitet. Dies verhindert dann, daß sich der Schwefel, der im Momente der Reaktion durch die Oxydation des Hydrosulfids in Gegenwart von Salpetersäure frei wird, auf der Faser festsetzt. Für jedes Hydrosulfid besteht eine untere Temperaturgrenze, bei welcher die Denitrierung rasch vor sich geht. Unterschreitet man diese, so wird die Reaktion unvollständig und geht nur langsam vorwärts.

In der Praxis ist es nicht notwendig, daß die Verseifung des Zellose-Salpetersäureesters von einer vollständigen Reduktion der abgespaltenen Salpetersäure begleitet sei. Wollte man vollständige Reduktion erzielen, so müßte man acht Moleküle Hydrosulfid pro Molekül Tetranitrozellulose anwenden. Bei vorsichtigem Arbeiten kann man aber gut mit vier Molekülen Hydrosulfid auskommen. Der größte Teil der gebildeten Salpetersäure wird reduziert, und die entstehende salpetrige Säure verbindet sich sofort mit einer der anwesenden Basen. Ammoniak entsteht bei der Reduktion nur in verschwindend kleinen Mengen. Das Ammonsulfid bildet kleine Quantitäten von Oxysulfiden, Sulfiten und Thiosulfaten, welche den Schwefel in Form von Polysulfiden in Lösung halten. Auf diese Weise wird der Glanz der Seide nicht im geringsten durch Anwesenheit von Schwefel verändert. Die denitrierten Zellulosefäden enthalten nur Spuren von Nitrogruppen. Diese genügen jedoch zur Identifizierung mit Diphenylamin, so daß man die Zelluloseseide, die nach dem Nitrierprozeß hergestellt ist, sofort von den andern unterscheiden kann.

3. Lehnerseide. Die Entwicklung eines weniger wichtigen Verfahrens zur Herstellung von Kunstseide aus Nitrozellulose ist mit dem Namen *Lehner* verknüpft. Er vereinfachte hauptsächlich die Methode des Spinnens oder Ausziehens des Kollodiums zu einem Faden. Die Methode *Chardonnets*, welcher den Nitrozellulosefaden durch Verdunstung der flüchtigen Lösungsmittel in warmer Luft koagulierte, ersetzte er durch Ausfällen desselben mit Wasser in einem Spinnbad. Die Lösungsmittel gewann er dann durch nachherige Destillation des Wassers zurück. Beide, *Lehner* und *du Vivier*, scheinen große Erfindungsgabe auf dem nicht sehr vielversprechenden Felde der Verwendung von Kolloiden zur Herstellung von Gespinnstfasern gezeigt zu haben, indem sie Mischungen von Nitrozellulose mit Proteinen,

oxydierten Derivaten von trocknenden Ölen und ähnlichen Kolloiden anwandten. Das Lehnerverfahren wurde in Bradford demonstriert, und nach C. F. Croß war es in ökonomischer Hinsicht den verschiedenen Abarten des Chardonnetprozesses, welcher immerhin sehr vervollkommenet worden war, mindestens ebenbürtig. Während Chardonnet eine Spinnflüssigkeit von mindestens 20% Konzentration verwendete, benutzte Lehner eine Lösung von nur maximal 10% Gehalt. Die Viskosität der Spinnflüssigkeit wurde sowohl dadurch als auch durch den Zusatz einer ganz geringen Menge Schwefelsäure bedeutend herabgemindert. Lehner versuchte auch die Verarbeitung der Abfälle von natürlicher Seide, die er in Eisessig löste.

Er gründete dann eine Fabrik in der Schweiz, doch gelang es ihm nicht, ein marktfähiges Produkt herzustellen, so daß er dann alle von ihm patentierten Verfahren verließ und nun nach fast genau derselben Methode wie Chardonnet arbeitet, so daß die von ihm in den Handel gebrachte Faser von jener kaum zu unterscheiden ist. Zuerst versuchte er durch Verwendung einer Mischung von Pyroxylinlösung mit verschiedenen pflanzlichen Harzen und Ölen, oder mit in Kupferammoniumsulfat gelöster Zellulose, ja selbst mit Lösungen von Seideabfällen ein brauchbares Produkt herzustellen. Jedoch war keiner dieser Versuche von Erfolg begleitet, und er kehrte dann zu dem einfacheren Verfahren, der Pyroxylinlösung trocknende Öle zuzusetzen, zurück. Er war auch derjenige, welcher entdeckte, daß ein Zusatz von Schwefelsäure die Dünnflüssigkeit der Spinnlösung begünstigt, und dadurch war es ihm ermöglicht, mit bedeutend geringeren Drucken als Chardonnet zu arbeiten.

4. Andere Nitrozellulose-Seiden. Es wurden nun eine ganze Reihe von Modifikationen der Chardonnetschen Methode, die eine Abänderung der Verfahren zur Herstellung der Spinnflüssigkeit und der Einzelheiten des Verspinnens betrafen, ausgearbeitet. Du Viviers Seide, die man unter den Namen „Soie de France“ kennt, wurde aus einer Lösung von Nitrozellulose in Eisessig unter Zusatz von Gelatine hergestellt. Es wurden auch Substanzen wie Guttapercha in Schwefelkohlenstoff gelöst und Glyzerin zugegeben. Als Fällbad benützte man eine Lösung von Natriumbisulfid und nachher wurde die Seide in Form von Strängen denitriert. Das du-Vivier-Verfahren kam jedoch nie über das experimentelle Stadium hinaus und es wird auch heute nirgends angewendet.

Crespin¹ versuchte dann den Verbrauch an Lösungsmitteln möglichst zu verringern, indem er die Nitrozellulose in einer Mischung von Methyl- und Äthylalkohol mit Äther unter Zusatz von Glyzerin und Biberöl löste. Cazeneuve² schlug die Anwendung von Azeton als Lösungsmittel für die Nitrozellulose vor, aber der aus dieser Lösung gesponnene Faden ist undurchsichtig und brüchig. Wie man aus der ungeheuren Zahl der Patente ersehen kann, die auf diesem Gebiete genommen wurden, waren die Versuche, den Chardonnetprozeß zu ver-

¹ U.S.A.-Pat. 820351 vom Jahre 1906. ² Fr. Pat. 346693 vom Jahre 1904.

bessern Legion, aber die meisten davon sind wertlos oder praktisch nicht zu verwenden¹.

Chardonnet war gezwungen, sehr hohe Drucke (60 kg per Quadratcentimeter und mehr) anzuwenden, um seine hochkonzentrierten Lösungen durch die Öffnungen der Kapillarröhren zu pressen. Diese Drucke nehmen in dem Maße zu, wie die Beweglichkeit der Lösung abnimmt. Und wenn die Konzentration der Lösung nur um ein geringes zunimmt, so steigt die Viskosität erheblich.

Lehner bemerkte, daß konzentrierte Schwefelsäure und auch Salzsäure eine verdünnende Wirkung auf die Nitrozelluloselösung ausüben, während Chardonnet feststellte, daß ein Zusatz von Aldehyd, Äthylschwefelsäure und Ammoniumchlorid dasselbe bewirken. Bronnert zeigte dann, daß alkoholische Lösungen gewisser Substanzen organischer oder anorganischer Herkunft die Nitrozellulose leicht auflösen, was Alkohol allein nicht tut. Der Löslichkeitsgrad, sowie auch die Eigenschaften der Lösungen sind je nach den angewandten Substanzen stark verschieden. Neben der bereits erwähnten Chlorcalciummethode bemerkte Bronnert, daß auch alkoholische Lösungen von Natriumazetat die Nitrozellulose leicht in Lösung bringen, aber die so erhaltenen Lösungen haben nicht die nötige Viskosität, um ein befriedigendes Spinnen zu gewährleisten. Erhitzt man dieselben auf dem Dampfbad, so werden sie braun und so dünnflüssig, daß man sie nicht mehr verspinnen kann. Läßt man dann das Lösungsmittel auf einer Glasplatte verdunsten, so hat der Rückstand alle Kohäsions- und Elastizitätseigenschaften verloren und er zerfällt in Pulver, wenn man ihn berührt.

Auch in Alkohol gelöstes Ammoniumrhodanat hat die Eigenschaft, Nitrozellulose zu lösen, wenn man aber die Lösung einige Wochen stehenläßt, verwandelt sie sich in eine gelatinöse Masse von gelblichem Aussehen.

Neben den oben beschriebenen Prozessen zur Darstellung von Nitroside gibt es noch andere Verfahren, um ähnliche Stoffe herzustellen. Langhaus verwendet als Rohmaterial eine Lösung aus Zellulose in konzentrierter Schwefelsäure. Der Prozeß besteht darin, daß man die Zellulose in einer Mischung von konzentrierter Schwefelsäure und Phosphorsäure löst und dann den erhaltenen Sirup mit Äthyläther behandelt. Der nach dieser Methode hergestellte Faden ist nicht von guter Qualität, und die Lösung ist nicht beständig, da sie bald mehr oder weniger veränderte Zellulose ausscheidet. Cadarat benutzt Nitrozellulose, die er mit einer Mischung von Eisessig, Äther, Azeton, Alkohol, Toluol, Kampher und Biberöl behandelt. Dabei entsteht eine plastische Masse, welche man mit einem Proteinkörper, wie z. B. Gelatine oder Protein, versetzt, und schließlich in Eisessig auflöst. Nach dem Spinnen werden die Fäden mit Tannin behandelt, um sie geschmeidig zu machen.

5. Die Kupfer- oder Kupferammoniumseide. Lustrazellulosefäden werden auch aus einer Lösung von Zellulose in ammoniakalischem Kup-

¹ Eine vollständige Zusammenstellung dieser Patentliteratur findet man in „Süvern“, Die künstliche Seide. (Berlin: Julius Springer, 1926.) Siehe auch Worden: Nitrocellulose Industry, 1911, S. 454—565.

feroxyd (Schweizers Reagens) gesponnen. Weston benutzte 1884 diese Lösung zur Fabrikation von Kohlefäden für Glühlampen, und 1890 war Despeissis der erste, welcher daran dachte, sie zur Herstellung von Kunstseide zu verwenden. Frémery und Urban patentierten dann 1897 unter dem Namen Pauly das erste technische Verfahren zur Darstellung dieser Faser¹. Heute wird die Kupferseide in beträchtlichen Mengen von verschiedenen europäischen und amerikanischen Fabriken hergestellt. Das Produkt ist unter den Handelsnamen „Glanzstoff“, „Tubize“, „Cuprate“, „Pauly-Seide“ und „Pariser Kunstseide“ bekannt.

Pauly's Verfahren war kurz beschrieben das folgende: Zuerst stellt man die Kupferlösung durch Behandeln von Kupferspänen mit Ammoniak bei 4—6° in Gegenwart von Milchsäure her. Nach zirka zehn Tagen ist die intensiv blau gefärbte Lösung von ammoniakalischem Kupferoxyd gebrauchsfertig. Der nächste Schritt ist dann die Darstellung von merzerisierter Zellulose (Zellulose-Hydrat)². Man geht so vor, daß man 100 Teile Baumwolle mit 1000 Teilen einer Lösung, welche 30 Teile Soda und 50 Teile Ätznatron enthält, mischt. Diese Mischung wird während 3½ Stunden in einem geschlossenen Kessel unter Druck von 2½ Atmosphären erhitzt. Die so erhaltene merzerisierte Baumwolle wird gewaschen, getrocknet, mit Chlorkalk gebleicht und wieder gewaschen und getrocknet, worauf sie in der ammoniakalischen Kupfer-

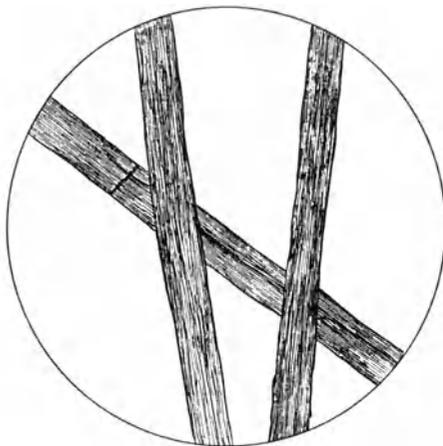


Abb. 244. Glanzstoffseide.

¹ Brit. Pat. 28631 vom Jahre 1897.

² Folzer (Textile Manufacturer) bemerkt, daß, um die Gesteigungskosten zu verringern, die Elberfelder Werke Bambusrohrholz als Rohmaterial verwendeten. Die resultierende Faser war jedoch der aus Baumwollzellulose hergestellten bedeutend unterlegen. Die Bambuspflanze wie auch die andern Pflanzen der gleichen Klasse enthalten einen großen Prozentsatz an Pekto-Zellulose und mehr oder weniger Ligno-Zellulose, über deren Struktur man so gut wie nichts weiß. Später versuchte dann die obige Firma die Verwendung von Papier, doch zuletzt kehrte sie wieder zu der Baumwollzellulose zurück. Die Qualität der Baumwolle wird mit der Hand ermittelt, und wer darin große Erfahrung hat, kann durch Befühlen des Materials aus seiner Feinheit, Länge und Stärke beurteilen, zu welchem Zwecke es benutzt werden kann. In der Kunstseideindustrie ist jedoch heutzutage der verschiedene Preis des Rohmaterials weniger wichtig als der Unterhalt der sehr teuren Spinnrühen, Glasspulen usw. sowie der gesamten mechanischen Einrichtung der Fabrik. Die Kunstseidefabrikanten kaufen in der Regel die Baumwolle zur Auflösung fertig vorbereitet, und sie verlangen vom Bleicher einen garantierten Feuchtigkeits-, Fett- und Aschegehalt. Die Feuchtigkeit darf 6% nicht überschreiten, und Fett- und Aschegehalt zusammen nicht 0,4%. Es ist auch gut, wenn man die Menge des zum Bleichen verwendeten Chlorkalks festsetzt. Sie beträgt in der Regel 5 kg für 100 kg Baumwolle.

oxydlösung gelöst wird. Die Lösung, welche 7—8% merzerisierte Baumwolle enthält, wird filtriert, einige Zeit stehengelassen und dann unter einem Druck von 2—4 Atmosphären versponnen. Der Faden wird koaguliert, indem man ihn durch ein Essigsäurebad oder ein solches, das 30—65% Schwefelsäure enthält, bei gewöhnlicher Temperatur durchgehen läßt. Wenn man versucht, gewöhnliche Zellulose in Schweizers Reagens zu lösen, so löst sie sich nur langsam, und überdies ist der Lösungsvorgang immer von einer Oxydation begleitet, welche das Zellulosemolekül so verändert, daß es nicht gut verspinbar ist. Bronnert war der erste, welcher die Verwendung von Zellulosehydrat vorschlug und so erst das Verfahren technisch verwendbar machte.

Friedrich stellt beständige Lösungen von Kupferammonium-Zellulose her, indem er 4 kg Kupfersulfat (CuSO_4) in 1,5 l Wasser löst und 2,4 l Natronlauge von 38° Bé und 1 l Wasser zusetzt. Hierauf gibt er 20 g Dextrin zu, das von dem gebildeten Kupferhydroxyd aufgenommen wird, und dann 200 g fein verschnittene Baumwollfasern. Dieser unlösliche Zellulosebrei, der mit Kupferhydroxyd imprägniert ist, wird mit der Filterpresse von der Flüssigkeit getrennt, und nachher mit einem Liter konzentriertem Ammoniak angerührt. In kurzer Zeit entsteht nun eine sehr homogene Lösung, die 8—9% Zellulose enthält, und die infolge der Anwesenheit des Dextrins sehr beständig ist. Statt Dextrin kann man auch Mannit-Glyzerin oder rohe Zucker-Melasse verwenden. Diese Lösung kann man auf 30—40° erwärmen, ohne daß die Gefahr besteht, daß sie sich zersetzt¹. Pawlikowski² stellt die Kupferammoniumlösung der Zellulose dar, indem er Kupferoxychlorid verwendet. Das macht dann die vorherige Hydratisierung der Baumwolle mit Natronlauge unnötig, so daß der Merzerisierungs- und Bleichprozeß wegfallen. Zum Gebrauch empfiehlt sich folgender Ansatz:

100 g reine Baumwoll-Linters
 90 g Kupferoxychlorid
 900 cm³ Ammoniakwasser (0,93)

Folzer (Textile Manufacturer) sagt folgendes über die Darstellung der Kupferammoniumlösung der Zellulose: Wird gewöhnliche Baumwolle in Schweizers Reagens eingetragen, so schwillt sie auf und löst sich aber nur so weit, als das Lösungsmittel chemisch auf die Faser einwirkt. Führt man diese Reaktion bei gewöhnlicher Temperatur aus, so wird die Zellulose peroxydiert, und die Lösung kann zur Darstellung von Kunstseide nicht mehr verwendet werden. Wenn aber im Gegenteil bei tieferer Temperatur gelöst wird und man Kupfer und Zellulose im richtigen Verhältnis anwendet, so hat die daraus erhaltene Faser die für ein gutes Produkt nötigen physikalischen und chemischen Eigenschaften.

Diese Lösung geht aber nur langsam vor sich. Daher bereitet man, um diesen Zeitverlust zu vermeiden, die Zellulose durch vorhergehende Prozesse so vor, daß nur eine relativ kurze Zeit für die Lösung ver-

¹ Fr. Pat. 404372 sowie 418182 und 405571.

² Siehe Fr. Pat. 403448.

wendet werden muß. Durch längere oxydative Einwirkung einer klaren Chlorkalklösung auf die Zellulose erhält man ein Produkt, welches sich leicht bis zu 8% in der ammoniakalischen Kupferoxydlösung auflöst. Der aus dieser Lösung hergestellte Faden wird von basischen Farbstoffen leicht angefärbt, und er verhält sich in diesem Falle wie eine Oxyzellulose. Um ganz sicher zu sein, ein gutes Resultat zu erhalten, verwendet man in der Regel Zellulose, welche schon vorher hydratisiert wurde. Das geschieht einfach durch Behandeln der Zellulose mit kalter konzentrierter Natronlauge und nachheriges Auswaschen der Natronzellulose in reinem Wasser. Die so vorbehandelte Baumwolle löst sich dann auch bei niedrigen Temperaturen fast momentan in der Kupferammoniumlösung auf. Es ist gebräuchlich, den Lösungen etwas Antimon oder Tannin zuzusetzen. Diese reizenden Substanzen sind keinesfalls schädlich für den Glanz oder die Qualität der fertigen Seide. Der Lösungsprozeß kann weiter vereinfacht werden, indem man hydrierte Zellulose bei niedriger Temperatur mit konzentrierter Natronlauge behandelt. Die so erhaltene Natronzellulose wird dann in der Kälte mit der berechneten Menge Kupfersalzlösung versetzt, und den entstehenden Brei löst man direkt in Ammoniak. Während hydratisierte Zellulose in ammoniakalischer Kupferoxydlösung fast unlöslich ist, löst sie sich mit außerordentlicher Leichtigkeit in derselben Flüssigkeit, wenn sie vorher mit konzentrierter Natronlauge behandelt und mit Wasser ausgewaschen wurde.

Friedrich¹ versuchte bei der Herstellung der Kupferzelluloselösungen den Ammoniak durch Alkylamine zu ersetzen.

Man sagt, daß der Durchgang eines elektrischen Stroms durch die Flüssigkeit oder die Gegenwart eines elektronegativen Metalles in Kontakt mit dem Kupfer die Lösung der Zellulose begünstige. Die Operation wird in der Kälte ausgeführt, und sie wird durch die Anwesenheit eines Überschusses an freiem Kupferhydrat oder Karbonat beschleunigt. Auch soll der Zusatz von Natronlauge zur ammoniakalischen Kupferlösung die Bildung von konzentrierteren Zelluloselösungen erleichtern. Dies beruht wahrscheinlich auf einer gleichzeitigen Hydratisierung der Faser. Die Kupferammoniumlösung kann konzentriert werden, indem man einen großen Teil des darin enthaltenen überschüssigen Ammoniaks durch Ausblasen mit Luft vertreibt. Auf diese Weise kann man Lösungen erhalten, die einen Zellulosegehalt von nahezu 10% besitzen.

Den gesponnenen Kupferammoniumfaden kann man auch koagulieren, indem man ihn durch eine 40%ige Lösung von Natronlauge durchgehen läßt. Der koagulierte Faden wird mit Wasser gewaschen und hierauf das Kupfer in einem Säurebad entfernt, wo zugleich noch ein elektrischer Strom auf ihn einwirkt.

Berl hat die Bildungsweise und die Eigenschaften der Kupferammoniumlösungen der Zellulose untersucht. Nach ihm hängt die Viskosität der Lösungen von der vorangehenden Behandlung der Zellu-

¹ Siehe Fr. Pat. 357171.

lose, von der gelösten Menge und vom Alter der Lösung ab. Die Lösung adsorbiert beim Stehen schnell Sauerstoff, indem sich Oxyzellulose bildet, welche für den Spinnprozeß von geringem Wert ist. Es herrscht die Ansicht, daß die Bildung der Kupferammoniumzellulose ein kolloidaler Vorgang sei, indem der kolloidale Anteil des Kupferammoniumhydrats mit der Zellulose ein in Ammoniak lösliches Adsorptionsprodukt bilde. Bronner¹ stellt fest, daß Hydrozellulose in der Kupferammoniumlösung praktisch unlöslich ist.

Nach Folzer (Textile Manufacturer) ist der Apparat, den man zur Herstellung der Kupferammoniumlösung verwendet, ein vertikaler Zylinder (siehe Abb. 245).

Kleine Stücke reines Kupfer werden durch eine Öffnung (B) in den Zylinder (A) geworfen. Die Zwischenräume zwischen den aufgehäuften

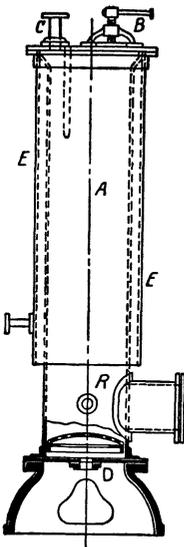


Abb. 245. Apparat zur Darstellung von Kupferammoniumlösung. (Folzer.)

Kupferstücken werden mit Ammoniaklösung ausgefüllt, welche durch den Stutzen (C) eintritt. Wenn der Zylinder gefüllt ist, wird die Öffnung zugeschlossen und eine Luftpumpe, welche mit ungefähr zwei Atmosphären arbeitet, rührt die Reaktionsmasse vermittels eines im Innern zirkulierenden Luftstroms. Um eine Kontrolle über die Geschwindigkeit der durchgeblasenen Luft zu haben, empfiehlt es sich, jeden Zylinder mit einem Meßgerät oder mit einem Quecksilberventil zu versehen, so daß man sich über die Strömungsgeschwindigkeit der Luft leicht orientieren kann. Nach der Methode von Wright ist die Luftgeschwindigkeit so reguliert, daß in der Stunde ungefähr das 40fache des Zylindervolumens durchgeblasen wird. Die Lösung bleibt so lange im Zylinder, bis sie die gewünschte Stärke hat, was man mit einem Aerometer feststellt. Zu diesem Zwecke dient ein besonderes Ventil, durch welches einige Kubikzentimeter der Flüssigkeit austreten können. Wenn die Lösung die gewünschte Konzentration erreicht hat, läßt man sie durch die Öffnung D in einen graduierten Tank abfließen, dessen genauen Inhalt man kennt. Während der ganzen Dauer der Auflösung des Kupferoxyds im Ammoniak darf

die Temperatur im Zylinder nicht höher gehen als 4° bis 6° C. Sie wird angezeigt durch ein Thermometer, welches im Zylinder angebracht ist und in die Lösung taucht. Um nun die Lösung annähernd konstant zu erhalten, ist der Zylinder mit einer doppelten Wand versehen, deren Zwischenraum mit isolierendem Material ausgefüllt ist.

Die Lösung des Kupferoxyds im Ammoniak geht ziemlich langsam vor sich, und um die gewünschte Konzentration zu erhalten, ist es nötig, daß die Einwirkung während ungefähr 18 Stunden stattfindet. In den verschiedenen Fällen wird die Reaktionsdauer länger oder kürzer sein, da sie von dem verwendeten Ammoniak, von der Oberflächengröße des

¹ Rev. Gen. Mat. Col. 1900, S. 267.

Kupfers usw. abhängt. Wenn z. B. das Kupfer noch nicht von einer vorhergegangenen Reaktion angegriffen ist und der Apparat neu und zum ersten Male gebraucht wird, dann kann die Reaktion sogar bis 36 Stunden dauern. Die Reaktionszeit hat jedoch keinen Einfluß auf die Qualität der Lösung, wenn man bei den richtigen Bedingungen, Temperatur, Druck und Konzentration gearbeitet hat.

In einigen Werken wird das Kupferoxydammoniak durch intermittierendes Verfahren hergestellt. Das heißt, wenn der Apparat ungefähr 3 Stunden lang im Betrieb war, läßt man ihn 2 bis 3 Stunden stehen, dann wieder 2 Stunden laufen und so fort, bis die gewünschte Dichte erreicht ist. Natürlich muß die Temperatur sowohl während des Betriebes als auch in den Pausen immer um 4° C herum bleiben.

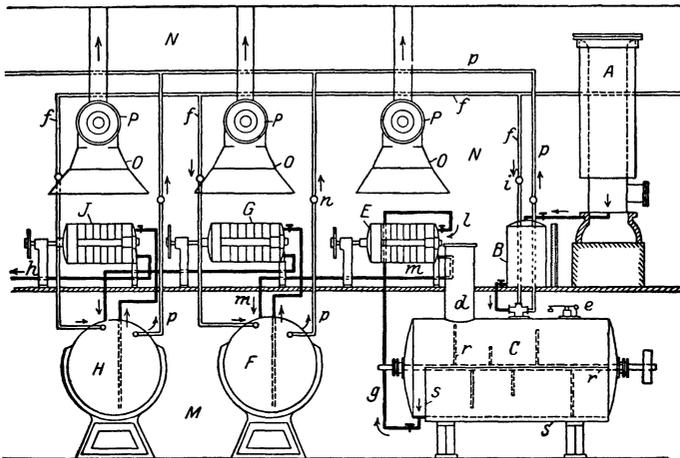


Abb. 246. Installation zur Darstellung von Kupferseide. (Folzer.)

Um diese Temperatur beizubehalten, läßt man zwischen den Doppelwänden des Zylinders mit einer Kühlmaschine gekühltes Wasser zirkulieren. Alle 10 Tage beschickt man den Apparat mit einem frischen Kupferzusatz.

Das ammoniakalische Kupferoxyd kommt dann von dem Zylinder (A) (Abb. 246) in das Reservoir (B), das zur raschen Bestimmung seines Inhaltes graduiert ist, von wo aus es in den Mischapparat (C) fließt, um die Baumwolle aufzulösen. Der Mischkessel ist ein großer horizontaler Eisenzylinder, in welchem sich ein Rührwerk mit 55 bis 60 Touren in der Minute dreht und die Masse in Bewegung hält, um so die Auflösung zu erleichtern. Obschon der Mischtank sich im Erdgeschoß befindet, damit er nicht großen Temperaturschwankungen ausgesetzt ist, hat er noch eine Doppelwand, so daß die in ihm befindliche Lösung durch Wasserkühlung beständig auf der Temperatur von 4° C gehalten werden kann. Oben auf dem Mischkessel ist ein Dom (d) mit einem Mannloch, durch welches die Baumwolle eingefüllt wird. Dieses Loch ist mit einem Klappdeckel versehen, den man rasch schließen und befestigen kann. Wenn das Kupferammoniumoxyd im Tank ist, setzt man der Lösung,

bevor man die Baumwolle einfüllt, eine kleine Menge gelöstes Ätznatron zu. Nun wird das Ganze eine Minute lang gerührt und dann gibt man, ohne das Rührwerk abzustellen, die Baumwolle hinein. Der gewöhnliche Ansatz ist 15,4 bis 16,6 engl. Pfund Baumwolle auf 22 Galonen Lösung. Diese Quantitäten können aber je nach dem Feuchtigkeitsgehalt der Baumwolle und sogar nach dem Feuchtigkeitsgehalt der umgebenden Luft sich ändern. Wenn die Reaktion richtig angesetzt wurde, soll die Baumwolle quantitativ gelöst werden und die Lösung soll nach siebenstündiger Bearbeitung „Faden ziehen“. Die Praxis hat gelehrt, daß die Lösungsgeschwindigkeit der Baumwolle mit deren Weiße, d. h. mit dem Grad der vorausgegangenen Bleichung, zunimmt. Es kann vorkommen, daß der Lösungsprozeß bis 25 Stunden dauert, wenn die Baumwolle nicht genügend gebleicht war.

Der Viskositätsgrad der Lösung ist von so grundlegender Bedeutung für die ganze Fabrikation, daß der Chemiker oder der Betriebsleiter der Fabrik ihn immer selber kontrollieren muß und das nicht einem Vorarbeiter überlassen kann. Den ungefähren Flüssigkeitsgrad der Lösung stellt man fest, indem man 4—5 cm³ davon auf den Boden einer mit Glasstopfen versehenen Flasche gibt. Stellt man nun die Flasche auf den Kopf, so kann man sehen, ob die Flüssigkeit langsam unter Bildung eines kontinuierlichen Fadens herunterfließt. Reißt aber der Faden ab, so daß die Flüssigkeit tropft, dann hat sie den zum Spinnen erforderlichen Grad von Viskosität noch nicht erreicht. Man kann aber diesen Viskositätsgrad auch noch auf genauere Weise feststellen. Z. B. folgendermaßen: ein graduiertes Glasgefäß, welches gegen unten spitz zuläuft (also eine Art Bürette), wird mit der zu untersuchenden Lösung gefüllt. Wenn man nun die Zeit mißt, die eine bestimmte Menge verschiedener Lösungen gebraucht, um auszufließen, ist es möglich, eine Tabelle zu konstruieren, welche den Viskositätsgrad solcher Lösungen in bezug auf die Ausflußzeit angibt. Es ist sehr zu empfehlen, den Viskositätsgrad der Spinnflüssigkeit durch tägliche Messungen zu kontrollieren.

Im Verfahren von Linkmeyer wird die Kupferammoniumlösung der Zellulose beim Durchgehen durch ein Natronlaugebad koaguliert. Es bildet sich dabei eine Kupfer-Alkali-Zellulose, die dann durch Behandeln mit Wasser dissoziiert wird. Das sich dabei ausscheidende Kupferoxyd wird mittels verdünnter Säure vom Faden abgelöst.

Thiele spinnt eine sehr konzentrierte Kupferammoniumlösung durch ziemlich große Düsen in eine Natronlauge von 39° Bé., welche die Zellulose langsam koaguliert. Die sich bildenden dicken Fäden werden nun mit Hilfe von Glasrollen, die sich ein wenig schneller drehen, als die Austrittsgeschwindigkeit des Fadens ist, und in Säure laufen, zu ganz feinen Gebilden ausgezogen.

Die Kupferammoniumlösungen der Zellulose sind ziemlich unstabil, indem sie durch Zusatz von neutralen, wasserentziehenden Mitteln wie Alkohol, Kochsalz usw. rasch ausgefällt werden. Es bildet sich dabei eine flockige Gallerte, die aus Zellulosehydrat besteht. Auch ist die Lösung äußerst empfindlich gegen die Einwirkung von Luftsauerstoff

und Licht. Das gelöste Zellulosemolekül wird abgebaut und die Veränderung zeigt sich darin, daß die Lösung ihre Viskosität verliert.

Behandelt man eine Kupferammoniumlösung von Zellulose mit Zink, so wird das Kupfer ausgefällt und es bildet sich eine farblose Lösung von Zinkammoniumzellulose.

Um ein gutes Gelingen des Kupferammoniumprozesses zu gewährleisten, ist eine gleichmäßig tiefe Temperatur erforderlich, und Baumwolle und Lösungsmittel müssen in den berechneten Mengen zur Reaktion gebracht werden.

Frémery und Urban stellen fest, daß Zellulose, welche man vorher einer Behandlung mit konzentrierter Schwefelsäure, wie das zur Herstellung von Pergament üblich ist, unterworfen hat, sich in der Kupferammoniumlösung in viel höherem Prozentsatz löst als solche, die dieser Reaktion nicht unterworfen wurde. Man bezeichnet eine so vorbehandelte Zellulose mit dem Namen „Amyloid“. So löst sich z. B. Pergamentpapier, das mit Schwefelsäure oder mit Chlorzink hergestellt wurde, bis zu 10% und mehr. Eine solche Amyloidlösung kann zur Herstellung von Kunstseide der gleichen Qualität wie aus gewöhnlicher Zelluloselösung verwendet werden. Ebenfalls weiß man, daß Hydrozellulose zu einem ebenso hohen Prozentsatz löslich ist wie durch energisches Bleichen vorbehandelte Zellulose. Hydrozellulose kann man erhalten, indem man gereinigte Zellulose, d. h. gewaschene Baumwolle, mit 3%iger Schwefelsäure behandelt, dann ohne zu waschen auspreßt und an der Luft trocknen läßt. Nachdem die Substanz noch bei 40° C vollständig getrocknet wurde, wird sie mit Wasser gewaschen und wieder getrocknet. Um den Kupferammoniumprozeß rentabel zu gestalten, ist es notwendig, daß man eine sehr vollständige Regenerierung der Nebenprodukte durchführt. Es bezieht sich diese auf den Ammoniak und das Kupfer, die man zur Fabrikation verwendet, und welche beide ziemlich teuer sind. Folzer¹ macht über diese Regeneration folgende Angaben:

a) Das erste zu regenerierende Produkt ist der Ammoniak, welcher bei der Darstellung der Kupferammoniumlösung von dem zur Oxydation verwendeten Luftstrom mitgerissen wird. Man gewinnt ihn entweder durch Absorption in Wasser, oder dann in Schwefelsäure (Bildung von Ammoniumsulfat).

b) Die Wiedergewinnung des Kupfers und des in der Lösung befindlichen Ammoniaks. Hier hat man verschiedene Methoden, indem man entweder Schwefelsäure, Soda oder Pottasche verwendet.

Wir wollen zuerst die Regeneration des Kupfers und des Ammoniaks aus einer Schwefelsäurelösung betrachten. Das angesäuerte Wasser, welches Kupfer- und Ammonsulfat enthält, sowie auch die sehr schwache Schwefelsäure, die man zum Koagulieren des Fadens benutzt hat, welche auch obige Salze enthält, werden in eine große Holzzisterne geleitet. In diesen Zisternen wird das Kupfer durch Eintragen von möglichst rostfreien Eisenstücken regeneriert. Das ausgeschiedene

¹ Textile Manufacturer.

Kupfer wird von Zeit zu Zeit entfernt, getrocknet und verkauft, oder es wird von neuem zur Herstellung der Lösung verwendet.

Ist das Kupfer alles ausgeschieden, so geht man an die Gewinnung des Ammoniaks. Hier kann man nun auf verschiedene Weise vorgehen. Die einfachste Methode ist die, die Lösung entweder in einem *Kestner-Verdampfapparat* oder in einer mit Dampfheizung versehenen Zisterne einzudampfen. Das Ammonsulfat scheidet sich in dem Maße aus wie die Verdampfung fortschreitet, und es wird, nachdem es getrocknet worden ist, verkauft. Es ist gut, wenn man die Lösung vor dem Eindampfen filtriert, um Eisenteilchen, Kupfer und andere Verunreinigungen zu entfernen, die sonst das Salz verschmutzen würden. Es ist wichtig, daß die Ausbeute an Ammoniumsulfat so nahe als möglich an die aus dem angewandten Ammoniak berechnete herankommt. Ein Liter Ammoniaklösung von 20° Bé. sollte 870 g Sulfat liefern.

c) Wenn man die Koagulation des Fadens mit Hilfe von Soda oder Pottasche ausgeführt hat, so entfernt man das Kupfer vorteilhaft durch Elektrolyse. Der Ammoniak wird nachher durch Destillation gewonnen. *R. Linkmeyer*¹ schlug vor, einen Teil des Kupfers zu regenerieren, indem man Zelluloseflocken in das Fällbad gibt. Die Zellulose hält das Kupfer zurück und könnte dann zur Herstellung frischer Spinnlösung verwendet werden.

d) *E. Crumière* in Paris befürwortet ein Verfahren, nach dem man das Kupfer vom Faden unter gleichzeitiger Regenerierung durch Elektrolyse ablöst, wie das schon 1890 von *Henri Despeissis* vorgeschlagen wurde. In der *Crumièreschen* Fabrik wird der Prozeß jedoch folgendermaßen ausgeführt: Die Entfernung des Kupfers von den Kunstseidefäden oder von dem künstlichen Haar wird wie üblich mit verdünnter Säure bewerkstelligt. Es sei hier noch schnell erwähnt, daß das Verfahren ziemlich langwierig und teuer ist. Da die Fäden während der Behandlung an Solidität verlieren, werden sie zu Spulen gewunden, bevor man sie vom Kupfer befreit. Aber wie soeben gesagt wurde, ist die Einwirkung der Säure zum Lösen des Kupfers langsam, besonders auf die inneren Lagen der Spulen, und dazu braucht man große Mengen von Säure, die sehr rasch aufgebraucht wird, und die man infolgedessen sehr oft erneuern muß.

Nach der *Crumièreschen* Erfindung ist es nun möglich, das Kupfer fast momentan und mit einer relativ kleinen Säuremenge zu entfernen, und zudem kann die Lösung mehrere Male nacheinander benutzt werden. Das neue Verfahren besteht darin, daß man die Seidenspulen, die nach dem Koagulieren Ammoniak und Kupfer enthalten, in ein Säurebad (z. B. mit Wasser verdünnte Schwefelsäure) bringt, und dann einen elektrischen Strom durch das Bad schiekt. Die Fäden verlieren sofort ihre Farbe, indem das Kupfer aufgelöst und zu der Kathode befördert wird, wo es sich niederschlägt, während die verwendete Säure immer wieder regeneriert wird. Die auf diese Weise vom Kupfer befreite Seide wird mit Wasser gewaschen und dann getrocknet, indem man sie gleich-

¹ Fr. Pat. 353 187.

zeitig streckt. Das Crumière-Verfahren wird in den Werken einer französischen Gesellschaft in Flaviac (Ardèche) und in Mysskow in Polen angewendet.

Die Société Anonyme Le Crinoid in Rouen reduziert die Kupfersalze in alkalischen Bädern, indem sie der Fällflüssigkeit 1,5% Formalddehydlösung zufügt. Die Temperatur des Fällbades beträgt 40° C.

Wenn man den Faden in Schwefelsäure hineinspinnt, so ist die Regenerierung des Kupfers und des Ammoniaks ziemlich einfach. Das Kupfer wird durch Elektrolyse der Lösung oder noch einfacher durch Zusatz von Eisen ausgefällt. Die zurückbleibende Lösung von Ammonsulfat wird mit Kalk gemischt und der Destillation unterworfen, um den Ammoniak zu gewinnen. Die in Schwefelsäure gesponnene Kupferseide hat jedoch den Nachteil, daß sie hie und da glitzernde Stellen hat, die davon herrühren, daß beim Trocknen die obere Schicht der Seide auf die untere gedrückt hat, da man das Eingehen der Seide zu vermeiden sucht, indem man sie in gespanntem Zustande trocknet. Würde man dem Eingehen der Seide beim Trocknen nicht vorbeugen, so erzielte man einen brüchigen Faden ohne großen Glanz. Spinnt man in eine Sodalösung hinein, dann ist die Rückgewinnung des Kupfers und des Ammoniaks auch sehr einfach. Der Ammoniak wird einfach durch Erwärmen der Lösung vertrieben und in Schwefelsäure aufgefangen, während man nachher das Kupferhydroxyd in Schwefelsäure löst und aus der Lösung das Kupfer durch Elektrolyse oder mit Eisen ausfällt. Während feine Fäden durch Spinnen von Kupferseide in Säure leicht erhalten werden können, eignet sich das Verfahren zur Darstellung von dicken Fäden, wie künstliches Pferdehaar oder Monofil, gar nicht. Für letztere Art von Fasern zeigte es sich, daß man ohne alkalisches Fällbad nicht auskommen kann. Allerdings haben die mit Sodalösung hergestellten Produkte nicht den hohen Glanz der im Säurebad hergestellten und man kann auch mit dem Alkalibad keinen befriedigenden Faden unter 0,2 mm Dicke erzielen. Die Schwierigkeit hat man jedoch überwunden, indem man statt reiner Sodalösung eine Mischung von Rohrzucker oder Glukose in Sodalösung verwendet. So kann man dann sowohl hochglänzende dicke Fäden als auch sehr feine Fäden spinnen. Wenn man den gefällten Faden gleich nachher kurze Zeit mit Wasser wäscht, so erhält man ein transparentes Produkt von gleichförmiger Zusammensetzung. Das Kupfer scheint sowohl in der Zellulose als auch im Zucker in fester Lösung sich zu befinden und mit beiden verbunden zu sein. Diese Fäden können dann getrocknet und aufbewahrt, auch verwoben oder gestrickt werden, ohne daß sie sich zersetzen. Wenn man die Faser jedoch mit noch mehr und heißem Wasser wäscht, so wird die feste Lösung zersetzt, der Zucker wird ausgewaschen und das Kupferhydroxyd geht über in schwarzes Kupferoxyd. Ein kleiner Teil des Kupfers wird jedoch schon im ersten Alkalibad freigesetzt, welches dann durch den Zucker zu rotem Cupro-Oxyd reduziert wird und sich am Boden des Reaktionsgefäßes ansammelt. Die Kupferrückstände, welche nach dem Waschen noch zurückbleiben, werden dann samt dem noch anhaftenden Ammoniak mit verdünnter Säure entfernt.

Beim Thieleschen Verfahren zur Herstellung von Kupferseide wird das sogenannte „Streckspinnverfahren“ angewendet, bei welchem man schwache Fällmittel benützt. Diese Methode wurde in Great Yarmouth in England sowie in Hal in Belgien angewendet, jedoch ohne gute Ergebnisse zu zeitigen. Bronnert glaubt jedoch, daß der Fehler nicht am Verfahren lag, sondern eher an dessen mangelhafter Ausführung, da es in Barmen mit großem Erfolg angewendet wird und dort die sogenannte „Adler-Seide“ liefert, die aus einzelnen feinen Fäden von 2—3 Deniers gezwirnt ist. Das Thiele-Verfahren ist dadurch bemerkenswert, daß es außer Wasser kein eigentliches Fällmittel verwendet. Die Fäden werden aus Düsen von 0,8 bis 1 mm Größe gesponnen, gehen dann durch eine Schicht Wasser hindurch und werden zu einer Feinheit von ungefähr $2\frac{1}{2}$ Deniers ausgezogen. Der Ammoniak wird durch Wasser, das in derselben Richtung wie die Fäden fließt, gewaschen, während das Kupfer später mittels verdünnter Schwefelsäure entfernt wird. Diese Methode liefert die feinsten Fäden von allen, aber sie sind in der Dicke ziemlich unregelmäßig und auch ihr Glanz ist nicht so groß wie bei den nach andern Verfahren hergestellten Produkten.

Vor den andern Kunstseideprodukten hat die Kupferseide den Vorteil, widerstandsfähiger gegen Wasser zu sein. Sie ist in dieser Beziehung der denitrierten Chardonnetseide sowie der Azetatseide weit überlegen(?) und ist auch ein wenig besser als die meisten Viskoseseiden. Diese Überlegenheit zeigt sich allerdings nur dann, wenn man zur Fabrikation der Zelluloselösung als Ausgangsmaterial Baumwolle verwendet. Dieser größeren Widerstandsfähigkeit gegen Wasser ist es zuzuschreiben, daß die Kupferseide immer noch fabriziert und für gewisse Zwecke bevorzugt wird¹.

6. Die Viskose-Seide. Sie wird aus Lösungen von Zellulose-Thiokarbonat hergestellt und ist die wichtigste Form der Kunstseidefabrikation, sowohl in Amerika als auch in Europa².

Die Viskose selber wird durch Einwirkung von kaustischen Alkalien und Schwefelkohlenstoff auf Alkali-Zellulose hergestellt. Sie ist eine gelatinöse Masse, welche in Wasser leicht unter Bildung eines gelben viskosen Sirupes löslich ist. In der Technik benutzt man einen Ansatz von ein Mol Zellulose, zwei Mol Ätznatron, ein Mol Schwefelkohlenstoff und dreißig bis vierzig Mol Wasser. Die diesen Körpern entsprechenden Molekulargewichte sind folgende:

1 Zellulose, $C_5H_{10}O_5$	165
2 Ätznatron, $2NaOH$	80
1 Schwefelkohlenstoff, CS_2	76
30—40 Wasser	540—720

Die Viskose ist ein Alkalixanthogenat der Zellulose und ihre technische Darstellung geschieht auf folgende Weise: Reine gebleichte Sulfitzellulose wird mit Natronlauge in einer Mischtrommel so lange gemischt, bis man eine feine krümelige Masse erhält. Das so erhaltene Produkt,

¹ Siehe Bronnert, Journ. Soc. Dyers and Col., 1922, S. 157.

² Stearn, Brit. Pat. 1020 vom Jahre 1898.

welches man „Krumme“ nennt, ist Alkalizellulose. Der Ansatz sollte so gemacht werden, daß man für 300 Teile Alkalizellstoff 100 Teile trockene Zellulose und 200 Teile Natronlauge von 26° Bé. verwendet, d. h. ungefähr 100 Teile Zellulose auf 48,5 Teile Ätznatron (NaOH). Um gute Resultate zu erhalten, sollte das Ätznatron rein und karbonatfrei sein. Nachher wird von dem überschüssigen Wasser abgepreßt, und der Preßkuchen eine Zeitlang liegengelassen¹. Dann kommt die Natronzellulose in einen Mischapparat mit rotierendem Rührwerk, wo sie mit Schwefelkohlenstoff innig vermengt wird. Auf je 100 Teile Zellulose muß man 34,5 Teile Schwefelkohlenstoff anwenden. Die sich bildende Masse hat ein durchscheinendes und gelatinöses Aussehen und eine hellbräunliche Farbe. Man nennt dieses Produkt die Viskose. Die aus Baumwolle hergestellte Viskose ist von bräunlicher Farbe, während die aus Holzzellulose gewonnene mehr orangefarben ist.

Gleich nach ihrer Bildung wird die Viskose in Wasser gelöst und filtriert, um alle nicht veränderten Zellulosefasern zu entfernen. Damit die Darstellung der Kunstseide von Erfolg begleitet ist, ist es notwendig, daß man die Filtration so vollkommen als irgendwie möglich durchführt, da die Gegenwart der kleinsten Faser in der Lösung ein Verstopfen des Spinnapparates zur Folge haben kann, was dann gleichbedeutend ist mit einem Bruch des Fadens

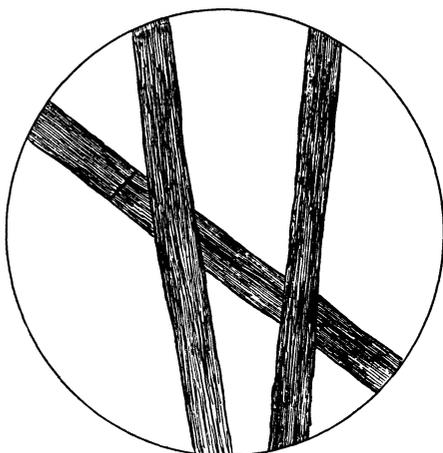


Abb. 247. Viskose-Seide.

und mit einem Unterbruch der Fabrikation. Nach der Filtration wird die Lösung nochmals gut durchgemischt. Die frisch hergestellten Viskoselösungen sind sehr dick. Wenn man sie jedoch eine Zeitlang „reifen“ läßt, werden sie dünnflüssiger und homogen. Die Viskoselösungen werden auf den Grad der Reife durch Behandeln mit 40%iger Essigsäure geprüft. Wenn die Viskose noch nicht reif genug ist, löst sie sich darin auf, wenn sie jedoch die nötige Reife hat, so koaguliert sie nach und nach und liefert einen festen, zusammenhängenden Faden.

Ist der gewünschte Flüssigkeitsgrad erreicht (was man mit Hilfe eines Viskosimeters feststellt), so wird die Viskose in geeignete Reservoirs gebracht, in welchen man sie auf einer Temperatur von 0° C hält. Vor dem Gebrauch wird dann die Lösung nochmals filtriert und hierauf in einem besonderen Apparate einem sehr hohen Druck ausgesetzt, um alle etwa in ihr enthaltenen Luftblasen, die infolge der hohen Viskosität sehr schwer herausgehen, zu entfernen. Diese letztere Behandlung ist von großer Wichtigkeit, da die Anwesenheit von Luftblasen zur Folge

¹ Reifeprozeß.

hätte, daß man ein sehr unregelmäßiges Material erhalten würde. Von hier aus geht dann die Viskose zum Spinnapparat. Dieser besteht aus einer doppelten Reihe kleiner Pumpen, welche die Lösung durch Platindüsen mit sehr feinen Öffnungen preßt. Die Anzahl der Öffnungen pro Düse ändert sich mit der Dicke des Fadens, den man zu erhalten wünscht. Die Höhe der Produktion ist daher abhängig von der Anzahl der im Betriebe befindlichen Spinnöffnungen. Die normale Zahl ist ungefähr 18 Düsen pro Faden, von denen jede eine tägliche Produktion von ungefähr 28 g liefert. Die Spindüsen sowie die sie tragenden Röhren befinden sich, damit der Faden nach seinem Austritt gleich koaguliert wird, in einem Bad von konzentrierter Ammonsulfatlösung oder in verdünnter Schwefelsäure. Die verschiedenen feinen Gespinnste werden nun zu einem einzigen Faden zusammengenommen, worauf man sie in ein Ferrosulfatbad bringt, um alle aus dem ersten Bad noch anhaftenden Substanzen zu entfernen. Von hier aus gehen die Fäden nun in Turbinenspuler, welche sie in Stränge aufwickeln und der Faser gleichzeitig die gewünschte Drehung geben. Die Faserstränge werden nun in eine Säurelösung getaucht, um die letzten Reste von Alkali zu neutralisieren, und die überschüssige Säure entfernt man nachher durch Auswaschen mit Wasser. Die übrigbleibenden Schwefelverbindungen werden in einer Lösung von Schwefelnatrium weggelöst. Zu diesem Zwecke braucht man auch Natriumbisulfat, wie auch Natriumbisulfit mit Aluminiumsulfat. Die Faser hat dann in diesem Zustande eine ausgesprochen gelbliche Farbe, die man durch Behandeln mit Chlorkalk oder mit einer neutralen Natriumhypochloritlösung bleicht. Die Viskoseseide hat ein feines, glasartiges Aussehen und sie besitzt eine Reißfestigkeit, die derjenigen der Pyroxylinseide ungefähr gleichkommt. Jedoch wird sie wie die letztere geschwächt, wenn sie mit Wasser angefeuchtet wird.

Nach C. F. Cross waren die in Kew bei Stearn und Tropham errichteten experimentellen Grundlagen zur Fabrikation von Viskoseseide und deren rasches Anwachsen auf den heutigen Stand der Produktion an verkaufbarer Seide ein wunderbares Beispiel für den technischen Weitblick, und das Erfassen der Prinzipien. Denn sie umfaßten schon damals sowohl die Anwendung der Pumpen zur Regulierung der Spinnengeschwindigkeit aus den Metalldüsen mit vielen kleinsten Öffnungen, als auch die Vereinigung der Fädchen zu einem einzigen Gespinnst und der Zentrifugalspinnköpfe, welche den Faden in Stränge legen, indem sie ihm gleichzeitig die gewünschte Drehung verleihen, welche Apparaturen alle heute noch zur Darstellung des größten Prozentsatzes aller Kunstseide Verwendung finden. Sie sind in ihren Einzelheiten durch viele Erfinder, besonders durch Clayton, modifiziert worden und die Anzahl der Variationen, die bis heute patentiert wurden, ist ganz beträchtlich. Das Prinzip des Spinnens, indem man die Fäden parallel auf Spulen aufwickelt und sie dann erst nachträglich zusammendrehet, wie es in einigen Fabriken Deutschlands und Italiens entwickelt wurde und nach welchem große Mengen Seide hergestellt werden, ist auch heute noch in Anwendung. Allerdings stimmen die Experten

mit ihren Urteilen über die Vorteile dieser beiden Verfahren nicht überein. Die sehr wünschenswerte Methode, den Faden zu drehen, bevor man ihn auf die Spulen wickelt, hat schon viele Erfinder angelockt, aber die großen Schwierigkeiten, die sich in der Praxis zeigen, sind immer noch nicht alle überwunden.

Im Hinblick auf Einzelheiten von sekundärer Bedeutung sind eine ungeheure Zahl von Abänderungen vorgeschlagen worden, die jedoch alle mehr von Erfindungsgeist als von Kenntnis der praktischen Probleme der Kunstseidefabrikation zeugen. In chemischer Hinsicht sind so ziemlich alle möglichen und unmöglichen Substanzen als Zusatz zur Viskose und zum Fällbad vorgeschlagen worden. Zur Viskose wurden Zusätze gegeben mit der Absicht, einen Faden von größerer Geschmeidigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen Wasser zu erhalten, oder um die Geschwindigkeit des Reifens zu verlangsamen, um dann so ein beständigeres Produkt zu erhalten. Für diese und andere Zwecke wurde der Zusatz folgender Stoffe vorgeschlagen: Natriumsilikat, Natriumaluminat, Seife, Natriumthiosulfat, Glycerin, Glukose, Harnstoff, Salze der Traubensäure, Phenol-Formaldehyd-Kondensationsprodukte, Albumin, Terpentin und Naphthionsäure.

Nach Bronnert zeigen die Querschnitte von Viskoseseidefäden, welche in einem Säurefällbad, das mit einem Überschuß an neutralem Salz gesättigt war, koaguliert wurden, eine mehr oder weniger sternförmige oder bandähnliche Form mit gezacktem Rand. Je mehr Salz zugegen war, um so mehr überwiegt die bandähnliche Form. Der Grund dafür ist darin zu suchen, daß die Koagulation langsamer vor sich geht, so daß die Spannung des Fadens beim Aufwinden auf Rollen oder beim Spinnen in Zentrifugenmaschinen einen Einfluß auf den Querschnitt des Fadens ausübt. Diese Seide hat jedoch eine gute Deckkraft und sie wird vom Weber bevorzugt. Viskoseseide, welche in Schwefelsäure ohne Zusatz koaguliert wird, hat eine mehr oder weniger regelmäßige runde Kontur, ebenso wenn man in ein Bisulfitbad hineinspinnst. Auch Fäden, welche in eine neutrale oder schwach angesäuerte Ammonsalzlösung hineingesponnen werden, haben einen vollständig runden Querschnitt.

Der Chemiker hat einen großen Spielraum in bezug auf die Zusammensetzung des Spinnbades, wie man aus der folgenden Liste der zu diesem Zwecke vorgeschlagenen Substanzen ersehen kann. Es werden empfohlen: Schwefelsäure, Salzsäure, Ameisensäure, Essigsäure, Milchsäure, Zitronensäure, Weinsäure, Glykokoll und aromatische Sulfosäuren, schwefelsaure Salze des Ammoniums, Natriums, Magnesiums, Eisens und des Zinks. Ammonium- und Natriumchlorid, Natriumsulfit, -bisulfit und -thiosulfat, Alkohole, Stärke, Zucker, Melasse, Anilin, Glycerin, Aldehyde, Ketone, Leim.

Die wichtigste Entwicklung in dieser Beziehung förderten Stearn und Woodley, indem sie eine gereinigte Viskose in Säurelösung spinnen, so daß sie direkt einen Zellulosefaden erhielten und nicht einen Zellulose-xanthogenatfaden, aus dem man durch weitere Behandlung die Zellulose erst noch regenerieren muß. Seither hat man den Wert der beiden

Stoffe Salz und Säure vollständig anerkannt und eine Menge Mischungen dieser beiden Körperklassen kamen in Gebrauch. Die Anwendung organischer Substanzen, wie Glukose, erwies sich als wertvoll in bezug auf ihre Eigenschaft, die Einwirkung der anwesenden Säure zu mildern.

Trotz ihrer unzweifelhaften Vorzüge ist es nicht möglich, die Viskose in so feine Fäden zu spinnen wie die Kupferammoniumlösungen. Sehr großes aktuelles Interesse haben die vor kurzem von Bronnert genommenen Patente, die sich mit diesem Problem beschäftigen. Nach ihnen sollte man einen Faden von der Stärke von 5—2 Deniers erhalten, was dann das Produkt befähigen würde, die Naturseide zu ersetzen. Die bisher übliche Stärke der Faser war zwischen 7 und 8 Deniers und bis vor kurzem war es nicht möglich, ein Produkt unter 6 Deniers zu einem wirtschaftlichen Preise herzustellen. Bronnert hat jedoch nun gezeigt, daß man Fäden bis zu 0,75 Deniers herunter herstellen kann, indem man äußerst feine Düsen verwendet und die Säurekonzentration im Fällbad erhöht. Diese letztere Bedingung muß aber für jede Dicke sehr genau ausprobiert werden, da die erforderliche Konzentration der Säure stark schwankt. Den Glanz dieser feinen Fäden kann man nach Wunsch verändern, ohne daß deren Stärke dadurch Schaden nimmt. Um die Brillanz zu reduzieren und einen undurchsichtigen Faden zu erhalten, ist es nur notwendig, die Temperatur des Fällbades herabzusetzen, während mit steigender Temperatur der Faden immer mehr und mehr Glanz erhält. Diese neue Seide fühlt sich sehr weich an, hat erhöhte Deckkraft, färbt sich gleichmäßig an und macht Anspruch darauf, daß sie, wenn gewoben, nicht leicht zerknittert werden kann.

Die Menge des in der Viskose vorhandenen freien und gebundenen Alkalis kann man quantitativ bestimmen, indem man den Unterschied in der Einwirkung von Mineralsäuren und organischen Säuren zur Beobachtung benutzt. Es ist möglich, in einer Lösung von Zellulose-xanthogenat das freie Alkali durch überschüssige Essigsäure zu neutralisieren, ohne daß das an die Zellulose gebundene Alkali angegriffen wird. Kocht man jedoch die Viskose mit verdünnter Schwefelsäure, so wird das Xanthogenat zersetzt und man kann so das Gesamtalkali bestimmen. Die Differenz zwischen den beiden Resultaten liefert dann die Menge des gebundenen Alkalis.

Die Analyse wird folgendermaßen ausgeführt: 50 g Viskose werden in Wasser zu einem Volumen von 500 cm³ gelöst. Zu 100 cm³ dieser Lösung setzt man ein bekanntes Volumen titrierter halbnormaler Essigsäure zu, indem man darauf achtet, daß die zugesetzte Menge genügt, um die Viskose vollständig auszuflocken. Dann filtriert man von dem Niederschlag ab und wäscht ihn mit Salzlake aus. In dem erhaltenen Filtrat ermittelt man nun durch Titration mit halbnormaler Natronlauge unter Verwendung von Phenolphthalein als Indikator die Menge der überschüssigen Essigsäure. Zu weiteren 100 cm³ dieser Viskoselösung fügt man 50 cm³ oder wenn nötig mehr Normalschwefelsäure zu. Dann bringt man die Lösung zum Kochen, filtriert vom Niederschlag ab und wäscht aus. Die im Filtrat befindliche über-

schüssige Schwefelsäure wird unter Verwendung von Methylorange als Indikator mit Normalnatronlauge zurücktitriert. Die durch die Viskose neutralisierte Säure liefert das Gesamtalkali und die Differenz mit dem vorigen Resultat ist dann der Gehalt an Xanthogenatalkali.

Den Schwefelgehalt der Viskose bestimmt man durch Behandeln mit überschüssigem Natriumhypochlorit, indem man zuerst zu Sulfat oxydiert, das man dann als Bariumsulfat ausfällt und nach den üblichen gravimetrischen Methoden bestimmt.

Ein wichtiger analytischer Faktor ist die Bestimmung des Viskositätsgrades der Lösungen. Diese Prüfung kann nach einer der folgenden Methoden ausgeführt werden:

a) Die Lösung wird in eine 30 cm³ fassende Mohrsche Bürette gebracht, welche in $\frac{1}{10}$ cm³ eingeteilt ist und eine Öffnung von 1 mm Durchmesser besitzt. Man mißt nun die Zeit, die 30 cm³ Lösung zum Ausfließen benötigen. Wenn diese Zeit nun für verschiedene Proben derselben Lösung dieselbe ist, so beweist das, daß die Viskose gut durchgereift und homogen ist.

b) Nach einer andern Methode verwendet man ein langes Glasrohr, welches 2 Markierungen hat, die 50 cm auseinander liegen. Das Rohr wird bis zu der oberen Markierung mit Viskose gefüllt und senkrecht gestellt. Dann wirft man eine kleine Nickelkugel von 5 mm Durchmesser hinein und mißt die Zeit, die sie benötigt, um von der oberen zu der unteren Markierung zu gelangen. Die Lösung hat dann die zum Spinnen nötigen Eigenschaften, wenn die Fallzeit der Kugel bei einer Temperatur von 22° C. 16—17 Sekunden beträgt.

c) Ferner kann man Boverton Red woods oder Englers Viskosimeter benutzen. In diesen läßt man ein bestimmtes Volumen der zu prüfenden Lösung durch eine enge Öffnung fließen und vergleicht dann die Ausflußzeiten mit derjenigen eines gleichen Volumens Wasser.

d) Im Apparat von Doolittle wird endlich die Viskosität gemessen, indem man die Reibung, die die Lösung auf ein in ihr rotierendes Gewicht ausübt, mißt. Hierbei setzt man den rotierenden Körper durch Drehen des Aufhängedrahtes in Bewegung.

Beim Spinnen der Viskoseseide ist die Zusammensetzung des Fällbades von großem Einfluß auf die Kontur des Faserquerschnittes. Im Courtauld-Prozeß benützt man, um die üblichen Fäden von 8 Deniers herzustellen, ein Fällbad, das nur ungefähr 8% Schwefelsäure zusammen mit Sulfat und Glukose enthält. Der Querschnitt durch diese Faser ist unregelmäßig und länglich und nicht rundlich oder oval. Dieses schwache Säurebad ist nur dann zu empfehlen, wenn man mit Spinnzentrifugen arbeitet, wo die einzelnen Fäden gleich zusammengedreht werden, wie das im Courtauld-Prozeß geschieht. Das Verfahren von Bronnert verwendet eine Schwefelsäure von 16—18% zusammen mit einem Überschuß an Sulfat. Hier arbeitet man nach der Spinntopfmethode. Dieses System wird hauptsächlich da angewendet, wo man feinere Fäden herstellen will.

Sieben bis acht Tage nach ihrer Herstellung fängt die Viskoselösung an zu koagulieren. Das Koagulationsprodukt füllt zuerst das ganze

Volumen der Lösung aus, doch zieht es sich nach und nach zusammen. Nach ungefähr 30 Tagen nimmt dann das eingeschrumpfte Produkt nur noch 30% seines ursprünglichen Volumens ein. Es bildet dann eine ziemlich harte Masse, die unter dem Namen „Viskolit“ bekannt ist.

Wenn man die Viskoseseide in Gegenwart von Säuren und wasserentziehenden Mitteln mit Formaldehyd behandelt, so erhält der Faden eine größere Widerstandskraft gegenüber der Feuchtigkeit und infolgedessen verliert er weniger von seiner Reißfestigkeit, wenn man ihn benetzt¹. Dazu wird die Kunstseide einfach in ein Bad von 1—10 Teilen Formaldehyd und 90—99 Teilen 40% iger Essigsäure gebracht. Man nennt diesen Prozeß „Sthenosage“ oder das Kräftigen der Seide.

Cross und Bevan² geben folgende Tabelle, die die Einwirkung der Sthenosage auf die Qualität der Kunstseide zeigt:

	Reißfestigkeit g pro Denier		Elastizität %	
	Lufttrocken	Feucht	Lufttrocken	Feucht
Kunstseide nach den Kollodium-, Kupferammonium- und Viskose- methoden	1,25	0,37	12,2	9,0
Sthenosierte Produkte	1,6	1,1	7,8	7,6

Dem zu raschen Altern oder Reifen der Spinnflüssigkeit half man dadurch ab, daß man dem Lösungsmittel für das Zellulosexanthogenat Neutralsalze wie Natriumsulfit oder Natriumsilikat zusetzte, bevor das letztere darin gelöst wird³. Dies beeinflußt zugleich die Viskoselösung so, daß sie sofort koaguliert, wenn man sie in ein schwaches Säurebad spritzt.

¹ Eschaliier, Fr. Pat. 374724. ² Journ. Soc. Chem. Ind. 1908, S. 1189.

³ Ernst (U.S.A.-Pat. 863793 vom Jahre 1907). Es wird hier darauf hingewiesen, daß, wenn man die durch Lösen von Zellulosexanthogenat in einem geeigneten Lösungsmittel erhaltene Viskose eine genügend lange Zeit stehen oder altern läßt, diese von selber sich ändert und koaguliert. Daher ist es klar, daß man den Prozeß des Alterns nicht so weit gehen lassen darf, daß die Lösung von selber koaguliert, aber daß man möglichst nahe an diesen Punkt herangeht, so daß man dann durch Spinnen in ein schwaches neutralisierendes Bad sie sofort in einen Faden verwandeln kann. Jedoch ist, da man nie eine vollständig homogene Xanthogenatlösung herstellen kann, die Gefahr vorhanden, daß die Viskose teilweise zu schnell altert, und daß daher Partikelchen koagulieren, die dann den Spinnprozeß stark stören, indem sie die Düsen verstopfen und so die Qualität des gesponnenen Fadens stark herabmindern. Es handelt sich also darum, eine Viskose herzustellen, die nicht nötig hat, daß man sie altern läßt, und die aber dennoch sofort koaguliert, wenn der Faden in ein schwaches Säurebad gebracht wird, obschon sie frisch hergestellt ist. Man kann dann den Schwefelkohlenstoff um so länger einwirken lassen, indem man die Viskose im Mischapparat bis kurz vor dem Gebrauch behandelt. Frisch gebildete Viskose wird koaguliert, wenn man sie durch eine Düse in ein starkes Säurebad spritzt, aber den so erhaltenen Faden kann man nicht verwenden, da er sehr schwach wird und nur wenig oder gar keine Elastizität besitzt. Um einen starken und elastischen Faden zu erzielen, muß man die Viskose in ein schwaches Säurebad spritzen. Jedoch ist es dann notwendig, daß man bei der Benutzung eines schwachen Säurebades eine Viskose verwendet, die sofort zum Faden koaguliert, wenn man sie hineinspritzt.

Überzieht man einen Baumwollfaden mit Viskoselösung, so erhält man ein künstliches „Pferdehaar“. Dieses Produkt ist unter dem Namen „Viscellinegarn“ im Handel.

Nach Folzer (Textile Manufacturer) ist das Ausgangsmaterial zur Herstellung der Viskose ein gebleichter und entfetteter Zellulosebrei ähnlich demjenigen, den man für die Papierfabrikation gebraucht. Man verwendet ihn lieber als Baumwolle, weil er bedeutend billiger ist. Obschon die Masse in der Regel gebrauchsfertig geliefert wird, ist es vorteilhaft, sie vor der Verarbeitung noch mit Wasser gut zu waschen. Meistens ist das Produkt nicht genügend fettfrei und kann in diesem Falle zur Fabrikation der Viskose nicht mit günstigen Resultaten verwendet werden. In diesem Falle muß man es einer Behandlung, die der folgenden entspricht, unterwerfen. Die Zellulose wird in einem Kochkessel, der denjenigen, die man zur Aufarbeitung der Baumwolle verwendet, ähnlich ist, während $3\frac{1}{2}$ Stunden mit einer Sodalösung von $\frac{1}{2}$ — 2° Bé gekocht. Zu diesem Prozeß darf man auf keinen Fall eisen- oder kalkhaltiges Wasser verwenden. Nach dem Kochen läßt man die Sodalaug abfließen und spült die zurückbleibende Zellulose gut aus, am besten mit Wasser von 25 — 30° C, und läßt sie dann in einem Trockenapparat teilweise trocknen. Die so behandelte Zellulose wird auf folgende Art in Alkalizellulose umgewandelt: Nach dem Waschen und Trocknen enthält die Holzmasse 40 — 50% Wasser, und es ist wichtig, daß man diesen Gehalt genau kennt. Daher wird eine Probe des halbtrocknen Produkts so lange einer Temperatur von 103 — 105° C ausgesetzt, bis keine weitere Gewichtsabnahme stattfindet. Die Differenz zwischen dem teilweise getrockneten und dem ganz trockenen Zellstoff gibt dann den Wassergehalt an. Und mittels Tabellen, wie man sie beim Konditionieren der Faserstoffe benützt, kann man dann den Feuchtigkeitsgehalt in Prozent ermitteln. Nach den Untersuchungen von Beltzer sind zur Umwandlung von 100 g Zellulose in 300 g Alkalizellulose 200 g einer Natronlauge von 26° Bé. erforderlich. Um aber die genaue Menge an erforderlicher Natronlauge festzustellen, muß man den Feuchtigkeitsgehalt des Ausgangsmaterials in Rechnung ziehen. Die Dauer der Einwirkung der Natronlauge auf die Zellulose muß man in der Praxis so lange ausdehnen, bis man eine vollständig homogene Alkalizellulose erhält. Um dies festzustellen, ist es notwendig, daß man von Zeit zu Zeit Proben zieht und diese daraufhin untersucht, ob die Imprägnierung vollständig sei. Diese Operation verlangt sehr große Aufmerksamkeit und Vorsicht, besonders wenn man mit großen Ansätzen arbeitet, und es ist notwendig, daß man Mischkessel wählt, in denen diese Arbeit rasch ausgeführt werden kann und die die Zellulose gut durchmischen. Mit einem guten solchen Apparat soll es möglich sein, die Reaktion in ungefähr $3\frac{1}{4}$ Stunden zu Ende zu führen.

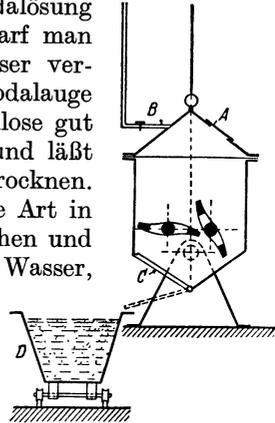


Abb. 248. Mischkessel für Viskose. (Folzer.)

Die Mischkessel, welche wir beim Kupferammoniumprozeß beschrieben und illustriert haben, eignen sich für die Viskoseindustrie nicht. Man benutzt hier mehr oder weniger dem in Abb. 248 gezeigten ähnliche. Die Holzmasse wird in den Zylinder A eingefüllt, worauf man den Apparat in Bewegung setzt und gleichzeitig die Natronlauge durch den Stutzen B einlaufen läßt. Die so erhaltene Natronzellulose hat das Aussehen einer gebleichten Holzmasse, welche dann aus dem Mischkessel durch die Öffnung C entfernt wird und in einen Wagen D läuft. Dieser Wagen wird nun zu dem in Abb. 249 gezeigten Apparat gebracht, in welchem die Alkalizellulose in Viskose verwandelt wird. Das Innere des doppelwandigen Zylinders ist vernickelt. Die Alkalizellulose wird nun durch die Öffnung B eingefüllt und dann der Klappdeckel B luftdicht verschlossen. Hierauf setzt man das Rührwerk in

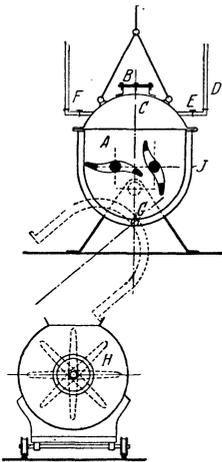


Abb. 249. Apparat zur Darstellung von Viskose. (Folzer.)

Bewegung und läßt es 20—30 Minuten lang laufen. Unterdessen fließt Schwefelkohlenstoff durch den Stutzen D in den Kessel A, dessen Zufluß man mittels des Hahns E reguliert. Zur Umsetzung von 200 kg Alkalizellulose benötigt man 34 kg Schwefelkohlenstoff.

Die Substanzen müssen nun während ungefähr 3—4 Stunden gemischt werden, bis man eine homogene Masse von dunkelgelblicher Farbe erhält. Nachdem der Mischprozeß die oben angegebene Zeit dauerte, setzt man 200 kg Natronlauge in Form einer 15%igen Lösung zu, und fährt dann mit Mischen fort, bis ein gleichförmiger Brei entstanden ist. Die Natronlauge wird aus einem graduierten Reservoir durch den Stutzen F in den Kessel laufen gelassen. Hierauf bringt man die fertige Viskose in den auf einen Wagen montierten Mischtank H, in welchem sie mit Wasser gemischt wird. Das Verhältnis ist 185 kg Wasser auf 100 kg Viskosebrei. Während aller dieser Operationen ist es wünschenswert, daß die Temperatur 25° C nicht übersteigt, und daß, wenn die Operationen beendet sind, der Mischkessel A gekühlt wird, indem man einen Kühlwasserstrom zwischen seinen Doppelwänden J durchschickt. Die Lösung wird dann während 4 Stunden im Apparat H gemischt und schließlich läßt man sie 10—14 Stunden stehen. Während dieser Zeit nimmt die Viskosität der Lösung nach und nach ab und man muß diesen Vorgang dann abbrechen, wenn die Konsistenz der Lösung zum Verspinnen am günstigsten ist. Diesen Punkt ermittelt man mit Hilfe eines Viskosimeters. Wenn dieser Punkt überschritten wird, dann geht die Verflüssigung weiter und ist bald darauf von einer Zersetzung der Lösung begleitet, was dann mit der Zeit einen Niederschlag von fester Zellulose zur Folge hat. Bevor die Lösung versponnen wird, eine Operation, die man unter einem Druck von 3—5 Atmosphären vornimmt, wird sie filtriert und die in ihr enthaltenen Luftblasen mittels eines Aspirators entfernt.

7. Die Azetatseide¹. Auch das Zelluloseazetat wird als Ausgangsmaterial zur Fabrikation von Kunstseide verwendet². Es wird in einem passenden Lösungsmittel³ gelöst und auf die gleiche Weise wie die Chardonnetseide versponnen, indem man den Faden in einem Wasserbad koaguliert. Bei der Chardonnetseide beträgt das Gewicht des fertigen Produktes (nach der Denitrierung) ungefähr gleich viel wie das der angewandten Zellulose, während bei der Azetatseide ungefähr das Doppelte erhalten wird. Der Azetatseidefaden ist jedoch weniger beständig gegenüber Säuren und Alkalien als die Chardonnetseide und er färbt sich auch nicht normal an. Man kann den Farbstoff zu der Spinnflüssigkeit zusetzen. Die aus Azetylzellulose hergestellte Seide ist unter den Namen „Cellestron“, „Celanese“ oder „Azetat“-Seide im Handel, und sie wurde zum Überziehen von elektrischen Drähten verwendet, da sie ein gutes Isoliermaterial ist.

Den größten Vorteil, welchen die Azetatseide gegenüber den andern Produkten aufweist, ist der, daß sie weder von heißem noch von kaltem Wasser so stark angegriffen wird wie jene⁴. Jedoch scheint es, daß alle bisher im Handel erschienenen Azetatseiden weder trocken noch naß eine größere Festigkeit haben als die andern⁵.

¹ Siehe auch S. 581.

² Die Azetatseide wurde experimentell von den Henckel-Donnersmarck-Werken in Stettin ausgearbeitet und wird nun in großen Mengen von der British Cellulose Products Co. hergestellt. Auch in Amerika versucht man jetzt ihre Fabrikation.

³ Als Lösungsmittel für das Zelluloseazetat eignen sich am besten Chloroform, Äthylazetat und Alkohol oder Essigsäure sowie Azeton.

⁴ Zelluloseazetat schwillt in reinem Wasser oder absolutem Alkohol nicht auf, hingegen in einer Mischung von Wasser mit Alkohol sowie mit anderen organischen Lösungsmitteln. Es sind zwei Methoden beschrieben, mit welchen man das Schwellen der Zellulose gemessen hat. „Ungeschwollenes“ Zelluloseazetat färbt sich in einem wäßrigen Färbebad nur sehr langsam an, mit schwach „geschwollenem“ Azetat ist die (bei 25° C) maximale Anfärbung in einigen Monaten erreicht, während mit vollständig gequollener Kunstseide die Endgrenze der Anfärbung unter sonst gleichen Bedingungen in wenigen Minuten erreicht ist. Höhere Temperaturen beschleunigen diese Färbvorgänge. Die Bedeutung des Verhältnisses zwischen Aufziehgeschwindigkeit des Farbstoffes und Schwellgrad der Faser für das Färben der Textilfasern und ihre Anfärbung zu mikroskopischen Zwecken tritt klar zutage. Ungequollene Azetylzellulose ist sehr schwer zu verseifen, während gequollene schon bei Zimmertemperatur von 0,5 normalem Kaliumhydroxyd in wenigen Stunden verseift wird. Auch hier nimmt die Reaktionsgeschwindigkeit mit dem Schwellgrad zu. Eine gute und genaue Methode der Azetylbestimmung beruht auf dem Verhalten der gequollenen Azetylzellulose gegen verdünnte wäßrige Alkalien bei Zimmertemperatur.

⁵ Bei der Entwicklung der Azetatseide zum Handelsprodukt hoffte man hauptsächlich aus folgenden Tatsachen Vorteile zu ziehen: 1. Sie hat ein beträchtlich geringeres spezifisches Gewicht als die andern Kunstseiden und nähert sich darin der Naturseide. 2. Als Esterverbindung sollte sie gegen Wasser noch viel widerstandsfähiger sein als die normale Zellulose. 3. Da sie ein Ester ist, hat sie eine Gewichtszunahme in bezug auf das Ausgangsmaterial zur Folge, während alle andern Kunstseiden eine Verminderung desselben ergeben. Der einmal koagulierte Faden ist in verkaufbarer Form und braucht zu seiner Vollendung nur noch mechanische Bearbeitung. Die Azetatseidefäden werden mit einer Geschwindigkeit von 100 m pro Minute versponnen, während die Viskoseseide nur mit 45—50 m Geschwindigkeit hergestellt werden kann. Dadurch kann mit der Azetatseide eine größere Produktion pro Spinnöse erreicht werden. Aber die

Zelluloseazetat kann auch verwendet werden, um Baumwollfäden zu überziehen und so künstliches „Pferdehaar“ herzustellen, welches wasserunempfindlich ist¹.

Unter dem Mikroskop erscheinen die einzelnen Azetatseidefäden als gleichförmige Zylinder, welche hier und da bandartige Verdickungen aufweisen. Der Querschnitt ist oval bis rund und der ungefähre Durchmesser beträgt 42,3 Mikron. Die Reißfestigkeit eines Fadens von 18 Einzelfasern wurde zu 226 g trocken und 128 g naß festgestellt. Die Azetylzellulose ist in kalter Essigsäure löslich, dagegen unlöslich in ammoniakalischem Kupferhydroxyd. Jod-Schwefelsäure liefert eine gelbliche Farbe, wie auch Chlorzink-Jodlösung. Die Azetatseide verkohlt mit einem unangenehmen Geruch ohne Flamme und hinterläßt einen starken Kohlenrückstand. Sie zeichnet sich vor allen andern Kunstseiden durch ihre geringe Dichte (1,25) aus und daß sie in Wasser nicht aufschwillt².

Um die lösliche Verbindung durch Einwirkung von Essigsäureanhydrid und Eisessig auf Zellulose zu erhalten, ist die Gegenwart eines Katalysators erforderlich. Diese Katalysatoren, die in einer großen Zahl von Patenten beschrieben sind, können in folgende drei Klassen eingeteilt werden: Freie Mineralsäuren, schwache Säuren und saure Salze, und Neutralsalze, die leicht dissoziieren. Schwalbe³ diskutiert den Mechanismus dieser Reaktionen und hebt hervor, daß die Herstellung der Azetylzellulose immer mit einer mehr oder weniger starken Modifikation der Zellulose verbunden ist, wie das durch die reduzierenden Eigenschaften der Zellulose nach der Verseifung des Azetats zum Ausdruck kommt. Von der Mineralsäuregruppe der Katalysatoren ist die konzentrierte Schwefelsäure am wichtigsten, und ihre Verwendung wird in den Patenten von Lederer und Bayer & Co. ausführlich beschrieben. Die wichtigsten Vertreter der zweiten Gruppe sind die phenolsulfosauren Salze nach dem Patent von Mork, und die halogenierten Fettsäuren von Knoll & Co. Schwalbe schreibt die katalytische Wirkung dieser Körper der Anwesenheit einer beschränkten Menge von Mineralsäure zu. Vertreter der dritten Gruppe sind Körper wie Ferrosulfat, Ferrichlorid, Diäthylaminsulfat usw., wie sie hauptsächlich in den Patenten von Knoll & Co. beschrieben werden. Diese sogenannten Neutralsalze bestehen alle aus schwachen Basen und einer starken Säure; durch die Dissoziation wirken sie wie freie Mineralsäure.

Da das Zelluloseazetat in wäßrigen Lösungsmitteln unlöslich ist, so schlagen die Methoden zur Darstellung von Gespinsten aus ihm ziemlich die gleichen Wege ein wie der Chardonnetprozeß. Auch ist aus demselben Grunde der hergestellte Faden in organischen Lösungsmitteln

Azetylzellulose, die die zum Spinnen nötigen Eigenschaften besitzt, hat kolloidstrukturelle Eigenschaften, die dem Salpetersäureester unterlegen sind, und die Azetatseide zeigt den andern Kunstseiden gegenüber weder im trockenen noch im nassen Zustande eine Überlegenheit.

¹ Siehe Fr. Pat. 369123 vom Jahre 1906 und 367578 vom Jahre 1907.

² Herzog, Chem. Zg. 1910, S. 347.

³ Z. f. angew. Chemie 1910, S. 435.

löslich, oder wird von ihnen aufgeweicht. Man sagt, daß der Faden von Wasser nicht angegriffen werde, was jedoch nicht hindert, daß seine Stärke in nassem Zustand nicht größer ist als die einer nassen Viskoseseide, und in trockenem Zustande ist seine Festigkeit beträchtlich tiefer. Die Fabrikation der Azetatseide war bis vor kurzem noch im experimentellen Zustande, In ihren färberischen Eigenschaften steht sie einzig da, indem man sie nach den gewöhnlichen Methoden nur mit den basischen Farbstoffen die zu den unechtsten der ganzen Farbenchemie gehören, anfärben kann. Direkte Baumwollfarbstoffe verweigert sie überhaupt anzunehmen, so daß das sehr beliebte Verfahren, ein gemischtes Gewebe von Kunstseide und Baumwolle mit Direktfarbstoffen zu färben, bei der Azetatseide gar nicht in Betracht kommen kann¹. Macht man dennoch den Versuch mit der Azetatseide, so wird die Baumwolle vollständig angefärbt, während sich die Kunstseide nur mit den im Farbstoffe eventuell befindlichen basischen Verunreinigungen verbindet, was dann zur Folge haben wird, daß die erstere den gewünschten marineblauen Ton hat, während die letztere ein schmutziges Gelb aufweist. Versucht man mit Küpenfarbstoffen vom Indanthrentypus, welche infolge ihrer Beständigkeit und infolgedessen ihrer Eignung für waschechte Gewebe immer mehr aufkommen, so wird die Azetylzellulose meist teilweise oder ganz zersetzt und verliert ihren Glanz sowie die seidenähnlichen Eigenschaften. Viele Versuche hat man gemacht, um die Azetatseide mit substantiven Farbstoffen zu färben, und es hat sich gezeigt, daß eine dem Färben vorausgehende Behandlung des Fadens mit Natronlauge (also teilweise Verseifung) gute Resultate zeitigt ohne die Qualität der Seide zu beeinträchtigen. Die Fabrikanten dieser Seide müssen natürlich das Produkt färbebereit in den Handel bringen.

Die Azetatseide hat eine sehr geringe elektrische Leitfähigkeit und eine hohe Dielektrizitätskonstante und ist infolgedessen natürlich als Umwicklung von Leitungsdrähten und zu anderen Isolierzwecken sehr gut geeignet. In diesen Fällen, wo zwar das Färben oft wünschenswert ist, aber nicht ein großer Wert auf eine vollständige Farbenskala sowie auf genaue Töne gelegt wird, kann man mit den verwendbaren Farbstoffen und Färbemethoden genügend gute Resultate erzielen².

Eine andere Verwendung, zu der sich die Azetylzellulose sehr gut eignet, ist das Überziehen von Baumwollfäden mit einer Mischung von ihr mit Metallpulver. Um die Fäden geschmeidiger zu machen, setzt man noch gewisse Substanzen wie Azetyl-Benzyl-Orthotoluidin zu³.

¹ Nach Brit. Pat. 158340 kann man die Azetatseide nach vorhergehender Behandlung mit Ammoniumthiozyanat färben. Die Behandlung erhöht ihre Affinität zu allen Farbstoffklassen. Fabrikate, die Azetatseide enthalten, werden während 2—60 Minuten bei gewöhnlicher Temperatur in ein 5—25%iges Ammoniumsulfozyanidbad gelegt, dann gut ausgewaschen und nach den gewöhnlichen Methoden gefärbt. In einigen Fällen kann man das Rhodanat dem Färbebad direkt zusetzen. Auch kann man Natrium-, Kalium- und Calciumrhodanat verwenden.

² Siehe Journ. Soc. Chem. Ind. 1920, S. 267.

³ Siehe Brit. Pat. 11354 vom Jahre 1909.

Das Produkt ist unter dem Namen „Baykogarn“ bekannt und gibt eine schöne Imitation von Gold- und Silberfäden, die in allen gewünschten Tönen geliefert werden können und zu Dekorationszwecken Verwendung finden. Ein anderes Verwendungsgebiet war die Darstellung von sogenanntem festen Alkohol oder Alkoholtabletten. Sie bestehen aus 10 % Zelluloseazetat und 90 % Alkohol. Sie erwiesen sich als sehr bequem in Fällen, wo man den flüssigen Alkohol nicht gut transportieren konnte. Eine weitere interessante Anwendung der Azetylzellulose ist das Produkt, das als „Sericose L“ im Handel ist. Es ist ein in Alkohol und Essigsäure lösliches Triazetat, das man als Verdickungsmittel zur Erzielung der verschiedensten Druckeffekte benützt.

In der letzten Zeit benutzte man die Azetylzellulose in großen Mengen zur Fabrikation von Filmen und wasserdichten Produkten. Es seien hier unter andern nur die Filme der Firmen Boroid Company, London, Lumière und Planchon in Lyon, der Gesellschaft „Cellon“, die die Patente von Eichengrün verwertet, und der Société „Cellophane“ in Thaon-les-Vosges erwähnt¹.

8. Die Gelatine-seide. Diese ist ein Gespinnst aus Gelatine und unterscheidet sich dadurch von den übrigen Kunstseiden, daß sie ein animalisches und nicht ein vegetabilisches Produkt ist. Infolge dieses Umstandes hat sie mit der natürlichen Seide mehr Ähnlichkeit als die verschiedenen Zellulose-seiden. Die Herstellung dieses als „Vanduraseide“ bekannten Produktes wird so vorgenommen, daß man eine wäßrige Lösung von Gelatine durch ein feines Kapillarrohr preßt. Der so erhaltene Faden wird durch ein endloses Band in eine Trockenkammer gebracht. Der noch weiche Gelatinefaden wird bei dieser Behandlung ziemlich flach, so daß die Seide unter Umständen eine flache bandähnliche Faser bildet. Nach dem Trocknen und Aufspulen wird die Faser Formaldehyddämpfen ausgesetzt, welche die Gelatine wasserunlöslich machen. Durch Verändern des Druckes, den man beim Spinnen anwendet, kann man die Dicke des Fadens beliebig variieren. Dasselbe Resultat kann man auch erreichen, indem man die Geschwindigkeit des endlosen Bandes, welches den Faden wegzieht, beschleunigt oder verlangsamt. Man kann die Seide entweder auf die gewöhnliche Art und Weise als fertiges Produkt in Strängen färben, oder aber den Farbstoff gleich der Spinnflüssigkeit zusetzen. Die Faser ist sehr glänzend, und wenn man den Faden fein genug auszieht, ist er geschmeidig und biegsam.

Die Vanduraseide ist eine englische Erfindung, welche von Adam Millar² patentiert wurde. Die Seide ist jedoch auf dem Markte nie als konkurrenzfähiges Produkt erschienen, und das Verfahren scheint keinen ökonomischen Erfolg gezeitigt zu haben. Eine andere Methode, die einen Faden von ähnlichem Charakter liefert, ist die von Todtenhaupt³, der eine alkalische Lösung von Kasein verwendet.

Es sei hier noch eine interessante Abart der Kunstseide erwähnt, die man als „Löweseide“ kennt. Sie besteht aus einen wirklichen Seiden-

¹ Über Azetatseide siehe S. 577/83. ² Brit. Pat. 15522 vom Jahre 1894.

³ Brit. Pat. 25296 vom Jahre 1904.

faden, der mit Kunstseide umgeben ist, so daß die beiden Konglomerate zusammen eine Faser bilden. Sie hat den Griff und den Glanz der reinen Seide und färbt sich auch gut an. Bis jetzt ist das Verfahren noch im Versuchszustande und das Produkt ist noch nicht auf dem Markte erschienen.

9. Die Eigenschaften der künstlichen Seiden. Der größte Nachteil in bezug auf die textilindustrielle Verwertung der Kunstseiden ist ihr Verhalten gegen Wasser¹. Benetzt man sie mit Wasser, so schwellen sie zu einem beträchtlichen Volumen auf. Pyroxylinseide nimmt in einer Stunde ungefähr 60% an Dicke zu, während die Viskoseseide in 10 Minuten um 45% anschwillt. Die gewöhnliche sowie auch die Tussahseide werden vom Wasser praktisch überhaupt nicht verändert. Wenn die Kunstseide naß ist, verliert sie ihre ursprüngliche Festigkeit in solchem Maße, daß man sie nur noch mit der größten Vorsicht handhaben kann. Seifenlösungen und verdünnte Säuren üben keinen schädlichen Einfluß aus. Aber alkalische Lösungen bauen die Faser rasch ab und lösen sie schließlich vollständig auf. Strehlenert suchte den Festigkeitsverlust, den die nasse Viskoseseide erleidet, dadurch einzuschränken, daß er der Spinnflüssigkeit Formaldehyd zusetzte². Jedoch scheint es, daß dieses Verfahren von keinem großen Erfolg begleitet war.

Das Färben der Kunstseide ist mit ziemlichen Schwierigkeiten verbunden, und im Hinblick auf ihre Empfindlichkeit gegen Wasser muß man die Operation mit größter Vorsicht ausführen. Man setzt dem Färbebad weder Seife noch Säure zu. Als beste Farbstoffe zu diesem Zwecke scheinen sich die basischen und die Direktfarben zu bewähren.

Ein weiterer Nachteil der Kunstseide gegenüber der Naturseide ist ihr Mangel an „Deckkraft“. Das heißt, daß die Naturseidefäden weniger dicht sind und also ein dickeres Aussehen haben als ein Kunstseidefaden von gleichem Gewicht. Infolgedessen hat ein aus Naturseide gewobenes Fabrikat ein festeres Aussehen als ein analoges aus Kunstseide von gleichem Gewicht und gleich dickem Faden.

Die meisten heute hergestellten Kunstseiden werden in der Größenordnung von ungefähr 150 Deniers gesponnen, was ungefähr einem Baumwollfaden Nr. 37 entspricht. Es ist jedoch auch Seide von 120 Deniers im Gebrauch. Die Anzahl Einzelfäden in einem Faden von 120 Deniers beträgt 16—25, so daß die Größe der einzelnen Faser 5—8 Deniers beträgt. Im Vergleich dazu haben die Einzelfasern bei Naturseide eine Größe von nur 1,25 Deniers. Thiel's Seide ist eine der feinsten, die je hergestellt wurde. Ihr Faden beträgt 30—50 Deniers und enthält 45—60 Einzelfädchen, was auf letztere nur noch 0,5—1,2 Deniers ausmacht, so daß sie sogar noch feiner sind als die Naturseide. Je feiner der Denier, um so größer wird die „Deckkraft“, aber auch um so höher stellt sich der Preis des Materials. Kunstseiden, die feiner als 120 Deniers sind, werden auf dem heutigen Markte kaum verlangt.

¹ Mit Ausnahme der Azetatseide.

² Brit. Pat. 22540 vom Jahre 1896

In ihren färberischen Eigenschaften verhalten sich die Kunstseiden¹ im wesentlichen ähnlich wie Baumwolle oder andere Zellulosefasern. Im Hinblick auf die Tatsache, daß die Kunstseide im nassen Zustande ungefähr 60% ihrer Festigkeit verliert, muß man beim Färben, Waschen oder Bleichen des Garns sehr vorsichtig mit ihr umgehen. Nach Jentsch weicht die Pyroxylinseide von der Viskose- und Kupferseide darin ab, daß sie basische Farbstoffe direkt aufnimmt. Es läßt sich dies dadurch erklären, daß die Pyroxylinseide Oxyzellulose enthält. In der Regel benützt man aber zum Färben der Kunstseiden die substantiven Farbstoffe und gibt dann oft einen Zusatz von basischen Farbstoffen zum Bad, um die Farbe zu nuancieren. Beim Färben der Kunstseide soll die Temperatur des Färbebades 70° C nicht überschreiten. Der größte Nachteil beim Färben der Kunstseiden ist ihre Tendenz, unegale Färbungen zu liefern. Dieser Fehler ist zweifellos in der Struktur der Faser selbst zu suchen, da ihre Dichte nicht vollständig homogen ist. Bei der „Kollodionseide“ erklärte man es sich durch den verschiedenen Stickstoffgehalt, weil die dunkler angefärbten Partien mehr Stickstoff enthalten. Unegale Färbungen können oft verbessert werden, indem man mit einem basischen Farbstoff schwach überfärbt.

Die mannigfaltigen Erfahrungen, die man beim Färben der verschiedenen Arten von Kunstseiden gemacht hat, sind sehr interessant. Die Nitro- oder Kollodionseiden haben eine starke Affinität zu basischen Farbstoffen, und wenn man nicht sehr vorsichtig färbt, wird die Färbung unegal. Die Kupferseiden haben nur geringe Affinität zu basischen Farbstoffen, und wenn man volle Töne erhalten will, ist es notwendig, zuerst mit Tannin zu beizen. Die direkten Baumwollfarbstoffe geben die besten Resultate. Man kann auch Schwefel- und Küpenfarben verwenden, jedoch greifen diese die Faser immer ein wenig an. Die Viskoseseide verhält sich in ihrer Affinität zu Farbstoffen ähnlich wie merzerisierte Baumwolle. Die Azetatseide, wie sie zuerst hergestellt wurde, konnte nicht befriedigend gefärbt werden, da das Zelluloseazetat wasserundurchlässig war². Man verwendete einige Zeit Azetatseide, welche teilweise verseift ist, und freie Hydroxylgruppen, welche die Affinität zu den Farbstoffen vergrößert aufweisen. Die Azetatseide hat nur geringe Affinität zu den direkten Baumwollfarbstoffen, so daß man, will man sie mit diesen Farbstoffen färben, sie zuerst durch eine geeignete Vorbehandlung aufnahmefähig machen muß. Diese besteht darin, daß man die Seide in einem Natronlaugebad behandelt. In einigen Fällen kann man die Natronlauge auch dem Färbebad direkt zusetzen. Diese Behandlung scheint weder dem Material noch dessen Glanz schädlich zu sein. Einige basischen Farbstoffe haben gute Affinität zu Azetatseide, so daß man kein Beizmittel braucht. Auch einige der Säurefarbstoffe werden mit gutem Erfolg verwendet. Die neue Farbstoffreihe, die von Green entdeckt wurde und die er „Ionamine“ nannte, hat eine beträchtliche Affinität zu Azetatseide und kann sie direkt färben.

¹ Außer Azetatseide.

² Die Faser hat ganz andere Affinitäten zu den verschiedenen Farbstoffklassen.

Wenn man die Kunstseide zusammen mit Baumwolle, Wolle oder Naturseide oder in Kombinationen mit diesen Fasern verwebt, oder wenn die Kunstseide ungefärbt bleiben soll, wie man das für „Effektzwecke“ benützt, so trifft man infolge der verschiedenen Affinitäten dieser Fasern zu den Farbstoffen auf große Schwierigkeiten. Man muß jeden Fall wieder individuell behandeln. Das Wichtigste dabei ist, daß man zu diesem Zwecke den geeignetsten Farbstoff auswählt, und dann, daß man die günstigste Färbetemperatur innehält. Um die Affinität der Kunstseiden, insbesondere der Kupfer- und Viskoseseiden, wenn sie mit Baumwolle verwoben sind, zu den substantiven Farbstoffen zu verringern, wurde ein Verfahren empfohlen, das darin besteht, daß man das Gewebe in einer 10—15% igen Tanninlösung während einiger Stunden bei 65° C liegenläßt und es dann ohne auszuwaschen in ein lauwarmes Bad, das 6—10% Zinnchlorür enthält, bringt. Das Zinnchlorür wird unter Zusatz von ganz wenig Salzsäure gelöst.

Der Zerfall der Kunstseide bei Anwesenheit von Säure ist ein Fehler, den nur die Chardonnetseide aufweist. Wenn man eine solche Seide färbt, so kann man oft gewisse Unregelmäßigkeiten in der Ausfärbung beobachten. Diese hat man bis jetzt, da alle Prüfungen auf die Anwesenheit von störenden Substanzen in dem zum Färben benützten Material negativ ausgefallen waren, allgemeinen atmosphärischen Einflüssen zugeschrieben. Man sagt jedoch, daß sich diese Unregelmäßigkeiten leicht beheben lassen, wenn man das getrocknete Material eine Zeitlang in Wasser lege und dann nochmals färbe. Doch ist dieses Verfahren unpraktisch und zudem mit Zeitverlust verbunden. Heermann hat dann gezeigt, daß dieser Zerfall der Seide der Anwesenheit von unbeständigen Schwefelsäureverbindungen der Zellulose zuzuschreiben sei. Er schloß das daraus, daß diese unregelmäßige Färbung nur im Falle der Chardonnetseide, nicht aber der Viskose- oder Kupferseide auftrete, so daß er den Grund des Zerfalls in dieser Richtung suchte. In der Tat hat nun diese Ansicht darin ihre Bestätigung gefunden, daß die Extrakte von unegal gefärbten mit Bariumhydroxydlösung einen viel stärkeren Niederschlag von Bariumsulfat lieferten als solche von guten Färbungen. Man sagt, daß man diesem Säurezerfall entgegenzutreten könne, indem man die Seide mit einer 8—12% igen Lösung von Natriumazetat, Natriumformiat oder Borax neutralisiere, worauf man das Material trocknet ohne es auszuwaschen. Des weiteren wird die Tendenz der Faser, geschwächt zu werden, vermindert, wie es die Stabilitätsprüfungen beweisen. Kunstseide, welche mit einer Natriumazetatlösung als Schutzmittel auf 60° C erhitzt worden war, wies nachher eine leichte Verbesserung auf.

Das Bleichen der Kunstseide sollte man so rasch wie möglich ausführen. Die besten Resultate erhält man, wenn man sie nacheinander in ein Natriumhypochloritbad und dann in ein Salzsäurebad bringt. Die Methode des Bleichens mit Permanganat kann hier nicht verwendet werden, da sie die Faser schwächt.

Das Trocknen der Kunstseide nach dem Färben oder Bleichen soll sehr vorsichtig vorgenommen werden. Hauptsächlich soll man Über-

hitzen vermeiden (nicht über 45° C), und dann die Seide, sobald sie trocken ist, aus der Trockenkammer herausnehmen.

Um ein gleichmäßiges Aufziehen des Farbstoffes sowie ein geschmeidiges Anfühlen der Seide zu erreichen, ist der Zusatz von Türkischrotöl oder Monopolöl zum Färbebad zu empfehlen. Um dem Produkt einen krachenden Griff zu verleihen, läßt man die Ware erst durch ein Seifenbad und dann durch ein schwachprozentiges Essig- oder Weinsäurebad gehen, und trocknet dann ohne auszuwaschen.

Die Zugfestigkeit der Kunstseiden beträgt ungefähr die Hälfte derjenigen der Naturseide, ihre Elastizität sogar nur die Hälfte bis ein Drittel, wie in der folgenden Tabelle gezeigt wird.

Seide	Reißfestigkeit in g pro Denier	Elastizität %
Naturseide	2,50	21,6
Chardonnet	0,93	8,0
Lehner	1,43	7,5
Kupferammonium	1,64	12,5
Gelatine	0,63	3,8
Viskose	1,40	9,5

Bronnert gibt folgende Vergleichstabelle zwischen den Reißfestigkeiten der modernen Kunstseiden:

	Reißfestigkeit in g pro Denier		Elastizität %
	Trocken	Naß	
Viskose . .	1,3—1,8	0,4—0,8	15
Azetat . .	1,3—1,4	1,5	20
Kuprat . .	1,4	0,55	16

Dreaper zitiert ein Beispiel von „Cellulo“-Kunstseide von 25 Deniers aus 60 Einzelfäden gesponnen, die eine Reißfestigkeit von 2,3 g pro Denier besitzt, und praktisch gleichwertig mit Naturseide ist.

In nassem Zustande zeigen die Kunstseiden eine Verminderung der Reißfestigkeit um 50—70%. Bronnert stellte fest, daß die Reißfestigkeit der verschiedenen Kunstseidearten in trockenem Zustande ungefähr bei allen dieselbe ist. In nassem Zustande ist die Kupferseide ungefähr 10% stärker als die andern.

Der „Lüster“ der Kunstseide ist eine ihrer charakteristischsten Eigenschaften. Sie ist in dieser Beziehung im allgemeinen der Naturseide überlegen. Ihr Glanz, insbesondere derjenige der Chardonnetseiden, ist jedoch immer ein wenig metallisch, was auf der doppelten Refraktion der Lichtstrahlen beruht. Infolge dieser doppelten Refraktion fluoreszieren einige Farbstoffe, wenn man sie auf Kunstseide färbt, so stark, daß sie nicht mehr verwendet werden können. Die Azetatseide hat nicht den hohen Glanz der Viskose und der Kupferseide und kommt darin der Naturseide am nächsten. Infolge ihrer Eigenschaft, sich nicht benetzen zu lassen, nimmt sie auch die Feuchtigkeit nicht so stark an, was sie zum Verweben geeigneter macht.

Die Kunstseide ist hygroskopischer als Baumwolle. Sie entspricht in dieser Beziehung ungefähr der Naturseide. Der Durchschnitt einer großen Anzahl von Untersuchungen, welche in den Laboratorien der Elberfelder Werke ausgeführt wurden, zeigt, daß der Feuchtigkeitsgehalt der Kunstseide von 9,30—12,99 % variiert und im Durchschnitt 11,3 % beträgt. Die Bewertung der Produkte geschieht, gleich wie bei der Naturseide, auf einer Basis von 11 %.

Die Deckkraft der Kunstseide beträgt nur die Hälfte derjenigen der Naturseide, was man der größeren Dicke der Einzelfädchen zuschreiben muß. Infolge des Unterschiedes der Struktur der Faserquerschnitte hat die Azetatseide nicht dieselbe Deckkraft wie Kupfer- oder Viskoseseide. Dreaper¹ zählt die Fehler der Kunstseide im Vergleich zur Naturseide als folgende auf: 1. der Durchmesser oder Denier der Fäden ist zu groß; 2. die Einzelfädchen sind viel dicker als diejenigen der Naturseide; 3. die Festigkeit und insbesondere die Elastizität sind nicht befriedigend; 4. der Festigkeitsverlust beim Benetzen ist zu groß; 5. der Mangel an Deckkraft setzt den Wert der Produkte zurück.

Die „Dichte“ (spezifisches Gewicht) der Kunstseide beträgt ungefähr 1,56 und ist somit 10—13 % höher als die der Naturseide. Die Azetatseide hat eine Dichte von 1,25, so daß sie um 6 % weniger dicht ist als die Naturseide, und um 17 % weniger als die andern Arten der Kunstseide.

10. Vergleichung der Kunstseiden. Hassac² gibt eine vergleichende Übersicht der verschiedenen Kunstseidearten. Die Chardonnet- und Lehnerseiden sehen sich äußerlich sehr ähnlich. Sie sind glänzender, aber steifer als die Naturseide und sie besitzen auch nicht deren charakteristischen Griff. Zelluloseseide, die nach dem Kupferoxydammoniakverfahren hergestellt wurde, ist den vorigen ähnlich. Doch ist ihr Lüster besser und sie hat auch den charakteristischen Griff der Naturseide. Die Lehnerseide ist unter dem Mikroskop durch tiefe Längsfurchen und kleine Luftbläschen gekennzeichnet. Ihr Querschnitt ist hochgradig unregelmäßig. Die Kupferseide zeigt einen regelmäßigen kreisrunden oder elliptischen Querschnitt, sie hat feine Längsfurchen und im Innern der Faser sieht man winzige Querlinien. Hammels Gelatineseide ist in der Regel kreisrund und frei von Luftbläschen und Furchen. Im polarisierten Licht zeigt sie einfache Refraktion, während die andern alle doppelbrechend sind. Unter dem Polarisationsmikroskop zeigt die Kollodiumseide eine hellblaue Farbe, während Kupferammonium- und Viskose-seide graublau aussehen.

Der Aschegehalt der verschiedenen Seiden scheint stark zu differieren. Mitchell und Prideaux machen folgende Angaben:

Kollodiumseide	2,23 %
Viskoseseide	0,28 „
Kupferseide	0,18 „

Da die Chardonnetseiden immer etwas Nitroverbindungen enthalten, geben sie mit Diphenylamin und Schwefelsäure eine blaue Färbung. Die

¹ Journ. Soc. Dyers and Col. 1907, S. 7. ² Chem. Zg. 1900, S. 235, 267, 297.

Probe wird so ausgeführt, daß man ein kleines Seidenmuster in konzentrierter Schwefelsäure auflöst, zu welcher man eine Spur Diphenylamin zugesetzt hat. Die Chardonnetseide liefert sofort eine tiefblaue Farbe, während die andern Zelluloseseiden nur eine schwache Gelbfärbung liefern. Man kann auch statt Diphenylamin Brucin verwenden, wobei, dann die Farbe bei der Chardonnetseide tiefrot ist, während die andern Zelluloseseiden wieder eine gelbliche Farbe liefern. In der Regel beträgt der Stickstoffgehalt der Chardonnetseide weniger als 0,2%. Die Naturseide enthält dagegen 17%. Diese Spur von Stickstoffverbindungen genügt jedoch, um die Chardonnetseide von der Viskose- oder Kupferseide eindeutig zu unterscheiden.

Die Einwirkung von Wasser bringt alle Kunstseiden zum Quellen. Behandelt man sie jedoch mit Glyzerin oder Alkohol, so ziehen sie sich zusammen. In starker Schwefelsäure schwillt Chardonnetseide rasch an und löst sich dann auf, Kupferseide löst sich, indem sie nach und nach dünner wird, und die Gelatineseide löst sich nur, wenn man stark erwärmt. Chromsäure löst sämtliche Kunstseiden in der Kälte, während sie Naturseide nur langsam und Baumwolle und andere Pflanzenfasern gar nicht angreift. Ätzkali löst weder Kollodium- noch Zelluloseseiden, aber Gelatine- und Naturseide sind löslich, wenn man sie damit kocht. Schweißers Reagens löst alle Zelluloseseiden, aber nicht die Gelatineseide, die jedoch der Lösung eine hellviolette Färbung verleiht. Eine alkalische Kupferglyzerinlösung löst bei 80° C Naturseide sofort auf. Wenn man während einer Minute kocht, lösen sich auch die Tussah- und die Gelatineseide darin auf, während die übrigen Kunstseiden nicht angegriffen werden. Jodlösung färbt alle Kunstseiden intensiv rot, welche Farbe bei den Chardonnetseiden in ein Blau übergeht, wenn man sie mit Wasser auswäscht. Jod-Schwefelsäure färbt die Naturseide gelblich, Gelatineseide braun und die Zelluloseseiden blau.

Die Kupferseide unterscheidet sich von der Kollodiumseide durch ihre geringe Kupferzahl. Die Zellulose, aus welcher die Kupferseide zusammengesetzt ist, scheint einen viel höheren Grad der Hydratation zu besitzen als diejenige der Viskoseseide, wie das auch durch die größere Festigkeit der letzteren Art in der Feuchtigkeitsprüfung zum Ausdruck kommt. Die Kupferseide hält immer Spuren von Kupfer zurück, das dann der Faser ein milchiges oder bläuliches Aussehen gibt. Behandelt man sie mit Ammonsulfid, so erhält man eine graue Farbe. Auch ist die Kupferseide etwas weniger durchsichtig und glänzend als die Viskose. Nach Bronnert kann man die Kupfer- von der Viskoseseide unterscheiden, indem man einige Tropfen starker Schwefelsäure auf die Faser bringt. Die Kupratseide wird gelb und liefert eine strohgelbe Lösung, die bei zunehmender Konzentration braun wird, während die Viskoseseide sofort eine rötlichbraune Färbung annimmt.

Massot gibt folgende Zahlen für die durchschnittliche Dicke der verschiedenen Kunstseidearten:

Chardonnetseide	28,8 Mikrons	Viskoseseide	30,5 Mikrons
Lehnerseide	35,4 „	Naturseide	15,0 „
Kupferseide	31,4 „		

Vergleich der verschiedenen Kunstseiden mit Naturseide (Hassac).

Seide	Feuchtigkeitsgehalt		Spez. Gew.	Fasern pro qmm		Zugfestigkeit kg pro qmm		Elastizität in %
	Luft-trocken %	Ge-sättigt %		Naß	Trocken	Naß	Trocken	
Chardonnet	11,11	27,46	1,52	640	1135	2,2	12,0	8,0
„ (Walston)	11,32	28,94	1,53	683	1620	1,0	22,3	7,9
Lehner	10,45	26,45	1,51	413	1180	1,5	16,9	7,5
Kuprat	9,20	23,08	1,50	742	1550	3,2	19,1	12,5
Gelatine	13,98	45,56	1,37	265	945	0,0	6,6	3,8

Silbermann macht folgende Angaben über die Elastizität der verschiedenen Seiden:

Naturseide	17,2 ⁰ / ₀	Chardonnetseide	11,6 ⁰ / ₀
Tussahseide	18,0 „	Vivierseide	9,6 „

Man hat festgestellt, daß die Elastizität der nach Thiele hergestellten Kupferseide derjenigen der Naturseide gleichwertig ist.

Nach Süvern beträgt der Feuchtigkeitsgehalt der lufttrockenen Seiden in Prozenten:

Chinesische Rohseide	7,97	Kupratseide	10,04
Tussahseide	8,26	Viskoseseide	11,44
Chardonnetseide	10,37—11,17	Gelatineseide	13,02
Lehnerseide	10,71		

Strehlenert und Westergren geben folgende Tabellen über die Zugfestigkeit der verschiedenen Seidearten (die Zahlen bedeuten die Zugfestigkeit in Kilogrammen pro Quadratmillimeter):

Naturseiden.			
		Trocken	Naß
Chinesische Seide		53,2	46,7
Französische Rohseide		50,4	40,9
„ Seide, abgekocht		25,5	13,6
„ „ rotgefärbt und beschwert		20,0	15,6
„ „ blauschwarz, 110% beschwert		12,1	8,0
„ „ schwarz, 140% beschwert		7,9	6,3
„ „ „ 500% „		2,2	—
Kunstseiden.			
		Trocken	Naß
Chardonnet, ungefärbt		14,7	1,7
Lehner, ungefärbt		17,1	4,3
Strehlenert, ungefärbt		15,9	3,6
Kupferseide, ungefärbt		19,1	3,2
Viskose, erste Muster		11,4	3,5
„ neueste Muster		21,5	—
Baumwollgarn (zum Vergleich)		11,5	18,6

Cross und Bevan¹ machen folgende Angaben in bezug auf die Festigkeit der Kunstseiden:

¹ Journ. Soc. Chem. Ind. 1908, S. 1189.

	Kunstseiden	Naturseiden abgekocht
Reißfestigkeit pro Denier (in Gramm)	1,0—1,4	2,0—2,5
Dehnung vor dem Bruch (in Prozent)	13—17	15—25
Wahre Elastizität (in Prozent)	4—5	4—5

Entgegen der allgemeinen Meinung widersteht die Kunstseide der Beanspruchung durch das Tragen und Reiben sehr gut, und sachgemäß behandelte Kunstseideprodukte werden das Waschen und Bügeln ebensogut überstehen wie solche aus Baumwolle. Man sagt, daß Kleiderfutter aus Kunstseide besser seien als solche aus italienischem Tuch, da die Oberfläche so glatt ist, daß sie leicht gleitet und so die Last des Kleides weniger bemerkbar wird. In der Strumpfwarenindustrie kann die Kunstseide in jeder Beziehung mit der Baumwolle konkurrieren.

Die Dicke der im Handel befindlichen Kunstseide schwankt zwischen 110 und 150 Deniers für Web- und Stickereizwecke. Größere Sorten werden in der Posamenterie usw. verwendet. Nach dem Verfahren von Thiele kann man Fäden von 40 Deniers und sogar weniger herstellen, von denen jeder einzelne aus 80 Einzelfädchen besteht. Bei dieser Kunstseideart sind die Einzelfädchen sogar noch feiner als bei der Naturseide ($\frac{1}{2}$ bis 1 Denier), was zur Folge hat, daß der Faden eine größere Elastizität und Geschmeidigkeit besitzt. In andern Sorten wieder erreicht die Dicke des Einzelfadens einen Durchschnitt von 5—8 Deniers, also ungefähr das Doppelte der Naturseide. Man hat festgestellt, daß die Thieleseide infolge ihrer Struktur eine bedeutend größere Festigkeit besitzt als die übrigen Kunstseiden, und in der Tat steht sie derjenigen der Naturseide nur um 20% nach.

Die Deckkraft der Kunstseide hängt hauptsächlich von der Oberfläche eines gegebenen Gewichtes an Faden und infolgedessen vom Querschnitt der Einzelfädchen ab. In bezug auf die Einzelfädchen nimmt die Deckkraft in dem Maße zu, wie deren Querschnitt abnimmt, so daß von zwei Fäden von gleichem Durchmesser, von denen der erstere aus 18 Einzelfädchen, der andere aus 30 zusammengesetzt ist, der letztere ungefähr 30% mehr Deckkraft aufweist.

Jedoch ist weder das Gewicht des Fadens der einzige Faktor, den man in Betracht ziehen muß, noch hat das spezifische Gewicht der verschiedenen Seidesorten einen sehr großen Einfluß. Was jedoch in dieser Beziehung von größter Wichtigkeit ist, ist die Form des Querschnittes der Einzelfädchen. Eine Faser mit kreisförmigem Querschnitt hat weniger Deckkraft als eine solche, die davon abweicht, und je größer diese Abweichung ist, um so wirkungsvoller wird der Faden. So nimmt auch der Glanz mit der zur Reflexion des Lichtes zur Verfügung stehenden Oberfläche zu. Die Querschnitte der verschiedenen Kunstseiden weichen sehr stark voneinander ab, und man kann sie in weitgehendster Weise willkürlich verändern. Im Falle der Viskose- oder der Kupferseide sind sie abhängig von der Zusammensetzung der Zelluloselösung und von der Stärke des Spinnbades. Bei der Azetatseide, welche trocken versponnen wird, hat man es in der Hand, den Querschnitt durch die Trocknungsgeschwindigkeit, d. h. durch die Geschwindigkeit, mit welcher das Azeton verdampft wird, zu beeinflussen.

In bezug auf die Herstellungskosten besteht kein Zweifel, daß die Viskoseseide die billigste ist. Sie wird von der Kupferseide gefolgt, während die Chardonnet- und Azetatseide die teuersten sind.

11. Die Mikroskopie der Kunstseiden. Betrachtet man die künstlichen Seiden unter dem Mikroskop, so haben sie in der Regel ein glattes, strukturloses Aussehen, ähnlich einem durchsichtigen Glasstab. Das Aussehen ist vollständig verschieden von dem der andern Gespinnstfasern, und gewöhnlich sind die Querschnitte der Fasern sehr charakteristisch. Man kann die verschiedenen Kunstseidearten an Hand ihrer mikroskopischen Eigenschaften gut auseinanderhalten.

Herzog gibt folgende Übersicht über die mikroskopischen Charakteristika der Kunstseiden:

1. a) Zwischen gekreuzten Nikols Aufhellung des optischen Feldes siehe 2
- b) Zwischen gekreuzten Nikols keine oder nur schwache Aufhellung des optischen Feldes siehe 3
2. a) Mit Kongorot gefärbt starker Dichroismus siehe 4
- b) „ „ „ kein Dichroismus siehe 5
3. a) Nach Einführung des Gipsplättchens
 bei +45° Additionsfarbe
 bei -45° Subtraktionsfarbe siehe 6
- b) Wie unter a) erscheint die Faser nach Einführung eines Glimmerplättchens bei parallelen Nikols
 bei +45° weiß
 bei -45° braun
- In Zitronenöl präpariert in der Regel unsichtbar, die ultramikroskopische Konstruktion ist sehr schwach Azetatseide
4. a) Polarisationsfarben leuchtend, aber wechselnd in mehr oder weniger parallele Streifen angeordnet, ultramikroskopische Kornstruktur aber eher unausgeprägt Kollodiumseide
- b) Wie unter a), aber die Farben sind nicht so ausgesprochen und die Parallelstreifen nicht so augenfällig. Ultramikroskopische Kornstruktur ziemlich ausgeprägt Viskoseseide
- c) Die Faser zeigt eine einheitliche orangebraune Färbung, die unter gekreuzten Nikols in ein Blaugrau übergeht, die ultramikroskopische Kornstruktur ist sehr gut ausgeprägt Kupferseide
5. a) Polarisationsfarben gleichförmig bläulich oder gelblich, selten rötlichviolett. Im Ultramikroskop ausgeprägte Parallelstruktur Naturseide
- b) Veränderliche und rasch wechselnde Polarisationsfarben, welche breite, bandähnliche Streifen zeigen. Im Ultramikroskop ist die Parallelstruktur sehr augenfällig Tussahseide
6. a) Doppelbrechung ohne Gipsplättchen, einfach hervorgerufen durch Quetschen oder Strecken der Faser. Mit Kongorot kein Dichroismus, in Nelkenöl meist unsichtbar. Im Ultramikroskop keine Struktur sichtbar, sondern nur Unreinheiten Gelatine-seide
- b) Doppelbrechung nur schwach, kann aber zwischen gekreuzten Nikols beobachtet werden, mit Kongorot gefärbt und ohne Verwendung des Gipsplättchens kein Dichroismus, natürliche Farbe gelblich bis gelblichbraun Muschelseide

Nach Cross wird der Umriß des Seidenfadens von der Art des Herstellungsprozesses bestimmt. Es hängt davon ab, wie der ursprünglich zylindrische Faden der Zelluloselösung im Fällbad und beim Trocknen behandelt wird. Man kann die verschiedenen Arten der Querschnitte in drei große Klassen einteilen:

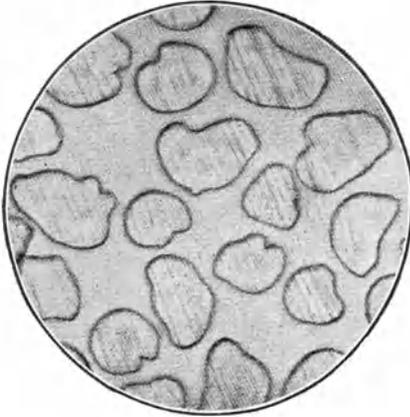


Abb. 250. Querschnitt durch Kupferseide. (Cross.)



Abb. 251. Querschnitt durch Kollodiumseide. (Cross.)

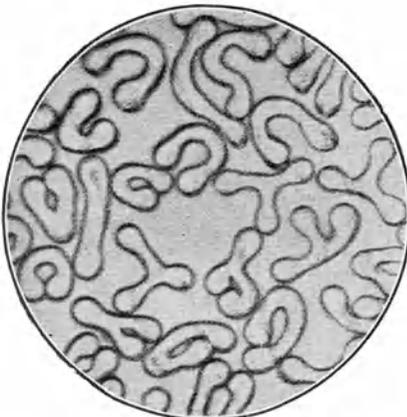


Abb. 252. Querschnitt durch Azetatseide. (Cross.)

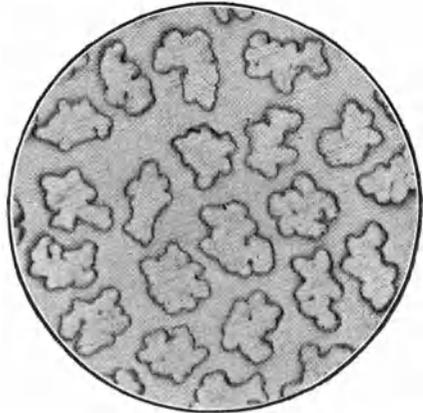


Abb. 253. Querschnitt durch moderne Viskoseseide. (Cross.)

1. Das Gespinnst zieht sich langsam zusammen und gibt daher einen schön regelmäßigen Querschnitt, entsprechend der Kupferseide wie auch der anfänglichen Form der Viskoseseide (Abb. 250).

2. Der Umriß bleibt glatt, da die Wände sich nach innen zusammenziehen, was einen unregelmäßigen Schnitt gibt, wie es bei der Kollodium- und Azetatseide der Fall ist (Abb. 251 und 252).

3. Die Wände werden gezackt, indem sie den ursprünglichen Umfang dem verkleinerten Querschnitt anpassen wollen, wie das bei der modernen Viskoseseide auftritt (Abb. 253).

Herzog¹ beschreibt eine neue Methode zur Untersuchung von Kunstseidequerschnitten, von der man sagt, daß sie selbst einem ungeübten Beobachter erlaube, die ganze Untersuchung in ungefähr 1 Minute zu erledigen, da sie die Notwendigkeit, feine Dünnschliffe herzustellen, vermeidet. Das zu untersuchende Faserbündel wird mit einer 4%igen Kollodiumlösung behandelt, um zu vermeiden, daß sich die Fasern sträuben, und dann mit einem scharfen Messer auf einer Glasunterlage geschnitten. Der Querschnitt wird nun auf die eine Seite eines rechtwinkligen Prismas, dessen Hypotenuse versilbert ist, gebracht. Das

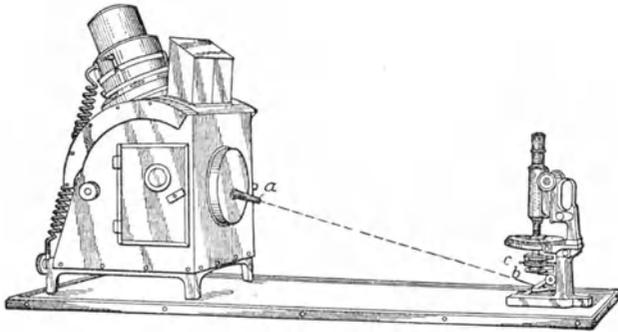


Abb. 254. Anordnung zur Ultramikroskopie von Fasern.



Abb. 255. Ultramikroskopische Struktur der Kupferseide.

Prisma verhält sich wie ein Totalreflektor und der Querschnitt wird durch die dritte Seite des Prismas hindurch mikroskopisch untersucht.

12. Die ultramikroskopische Untersuchung der Kunstseiden. Mit Hilfe des gewöhnlichen Mikroskopierverfahrens kann man Körper, die kleiner als 0,2 Mikron sind, nicht mehr erkennen. In den letzten Jahren hat jedoch die Kolloidforschung eine Methode, die man die ultramikroskopische nennt, entwickelt und eine ganze Reihe von Forschern, wie Siedentopf, Schneider und Kunzl, Gaidukov und Herzog², haben sie den Untersuchungsmethoden der Textilfasern und insbesondere der Kunstseide angepaßt.

¹ Deutsche Faserstoffe, 1921, S. 52.

² Schneider und Kunzl: Spinnfasern und Färbungen im Ultramikroskop. Z. wiss. Mikroskopie Bd. 24, Nr. 4. Gaidukov: Über die Anwendung des Ultramikroskops in der Textil- und Farbstoffindustrie. Z. angew. Chem. 1908.

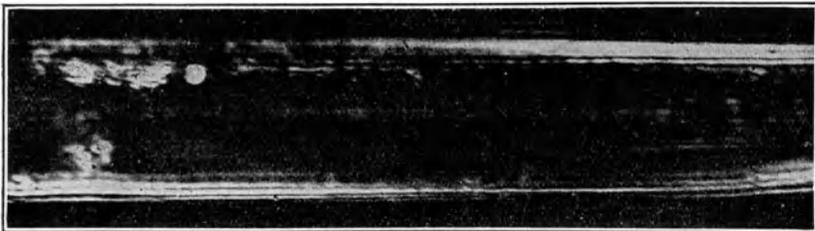
Durch die Verwendung des Ultramikroskops kann man Vergrößerungen bis zum 2500fachen erreichen, und wir verdanken ihm viele wichtige Aufklärung über die innere Struktur mancher Körper. Betrachtet man die Kunstseiden unter dem Ultramikroskop, so zeigen sie gewisse scharf erkennbare Unterschiede sowohl unter sich, als auch gegen andere Faserstoffe, wie Naturseide, Tussahseide und Baumwolle. Die Kupfer-,



Abb. 256. Ultramikroskopische Struktur der Viskoseseide.



Abb. 257. Ultramikroskopische Struktur der Kollodiumseide.



[Abb. 258. Ultramikroskopische Struktur der Naturseide.

Viskose- und Kollodiumseide zeigen eine körnige Struktur, aber diese Körnung ist bei jeder Art in Form und Größe verschieden (Abb. 255 bis 257). Die Untersuchung der Azetatseide liefert nicht so gute Resultate. Da man sie jedoch nach andern Methoden leicht und genau identifizieren kann, wird man sie für die Ultramikroskopie überhaupt vernachlässigen. Die Gelatineseide ist optisch durchsichtig und zeigt unter dem Ultramikroskop überhaupt nichts. Da sie jedoch von sehr geringem, wenn nicht überhaupt keinem Handelswerte ist, kann man sie auch ausschalten.

Naturseide und Tussahseide zeigen beide eine sehr ausgeprägte Parallelstruktur (Abb. 258 und 259), während die Baumwolle eine mehr lamellenförmige Struktur aufweist.

13. Anwendung der verschiedenen Zelluloselösungen. Man kann aus einer Lösung von Zellulose in Chlorzink¹ seidenartige Gespinste erhalten. Man kann diese Flüssigkeit leicht verspinnen, doch ist der gebildete Faden zu schwach, um als Ersatz für Seide in Betracht zu kommen. Man

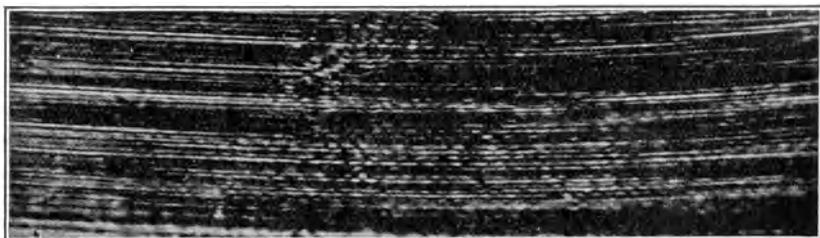


Abb. 259. Ultramikroskopische Struktur der Tussahseide.

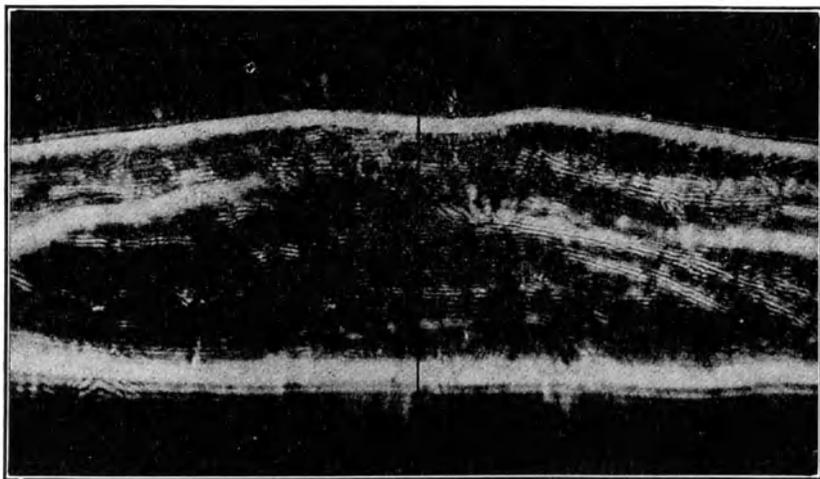


Abb. 260. Ultramikroskopische Struktur der Baumwollfaser ($\times 1400$).

stellt nach dieser Methode hauptsächlich die Glühfäden für Kohlefadenlampen her. Eine hochwertigere Lösung erhält man nach Bronnert, wenn man Alkalizellulose statt Zellulose verwendet.

Folzer (Textile Manufacturer) weist auf die Tatsache hin, daß gewöhnliche Zellulose in kaltem Chlorzink nur wenig löslich sei, da sie darin nur zu einer gelatinösen Masse quelle. Wenn man eine richtige Lösung erzielen will, so muß man bei höheren Temperaturen arbeiten.

¹ Dreaper and Thomson (Brit. Pat. 17901 vom Jahre 1898). Die Zelluloselösung in Chlorzink wird durch Düsen in Alkohol oder Azeton gepreßt, welche die Zellulose koagulieren.

Das Chlorzink verursacht infolge seiner hydratisierenden Wirkung ohne Zweifel eine Depolymerisation der Zellulose, so daß dann die ausgefällte Substanz nur mehr schwache Ähnlichkeit mit der Zellulose und ihren ursprünglichen Eigenschaften besitzt. Wynne und Powell versuchten dann das Chlorzink durch eine Mischung mit Aluminiumchlorid abzuschwächen. Es ist möglich, daß man die Entpolymerisierung auf diese Weise ein wenig zurückdrängen kann. Aber sowohl Wynne und Powell als auch Dreaper und Thomson, welche letztere auch die Verwendung von Zellulosechlorzinklösungen zur Herstellung von Textilfasern vorgeschlagen hatten, konnten diese Lösungen nur erhalten, indem sie das Chlorzink sehr hoch erhitzen. Man hat jedoch festgestellt, daß während dieser Behandlung das Zellulosemolekül verändert wird, und daß die so gebildeten Fäden äußerst schwach sind. In einem amerikanischen Patent beschreibt Bronner ein Verfahren, das aber, soviel wir wissen, bis jetzt noch nicht über den Versuchszustand hinausgekommen ist. Nach seiner Methode wäre es möglich, einen starken Faden dadurch zu erzielen, daß man die Zellulose vor dem Lösen in Chlorzink einer geeigneten Vorbehandlung unterwirft, analog wie bei der Fabrikation der Kupferseide.

Die vorteilhafteste Methode besteht darin, daß man die gereinigte und gebleichte Zellulose durch Eintauchen in kalte konzentrierte Sodalösung in Natriumzellulose verwandelt, dann die Natriumverbindung mit Wasser zersetzt und die so erhaltene Zellulose in einer konzentrierten Chlorzinklösung auflöst. Die so hergestellte Lösung muß man unter möglichst niedriger Temperatur aufbewahren, um eine Zersetzung, die für ein gutes Spinnen schädlich ist und sogar die Fabrikation verunmöglichen kann, zu vermeiden. Ein neues Verfahren, welches eine Zukunft zu haben scheint, ist dasjenige von Beltzer in Paris, der Alkalizellulose verwendet. Trägt man einen Holzbrei bei einer Temperatur von 0—5° C gleichmäßig in eine Natronlauge von 10° Bé ein, so findet Hydratisierung statt. Man erhält jedoch nur dann eine vollständige Lösung, wenn man mit der Temperatur auf 15° C heruntergeht. Mit dieser Alkalizellulose war es dem Erfinder möglich, Kunstseide, Häutchen usw. herzustellen. Es ist wieder Beltzer, welcher beobachtete, daß, wie die Natronlauge, auch Schwefelsäure, Phosphorsäure usw., wenn man sie in der geeigneten Konzentration anwendet, die Zellulose merzerisieren oder hydratisieren. So verwandelt z. B. Schwefelsäure von 49—55° Bé die Zellulose in eine pergamentähnliche Substanz, welche sich in der Kälte unter Bildung einer viskosen, homogenen und durchscheinenden Masse löst. Man nennt diese Lösung infolge ihrer großen Ähnlichkeit mit Stärke „Amyloid“. Zum gleichen Ergebnis kommt man, wenn man Baumwollzellulose oder Holzbrei mit Chlorzink oder Phosphorsäure von einer bestimmten Konzentration behandelt. Man kannte die Einwirkung dieser Substanzen auf die Zellulose schon seit langer Zeit, aber erst Beltzer kam auf den Gedanken, bei niedrigen Temperaturen zu arbeiten und so die Hydrolyse und den Abbau der Zellulose zu vermeiden. Sobald man eine gelatinöse Lösung der Zellulose bei dieser niedrigen Temperatur erreicht hat, wird sie mit kaltem, wenn möglich eisgekühltem Wasser verdünnt, um Tempe-

raturerhöhungen zu vermeiden. Man erhält dann einen Niederschlag von Hydrozellulose, den man mit Wasser oder in einem schwach alkalischen Bad zur Entfernung der Säure auswäscht. Nach dem Auswaschen hat man eine reine Hydrozellulose, die sich in Natronlauge vollständig auflöst.

14. Künstliches Pferdehaar. Wir haben schon früher erwähnt, daß künstliches Pferdehaar hergestellt wird, indem man Zelluloselösung in dicken Fäden (300—400 Deniers) analog der Kunstseide verspinnst. Es werden aber auch Seiden-, Baumwoll- und Leinenfäden mit einer Schicht von Kollodium oder andern Zelluloselösungen überzogen, um so glänzende, seideähnliche Garne zu erhalten¹. Seidene Fischleinen, die auf diese Weise mit Pyroxylin überzogen und hellgrün gefärbt werden, sind wasserfest, haben eine gewisse Neigung zum Schwimmen und sind im Wasser kaum sichtbar.

Der Handelsname eines Kunsthaarproduktes aus Kupferammoniumlösung ist „Crinol“, während ein ähnlicher Artikel unter der Marke „Meteor“ bekannt ist.

15. Stapelfaser und Fibro. Während des letzten Krieges wurde in Deutschland ein Kunstseideprodukt ausgearbeitet, das unter dem Namen „Stapelfaser“ bekannt war. Sehr feine Kunstseidefädchen werden zu dicken Fäden zusammengedreht und diese dann in Stücke von 4—5 cm Länge geschnitten. Dann werden die feinen Fädchen wieder herausgetrennt und manchmal allein, aber meistens mit Wolle oder andern Fasern zusammen zu Garn versponnen. Solche Garne aus Stapel wurden in der Kleiderstofffabrikation in großen Mengen verwendet. Das „Fibro“ ist ein Kunstseideprodukt englischen Ursprungs. Es besteht aus kurzen Faserstücken und wird zum Spinnen von Spezialgarnen und für Fabrikate, die einen großen Glanz verlangen, verwendet. Es wird in zunehmender Menge als eine Faser hergestellt, die für sich allein verwendet und nicht als Ersatz für Wolle benützt wird.

16. Bandstroh aus Kunstseide. Dieses wird hergestellt, indem man die Kunstseidelösung statt als Faden in Form eines dünnen Bändchens spinnt. Die Bänder sind in der Regel 1—5 mm breit und 0,02 mm dick. Die Zelluloselösung wird durch eine geschlitzte Öffnung in das Koagulierbad gepreßt. Das Produkt hat einen sehr hohen Glanz, färbt sich leicht an und wird in der Hutfabrikation sehr viel verwendet.

17. Weniger wichtige Verwendungsarten der Kunstseidelösungen. Folger macht im Textile Manufacturer auf folgende andere Verwendungsmöglichkeiten der Viskose, die unabhängig von ihrer Verarbeitung zu Kunstseide sind, aufmerksam:

1. Dekorationsmalerei mit Zellulose als Grundlage. Die Fähigkeit der gelösten Zellulose (Viskose), bis zum 20fachen ihres Gewichtes an mineralischem Pulver zurückzuhalten, läßt sie sehr geeignet als Grundlage für Farben erscheinen, besonders da die Zellulose infolge

¹ Eine getreue Nachahmung des schwarzen Pferdehaares wird erzielt, wenn man einen schwarzen, 50's sechsfachen Faden in eine geeignete Pyroxylinlösung taucht. Der überzogene Faden hat, da er noch schwarz ist, die Transparenz, die dem Pferdehaar eigentümlich ist.

ihrer Stabilität den Witterungseinflüssen sehr gut standhält. Diese Farbe haftet sehr gut auf dem Mauerwerk, selbst wenn es noch nicht trocken ist; dasselbe ist der Fall auf Holz, Zementen und selbst auf Filz und Bitumen. Sie ist nicht brennbar und verleiht den Gegenständen eine glatte, einheitliche Oberfläche, welche man wenige Tage nach dem Anstrich mit Sodalösung waschen kann.

2. Papiere für Kunstdrucke. Die charakteristischen Eigenschaften der Anstriche mit Zellulose als Grundlage machen diese besonders geeignet für die Herstellung von Papier für Kunstdrucke. Man kann so eine Oberfläche von bemerkenswerter Glätte und ausnehmender Geschmeidigkeit erzielen, in die man Zeichnungen von solcher Feinheit eingravieren kann, wie das für erstklassige Kunstdruckreproduktionen erforderlich ist.

3. Verpackungen von Fabrikaten. Wenn man die Viskose rein oder schwach beschwert verwendet, bildet sie auf der Oberfläche der Fabrikate eine sehr homogene, im Wasser unlösliche Schicht, welche auch der Einwirkung von Säuren und Alkalien widersteht. Man kann transparente Viskose zum Schutz von Tuch verwenden, undurchsichtige zur Herstellung von wasserdichten Bettüchern und für Buchbinderzwecke. Für letztere Verwendungsart bildet sie eine Oberfläche, welche sich zum Gravieren und sonstiger Bearbeitung vorzüglich eignet.

4. Viskosekautschuk. Kautschuk mit Viskose gemischt ist bedeutend billiger als Kautschuk allein, und man kann die Mischung für alle Zwecke verwenden, für die man bis jetzt reinen Kautschuk brauchte. Z. B. wasserdichte Stoffe, Röhren usw. In Verbindung mit Viskose widersteht Kautschuk den atmosphärischen Einflüssen besser und seine Geschmeidigkeit bleibt ihm vollständig erhalten.

5. Effekte auf Fabrikaten und Gespinnten. Man kann die Viskose als einen sehr billigen Überzug zur Aufnahme von Farbedrucken, besonders Weiß, verwenden. Auf Textilien oder sonstigen Fabrikaten bildet sie einen sogenannten Finish, der durch Waschen nicht angegriffen wird. Beim Färben bildet die Viskose für gewisse Farbstoffe eine Beize, was eine ökonomische Verwendung derselben zur Folge hat.

6. Papiere und Pappen. Verwendet man sie in der Fabrikation von Pappe und dickem Papier zu Packzwecken, so nimmt die Viskose an Festigkeit um 30—100 %, je nach der Zusammensetzung der verwendeten Mischung, zu. Auf ähnliche Weise hat man Viskoseleder-papiere oder Lederimitationen fabriziert.

7. Gepreßtes Viskosid. Infolge ihrer großen Adhäsion liefert die Viskose kompakte Körper in jeder Form. Diese sind vorzügliche Isolatoren für Elektrizität und Wärme und unter dem Namen „Viskosid“ im Handel.

8. Verschiedene industriell wichtige Substanzen. Man hat aus Viskose transparente Filme von allen Farben und für alle Zwecke, Packpapiere für Seifen und ähnliche fettige Substanzen, Abziehbilder für nachgeahmte Fensterglasmalerei und andere Zwecke hergestellt. Ferner macht man daraus gefärbte Ballone, Lampions zu

Beleuchtungszwecken, dicke und starke Platten, die das Zelluloid in jeder Beziehung ersetzen sollen.

18. Bänder und Tülle aus Zelluloselösungen. Ein mit der Kunstseide nahe verwandtes Produkt ist, obschon es nicht in einen Faden versponnen wird, das aus Zelluloselösungen hergestellte künstliche Band. Man verwendet zu diesem Zwecke nur die Kupferammoniumlösung.

Nach Folzer wurde der Gedanke, Bänder und Tüll ohne den Weg über Spinnen und Weben zu beschreiben, zuerst im Jahre 1899 von Adam Millar in Glasgow entwickelt, welcher zu diesem Zwecke einen Apparat konstruierte. Die Zelluloselösungen oder andere viskose Substanzen werden durch Kapillarröhren auf ein endloses Band gespritzt. Die Bewegung der Verteiler wird so geregelt, daß sich die sinusförmigen Bänder an ihren Scheitelpunkten berühren und zusammenkleben. Man erhält dann einen künstlichen Tüll von sehr großer Regelmäßigkeit. Infolge der Natur der angewandten Zelluloselösungen war es notwendig, gleich auf dem endlosen Band den Faden noch zu koagulieren oder mit Wasserdampf zu trocknen. Diesen Tüll konnte man dann noch wasserdicht machen oder andern Behandlungen unterwerfen. Indem man die Geschwindigkeit des endlosen Bandes und der Hin- und Herbewegung der Kapillarröhren ändert, hat man es in der Hand, den Maschen ein beliebiges Aussehen zu geben.

Im Jahre 1901 nahm Joseph Migniers in Lyon ein anderes Patent zur Herstellung von künstlichem Tüll. Sein Hauptvorteil liegt darin, daß der Erfinder der Lösung Glycerin und andere Körper zusetzte, die deren Viskosität sowie auch die Elastizität und die Festigkeit des fertigen Produktes erhöhen. Wieder einen andern Gedanken verfolgte Emile Duinat in dem von ihm im Jahre 1906 genommenen französischen Patent No. 368398. Hier wird die Zelluloselösung durch eine schlitzförmige Öffnung gepreßt, in der sich ein bis mehrere Systeme von Zähnen bewegen. Diese Zähne verteilen oder unterbrechen den Flüssigkeitsstrom so, daß er feine Bänder oder dicke Fäden bildet und auf diese Weise ein künstlicher Tüll entsteht.

Die einfachste, aber auch die weitaus brauchbarste Methode zur Fabrikation des künstlichen Tülls hat jedoch Marius Ratignier, Direktor der Société H. Previlhac et Cie. in Lyon, erfunden. Das Ratignier-Previlhacsche Verfahren liefert ein fortlaufendes Produkt und ermöglicht, in einem Fabrikationsgange beliebige Längen davon herzustellen.

Die von ihm entworfene Apparatur wird in Abb. 261 gezeigt. Die Zelluloselösung, welche den richtigen Viskositätsgrad haben muß, befindet sich in dem Behälter A. Von hier aus fließt sie kontinuierlich auf den geriffelten Zylinder B, welcher in der Richtung des Pfeils rotiert. Die Riffelung der Walze ist also vollständig mit Zelluloselösung aus-

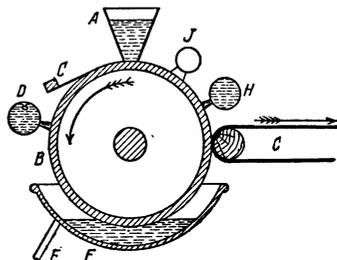


Abb. 261. Apparat zur Fabrikation von künstlichem Tüll.

gefüllt, und auch auf den erhöhten Teilen befindet sich eine dünne Schicht davon. Diese Schicht wird aber von dem Messer oder Kratzer C abgekratzt. Eine Fällflüssigkeit wird durch D auf die ganze Länge des Zylinders aufgespritzt. Die überschüssige Lösung läuft in das Bad E ab und bewirkt dort eine Vervollständigung der Koagulation. Das Bad wird mit Hilfe des Abflusses F auf einem konstanten Niveau gehalten. Die dort abfließende Fällösung wird gesammelt und nochmals verwendet. Das Kunstseideprodukt wird dann von dem endlosen Band G, welches in der angegebenen Richtung läuft, weggebracht und schließlich auf einer Trommel aufgewunden. Aus dem Rohr H fließt ein Wasserstrahl auf den Zylinder, der alle chemischen Substanzen wegwäscht. Nachher werden die Riffelungen durch einen warmen Luftstrom, der bei J austritt getrocknet.

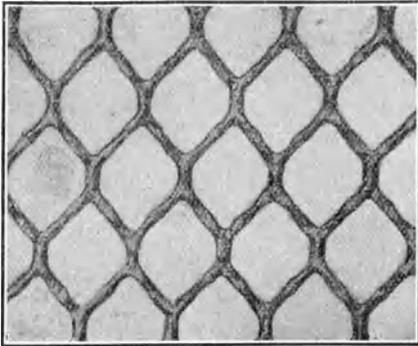


Abb. 262. Maschenform des künstlichen Tülls.

Der Prozeß verläuft also kontinuierlich und man kann jedes passende Muster auf der Walze eingravieren. Eine Vergrößerung der Maschen dieses Tülls sieht man in Abb. 262.

Man stellt nun sehr große Mengen von schönem künstlichen Tüll her. Es ist auf den ersten Blick schwierig, ihn von dem gewöhnlichen Fabrikat zu unterscheiden. Natürlich ist dieses

Produkt weniger schmiegsam als dasjenige, das man nach dem alten Verfahren herstellte, und es ist auch bedeutend schwächer. Es hat das Aussehen und den Lüster der Kunstseide, und man kann es mit Metall beschweren oder wasserdicht machen. Dieser Tüll findet hauptsächlich in der Putzwarenindustrie Verwendung. Er wird in großen Mengen von der „Compagnie française des Applications de la Cellulose in Fresnoyle-Grand“ und auch in den Vereinigten Staaten hergestellt.

In ihrem schweizerischen Patent gibt die „C^{ie} des Applications de la Cellulose“ einen Ansatz für die Herstellung einer zur Fabrikation von künstlichem Tüll besonders geeigneten Lösung. Nach diesem Patent geht man folgendermaßen vor: 30 kg einer gereinigten und teilweise gebleichten Baumwolle werden in einer geeigneten Mühle so lange behandelt, bis alle Zellulosefäden zu Pulver geworden sind. Zu diesem Baumwollpulver setzt man so viel Wasser zu, daß das Volumen von Baumwolle und Wasser zusammen 3000 Liter beträgt. Dann löst man 60 kg kristallisiertes Kupfersulfat in 300—400 Liter Wasser und fügt dieser Lösung nach und nach 40 Liter Natronlauge bei. Nun werden die beiden Lösungen vermischt und die Zellulose nimmt fast momentan alles Kupferhydroxyd auf. Die überschüssige Flüssigkeit wird nun mit Hilfe einer Zentrifuge oder durch Filtration entfernt, und der zurückbleibende mit Kupferhydroxyd gesättigte Zellulosekuchen wird in Scheiben geschnitten. Diese Substanz wird nun in 100 Liter Ammoniak von

28° Bé gelöst. Man bearbeitet die Mischung im Mischapparat während 15—20 Minuten und läßt dann 25 Stunden stehen. Dann setzt man den Mischer wieder in Bewegung, und um die Lösung zu vervollständigen, setzt man pro Kilogramm Zellulose noch 0,6 Liter Natronlauge von 38° Bé zu. Die Herstellung dieser Lösung findet bei gewöhnlicher Temperatur statt.

Im englischen Patent No. 11 714 (1911) beschreibt die C^{ie} des Applications de la Cellulose ein Verfahren, nach welchem der künstliche Tüll in einem Natronlaugebad koaguliert wird. Fällt man in ammoniakalischem Kupferoxyd gelöste Zellulose mit Säure aus, so entfernt diese fast momentan alles Kupfer von dem Fabrikat und das Produkt ist praktisch fast weiß. Verwendet man jedoch für die Fällung Natron- oder Kalilauge, so wird das Kupfer nur teilweise entfernt und das resultierende Produkt ist blau. Um nun den letzten Rest des Kupfers zu entfernen, muß man das Fabrikat noch durch ein schwaches Säurebad gehen lassen. Koaguliert man mit Alkalien, so nimmt das Fällbad eine tiefblaue Färbung an, die von dem Kupfer herrührt, das aus der Zellulose entfernt wurde.

Bei der Fabrikation der Kunstseide ist diese Bildung einer dunklen Farbe unvorteilhaft, da sie die Überwachung des gebildeten Fadens erschwert, es ist dies ein Nachteil, den man vermeidet, indem man in sauren Bädern arbeitet. Dieser Nachteil ist bei der Fabrikation von Tüll noch größer, da man ja hier das Produkt noch viel schärfer kontrollieren muß, um sicher zu sein, daß es regelmäßig ausfällt und daß keine Maschen an der Walze klebenbleiben. Der obengenannten französischen Gesellschaft ist es nun gelungen, durch Zusatz von 10 g arseniger Säure (As_2O_3) pro Liter (30% Ätznatron enthaltende) Fällflüssigkeit, die auf 60—65° C gehalten wird, die Ausscheidung von Kupfer und dadurch die dunkle Farbe hintanzuhalten. Die Anwesenheit der arsenigen Säure verhindert die Ausscheidung des Kupfers und das Fällbad bleibt klar und farblos, selbst nachdem es einen Monat lang im Betrieb war. Andererseits enthalten die Tüllfäden alles Kupfer und sind daher von intensiv blauer Farbe. Die gleiche Methode wird natürlich auch beim Spinnen von gewöhnlicher Kunstseide angewendet. Die Fäden werden auf Spulen gewunden und der Tüll auf Zylinder, dann gewaschen, um das Alkali zu entfernen, und schließlich wird das Produkt von Kupfer durch Eintauchen in ein verdünntes Schwefelsäurebad von 50 Bé befreit, ohne daß dabei Niederschläge von kuproarsenigen Verbindungen auftreten. Die so hergestellten Fabrikate zeichnen sich durch ihren Glanz, Biegsamkeit und Elastizität aus.

Ein anderes einzigartiges Verfahren zur Herstellung von Tüll ist die von Folzer (Schweizer Patent No. 69 514, Oktober 1913) beschriebene Methode zur Darstellung von künstlichen Textilprodukten aus Lösungen von Zellulose oder plastischen Substanzen, Nitrozellulose, Viskose, Azetylzellulose und ähnlichen, Kasein, Fibrin, Maizin usw., oder aus Kautschuk. Diese Lösungen oder Substanzen werden in Form von dünnen Schichten angewendet, die der Dicke des herzustellenden Produktes entsprechen. Die Herstellung dieser Schichten geschieht vermittels einer geeigneten Apparatur, die diese auf endlose

Bänder oder Walzen aufträgt. Die auf der Walze aufgetragene Schicht wird nun gegen eine gravierte Rolle gepreßt, welche entweder ganz nahe oder dann ein wenig von der Auftragevorrichtung entfernt sich befindet, Diese Rolle stantzt durch ihren Druck ein ihrer Gravierung entsprechendes Muster aus der Schicht aus.

Die Anlage kann nach dem Schema in Abb. 263 ausgeführt sein. Die Zellulose- oder die Viskosemasse, die sich in dem Verteilungsapparat A befindet, kommt auf den Zylinder D als eine Schicht, die in ihrer Dicke der Riffelung der Stanzwalze B entspricht, zu liegen. Die Walzen rotieren in der angegebenen Richtung, und zwei Schutzbleche E verhindern, daß die Masse seitlich weggedrückt wird. Die auf der Rolle eingravierten Dessins, die die Muster für den Tüll oder andere Textilstoffe bilden, werden infolge des Druckes mit der Lösung angefüllt, und gleichzeitig wird die Substanz an

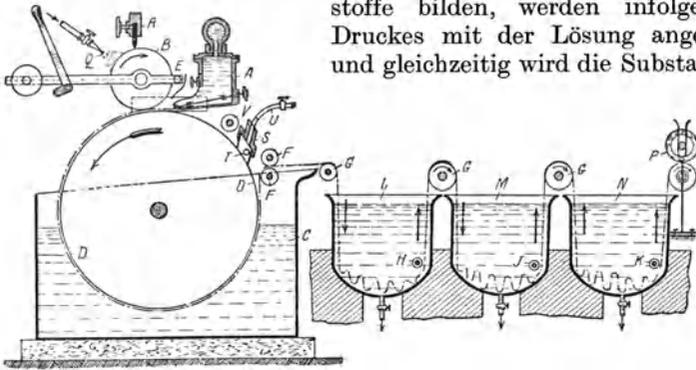


Abb. 263. Anordnung zur Herstellung von Spitzen (ähnlich Stickerei) aus Kunstseidesrup. (Foltzer.)

dem großen Zylinder angeklebt, so daß sie von ihm in ein Härtebad, das sich im Tank C befindet, geführt werden kann. Gleich nachdem das Fabrikat aus diesem Bad auftaucht, wird es von den Rollen F vom Zylinder abgelöst. Von hier aus führen es die Rollen G, H, J und K hintereinander in drei Wannen L, M und N, welche die für die weitere Bearbeitung des Produktes, z. B. für Fällung, Säuerung und Waschung, geeigneten Flüssigkeiten enthalten. Das fertige Produkt wird zum Schlusse auf die Spule P aufgewunden.

Es zeigte sich in der Praxis, daß die gestanzten oder ausgepreßten künstlichen Produkte sehr oft an der Riffelung der Preßwalze haftenbleiben, von welcher sie dann nur mit größter Mühe losgelöst werden können. Dies tritt insbesondere ein, wenn man dicke Fabrikate herstellt. Um diesen unangenehmen Übelstand zu vermeiden, bespritzt man die Walze bei Q mit einer Flüssigkeit, welche die Lösung ausfällt. Der Überschuß der Fällflüssigkeit wird durch das Schabmesser R zurückgehalten. Man könnte dieses Festkleben auch vermeiden, indem man die Walze auf eine genügend hohe Temperatur heizt, um die Koagulation der Zelluloselösung zu bewirken.

Auch die Oberfläche des großen Zylinders muß sehr sorgfältig gereinigt werden. Man macht das, indem man zwischen dem Ausgang des

Apparates und der Preßwalze den Schaber S mit der wagrechten Röhre F und der Röhre U, durch welche man eine reinigende Flüssigkeit zuführen kann, anbringt. Wie angegeben, arbeitet der Reiniger als Schabmesser, während eine geheizte Trommel V die Oberfläche des Zylinders trocknet. Man kann Spezialeffekte erzielen, indem man feine Pulver von verschiedener oder gleicher Farbe der Zelluloselösung zusetzt, oder indem man das Pulver auf den Roller streut und es so mit dem Fabrikat zusammenbringt. Um den Produkten eine geeignete Oberfläche zu geben, kann man Gummiarabikumlösungen, Talg, feine Metallpulver und andere ähnliche Substanzen verwenden.

19. Animalisierte Baumwolle. Man kann Baumwolle „animalisieren“, d. h. ihr die färberischen Eigenschaften verleihen, welche die animalischen Gespinnstfasern besitzen. Zu diesem Zwecke kennt man eine ganze Reihe von Methoden. Man kann z. B. das Material mit Albumin imprägnieren und nachher dämpfen, welches Verfahren besonders in der Druckerei gebräuchlich ist. Man wendet es dort hauptsächlich in Verbindung mit den Baumwoll-Direktfarbstoffen an, um ihr Verschießen zu vermeiden. Mit gleichem Ergebnis kann man statt Albumin eine Kaseinlösung verwenden. Die gleichen Eigenschaften kann man der Baumwolle auch verleihen, indem man sie mit Tannin und Gelatine oder einer Lösung von Wolle in Ätzalkalien behandelt, doch sind die Ergebnisse ziemlich zweifelhaft, obschon Knecht ein Verfahren beschreibt, von dem man sagt, daß es befriedigend sei. Er imprägniert die Baumwolle mit einer Lösung von Wolle in Lauge und läßt dann in Gegenwart von Formaldehyd trocknen. Die Faser wird so von einem dünnen unlöslichen Belag überzogen, der eine bemerkenswerte Affinität zu substantiven Farbstoffen besitzt. Vignon stellt fest, daß, wenn man Baumwolle unter Druck und in Gegenwart von Chlorzink oder Chlorcalcium mit Ammoniak behandelt, die Faser eine größere Affinität zu basischen und sauren Farbstoffen hat. Jedoch sind seine Resultate bis jetzt noch nicht bestätigt worden.

Man kann den pflanzlichen Faserstoffen auch ein seidenähnliches Aussehen verleihen, indem man sie mit einer Lösung von Seide (Fibroin) in einem geeigneten Lösungsmittel, wie Salzsäure, Schwefelsäure, Phosphorsäure oder Kupferammonium, behandelt. Als Seide für die Lösung verwendet man die sonst nutzlos weggeworfenen Abfälle der Seidenindustrie. Noch bessere Resultate erhält man, wenn man die Baumwolle vor dem Eintauchen in die Seidelösung mit Tannin beizt. Nachher muß man kalandrieren und glätten, um ihr ein glänzendes Aussehen zu verleihen¹.

20. Statistisches. Die Produktion der verschiedenen Kunstseidenarten betrug in den Vereinigten Staaten im Jahre 1921 ungefähr 20000000 lbs. Die Gesamtweltproduktion betrug im Jahre 1914 nur 26000000 lbs, so daß man ersehen kann, daß sich diese Industrie äußerst rasch vergrößert hat².

¹ Siehe auch Amingarn, S. 586.

² Folgende Tabelle zeigt schätzungsweise die Mengen, die von den verschiedenen Kunstseidenarten im Jahre 1908 hergestellt wurden: Kollodiumseide 4125000 Pfund, Kupferseide 3089000 Pfund, Viskoseseide 1089000 Pfund, Total 8303000 Pfund.

Der größte Teil der amerikanische Produktion wurde im Inlande verbraucht, ja man führt dazu noch eine große Menge (ungefähr 4000000 lbs.) ein. Das Anwendungsgebiet der Kunstseide nimmt beständig zu und ist bis jetzt keinesfalls erschöpft. Man darf sie nicht nur als einen Ersatz für die Naturseide betrachten, denn die künstliche Faser hat auch rein an sich eine sehr große Verwendungsmöglichkeit. Sie hat sich schon ein großes Feld in der Putzwaren- und Zierwarenindustrie erobert, und im Hinblick auf diese Tatsache muß man sie als eine Gespinnstfaserklasse für sich bewerten.

Von der großen Zahl von Gesellschaften, die sich in den Vereinigten Staaten mit der Fabrikation der Kunstseide beschäftigen, sind die folgenden die wichtigsten: Die American Viscose Company, die in Marcus Hook, Lewiston und Roanoke Fabriken betreibt. Alle drei Fabriken zusammen liefern eine jährliche Produktion von ungefähr 28000000 lbs, die Dupont Fibresilk Co. mit Sitz in Buffalo, die auch eine Produktion von 1500000 lbs. aufweist; die Tubize Artificial Silk Co. of America, die sich in Hopewell befindet und Pyroxylinseide in einer Jahresmenge von ungefähr 4500000 lbs. liefert; die Industrial Fiber Co. of Cleveland, die ungefähr 1000000 lbs. an Kupferseide jährlich herstellt; die Lustron Company in Boston, welche Azetatseide fabriziert, und die American Cellulose and Chemical Company, die mit einer Filiale in Cumberland ungefähr 3000000 lbs. Azetatseide liefert. Der größte Teil der gesponnenen Kunstseide hat einen Titer von 150 Deniers, jedoch ist die letztgenannte Fabrik in der Lage, bis auf 45 Deniers herunterzugehen. Die Tubize Company spinnt Seide von 110 bis 180 Deniers¹.

¹ Nachfolgende Tabelle gibt interessante statistische Aufschlüsse über den Export von Kunstseidestrümpfen aus den Vereinigten Staaten:

Land	1918	1919	1920	1921
		(Dutzend Paare)		
Belgien	—	13 113	9 991	13 714
Dänemark	1 000	129 879	66 193	16 352
Frankreich	150	3 231	20 734	5 376
Italien	15 675	2 300	16 015	14 611
Spanien	—	4 755	7 700	4 225
Schweiz	—	8 470	3 876	3 409
England	231 500	459 552	577 885	294 341
Kanada	69 650	57 905	62 114	12 034
Mexiko	6 819	8 368	7 755	11 528
Kuba	16 459	33 829	31 320	29 914
Argentinien	28 829	136 549	90 686	68 610
Brasilien	438	1 789	1 888	1 466
Chile	2 792	7 949	5 136	8 098
Uruguay	1 500	11 834	18 013	12 582
Britisch-Ostindien	837	1 814	3 841	9 822
Australien	69 510	255 810	75 616	44 742
Neuseeland	14 469	51 474	10 678	7 731
Britisch-Südafrika	18 426	61 773	13 908	9 629
Andere Länder	22 883	67 217	82 905	90 610
Total	500 937	1 317 611	1 106 254	658 794

Nach dem heutigen Stande ist die Reihenfolge der einzelnen Arten umgekehrt, da der Betrag der Viskoseseide die andern bei weitem übertrifft¹.

Die Kunstseide hat die Naturseide eher ergänzt, als daß sie mit ihr in Konkurrenz getreten wäre. Man kann sagen, daß sie sie in gewissen Zweigen, wie in der Fabrikation billiger Strümpfe, Unterwäsche und Sweaters, ersetzt hat. Es ist interessant, einen Vergleich der Preise dieser beiden Fasern zu ziehen. Ungebleichter Viskoseseidenfaden Qualität A, 150 Deniers, wurde im Jahre 1913 für 1,8 und im Oktober 1921 für 2,25 Dollar pro Pfund verkauft. Rohseide Shinsiu Nr. 1 wurde 1913 für 3,47 und 1921 für 6,05 Dollar pro Pfund verkauft.

Die Fabrikation der Kunstseide hat auch den Vorteil, daß sie erlaubt, andere Produkte mit demselben Ausgangsmaterial und derselben Ausrüstung herzustellen. Indem man die Spinnöffnung erweitert, erhält man künstliches Haar, welches in der Hutindustrie, Luxuswarenfabrikation oder bei der Herstellung von Polstern von Bedeutung ist.

Ersetzt man die Düse durch einen feinen Schlitz, so erhält man künstliches Stroh, oder wenn man den Schlitz erweitert, kann man Streifen von Kunstleder, Films, Bänder, oder dünne, transparente Blättchen, wie man sie zum Verpacken von Schokolade benutzt, erhalten. Man hat ein Verfahren zur Herstellung von einfachen Bandformen in einem Fabrikationsgang ausgearbeitet, das darin besteht, daß man die Lösung in die Rillen eines sich drehenden Zylinders bringt, von welchem das fertige Produkt kontinuierlich abgelöst wird, sobald es das Fixierbad verläßt. Weitere Fortschritte in dieser Richtung werden sicherlich nicht ausbleiben².

Nie konnte in den letzten Zeitabschnitten, und selbst jetzt noch nicht, der Nachfrage nach Kunstseide auf dem Weltmarkt Genüge geleistet werden. Die nachfolgende Tabelle (Commerce Reports) gibt eine Übersicht über die Einfuhr von Kunstseidengarn in die Vereinigten Staaten während der letzten zehn Jahre³.

¹ Produktionsverhältnisse an Kunstseide 1927:

Viskose	88 %	Azetatseide	2,8 %
Nitroseide	7,8 „	Kupferseide	1,4 „

² Die Kunstseide wird nun in großen Mengen für die Fabrikation von Putzschuhen, Borten, Hutschmuck, Handschuhen, Strümpfen, Sweaters und andern gestrickten Fabrikaten, Halstüchern usw., sowie mit Wolle, Seide oder Baumwolle zusammen für verschiedene Kleiderstoffe und Effektfabrikate, Samte, Satins, Tapiserie und Polsterzeug und Teppiche verwendet.

³ Es ist interessant, die Ursprungsländer dieser Importprodukte zu kennen:

	1914	1919	1920	1921
		(in Pfund)		
Österreich-Ungarn . . .	47396	—	5557	22418
Belgien	584181	—	508698	479239
Frankreich	140220	2455	105476	227459
Deutschland	488978	31391	44119	89708
Italien	59808	—	203446	515227
Holland	4867	—	294362	163467
Schweiz	157675	121913	664418	563739
Großbritannien	1274134	114687	358235	525388
Kanada	2047	5676	21729	21672
Japan	—	22000	42526	4635
Andere Länder	—	—	3361	72
Total	2759306	298122	2251927	2613024

Jahr	Pfund	Wert \$	Jahr	Pfund	Wert \$
1912	1457544	1757989	1917	506613	1262580
1913	1942177	2385350	1918	293421	741822
1914	2759306	3461039	1919	298122	825117
1915	2780063	3302599	1920	2251927	8690952
1916	2041193	2924458	1921	2613024	

Die einheimische Produktion der Vereinigten Staaten wird in folgender Tabelle wiedergegeben (War Industries Board Bulletin No. 25, 1909).

Jahr	Pfund	Jahr	Pfund
1913	1566000	1916	4744000
1914	2445000	1917	6687000
1915	4111000	1918	5828000

Nach einer andern Quelle wird die einheimische Produktion an Kunstseide zu folgenden Werten angegeben:

Jahr	Pfund	Jahr	Pfund
1922	24406000	1917	6687000
1921	15000000	1916	4744000
1920	8000000	1915	4111000
1919	8000000	1914	2445000
1918	5828000	1913	1566000

Die Weltproduktion an Kunstseide wird folgendermaßen angegeben:

Vereinigte Staaten	23500000	Pfund
England	15340000	„
Deutschland	12584000	„
Belgien	6292000	„
Frankreich	6292000	„
Holland	2516800	„
Schweiz	1887600	„
Österreich	1573000	„
Ungarn	1887600	„
Polen	943800	„
Tschechoslowakei	629200	„
Italien	6292000	„
Total	79738000	Pfund

Die Vereinigten Staaten importierten an Kunstseide im Jahre

1913	2400000	Pfund
1922	23500000	„

In Vergleich dazu betrug der Rohseideimport im Jahre

1913	26050000	Pfund
1922	48150000	„

Die Ausfuhr von Kunstseide aus England betrug 1919 ungefähr 10 Tonnen, aus Deutschland 5 t und aus Frankreich 4 t pro Tag. Die Tubize-Fabrik in Belgien lieferte ungefähr 10000 Pfund in einem Tag. Nach dem Kriege wurde sie schnellstens wiederhergestellt und liefert heute bedeutend mehr. Man arbeitet dort nach dem Chardonnetprozeß,

geht aber nun allmählich zur Viskosemethode über. Kunstseide wird nun in England, in der Schweiz, in Belgien, Polen, Deutschland, Frankreich, Rußland, Italien, Japan und den Vereinigten Staaten fabriziert.

Die Kunstseideproduktion¹ in den letzten 10 Jahren steht in bezug auf die Verbrauchsmenge an vierter Stelle und hat die Seide überholt.

Produktion 1914	26000000	engl. Pfund
1920	50000000	„
1924	141000000	„
1926	245000000	„ (schätzungsweise)

Die bedeutendsten Produzenten sind²:

U.S.A.: Viscose Co. U.S.A.	40—50	Mill. Pfund
Du Pont U.S.A.	12	„ „
Tubize Artificial Silk Co. U.S.A.	15	„ „
Industrial Fiber Corporation U.S.A.	4	„ „
England: Courtauld, England, fabriziert $\frac{9}{10}$ der englischen Produktion und mit ihren Filialen zusammen die Hälfte der Weltproduktion.		
Italien: Snia-Viscosa ist daselbst die größte Firma.		
Deutschland: Vereinigte Glanzstofffabriken (ca. 70 % der deutschen Produktion).		

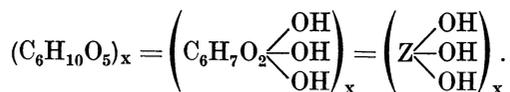
21. Nachtrag zu den künstlichen Seiden. Bis zum Jahre 1920 waren für Azetylzellulose im wesentlichen Isoliermaterial, Lack und Imprägnierstoffe, unverbrennbare Filme und Armaturen Hauptverwendungsgebiete. Heute übertrifft aber die Verarbeitung zu Azetatseide diese um Mehreres³. Man hat gelernt, eine hochwertige Azetatseide zu spinnen und diese nach spezifischen Färbeverfahren zu färben, so daß dem Textilfachmann, dem Weber und Koloristen eine wertvolle neue Faser in praktischer Form zur Verfügung steht.

Es ist nicht möglich, hier einen Auszug über die Zelluloseforschung anzuführen. Zum Verständnis des Zusammenhanges zwischen Zellosederivat und seinen chemischen, physikalischen und speziell färberischen Eigenschaften kann aber nachfolgende Formulierung gute Dienste leisten.

Dem Chemiker tritt die Zellulose als Polymerisat des Kohlenwasserstoffes $C_6H_{10}O_5$ entgegen; also $(C_6H_{10}O_5)_x$. Über die Größe der Polymerisationszahl gehen die Meinungen noch sehr stark auseinander⁴.

Der Zellulosepraktiker hat im wesentlichen mit den Veränderungen der drei besonders beweglichen Hydroxylgruppen des einfachen Zellosmoleküls zu rechnen.

Es steht heute fest, daß beim Grundkörper $C_6H_{10}O_5$ drei Hydroxylgruppen chemisch leicht veränderlich sind und daß sie, bzw. ihre Substituenten, für die chemischen und physikalischen Eigenschaften in erster Linie verantwortlich gemacht werden müssen. Daher wollen wir folgende Schreibweise für die weiteren Erörterungen wählen:



¹ Journ. Soc. Dyers and Col. 1927, S. 19.

² Ind. and Eng. Chem. 1926, S. 18, 829.

³ Siehe: Bekanntes und Unbekanntes aus der Azetylzellulose-Industrie. Eichengrün, Chem. Zg. 1927, Nr. 3.

⁴ Karrer, X = Ca. 12.

Haben wir reine Zellulose, also $Z \begin{cases} \text{OH} \\ \text{OH} \\ \text{OH} \end{cases}$ vor uns, so zeigt sie alle charakteristischen Eigenschaften der Baumwolle, Unlöslichkeit

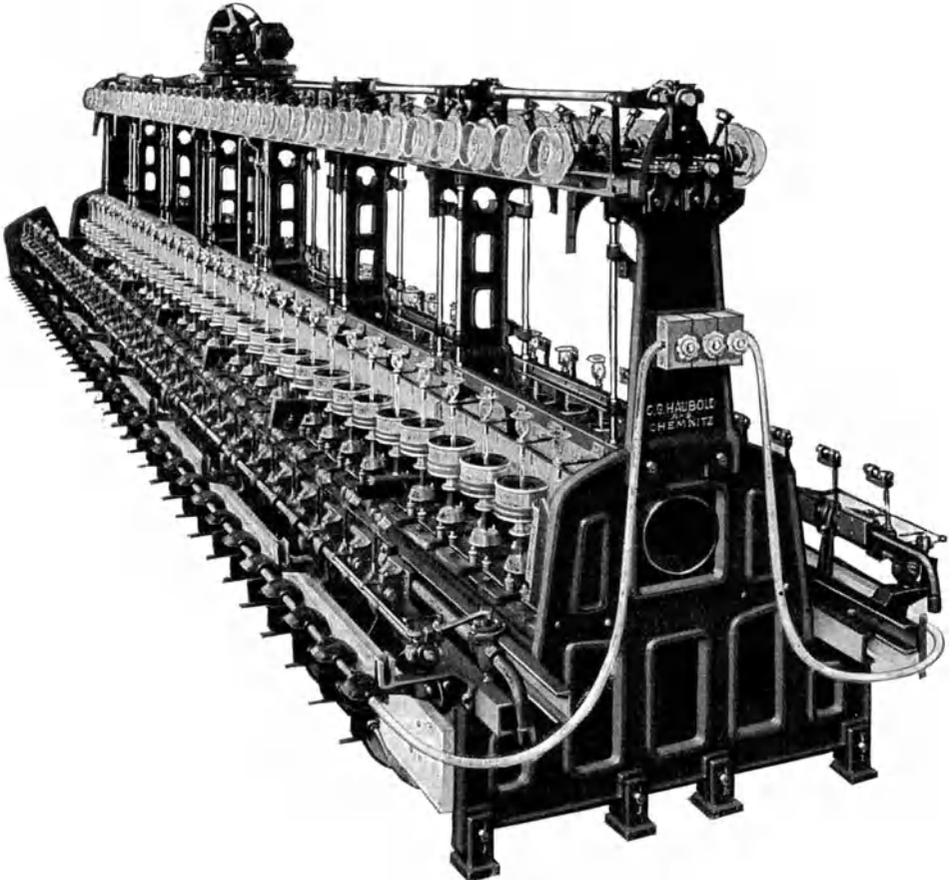


Abb. 264. Spinnstoffaggregat. Der Spinnstoff tritt nach Passieren der Regulierpumpe durch eine Mehrfachdüse in ein Fällbad und wird von dort (hinter der Zentrifuge) über die oben sichtbaren Glasräder gezogen und nach unten durch ein kurzes Führungsrohr in die Zentrifuge geleitet, wo infolge der raschen Drehung der Zentrifuge die Fäden umeinandergedreht (gezwirnt) und durch weitere Einwirkung des zugegebenen Fällbades nachgehärtet werden.

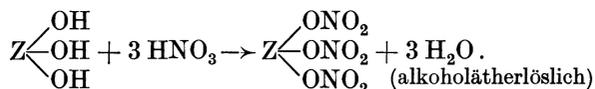
in Wasser und organischen Lösungsmitteln, Löslichkeit in Kupferoxydammoniak usw. Wir haben es nun in der Hand, durch Substitution der Hydroxylgruppen die Eigenschaften, wie Löslichkeit usw., der Zellulose weitgehend zu verändern und können auch durch Rückführung der Zellulosederivate in die Hydroxylform die ursprünglichen Eigenschaften der Zellulose wiederherstellen. Inwieweit dabei der Polymerisationsgrad wechselt, oder Änderungen im eigentlichen Zellulosemolekül stattfinden, können wir mit Sicherheit noch nicht formulieren; daß solche

Änderungen geringeren oder höheren Grades stattfinden, darf als sicher gelten¹. Sind diese Moleküldeformationen gering, so sind sie weniger bestimmend für die Eigenschaften der Zellulose als Substitutionen der Hydroxylgruppen.

Die Änderung der Löslichkeit der Zellulose durch Substitution an die OH-Gruppen ist die Grundidee der Fabrikation der Kunstseiden, Chardonnet-, Viskose- und Azetatseide. Bei den ersteren beiden ist diese Änderung eine vorübergehende, um die Zellulose löslich zu machen in Alkohol bzw. Wasser; durch geeignete Behandlung werden die ursprünglichen Eigenschaften zurückgebildet. Bei der Azetatseidefabrikation erzielt man einen neuen Stoff, der infolge seiner glücklichen chemischen Eigenschaften nicht wieder zu Zellulose zurückgebildet wird; das nämliche gilt auch für immunisierte Baumwolle und amidierte Zellulose (siehe dort).

Es ist nicht außer acht zu lassen, daß ein Spinnverfahren, bei welchem die Zellulose vorübergehend wasserlöslich gemacht wird, gegenüber einem solchen, wo teure organische Lösungsmittel verwendet werden müssen (Alkohol, Äther, Monopole für Alkohole!), von Vorteil ist. Es scheint daher nur eine Frage der Zeit, ob Chardonnetseide gegen Kupferseide oder Viskose konkurrieren kann, wenn nicht große Vorzüge der ersteren den Verlust wettmachen können, was heute wohl bezweifelt werden kann.

Die Fabrikation der Nitro- oder Chardonnetseide fußt auf der Tatsache, daß durch Veresterung der Hydroxylgruppen der Zellulose mit Salpetersäure eine in Ätheralkohol lösliche Nitrozellulose gebildet wird:



Zur Erreichung genügender Löslichkeit in Ätheralkohol ist es nicht notwendig, alle drei Hydroxylgruppen zu verestern; es genügt, wenn etwas mehr als zwei Gruppen im Mittel nitriert sind. Theoretisch weist ein Molekül Trinitrozellulose = Z ≡ (NO₂)₃ einen Stickstoffgehalt von 14,1% auf; praktisch genügt ein solcher von 11—11,5%. Die Erfahrung hat gezeigt, daß mit letzterem Wert an Stickstoff die besten Resultate erzielt werden können. Die Verseifung der Nitrogruppen zu Hydroxylgruppen, Rückführen in Zellulose erfolgt mit Schwefelalkalien, welche infolge ihrer reduzierenden Wirkung diese rasch und vollständig bewerkstelligen, wobei zu bemerken ist, daß man wiederum mit einem Bruchteil an Reduktionsmittel [Na₂S usw.] auskommt, das theoretisch nötig wäre.

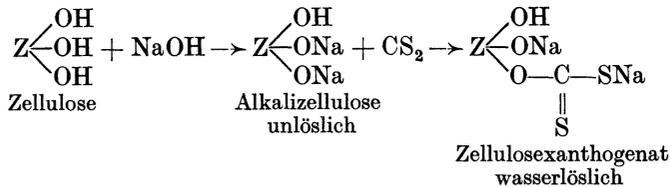
Zur Reduktion einer Nitrogruppe benötigt man nach Theorie 2 Mol Na₂S zwecks Ersatz durch ein Wasserstoffatom.

Bei der Herstellung der Kupferseiden wird von dem Lösungsvermögen des Kupferoxydammoniaks für Zellulose Gebrauch ge-

¹ Siehe: Hottenroth, Chem. Zg. 1926, S. 1004. Überblick über die Zelluloseforschung.

macht. Aus der Lösung kann sog. Zellulosehydrat regeneriert werden (s. dort).

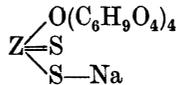
Bei der Viskoseseide führen wir die Zellulose vorübergehend auch in ein wasserlösliches Produkt über, wobei die Hydroxylgruppen mit Xanthogensäure verestert werden. Der Prozeß ist in seinen Phasen sehr kompliziert und noch nicht in allen Details geklärt¹. Die Reaktion wird durch folgende Formeln schematisiert (als Ausgangsmaterial dient Alkalizellulose):



Beim sogenannten Reifen des Zellulosexanthogenats finden mit ziemlicher Sicherheit eine Art Polymerisationsvorgänge statt.



Wenn die Viskose durch sukzessives Abspalten von C—S—Na-Gruppen im Mittel der Formel



genügt, hat sie die günstigsten Eigenschaften zum Verspinnen erlangt. Sie wird durch Ammonsalze, verdünnte Säure (D.R.P. 108511, 187947) leicht hydrolysiert. Die Gegenwart eines gewissen Natronlaugeüberschusses ist für die Haltbarkeit der Lösung notwendig. Bei der Fabrikation der Viskose wird der Reifeprozess derselben jedoch mit dem Viskosimeter geprüft und nicht etwa nach chemischen Methoden.

Beim Einspritzen der Viskoselösung in ein Fällbad tritt Koagulation ein. Anfänglich wurde dann in einem weiteren Bad die Zersetzung des Xanthogenates vervollständigt. Heute wird aber ausschließlich im Einbadverfahren koaguliert und zersetzt.

Ein 2-Deniers-Faden z. B. wird durch eine Düse von 0,1 mm in ein Fällbad ausgepreßt, das im Liter 350 g Na₂SO₄ und 270 g H₂SO₄ enthält. Als Spinn temperatur gilt das Intervall von 40—50° C als das geeignetste. Es wird bei jedem Spinnverfahren die Geschwindigkeit des Aufwickelns des Fadens größer gewählt, als die Austrittsgeschwindigkeit des Sirupes an der Düse beträgt; der Faden wird gestreckt² (Streckspinnverfahren).

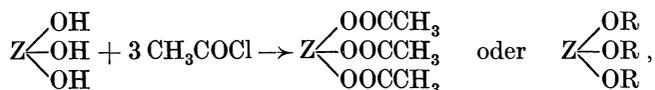
Die Rückgewinnung der Zellulose aus dem Xanthogenat erfolgt durch einfache Hydrolyse mit verdünnten Säuren, wobei CO₂, H₂S und CS₂ entstehen, neben Zellulose.

¹ Becker, Die Kunstseide.

² Schülke, Mellians Textilberichte 1926, S. 320. Die Fällbadfrage.

Nach allen diesen drei Verfahren, Kupfer-, Chardonnet- und Viskose-seide, wird endgültig wieder Zellulose¹ zurückgebildet, die im wesentlichen die Eigenschaften einer merzerisierten Baumwolle aufweist.

Bei den Zelluloseestern, Azetatseide usw. werden die drei Hydroxylgruppen mit Essigsäure usw. verestert, wobei ein Produkt erhalten wird, das wesentlich andere Eigenschaften aufweist (Löslichkeit in organischen Lösungsmitteln), die es ermöglichen, Fäden, Filme, Lacke u. dgl. herzustellen, und das nicht wieder in Zellulose zurückverwandelt wird.



wobei R ein Säurerest ist.

Je nachdem man nun alle drei Hydroxylgruppen verestert, oder nur einen Teil derselben, entstehen Produkte mit den verschiedensten Eigenschaften.

Das aus Zellulose erhaltliche Triazetat oder primäre Azetat ist die chloroformlösliche Azetylzellulose. Sie ist weiter löslich in Ameisensäure, Essigsäure, Chorhydrinen, Pyridin und Anilin; unlöslich in Azeton, Benzol, Benzin, Amylazetat, Äther und Essigester.

Die Chloroformlösung des Triazetats erträgt einen Zusatz von 10—15% Alkohol, welcher sogar günstig auf das Lösungsvermögen einwirkt. Weitere Zusätze von Alkohol fällen das Zelluloseazetat aus.

Partiell hydroxylierte Zelluloseazetate z. B. $\begin{array}{c} \text{Z} \begin{array}{l} \text{OH} \\ \text{OOCCH}_3 \\ \text{OOCCH}_3 \end{array} \end{array}$, die sog.

Zellulosehydroazetate, sind löslich in Azeton, unlöslich in Chloroform. Man gewinnt die azetonlösliche oder Hydroazetylzellulose meist aus dem Triazetat durch Verseifung mit Säuren. (Fast alle organischen, anorganischen und Sulfosäuren, z. B. H₂SO₄, grundlegendes D.R.P. 252 706, sind vorgeschlagen.)

Neben diesen beiden Hauptvertretern der azetylierten Zellulosen, der azeton- und der chloroformlöslichen, spielt eine weitere Verseifungsstufe, die Serikose, alkohollöslich, eine untergeordnete Rolle.

22. Azetylierung der Zellulose². Papier, Watte, Zellstoff, also unveränderte Zellulose, meist gebleicht, ist das Ausgangsmaterial der heutigen Azetylzelluloseindustrie. Für Spezialzwecke kommen auch Derivate, wie Xanthogenat, Oxyzellulose, Nitrozellulose und Kunstseide, in Frage. Je nach dem verwendeten Katalysator schreitet die Reaktion verschieden rasch vor. Man arbeitet vorteilhaft bei Temperaturen um 15°, damit keine tieferen Änderungen im Zellulosemolekül stattfinden und brüchige Endprodukte resultieren, z. B.

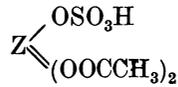
20 kg Baumwolle werden eingetragen in 70 kg Essigsäureanhydrid und 70 kg Eisessig. In kleinen Portionen gibt man 2 kg Schwefelsäure 66° Bé zu und reguliert die Temperatur durch Kühlen auf max. 30° C.

¹ Sog. Zellulosehydrat (zeigt ähnliches Verhalten wie merzerisierte Baumwolle).

² Siehe V. E. Yarsley, S. 5 daselbst eine umfassende Zusammenstellung der Patentliteratur und Veröffentlichungen in Zeitschriften.

Allmählich quillt die Baumwolle auf und nimmt eine gelatinöse Form an. Nach ca. 6 Stunden ist die faserige Struktur verschwunden und eine klare sirupöse Lösung entstanden.

Mit Wasser wird ein flockiges Azetat ausgefällt, welches mit heißem Alkohol in Lösung geht. Es ist dies der Sulfoester eines Diazetates von der schematischen Formel



Nach längerem Stehen dieses Azetats werden höher azetylierte Stufen gebildet, die im Idealfalle einem Triazetat entsprechen, welches in der sog. chloroformlöslichen Azetylzellulose vorliegt.

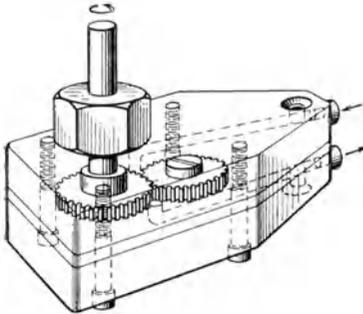


Abb. 265. Pumpe von Girard & Petit (Zahnradförderer).

Es ist aber kaum ein einheitliches Triazetat zu erhalten¹, wie die verschiedenen Löslichkeitsverhältnisse der auf gleichem Wege hergestellten Produkte zeigen.

Zu lange Einwirkungsdauer, sowie evtl. einsetzende Temperaturerhöhungen beim Azetylieren ergeben brüchig werdende Endprodukte. Bei weitgehendster Azetylierung entstehen Produkte von immer besserer Löslichkeit in Azeton, Alkohol und Wasser, wobei das Oktoazetat der Zellobiose und das Pentaazetat der Dextrose nachzuweisen sind.

Die azetonlöslichen Produkte der Lackindustrie werden aus dem primären Azetat erhalten, wenn bei 50° während 12 Stunden mit 10 Teilen zu obigem Ansatz verdünnter Essigsäure (50% ig) hydrolysiert wird.

Zur Verseifung des Triazetats ist eine sehr große Zahl von anorganischen und organischen Säuren vorgeschlagen worden, man

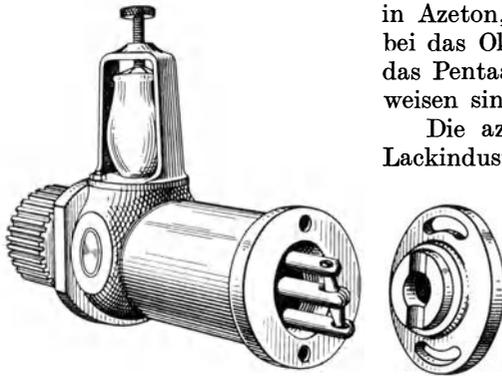


Abb. 266. Englische Zweizylinderpumpe.

Abb. 265 u. 266. Kunstseidenpumpen. Um einen gleichmäßigen Titer zu erhalten, passiert der Sirup vor dem Eintritt in die Spinddüse eine der obigen Pumpen. (Hersteller Borletti, Mailand.)

bekommt aber beim Studium der einschlägigen Patentliteratur den Eindruck, daß es sich eher um die Arbeitsbedingungen als um die

¹ Theoretisch ist der Essigsäuregehalt des Triazetates $\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_5(\text{C}_2\text{H}_3\text{O})_3 = 65,2\%$; das Diazetat erfordert 48,8% und das „Tetraazetat“ 72,7%. Praktisch rechnet man für Triazetate mit einem Minimalgehalt von 57% Essigsäure. Über die Analyse von Zelluloseazetaten siehe Ost, Z. angew. Ch. 19, 995 (1906).

verwendeten Katalysatoren handelt, um zu einem gewünschten Zelloseester zu gelangen.

Das Abscheiden der Zelluloseester ist ebenfalls Gegenstand zahlreicher Versuche und Patente, weil in einigen Fällen auch hier sich gewisse Einflüsse auf Löslichkeit, Spinnbarkeit usw. geltend machen können. Durch Eintragen des Zelluloseazetats in Wasser wird dasselbe ausgeflockt und der Essigsäureüberschuß kann mit viel Wasser ausgewaschen werden. Leider wird dabei die Essigsäure in sehr verdünntem Zustand zurückerhalten, so daß ihre rationelle Wiedergewinnung in Frage gestellt ist. Es sind daher schon in den Anfängen der Zelluloseazetatgewinnung

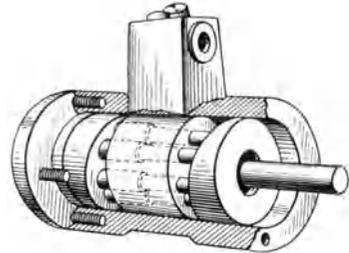


Abb. 267. Pumpe mit 6 Zylinderchen (gleichmäßiger Druck).

Vorschläge gemacht worden, das Zelluloseazetat aus dem Rohsirup durch geeignete organische Lösungsmittel auszufällen (z. B. Boesch A.P. 708457, Benzol, Petrol., Lederer D.R.P. 185151 mit CCl_4 und viele andere). Da diese Stoffe aber selbst meist teuer sind, die Wiedergewinnung der Essigsäure aus denselben oft Schwierigkeiten bereitet, sind alle diese Vorschläge von geringem praktischen Interesse geblieben. Ebensowenig weisen die Vorschläge praktische Erfolge auf, nach denen die Essigsäure mit organischen und anorganischen Basen neutralisiert wird (D.R.P. 260984 und Lederer E.P. 26502 (1906); Knoll D.R.P. 196730).

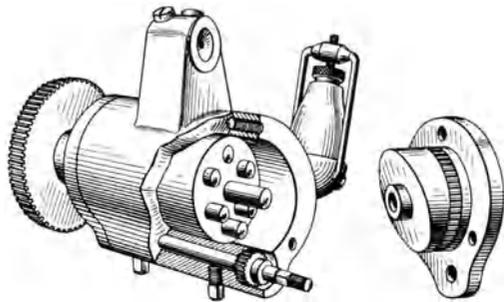


Abb. 268. 6-Zylinderpumpe von Dr. Birolli.

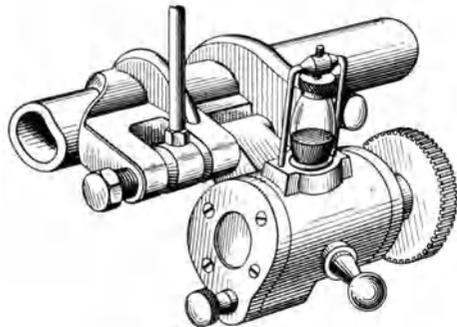


Abb. 269. Art der Befestigung der Pumpen.

Abb. 267—269. Kunstseidenpumpen. Um einen gleichmäßigen Titer zu erhalten, passiert der Sirup vor dem Eintritt in die Spinnöse eine der gezeigten Pumpen. (Hersteller Borletti, Mailand.)

23. Azetatseide. Zur Herstellung von Azetatseide dient ein „sekundäres Azetat“¹, das seiner chemischen Natur nach zwischen dem Di- und Triazetat steht². Im Mittel besitzt es eine Azetylzahl von 54% (Triazetat 65%, Diazetat 48%). Es besitzt andere Löslichkeitsverhältnisse als die höher, bzw. tiefer azetylierte Stufe,

¹ Abstumpfen der Schwefelsäure und partielle Verseifung; mit Natriumazetat D.R.P. 196730; mit Nitraten D.R.P. 201910; mit Säuren D.R.P. 234028.

² Azetatseide ist sowohl löslich in Ameisensäure als auch in Azeton.

nimmt im Gegensatz zum Triazetat sog. Weichmachungsmittel auf, von deren Anwendung man für Seide allerdings abgekommen sei. Als Ausgangsmaterial für Azetatseide dient meist gebeuchte und gebleichte Baumwolle. Grundsätzliche Bedenken gegen die Verwendung von Zellstoff bestehen keine. Störend wirken allerdings die Beimengungen, welche den weichen Griff, der die Azetylzellulose gegenüber den anderen Kunstseiden auszeichnet, heruntersetzen. Die Azetylierung und partielle Hydrolyse lehnt sich streng an die vorgeschriebene Methode an.

Als Spinnlösungsmittel kommen heute ausschließlich Azeton und Ameisensäure in Anwendung. Die Vorteile der Verwendung letzterer sind schon im Jahre 1907 von den Fürst-G.-Donnersmarckschen Kunstseiden- und Azetatwerken (D.R.P. 237 599) erkannt worden¹. Eine 60 %ige Lösung von Zelluloseazetat in höchstkonzentrierter Ameisensäure wird filtriert und auf nassem oder trockenem Wege versponnen. Das Verspinnen erfolgt heute meist auf trockenem Wege wie bei der Chardonnetseide, wo in warmer Luft gesponnen wird. Dabei gelingt es, das Lösungsmittel, die Ameisensäure, bis zu 90% wiederzugewinnen. Wird naß versponnen, so zeigen sich die Übelstände, daß die Faser außen rasch gelatiniert wird und hartnäckig Lösungsmittel im Innern festhält, und daß weiter das Lösungsmittel stark verdünnt wird. Beim Naßspinnverfahren dürfte nur das Streckspinnverfahren mit langsam fallendem Bad gute Resultate zeigen. (Zusatz von Salzen und Säuren zum Fällbad.) Die Azetatseide wird nachträglich noch gebleicht und geschönt².

24. Färben der Azetylzellulose. Mit wenigen Ausnahmen lassen sich die für Wolle, Seide und Baumwolle gebräuchlichen Farbstoffe nicht auf der Azetatseide fixieren. Auch mit den basischen Farbstoffen lassen sich keine waschechten Färbungen erzielen und auch kein tiefer Farbton. Heute sind aber mannigfaltige Verfahren und Farbstoffe zum Färben der Azetylzellulose bekanntgeworden. Dadurch ist auch ihre vermehrte Anwendung im Textilgewerbe gesichert. Für Effektfäden besitzt die Azetatseide die denkbar günstigsten Eigenschaften und wird auch bereits in der Buntweberei und Färberei allerorts verarbeitet; sie färbt sich im gemischten Gewebe mit den üblichen Farbstoffen nicht an, während andererseits die auf die Azetylzellulose ziehenden Farbstoffe sehr oft gar keine Affinität zu Seide, Wolle und Baumwolle aufweisen.

¹ Siehe auch D.R.P. 237 718 und verschiedene Auslandspatente (meist gelöscht!).

² Im Vordergrund des Interesses, in Folge der bedeutenden Lösungsvermögen, steht als Lösungsmittel auch die Mischung aus Benzol-Alkohol und Äther; wobei zu betonen ist, das in einer der Komponenten allein die Azetylzellulose nicht löslich ist. Nicht unerhebliche Schwierigkeiten bereitet die Rückgewinnung der leichtflüchtigen Lösungsmittel: Azeton, Äther usw. aus der Trocknungsluft beim Trockenspinnverfahren. Die Frage, ob der Azetatseide vor dem Spinnen nicht doch vorteilhaft Weichmachungsmittel zugesetzt werden, möchte ich hier offen lassen; es ist immerhin interessant, festzustellen, daß die Celanese Co. erst nach dem Bekanntwerden der Weichmachungsmittel in der Literatur ein handelsfähiges Produkt herstellen konnte. Über Weichmachungsmittel siehe D. A. Noll, Ch. Ztg. 1927, S. 516 u. 566; über Reaktionen auf Kunstseide: Mell. Textilberichte, März 1927 (Zyklohexanol als Zusatz für die Azetat-spinnerei).

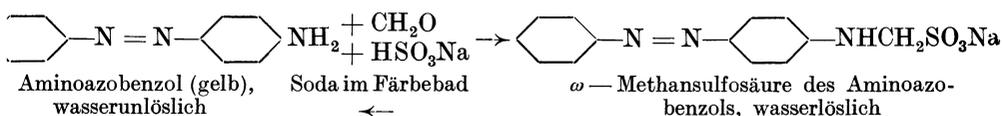
Man kann heute die Azetatseidenfärberei nach zwei Gesichtspunkten unterscheiden:

Die ältere, weniger wertvolle Methode beruht auf der Tatsache, daß beim partiellen Verseifen des Zelluloseesters $Z \begin{matrix} \swarrow \text{OR} \\ \searrow \text{OR} \\ \swarrow \text{OR} \end{matrix}$ zu $Z \begin{matrix} \swarrow \text{OH} \\ \searrow \text{OR} \\ \swarrow \text{OR} \end{matrix}$ usw.

die Affinität zu den üblichen Baumwollfarbstoffen regeneriert wird. Nach diesem Gesichtspunkte arbeiten die Verfahren der B.A.S.F. (D.R.P. 389 401), nach welchem man mit Bariumhydroxyd in Gegenwart von Aldehyden leicht verseift; dann das Verfahren von Clavel (D.R.P. 355 533), wo mit organischen Säuren in Gegenwart von Salzen und Schutzkolloiden partiell verseift wird. In diese Arbeitsweise sind auch die Verfahren zu zählen, wo neben partieller Verseifung des Zelluloseesters Entwicklungsfarben (Eisfarben, Naphtol-A.S.-Farben) aufgefärbt werden. (D.R.P. 408 179, 402 500.)

Das neuere und zweckentsprechendere Verfahren, Zelluloseester anzufärben, beruht auf der Tatsache, daß das Zelluloseazetat ein großes Lösungsvermögen für eine gewisse Klasse organischer, in Wasser unlöslicher Farbstoffe zeigt. Werden diese Farbstoffe in genügend feiner Form (feinen Emulsionen, kolloidaler Form) mit dem Zelluloseazetat in Berührung gebracht, so können starke, egale und teilweise sehr echte Färbungen erhalten werden. Das Problem, für den Färbeprozess diese Farbstoffe, in Wasser verteilt, dem Zelluloseazetat zu vermitteln, ist heute auf mannigfaltige Art gelöst. Das erste praktische Verfahren ist eine Erfindung von A. Green (D.R.P. 395 636).

Es zeigt sich, daß Aminoazobenzol und homologe Körper von der Azetylzellulose stark absorbiert werden. Es ist nun ein leichtes, diese Körper vorübergehend in wasserlösliche Form zu bringen, diese Form zu geeigneter Zeit wieder zu zersetzen, um den wasserunlöslichen Farbstoff zurückzuerhalten. Der Reaktionsmechanismus ist folgender:



Durch „Färben“ bei 60—70° C. in Gegenwart von Soda wird aus dem wasserlöslichen Farbstoff der wasserunlösliche Ausgangskörper in feinstem Verteilungszustand zurückgebildet und wird in dieser Form (nicht als ω -Methansulfosäure) von der Azetylzellulose adsorbiert. Da der Farbstoff noch eine freie Aminogruppe aufweist, kann er gegebenenfalls auf der Faser diazotiert und weiterentwickelt werden. Diese Farbstoffe sind unter den Namen Jonamine (Diazoanile, Azonine) im Handel erschienen¹.

Es hat sich weiter gezeigt, daß eine große Zahl von farbigen organischen Körpern (die bis heute nicht als eigentliche Farbstoffe angespro-

¹ Wegen ihrer Affinität zu Wolle und Seide sind sie nicht als Effektfarben zu benutzen.

chen wurden) zur Azetatseide große Affinität aufweisen und es nur nötig ist, diese in möglichst feiner Verteilung in Wasser zu suspendieren, um mit ihnen die Azetatseide anzufärben. Die Farbteilchen setzen sich in kurzer Zeit an die Oberfläche der Azetatfaser und gehen dann von dort aus in der Azetylzellulose in Lösung¹.

Die Farbstoffe können als Suspensionsfarben bezeichnet werden und es können verschiedene unlösliche Azofarben, Aminoanthrachinone, Indophenole gefärbt werden, wenn sie mit Seifen, Harzseifen, Zellstoffablauge usw. emulgiert werden (Celanese-, Dispersol-, Cibacetfarben usw.)². Es scheint, daß diese Klasse Azetatseidenfarbstoffe wegen ihrer meist guten Wasserechtheit, Lichtechtheit usw. die bedeutendere wird. Immerhin sind auch hier noch viele Probleme zu lösen, und die Musterkarten der verschiedenen Firmen dürfen heute noch nicht den Anspruch auf Vollständigkeit erheben.

25. Immungarn und Amingarn. In Erkenntnis, daß die Veresterung der Hydroxylgruppen der Zellulose die Aufnahmefähigkeit gegen die üblichen Baumwollfarbstoffe heruntersetzt oder total annulliert, ist wohl der Versuch unternommen worden, die Baumwolle in verarbeitetem Zustande (Strang und Stück) zu verestern. Dabei muß nicht außer acht gelassen werden, daß beim Behandeln von Baumwollgarn ein viel festeres Material zu erwarten ist, als dies die Azetatseide darstellt. Dieses immunisierte Garn dient in erster Linie als Effektfaden in der Buntweberei. Die ersten Erfolge auf diesem Gebiete haben die Textilwerke Horn (Bodensee, Schweiz) mit ihrem Immungarn aufzuweisen (D.R.P. 396 926)³.

Gebleichte und entfettete Baumwolle wird in 14% iger alkoholischer Natronlauge zu Alkalizellulose umgeformt, diese geschleudert und darauf mit p-Toluolsulfochlorid, gelöst in Tetrachlorkohlenstoff, bei ca. 15—20° verestert. Durch diese Behandlung hat die Baumwolle die Affinität zu den meisten Baumwollfarbstoffen eingeübt.

¹ Kartaschoff: Färbetheorien der Azetatseide. Mell. Textilb. 1926, S. 28.

² Rötel: Über den Stand der Azetatseidenfärberei. Mell. Textilb. 1926, S. 43.

Neuere Literatur zur Kunstseide. Azetatseidenfarbstoffe: F.P. 608429. Azofarben mit Glykol und Glycerinresten. — E.P. 257654. Azofarben mit Sulfamidgruppen. — E.P. 258960. Anthrachinonderivate mit Zitronensäure. — F.P. 606029. Sulfitaablauge als Emulgierungsmittel. — R. O. Herzog: Die Kunstseidenindustrie. Mell. Textilber. 1926, S. 21. — Rudolph: Über Verwendungsmöglichkeiten der Kunstseide. Mell. Textilber. 1926, S. 22. — P. Karrer: Feinbau und Enzymfestigkeit der Kunstseide. Mell. Textilber. 1926, S. 23. — H. Meyer: Färbvorgänge. Mell. Textilber. 1926, S. 29. — Dr. W. Jaeck: Über das Färben der Azetylzellulose. Mell. Textilb. 1927, S. 254. — Leipziger Monatschrift für Textilindustrie, Sonderheft Kunstseide. — Schupp: Azetatseide, Mell. Textilb. 1927, S. 867. — Evers: Kunstseidegemisch aus Zell-Nitrat und -Azetat, Mell. Textilb. 1927, S. 873. — R. O. Herzog: Technologie der Textilfasern. Verlag Springer. Bd. VII. Kunstseide. — Huebner: Fortschritt in der Herstellung d. künstlichen Seiden. Mon. Scient. 1926 [16] S. 158. — Übersicht über die Patentlit. der letzten 10 Jahre in der Viskose-Ind. Mell. Textilb. 1927, III. — Kunstseide aus Esparto und Alfagras „Pomilia-Seide“ (Viskose). Leipziger Monatschrift für Textilind. 1927, S. 390. — Färben von Immungarn, Sandoz E.P. 276 100, C 1927 II 2715.

³ Übertragen auf Sandoz.

Ganz ähnliche Erfolge erzielten Heberlein & Co., Wattwil, die Alkalizellulose mit Phosphorsäure (Phosphoroxychlorid) verestern. Dieses immunisierte Garn soll der Erwärmung (Bügeln) besser wider stehen. E.P. 255 453 und E.P. 255 448.

Wie die Analysen technischer Immungarne zeigen, tritt auf 9—10 $C_6H_{10}O_5$ -Gruppen ein Toluolsulfosäurerest ein¹.

Amingarn. Versuche, der Baumwolle durch Amidierung in färberischer Hinsicht Wollähnlichkeit zu verleihen, sind von verschiedenen Forschern ohne nennenswerten Erfolg ausgeführt worden².

K. Freudenberg hat erstmals in der Zuckerchemie Amidierungen vorgenommen durch Spaltung komplizierter Toluolsulfosäureester mit Ammoniak. P. Karrer³ gelang es, durch Behandeln des technischen Immungarnes (Toluolsulfoester) mit Ammoniak amidierete Baumwolle zu erhalten. In der Wärme, bei 100° C, ist in einer Stunde die Amidierung eine vollständige. Aus dem obengenannten Immungarn, ($C_6H_{10}O_5$)₉-Stufe, erhielt er ein Amingarn mit einem Stickstoffgehalt von 0,7—0,8%, d. h. auf ca. 9—11 $C_6H_{10}O_5$ -Gruppen ist eine Aminogruppe eingetreten.

Dieses Amingarn hat wie Wolle gute Affinität zu sauren Farbstoffen. Die Affinität zu basischen Farbstoffen, wie sie Immungarn aufweist, ist erhalten geblieben. Es verhält sich in der Tat diese amidierete Baumwolle wie Wolle, es ist eine animalisierte Faser entstanden. Das Immungarn läßt sich auch mit andern Aminen, wie Methylamin, Athylamin, Benzylamin, Anilin und merkwürdigerweise auch mit Pyridin amidieren. Ob dem Amingarn technische Erfolge beschieden sind, läßt sich noch nicht entscheiden; nicht zu verkennen ist die Möglichkeit, daß uns das Amingarn bei der Aufklärung der Färbevorgänge wertvolle Dienste leisten kann.

26. Analytisches. Zur Unterscheidung der Textilfasern mit besonderer Berücksichtigung der künstlichen Seiden nach W. Wagner⁴.

Als sehr geeignetes Reagens zur raschen Entscheidung über die Herkunft der Textilfasern hat sich Pikrokarm⁵, insbesondere in der von Wagner vorgeschlagenen Arbeitsweise bewährt. Durch einen einfachen Färbeversuch während ca. 5 Minuten ist öfters sichere Entscheidung zu treffen.

Das Pikrokarm nach Ranvier wird nach Wagner in die Pikrokarmlösung K wie folgt übergeführt: Man löse 4 g Natriumammoniumphosphat und 1 g Soda in 25 cm³ Wasser, gebe 5 g Pikrokarm und 75 cm³ Wasser zu und löse unter Erwärmen. Nach dem Abkühlen ist die Lösung gebrauchsfertig⁶.

Von der genannten Lösung werden die tierischen Fasern (entbastete Seide) gelb angefärbt. Pflanzliche Fasern und Zellulosestoffe werden

¹ Karrer: Helvetica Chimica Acta 1926, S. 593.

² Bernardy: Z. angew. Ch. 1925, S. 1195.

³ P. Karrer: Helvetica Chimica Acta 1926, S. 591.

⁴ Dr. W. Wagner: Mell. Textil-Ber. 1927, S. 246. ⁵ Pikrat der Karminsäure.

⁶ Die Fa. M. G. Grubler hält obige Reagenzien vorrätig, auch die Lösungen.

Tabelle I.

Das Material liegt ungefärbt vor, Farbstoffe müssen abgezogen werden.

Man bringt eine Probe des zu untersuchenden Materials gleichzeitig mit einer Probe Viskose in die Lösung von Pikrokarmen K und läßt 5 Minuten darin liegen. Nach dem Herausnehmen wird gut gespült.

<p>1. Die Probe ist grün-gelb gefärbt</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p style="text-align: center;">Azetatseide</p>	<p>2. Die Probe ist weinrot gefärbt (Erheblich tiefere Rotfärbung als die gleichzeitig mitgefärbte Viskoseprobe)</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p style="text-align: center;">Kupferseide</p>	<p>3. Die Probe ist rosa angefärbt. (In gleicher Stärke wie die Vergleichsviskose)</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p>Nitro- od. Viskose-seide (Man betupft mit Diphenylamin in Schwefelsäurelösung)</p> <p style="text-align: center;">Blaufärbung Keine Färbung</p> <p style="text-align: center;">↓ ↓</p> <p style="text-align: center;">Nitroseide Viskose</p>
---	--	--

Tabelle II.

Identifizierung, wenn nur eine Faserart vorliegt.

Ungefärbtes Material wird gleichzeitig mit einer Probe Viskose in die Lösung von Pikrokarmen K während 5 Minuten behandelt und gespült und getrocknet.

A. Probe ist gelb gefärbt.

Es kommen in Frage:

1. Wolle, 2. Entbastete Seide, 3. Azetatseide, 4. Tussah. — Jute wird nicht angefärbt, bleibt braungelb.

Trennung:

Eine Probe wird im Reagenzrohr erhitzt, die entstehenden Dämpfe mit angefeuchtem Lackmuspapier geprüft.

a) Rotes Lackmuspapier wird gelblich
b) Blaues Lackmuspapier wird rot

Seide Wolle
Tussah

Man koche 2—3 Minuten mit Natronlauge

Löslich Unlöslich

↓ ↓

Seide Tussah
Wolle

Eine neue Probe wird mit konz. Salzsäure gekocht (2 Minuten)

Löslich Unlöslich

↓ ↓

Seide Wolle

Azetatseide,
Jute

Eine Probe wird mit Azeton oder Eisessig erwärmt

Löslich Unlöslich

↓ ↓

Azetatseide Jute

Jute wird mit Phloroglucin violett

B. Probe ist rot gefärbt
(braunrot bis schwach rosa)

Rohseide, Kupferseide, Lein, Baumwolle, Viskose und Nitroseide.

Man erhitzt im Reagenzrohr und prüft die Dämpfe mit Lackmuspapier

a) Rotes Lackmuspapier wird blau
b) Blaues Lackmuspapier wird rot
Der Aspekt entscheidet zwischen

Rohseide. Kunstseide. Baumwolle und Lein

Viskose, Nitro- od. Kupferseide

Diphenylaminlösung färbt Nitroseide blau

Viskose und Kupferseide bleiben weiß

Die Probe wird mit der Vergleichsviskose verglichen

Kupferseide färbt sich stärker weinrot an

Viskose ist gleich der Vergleichsviskose

(Appretur entfernen)

Man färbt erneut mit Pikrokarmen zusammen mit Vergleichsbaumwolle

Baumwolle färbt rascher an, Lein bleibt längere Zeit ungefärbt

Tabelle III.

Es liegen Textilien vor, von denen festgestellt werden soll, ob nur eine Faserart oder ob mehrere Faserarten und welche vorliegen.

Man färbt (ungefärbtes oder abgezogenes Material) zusammen mit Vergleichsviskose mit Pikrokarmarin K.

<p>A. Probe ist nur gelb gefärbt. Es kommen in Frage: Wolle, entbastete Seide, Tussah, Jute, Azetatseide</p> <p>1. Azetatseide ist azetonlöslich.</p> <p>2. Azetonunlösliche Fasern werden 2 Min. mit Natronlauge gekocht. Tussah und Jute sind unlöslich. Jute wird von Phloroglucin violett gefärbt; Tussah bleibt weiß.</p> <p>3. Nach Behandeln mit Azeton wird mit konz. Salzsäure 1 bis 2 Min. gekocht.</p> <p>a) Gänzliche Lösung gibt nur reine Seide (Beschwerung bildet gelatinöse Massen).</p> <p>b) Probe ist gänzlich unlöslich, spezifisch für Wolle.</p> <p>Analog wie Salzsäure reagiert Chromsäure.</p>	<p>B. Die Probe ist nur rot gefärbt.</p> <p>I. Alle Fasern sind tiefer gefärbt als die Vergleichsviskose.</p> <p>Rohseide, Kupferseide, Lein.</p> <p>Kupferseide wird am Aspekt erkannt.</p> <p>Man kocht mit Natronlauge zum Entscheid zwischen Rohseide od. Lein. Erstere ist löslich in Lauge.</p> <p>II. Die Fasern sind etwa gleich wie die Vergleichsviskose angefärbt.</p> <p>Nitroseide, Viskose, Baumwolle evtl. Lein.</p> <p>a) Zwischen den Kunstseidefasern, die an ihrem Aspekt erkannt werden, entscheidet die Diphenylaminreaktion: Nitroseide blau, Viskose weiß.</p> <p>b) Zwischen Baumwolle und Lein entscheidet die Fuchsinprobe. Man legt in alkoholische Fuchsinlösung, spült und gibt in Ammoniak.</p> <p>Probe wird entfärbt Baumwolle</p> <p>Probe nicht entfärbt Lein</p> <p>III. Fasern verschieden stark angefärbt, werden getrennt und nach I oder II untersucht.</p>	<p>C. Probe hat gelb- und rotgefärbte Fäden.</p> <p>Man trennt die gelben von den roten Fasern und untersucht nach A oder B.</p>
--	--	--

durch den Karminfarbstoff mehr oder weniger rot angefärbt. Bei Rohseide wird die Reaktion des Bastes merkbar durch eine kräftige Rotbraunfärbung. Die Azetatseide färbt sich in der Lösung intensiv grüngelb an, was sofort gegen die Färbungen der anderen Fasern auffällt.

Weiter kommen die folgenden Reagenzien für Untersuchungen in Frage:

Aceton (Ameisensäure), welches die Azetatseide sofort löst, während die übrigen Fasern intakt bleiben.

Natronlauge als Reagens zur Unterscheidung von Wolle und Seide, welche gelöst werden neben Tussah, die darin unlöslich ist.

Diphenylaminlösung als Reagens auf Stickstoff, im speziellen zur Identifizierung von Nitroseide in Kunstseidenprodukten.

Fuchsinlösung, alkoholische, zur Unterscheidung zwischen Baumwolle und Leinen.

Chromsäure als Reagens für Wolle neben Seide.

Kupferoxydammoniak.

Phloroglucin, alkoholische Lösung plus Salzsäure.

An Hand dieser Reagenzien hat Wagner einen Analysengang ausgearbeitet und tabellarisch geordnet, wie ihn Tabellen I—III auf S. 588 u. 589 nach Mell. Textilberichten wiedergeben.

XXII. Lein.

1. Die Flachs-Pflanze. Lein ist die Faser, die von der Flachspflanze mit dem botanischen Namen *Linum usitatissimum* gewonnen wird. Die Botaniker kennen mehr als hundert Arten dieser Pflanze, doch von all diesen ist nur die eine von industrieller Wichtigkeit, und sie ist auch die einzige, die leicht kultiviert werden kann, nämlich *Linum usitatissimum* mit der blauen Blume. Die nordamerikanischen Indianer benutzten lange die Faser von *Linum lewisii*, der vom gewöhnlichen Flachs sich dadurch unterscheidet, daß von der perennierenden Wurzel drei Stengel wachsen. Die älteste Art Flachs, die kultiviert wurde, ist *Linum angustifolium*; die schweizerischen Pfahlbauer und die ältesten Einwohner von Norditalien sollen diesen Flachs gepflanzt haben. Der Flachs, der in den Ostländern, Syrien und Ägypten gepflanzt wird, scheint die gewöhnliche Art *L. usitatissimum* zu sein. Griechischer oder Frühlingsflachs, *L. crepitans*, ist eine kleine Pflanze, die in Rußland und Österreich kultiviert wird, ebenso gedeihen zwei andere Arten in Österreich, *L. perenne* (perennierender Flachs) und *L. catharticum*. Der von den Nordamerikanern (Indianern) zur Herstellung von Fischnetzen verwendete Flachs ist auch eine perennierende Pflanze (*L. lewisii*). Um die Faser vom Flachs zu gewinnen, unterzieht man denselben einem Röstprozeß (Rotten), bei welchem die eigentliche Faser (Zellulose) vom Holzgeflecht und den übrigen Pflanzenhäuten getrennt wird. Es ist historisch nachgewiesen, daß Lein die erste Pflanzenfaser ist, die industriell verwendet wurde, viel früher als Baumwolle. Es sind in Ägypten Leinwandprodukte gefunden worden, die über 4500 Jahre alt sind. Flachs ist schon erwähnt im II. Buch Mosis als eines der Handelsprodukte Ägyptens zur Zeit der Pharaonen. Salomon erwarb Leinenfaden in Ägypten, und Herodes spricht von großem Flachshandel in Ägypten. Zahlreiche bildliche Darstellungen vom Kultivieren und Präparieren von Flachs sind in den Gräbern von Theben eingehauen, welche die verschiedenen Arten von Flachs, rot- und weißblumig, die Art des Brechens und Rottens darstellen. Trotzdem Flachs mehr oder weniger in jedem Lande gepflanzt wird, sind hauptsächlich folgende Länder reich an Flachsbau: Frankreich, Irland, Belgien, Holland, Rußland, U.S.A. und Kanada¹. Nur in der Nachbarschaft von Yale, Michigan, in Northfield und Heron Lake, Minnesota, und in Salem und Scio, Oregon, wird in Amerika Flachs zum Spinnen gepflanzt. An all

¹ Auch Japan ist schnell bedeutend geworden mit seiner Flachskultur. Der im Norden der Inseln während 1920 gepflanzte Flachs wird auf 83464 Acker geschätzt. Unglücklicherweise war die Qualität schlecht infolge zu häufiger Regenfälle. Japan strebt nun vorwärts in der Flachsproduktion, jedoch ist die Ernte per Acker weniger als die Hälfte derjenigen von Irland, d. h. 200 lbs. gegen 450 lbs. Daran ist hauptsächlich der schlechte Samen, sowie auch zu wenig sorgfältige

diesen Orten wird mit dem Samen gespart, und es ist zweifelhaft, ob die Produktion der Faser allein unter diesen Bedingungen wirtschaftlich genügt¹.

New England pflanzte früher Flachs zur Fasergewinnung in ausgedehntem Maße; die Einführung der Baumwollfabrikation zusammen mit der langen Brachzeit des Erdreichs für Flachs führten schon früh im 19. Jahrhundert zur Aufgabe der Industrie in diesen Teilen der U.S.A.

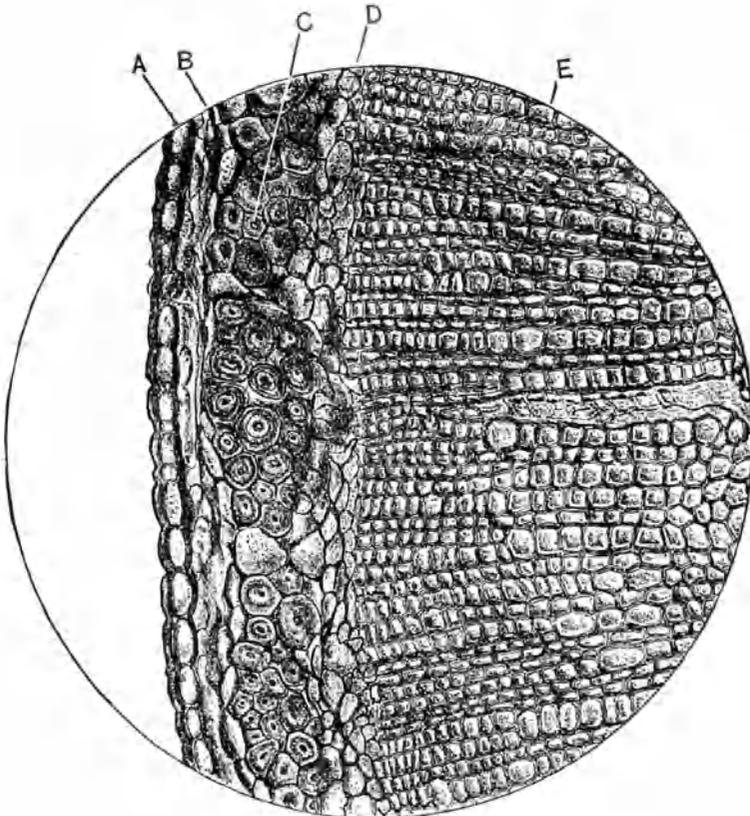


Abb. 270. Querschnitt durch Flachsstroh. A Kutikula; B Intrazellulosemasse (Parenchym); C Bast (verschiedene Stücke); D Kambium; E verholzter Teil.

Das Ackerbaudepartement gibt folgende Notizen über den Import von Flachs nach U.S.A.

Von Rußland: Russischer Flachs, bekannt als Slanetz (taugeröstet) oder Motchenetz (wassergeröstet); nicht gradierte Faser

Wartung schuld. Das Ackerbaudepartement vom Hokkaido Gouvernement beschäftigt sich mit der Verteilung von Samen, und die Pflanzler bilden Lokalvereine, mit Zentralvorstand in Sapporo, um Samen zu verteilen, Geld vorzustrecken und den Vertrieb des Flachses zu leiten. Jede Lokalgesellschaft hat eine eigene Schwingmühle, wovon bis jetzt schon 65 in Betrieb sind.

¹ Jahrbuch, Dept. Agric. 1903.

heißt Siretz. Die letztere kommt hauptsächlich aus Petersburg unter den Namen Bejedsk, Krasnoholm, Troer, Kashin, Gospodsky, Nerechta, Wologda, Iaraslav, Graesowetz und Kosroma; alle diese Arten sind Slanetz. Pochochon, Ouglitz, Rjeff, Jaropol und Stepurin sind Motchenetz. Von Archangel kommen Slanetz-Arten, bekannt als First Crown, Second Crown, Third Crown, Fourth Crown, First Zabrack und Second Zabrack. Von Riga kommen Motchenetz-Arten, bezeichnet mit der Marke K durchgehend: HK, PK, HPK, SPK, HSPK, ZK, GZK und HZK.



Abb. 271. Der früher angebaute Flachs (*Linum angustifolium*). (Nach dem Bull. U.S. Dept. Agric.)

Von Holland: Holländischer Flachs ist bezeichnet mit Marken: $\frac{I}{V}$, $\frac{II}{V}$, VI, VII, VIII, IX.

Von Belgien: Flämischer Flachs (blauer Flachs) umschließt: Bruges, Thiselt, Gent, Lokeren, und St. Nicholas und ist bezeichnet als: $\frac{II}{IV}$, $\frac{I}{V}$, VI, VII, VIII, IX.

Courtrai-Flachs ist bezeichnet als: $\frac{I}{III}$, $\frac{II}{III}$, $\frac{I}{IV}$, $\frac{II}{IV}$, $\frac{II}{V}$, $\frac{I}{V}$, VI.

Furnes- und Bergues-Flachs ist bezeichnet mit A, B, C, D. Wallon-Flachs ist bezeichnet mit II, III, IV. Zealand-Flachs ist bezeichnet mit IX, VIII, VII, VI.

Friesland-Flachs ist bezeichnet mit D, E, E_x, F, F_x, F_{xx}, G, G_x, G_{xx}, G_{xxx}.

Von Frankreich: Französischer Flachs ist bekannt nach Distrikten: Wavrin, Flines, Douai, Hazebrouck, Picardy und Harnes.

Von Irland: Irischer Flachs kommt als Schwingflachs in den Handel mit dem Ortsnamen seiner Herkunft.

Von Kanada: Dieser Flachs hat keine Qualitätsmarke oder Kennmarke.

Der Flachs ist eine einjährige Pflanze von zarter Struktur. Er wird ungefähr 1 m hoch. Der Stengel ist schlank, nur oben geästet und trägt kahle, lanzenförmige, gegenständige Blätter. Die Blume ist meistens himmelblau, manchmal auch weiß; die Samenkapseln sind rund, fünfklappig und erbsenförmig. Das Bastgeflecht, welches die Faser liefert, sitzt zwischen der Rinde und dem untenliegenden Holzgeflecht (Abb. 270).

Die Flachsfaser ist 12—36 inches lang, silbergrau, wenn taugeröstet; gelblich weiß, wenn wassergeröstet; fein zerteilbar, weich und biegsam. Sie ist zugleich die stärkste aller feinen Handelsbastfasern. Sie wird verarbeitet zu Nähmaschinenfaden, Schuhzwirn, Buchbinderzwirn, Fischschnüren, Netzzwirn, besseren Packschnüren, Netzleibchen und

gewoben zu Taschentüchern, Leintüchern, Tischtüchern, Kragen und Manschetten und Kleiderstoffen.

Gewöhnlich werden 2 Scheffel Flachssamen auf einen Morgen Land gesät und davon in fertiger Faser 600—800 lbs geerntet. Die Samenernte ergibt 8—10 Scheffel je 52 lbs. Eine Flachsernte erschöpft das Erdreich in hohem Maße und erfordert als Düngemittel hauptsächlich Kali und Phosphorsäure. Um den Boden für eine Flachsernte vorzubereiten, benötigt man 400—600 lbs. Mineralphosphate per Morgen, dazu noch den gewöhnlichen Stalldünger. Auch dann können höchstens 2—3 gute Ernten aufeinanderfolgend erzielt werden.

Die Flachspflanze ist einer großen Zahl Krankheiten ausgesetzt, welche zeitweise in Epidemien ausarten und der Ernte großen Schaden zufügen. Das Ackerbaudepartement von Irland hat jüngst (1920) eine de-

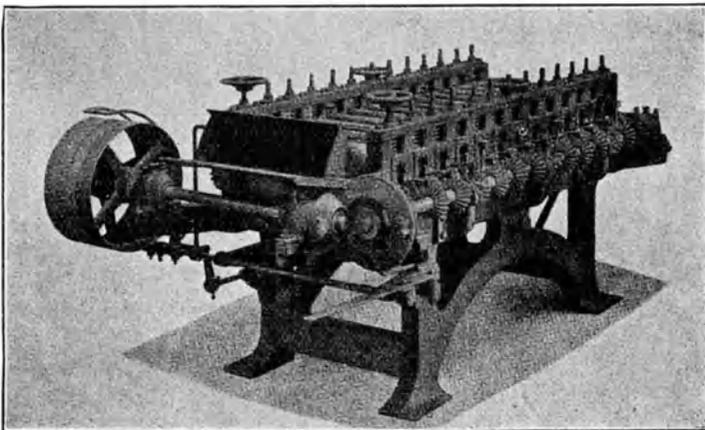


Abb. 272. Flachsbrecher.

taillierte Aufstellung dieser Krankheiten gemacht, und zwar: der Sämling-Meltau, verursacht durch einen Parasitenschimmelpilz; diese Krankheit verbreitet sich hauptsächlich bei nassem Wetter und geht bei trockenem Wetter und Boden zurück. Sie kann einigermaßen gedämmt werden durch Desinfizieren, doch ist bis jetzt noch keine befriedigende Methode gefunden worden. Bräune wird ebenfalls durch einen Pilz verursacht; die oberen Teile der Pflanze werden braun und brüchig und liefern kurze Fasern. Die Krankheit kann bekämpft werden durch peinliche Desinfektion der Samen. Rost und Brand entstehen ebenfalls durch Angriffe eines Parasiten, der zur Gruppe der Rostpilze gehört. Brand verhindert das Wachsen der Faser und erzeugt auf ihr schwache Stellen. Das Gelbwerden ist wahrscheinlich auf Mangel an Kali im Erdreich zurückzuführen und kann bei genügender Düngung verhindert werden. Die Stengeldürre ist ebenfalls eine durch Pilze hervorbrachte Krankheit. Dodder, eine parasitische Zwillingspflanze, welche auf dem Flachs lebt, ist eine Pestkrankheit des Flachses. Ein anderer Feind ist der Flachs-Flohkäfer, welcher große Verheerungen anrichten kann;

Die folgende Tabelle zeigt Erzeugung und Verbrauch von Flachs im Welthandel für 1913:

Land	Produktion	Import	Export	Verfügbar zum Verbrauch
	in Tonnen			
Rußland	837 697	522	268 138	570 081
Österreich-Ungarn	39 159	53 586	5 162	87 583
Frankreich	21 624	111 111	84 447	48 288
Belgien	17 606	192 946	72 345	138 207
Großbritannien	12 652	2 715	5 244	106 530
Italien	2 559	2 613	1	5 273
Schweden	218	92 536	—	2 831
Deutschland	—	11 634	42 818	49 718
U. S. A.	—	—	—	11 634
Total	931 515	—	—	—

Die Totalproduktion von Flachs betrug darnach vor dem Kriege ungefähr 2 000 000 000 lbs., von welcher der größte Teil auf Rußland fällt. Seit der russischen Revolution hat aber die Flachsproduktion in diesem Lande so abgenommen, daß sie jetzt (1923) kaum mehr ein Viertel der Vorkriegsproduktion beträgt. Neben der Flachsfasern wird auch der Samen gewonnen. Aus den Leinsamen wird das kostbare Leinöl gepreßt. Es besitzt ausgezeichnete Trocknungsqualitäten und eignet sich vorzüglich zur Herstellung von Firnissen und Lacken. Der beste Samenflachs kommt aus den Tropen, während der beste Faserflachs in nördlichen Ländern wächst. Der Samen des letzteren als Nebenprodukt liefert nur eine untergeordnete Qualität Öl. Aus den Überresten der Samen, nach dem Auspressen, werden Ölkuchen gemacht, welche ein ausgezeichnetes Viehfutter liefern. Es werden große Quantitäten Flachs in Amerika gepflanzt, hauptsächlich in den Nordweststaaten, und zwar für Samengewinnung. Man läßt die Pflanzen voll ausreifen; das Flachsstroh wird verbrannt, nur um es zu beseitigen. Tatsächlich liefern die Vereinigten Staaten ungefähr ein Viertel des ganzen Weltbedarfs an Leinöl (1900—1901: 40 000 000 Gallonen). In Argentinien wird ebenfalls viel Flachs gepflanzt, doch auch da nur zur Samengewinnung, das Stroh wird verbrannt. Argentinien liefert etwa ein Drittel des Weltbedarfs oder 55 000 000 Gallonen. Rußland hat große Ländereien der Flachssamenkultur geopfert; die Faser dagegen ist von schlechter Qualität, weil holzig und zu viel Abfall hinterlassend. In Indien wird Flachs ebenfalls zur Samenkultur gepflanzt.

2. Das Rotten des Flachses. Wenn die Flachspflanze ausgewachsen ist, wird sie entweder abgeschnitten oder mit den Wurzeln ausgerissen und einer Prozedur unterworfen, die unter dem Namen Flachsrieffeln bekannt ist. Die Pflanze wird durch eine Maschine mit aufrechtstehenden Gabeln getrieben, um Blätter und Samen zu entfernen. Die verbleibenden Stengel werden dann in Bündeln in stagnierendes Wasser gelegt, wo sie einige Tage verbleiben. Es tritt Gärung ein, welche die Zersetzung des Holzgeflechtes, das die Zellulose einschließt, bewirkt. Ist die Gärung genügend vorgeschritten, so werden die Bündel heraus-

genommen und die Stengel durch verschiedene Manipulationen so behandelt, daß nur noch Zellulosefasern bleiben. Diese Art Rotten nennt man Teichrotte. Da die Gärung Gase erzeugt, müssen die Bündel mit Steinen oder Brettern beschwert werden, um sie unter Wasser zu halten, wo sie 5—10 Tage bleiben. Eine andere Methode ist das Rotten in fließendem Wasser. Auf solche Art wird der berühmte Courtrai-Flachs von Belgien gerottet, und zwar im Lysfluß. Das Flachsstroh wird in Körben in den Fluß versenkt, wo es 4—15 Tage bleibt, je nach der Temperatur des Wassers. Courtrai-Flachs ist cremefarbig, während teichgerotteter Flachs von dunkelblaubrauner Farbe ist. Die ausgezeichnete Qualität des Courtrai-Flachses wird bewirkt durch das weiche, meist träge fließende Wasser der Lys und die darin entstehende eigentümliche Gärung. Eine andere Methode ist die Taurotte. Das Flachsstroh wird einige Wochen im freien Felde dem Tau und der Sonne ausgesetzt. Die Taurotte gibt allerdings das ungleichmäßigste und weniger wertvolle Produkt der drei Methoden, und die Faser ist von ziemlich dunkler Farbe. Es wurden auch chemische Methoden versucht, z. B. Erhitzen in Wasser unter Druck, Kochen mit Oxalsäure, Soda, Asche, kaustischer Soda usw., aber keine ist von großem industriellen Wert, so daß die ursprüngliche Methode beibehalten wurde. Heute werden dem Rottwasser verschiedene Chemikalien mit Erfolg beigemischt, z. B. Salz- oder Schwefelsäure. Dodge gibt folgende Anmerkungen über das Flachsrotten: Für Taurotte eignet sich am besten eine feuchte Wiese; die Faser wird in geraden Reihen auf der Wiese ausgebreitet (auf 40 a 1 Tonne). Wird der Flachs Anfang Oktober ausgebreitet und das Wetter ist gut, dann braucht es einige Wochen, bis die Zellulosefaser leicht von den Holzbestandteilen getrennt werden kann. Bei der Teichrotte ergibt das weichste Wasser die besten Resultate. Wo natürliche Teiche (wie z. B. die Sumpfteiche in Irland) nicht zur Verfügung stehen, müssen extra Teiche gebaut werden. Ein Teich von 30 Fuß Länge, 10 Fuß Breite und 4 Fuß Tiefe, genügt für den Flachs von 40 a. Quellwasser sollte vermieden werden oder dann mehrere Wochen vor den Flachsernte im Teich stagnieren, damit es weich wird. Auch soll das Wasser von mineralischen und pflanzlichen Unreinheiten freigehalten werden. Die Bündel kommen leicht gebunden in den Teich. Die Gärung macht sich bemerkbar, wenn sich das Wasser trübt und Gasbläschen aufsteigen. Wenn möglich sollte die Kruste, welche sich auf der Oberfläche des Teiches bildet, entfernt werden, damit immer etwas frisches Wasser über den Teich fließt. Wenn die Zersetzung genügend vorgeschritten ist, sinkt die Faser, doch ist das kein sicheres Zeichen, daß die Faser jetzt herausgenommen werden kann. In Holland nimmt man eine Anzahl Stengel heraus, bricht sie an zwei Orten (einige Inches voneinander); wenn die Holzteilchen leicht wegfallen und die Faser intakt bleibt, ist die Rotte fertig. Schenks Rottmethode vollzieht sich in warmem Wasser, wobei eine Temperatur von 35° C beibehalten wird. Die Gärung soll dann innert 50—60 Stunden eintreten; auch soll eine bessere Ausbeute und ein besseres Produkt erzielt werden als beim natürlichen Rotten. Bei der Dampfrothe kommen die Flachsbündel in eiserne Zylinder, durch welche Dampf strömt, oder in

siedendes Wasser unter Druck, doch scheint diese Behandlung nicht rationell zu sein. Loppens und de Swarte¹ führten eine Methode ein, bei der das Flachsstroh aufrecht in Bottiche gestellt wurde. Das darin aufwärts fließende Wasser soll bewirken, daß die lösliche Masse von der Faser abfällt und sinkt².

Die innere Zellsubstanz, welche die Flachsfasern zusammenhält, besteht zum größten Teil aus Calciumpektaten und die Aufgabe des Rottens besteht darin, diese Substanz löslich zu machen, so daß sie im Nachprozeß leicht zu entfernen ist. Winogradsky wandte erfolgreich einen aktiven Gärungserreger an, um das Pektin von der Faser zu isolieren; es ist dies ein anaerober Bazillus, welcher das Pektin leicht in Gärung bringt, ohne die Zellulose zu zerstören.

Beijerinck und van Delden schreiben den bakteriologischen Vorgang beim Flachsrotten einer Gärung zu, worin Pektose in Pektin und dann in Zucker verwandelt wird, unter Einwirkung einer Pektinase (Enzym), ausgeschieden vom Bazillus. Nach Behrens ist der aktive Erreger bei der Taurotte ein Schimmelpilz.

Die Wasserrotte des Flachses beschreibt Störmer als einen biologischen Prozeß, hervorgebracht durch Einwirkung gewisser Organismen, hauptsächlich eines anaeroben Plectridium, welches in (sauerstoffarmem) luftarmem Wasser die Gärung der Zellularmasse, aber auch des parenchymen Geflechtes bewirkt, wodurch Verlust an der Flachsfaser entsteht³. Der Ausschluß von Sauerstoff ist nötig, daß die Gärung vor sich gehen kann, und diese wird bedingt durch große Mengen Sauerstoff konsumierende Bakterien und Pilze. Die Produkte, welche sich bei der Gärung bilden, sind Wasserstoff, Kohlendioxyd und organische Säuren, speziell Essig- und Buttersäure und kleinere Quantitäten von Valerian- und Milchsäure. Die zerstörende Wirkung der sauren Produkte, speziell der Buttersäure, kann beträchtlich vermindert werden durch Beigabe von Alkali oder Kalk. Es ist auch vorteilhaft, beim Beginn der Rotte dem Rottwasser Reinkulturen von anaerobem Plectridium beizugeben. Bei Zufügung von Salz wird das Wachstum des Bazillus gefördert und dadurch die Zeit des Rottens beträchtlich abgekürzt. Eine interessante Methode von Flachsrotte beschreiben Jean Dumer und Romain⁴ wie folgt: Die Flachsrotte wird durchgeführt in hermetisch abgeschlossenen Kesseln, wo Wasser auf 40—50° C erhitzt und eine Luft-

¹ Brit. Pat. 14781 von 1895.

² Nach Crochet (D.R.-P. 146956) wird der Flachs in einem Bad gekocht, welches Kalkwasser, kaustische Soda und Kristallsoda (letztere ist unvereinbar in dieser Fassung, da sie den Kalk fällen würde) enthält, und nachher in heißem Seifenbad behandelt. Bonney und Pritchard (D.R.-P. 199042) benutzen Natriumborate und Seifenlösung, während Summers (D.R.-P. 197659) Pottaschelösung benutzen. Die beste chemische Rotte ist wahrscheinlich die alte Methode nach Bauer (D.R.-P. 68807 u. 80023), nach welcher der Flachs eine Stunde bei 100° C in $\frac{1}{2}$ %iger Schwefelsäurelösung behandelt wird und nachher in verdünnter, heißer kaustischer Sodalösung (siehe Chem. Zg. 1906, S. 983).

³ Prof. Rossi Portici (siehe Österr. Wollen.-Ind. 1908, S. 641 u. 1409) hat eine technisch erfolgreiche Gärung für Flachsrotte vorgeschlagen, wo mit Hilfe des Bacillus comesii die Rotte ungefähr 3 Tage beansprucht.

⁴ Leipz. Monatsschr. Text.-Ind. 1892.

pumpe angewendet wird. Der Flachs kommt im Kessel zwischen zwei Drahtgazeböden. Mittels der Pumpe wird alle Luft entfernt und der Flachs wird in dem Wasser einige Tage behandelt. Diese Rotte benötigt 5 bis 6 Tage. Es scheint aber, daß diese Methode eine große Zahl Apparate benötigt für eine kleine Produktion an Fasern. Kraiss¹ empfiehlt die Benutzung einer 1%igen Lösung von Natriumbikarbonat für die Rotte. Die Beifügung von 0,5—1% Natriumsulfit zum Rottwasser ist ebenfalls empfehlenswert und ergibt ein hellfarbigeres Produkt. Der unangenehme Geruch des Flachsrottwassers kann verbessert werden durch Beifügung von Dextrose zusammen mit dem Natriumbikarbonat.

3. Aufbereitung von Flachs in Belgien. Nach Carter ist die Methode der Flachsfaseraufbereitung in Belgien folgende: Das Flachsstroh wird, bevor es ganz reif ist, mit den Wurzeln ausgerissen und in Garben am Boden in Reihen ausgebreitet. In Bündel werden Wurzel und Oberteil der Pflanze wechselseitig gelegt, was verhindert, daß die Samenbollen verwickelt werden, wenn die Samenbündel wieder aufgehoben werden. Die Arbeit des Handausreißen von Flachs ist ziemlich überall verdrängt worden durch Maschinenarbeit. Das Stroh wird so schnell als möglich nach dem Ausreißen aufgestapelt, die Bündel wechselseitig gelegt, die Wurzelenden ausgespreizt und die oberen Enden zusammengehalten wie beim Buchstaben A. In 6—8 Tagen ist das Stroh trocken und kann in Garben gebunden werden wie beim Korn. Es ist dann reif und wird im Freien stehengelassen bis auch der Samen reif ist. Beim Courtrai-System wird der Same während des Winters weggenommen und das Stroh aufgestapelt oder zugedeckt bis zum Frühling, wo es dann gerottet werden kann. Im allgemeinen betrachtet man es für besser, wenn das Flachsstroh mindestens ein Jahr, manchmal sogar zwei Jahre zurückbehalten wird vor der Rotte. Die Flachspflanzer binden das Stroh in parallele Bündel von 12 inches Durchmesser. Für die Rotte werden sie entweder horizontal oder vertikal in großen Körben, die mit Stroh ausgelegt sind, ins Rottwasser getaucht. Die aufrechte Lage wird gewöhnlich bevorzugt, sie ergibt mehr hellfarbige Fasern, da weniger Rückstände verbleiben in allen Stadien der Gärung. Dann werden Stroh und Bretter darauf getan und die Körbe im Fluß verankert. Die Bretter müssen mit Steinen beschwert werden, damit das Ganze einige Zentimeter unter der Oberfläche untergetaucht bleibt.

In einigen Tagen beginnt die Gärung und wird immer stärker; von Zeit zu Zeit muß die Belastung mit Steinen verstärkt werden, um das Aufsteigen der Körbe wegen der Gasbildung zu verhindern. In der Regel wird nach einigen Tagen Rotte der Flachs herausgenommen und in Garbenlöcher zum Trocknen getan. Der Vorteil dieser Unterbrechung besteht darin, daß das Aussetzen an Sonne und Luft die Fäulnis mikroben, welche sich entwickelt haben, tötet, so daß die Faser ungeschwächt bleibt. Nach dem Trocknen kommen die Bündel wieder in die Körbe, bis die Rotte vollständig ist, 7—12 Tage, je nach Temperatur, Qualität von Flachs usw. Die Dauer der Rotte

¹ Z. angew. Chem. 1920, S. 102.

ist ungefähr 7 Tage im August, im Mai 10 Tage und 12 Tage im Oktober, wo die Wassertemperatur niedriger ist. Feine, dünne Stengel erfordern längere Rotte als dicke Stengel; das Ende der Rotte wird genau bestimmt durch gelegentliche Untersuchung der Stengel und durch Vornahme gewisser Proben. Die Strohbindel sollen sich weich anfühlen und die Stengel mit grünlichem Schleim bedeckt sein, welcher leicht zwischen Finger und Daumen abgestreift werden kann. Über den Zeigefinger gewickelt, soll die innere Holzpartie leicht von der faserigen Hülle springen. Wenn ein Teil der Faser vom Stengel weggenommen und plötzlich gestreckt wird, soll es einen dumpfen Ton geben beim Reißen und nicht einen scharfen. Ist die Rotte komplett, so wird das Flachsstroh sorgfältig aus den Körben genommen und die Garben wieder getrocknet, diesmal in Form eines Hohlzapfens. Das gerottete und getrocknete Stroh wird in Scheunen und Hütten bis zum Winter gelagert, wo dann das Flachsbrechen vor sich geht. Die Flachsbrechmaschine besteht vor allem aus dem Brecher, einer Serie von Quetschwalzenpaaren, welche laufend den Inhalt der Stengel in kleine Stücke brechen, die sich dann bei gut gerottetem Flachs beim Schlagen mit einem Holzschlegel leicht von der Faser lösen. Die besten Flachswalzen sind die mit 5, 6 oder 8 Paaren. Die Walzen haben 8 inches Durchmesser und 16—24 Rinnen, $\frac{1}{2}$ —1 inch tief.

Die gebrochene, holzige Masse in den Flachsstengeln wird sodann aus den Fasern herausgeschlagen; der Flachsschwinger hält die Bündel in die Einkerbung eines aufrechtstehenden Klotzes, während Holzschlegel, in einem gußeisernen Ring rotierend, darauf schlagen. Dieser Ring ist an einem Holzschaft befestigt. Die Schläger machen ungefähr 175 Umdrehungen in der Minute, was etwa 2100 Schlägen entspricht.

1 acre ($4\frac{1}{2}$ a) guter Flachs wiegt schätzungsweise, frisch gewonnen, 5 Tonnen. Beim Trocknen verliert er zirka 55% an Gewicht.

Beim Entblättern und Entsamern verliert der Flachs wieder 25% und weiter 25% beim Rotten; wenn für das Schwingen noch 20% abgerechnet werden, ergibt sich eine Ausbeute an Faser von $5\frac{1}{2}$ %.

Von den verschiedenen Rottsystemen gibt zweifellos die Rotte in langsam fließendem Wasser in bezug auf Farbe und Qualität die besten Resultate.

4. Die Unreinheiten im Rohflachs. Die Pektinsubstanzen bilden die innere Zellschicht zwischen den Elementarzellen der Bastfasern und dienen dazu, die kleinen Elemente der Faser zusammenzuhalten. Sie haben die Eigenschaften eines harzigen Gummis. Einzelne Forscher gaben dieser Substanz den Namen Pektose. Es ist sehr unwahrscheinlich, daß diese Substanzen aus einer einzigen chemischen Verbindung bestehen, sondern eher aus mehreren chemischen Einheiten. Mit verdünnter Säure erhitzt, wird Pektose in eine Serie von Produkten umgewandelt, welchen von Botanikern und Chemikern größte Aufmerksamkeit geschenkt wurde. Diese Produkte umfassen Pektin, Para-Pektin, Meta-Pektin, Pektinsäuren usw. Pektin und speziell Para- und Meta-Pektin sind wasserlöslich, Pektinsäure dagegen nicht. Zum Zwecke der Separierung der Elemente ist es notwendig, die Flachsrotte zu unterbrechen, bevor sich Pektinsäure bildet. Zur Herstellung von Leinwand dagegen scheint es

notwendig zu sein, nicht alle Pektosederivate der Faser zu entnehmen, sondern die Bildung von etwas Pektinsäure abzuwarten, da diese die Oberfläche der Faser glänzender macht und die Faser stärker und elastischer wird. Es wurde behauptet, daß Fettsäuren lösend wirken auf harzige und Pektinsubstanzen, die in den Pflanzenfasern enthalten sind. Eine diesbezügliche Methode zum Schälen des Flachses und anderer Bastfasern wird folgendermaßen empfohlen: die Rohfaser wird imprägniert mit kochender Seifenlösung, nachher Ammoniumchlorid beigegeben, welches die Fettsäuren freimacht. Nach mehrstündiger Behandlung sind alle Gummi- und Harzsubstanzen zerstört; die Faser wird dann mit schwacher Natronlauge behandelt, gewaschen und getrocknet. Es sollen mit dieser Methode gute Resultate erzielt worden sein.

Die Flachsstengel, von Blättern und Samen befreit, nennt man Flachsstroh. Dasselbe enthält in luftgetrocknetem Zustand 73—80% Holz, Mark und Rinde und 20—27% Bast. Die Gesamtstruktur von Flachsstroh und Baststengel ist dargestellt in Abb. 273.

Nach Prof. Hodge (Belfast) ist das Verhältnis der Bestandteile der Flachspflanze folgendes:

Trockene Flachspflanzen	7770	Pfund
Pollen	1946	„
Samen	910	„
Rohfaserstengel	5824	„
Verlust im Wasser	1456	„
Gerottete Stengel	4368	„
Fertige Faser	702	„

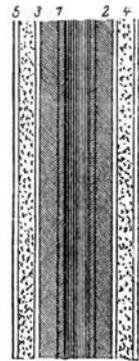


Abb. 273. Diagramm zum Flachsstroh. 1 Mark; 2 Holzgeflecht; 3 Cambium; 4 Bastfasern; 5 Borke. (Nach Witt.)

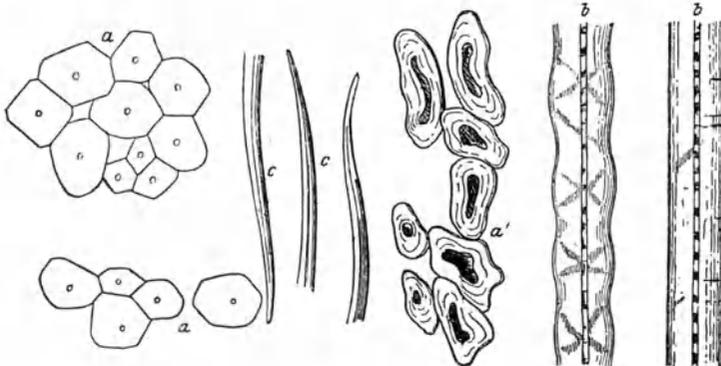


Abb. 274. Flachsfasern ($\times 400$). a, a' Querschnitte; b Längsschicht; c Enden. (Cross & Bevan.)

Das Gewicht der Faser ist also gleich 9% der trockenen Flachsstengel mit den Samenpollen oder gleich 12% des geriffelten Flachses oder gleich 16% des gerotteten Strohs.

Nach Schenk (amerikanisches Verfahren) ergaben sich folgende Werte:

Trockenes Flachsstroh	100 tons
Pollen	33 „
Verlust im Wasser	27,5 „
Separiert beim Schwingen	32,13 „
Fertige Faser	5,9 „
Abfall	1,47 „

Beim Krempeln und Spinnen des Flachses ergibt sich eine beträchtliche Menge Abfall, kurze Fasern, $\frac{1}{2}$ —3 inches lang. Es wurden große Anstrengungen gemacht, diese geringwertigen, kurzen Fasern zu spinnen,

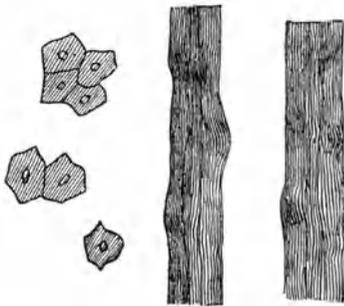


Abb. 275. Flachsfasern.

jedoch ohne Erfolg. Die Hauptschwierigkeit im Spinnen von Flachsabfall liegt darin, daß die Fasern steif sind und nicht zusammenbleiben und daher im gesponnenen Garn sich leicht separieren, zudem besitzt das Garn gar keine Festigkeit. Ein neueres deutsches Verfahren zur Ausnützung von Flachsfasern gibt den kurzen Fasern mehr Weichheit und Biegsamkeit, zusammen mit genügender Kräuselung zur Garnfabrikation. Die Flachsabfälle werden zuerst gehechelt, um Fasersplitter zu entfernen; dann eine Stunde gekocht in 5%iger Natronlauge. Diese Behandlung bewirkt das Kräuseln der Faser; das Material wird dann gewaschen und kommt in ein Bad, bestehend aus 500 Teilen Soda, 250 Teilen weicher Seife, 1000 Teilen Weinstein, 150 Teilen Malerleim, 250 Teilen Olivenöl,

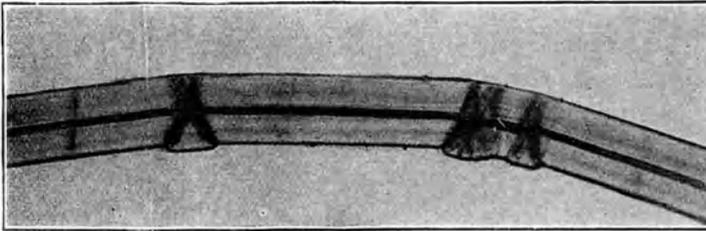


Abb. 276. Flachs mit Chlorzinkjod gefärbte Knoten. (Herzog.)

100 Teilen Essigsäure verdünnt mit 220 Teilen Wasser bei einer Temperatur von 66°C . Diese Lösung bildet eine milchige, saure Emulsion, in welcher die Faser eine Stunde verbleibt. Zuletzt kommt die Faser in ein Milchsäurebad. Bei dieser Behandlung ergibt sich ein wolliges, weichflockiges Material, welches leicht zu Garn gesponnen werden kann.

5. Mikroskopie der Leinfaser. Die Leinfaser, wie sie von der Pflanze kommt und wie sie im Handel erscheint, variiert beträchtlich in der Länge, von einigen Inches bis zu mehreren Fuß. Die Fasern bestehen aus einer großen Zahl von kleinen Elementen oder Zellen, die aus reiner Zellulose bestehen. Die Zellen sind gleichmäßig dick und durchschnittlich 12—25 Mikrons im Durchmesser und 25—30 mm lang.

Die Struktur ist ziemlich regelmäßig, zylindrisch und vieleckig im Querschnitt. Eine Eigentümlichkeit bei den Zellen ist das Vorhandensein von schwach markierten Knoten, welche wechselständig vorkommen, oft in der Form eines X¹.

Diese Knoten werden deutlich sichtbar beim Färben mit Methylviolett oder Chlorzink-Jod-Lösung.

Die Zellwand ist gleichmäßig dick und das Lumen ist sehr eng und erscheint oft nur als eine dunkle Linie. Der Querschnitt der Faser zeigt keine gelbe, kreisrunde Färbung, wenn mit Schwefelsäure behandelt wird, nur das Lumen zeigt sich als gelber Fleck. Wiesner gibt folgende Dimensionen der verschiedenen Arten Flachsfasern:

Flachsart	Mittlere Länge der reinen Flachsfaser	Mittlere Breite
	mm	mm
Ägyptischer Flachs	960	0,255
Westfälischer Flachs	750	0,114
Belgischer Courtrai-Flachs	370	0,105
Österreichischer Flachs	410	0,202
Preußischer Flachs	280	0,119

Guter Flachs soll durchschnittlich 20 inches lang sein und frei von Fasern unter 12 inches Länge. Dodge gibt folgende Dimensionen für die Elemente der Flachsfaser: Länge 0,157—2,598 inches; Mittel 1 inch Durchmesser 0,006—0,00148 inch, Mittel 0,001 inch. Hanauseck² zeigt eine mikroskopische Methode zur Unterscheidung zwischen Leinen- und Werggarn wie folgt:

1. Leinengarn besteht aus Faserzellen mit engem Lumen und spitzigen Enden und ist meistens frei von andern Geflechten des Stengels.

2. Werggarn besteht aus Faserzellen mit engem und weitem Lumen und enthält immer Epidermalzellen.

Herzog betont, daß Fasern, welche als unreif bezeichnet werden, im Werg vorkommen. Diese Fasern kommen vom obern Teil des Flachsstengels und haben ein breites Lumen mit Überresten von Protoplasma.

Die Bastzellen der Flachsfaser können isoliert werden durch Behandlung mit verdünnter Chromsäure. Sie sind zylindrisch und konisch zugespitzt.

In der Mitte messen sie 12—26 Mikrons, im Durchschnitt 15 Mikrons. Nach Vetillard 15—37 Mikrons, im Durchschnitt 22 Mikrons. Die Länge variiert zwischen 4 und 66 mm mit durchschnittlich 25 mm. Das Verhältnis der Länge der Zellen zur Breite ist ungefähr 1 : 1200. Unter dem Mikroskop erscheint die Oberfläche der Zelle glatt oder der Länge

¹ Höhnel (Über den Einfluß des Rindendruckes auf die Beschaffenheit der Bastfaser, Jahrb., Wiss. Bot. Woll. 15, S. 311) nimmt an, daß diese Knoten physiologischen Ursprungs seien, verursacht durch ungleichmäßigen Radialdruck auf das Pflanzengewebe. Schwendener (Über die Verschiebungen der Bastfaser, Ber. deutsch. Bot. Gesellsch. Woll. 12, S. 239) andererseits nimmt an, diese Knoten resultieren von künstlichen Einflüssen während der Aufbereitung, da Fasern, der einfachen Wasserrotte entnommen, fast keine Knoten zeigen.

² Mikroskopy of Technical Products S. 77.

nach markiert durch Querspalten. Mit Zinkchloridjod behandelt färben sich letztere viel dunkler als der Rest der Zelle und werden deutlich sichtbar. Das Lumen erscheint in der Mitte der Zelle als enge, gelbe Linie und ist gewöhnlich ganz gefüllt mit Protoplasma. Mit Jodschwefelsäure gibt Lein eine blaue Farbe, welche sich aber nicht so schnell entwickelt wie bei der Baumwolle. Mit alkalischem Fuchsin ergibt sich eine beständige Rosafärbung im Gegensatz zu Baumwolle. Diese Versuche sind aber nur anwendbar für Rohleinen, da die Zellulose gebleichten Leins wenig oder gar keine Unterschiede zeigt gegenüber Baumwolle. Im Querschnitt sind die Flachsellen vieleckig mit abgerundeten Ecken, haben ein kleines Lumen und relativ dicke Zellwände. In dieser Hinsicht sind sie dem Hanf ähnlich, unterscheiden sich aber von letzterem,

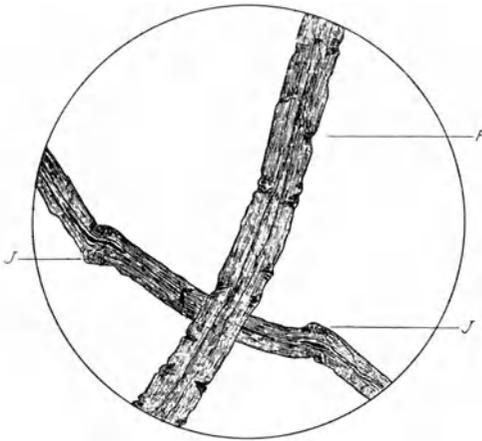


Abb. 277. Flachsfaser. Mit Methylviolett gefärbt.
J Charakteristische Deformation; F Faserrille.

daß sie sich nicht zusammenhäufen, sondern mehr oder weniger isoliert sind, darum zeigt der Querschnitt meistens bloß eine Zelle und selten mehr als drei oder vier. Lein unterscheidet sich von der Hanffaser wie folgt:

a) Der Querschnitt zeigt kein Lignin in gelber Färbung bei Behandlung mit Jodschwefelsäure.

b) Lein gibt die Reaktion auf reine Zellulose, z. B. färbt Jodschwefelsäure die Faser rein blau; Anilinsulfat ergibt keine Färbung, außer wenn Reste von Parenchymgeflecht

vorkommen. Diese reagieren gelb und scheinen lignifiziert zu sein.

c) Das Lumen der Hanffaser ist seltener mit gelblichem Protoplasma gefüllt, als dasjenige der Leinfaser.

d) Die Leinfaserenden sind scharf, spitzig, diejenigen des Hanfes nicht.

6. Chemische und physikalische Eigenschaften. Die Flachsfasern scheinen aus reiner Zellulose zu bestehen und zeigen keinerlei Anzeichen von Verholzung. Trotzdem sie im allgemeinen als nicht holzig betrachtet wird, ist Höhnel¹ der Meinung, daß sehr kurze Teile von holzigen Querwänden vorkommen zwischen langen Teilen von reiner Zellulose. Herzog bestimmt das Lignin in den Fasern von verschiedenen Teilen der Pflanze nach der Methylierungszahl und findet, daß die Faser an der Wurzel 3,8%, in der Mitte des Stengels 2,36% und an der Spitze des Stengels 1,64% Lignin enthält.

Beim Bleichen verschwindet das Lignin ganz. Um reine Flachs-zellulose zu isolieren, empfehlen Cross und Bevan folgendes Verfahren:

¹ Zur Mikroskopie der Hanf- und Flachsfasern. Z. Nahr. Unters., hyg. Warenk. 1892, S. 30.

Die Nichtzellulosebestandteile des Flachses sind Pektinstoffe, welche in kochendem Alkali löslich sind. Der Gehalt dieser Bestandteile variiert von 14—33% in den verschiedenen Flachsarten. Sie werden vollständig ausgezogen durch Kochen der Faser in verdünnter Lösung von Natronlauge (1—2%). Der Rest besteht aus Flachszellulose mit kleinen Überresten von Holz und Hautgeflechten, zusammen mit denjenigen von Öl und Wachs. Bei Behandlung mit einer schwachen Lösung von Chlorkalk wird das Holzgeflecht aufgelöst und kann entfernt werden durch nochmaliges Kochen in verdünntem Alkali. Die verbleibende Zellulose wird dann von den fettigen und wachsigsten Resten gereinigt durch Kochen in Alkohol und schließlich in einer Ätheralkoholmischung.

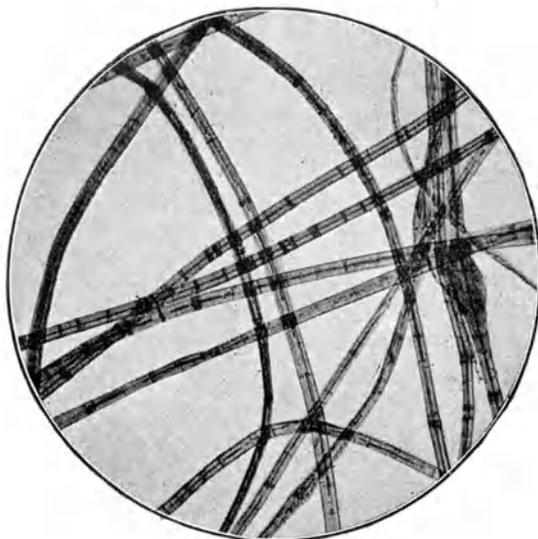


Abb. 278. Flachs in Chlorzinkjodlösung. (Herzog.)

Flachszellulose, nach dieser Art präpariert,

scheint sich chemisch von der Baumwolle äußerlich nicht mehr zu unterscheiden. Bei Behandlung mit Schweitzers Reagens schwillt die Flachsfaser stark auf, wird aber nicht wie die Baumwolle ganz aufgelöst. Beim Aufschwellen bilden sich Bläschen, doch nicht so regelmäßig wie bei Baumwolle. Die innere Zellschicht widersteht der Einwirkung des Reagens am längsten und bleibt schwebend in der Flüssigkeit wie die Epidermis in der Baumwolle. Parenchym und Nichtzellulosemasse, welche der Faser anhängen, bleiben ebenfalls

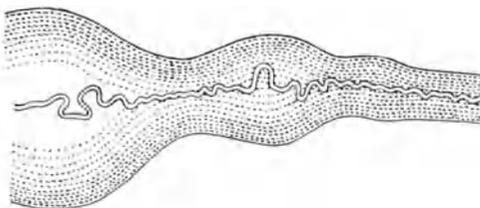


Abb. 279. Flachsfaser (Zelle) in Schweitzers Reagens. (Wiesner.)

unlöslich in dem Reagens. Nach Hanauseck¹ können bei sorgfältiger Behandlung der Flachsfaser mit Jod und schwacher Schwefelsäure drei Lagen unterschieden werden:

1. eine äußere, dunkelblaue Schicht, welche in dem Reagens flüssig wird;
2. eine länglich gestreifte, hellblaue Röhre;
3. eine enge, gelbe Röhre, mit gelbem Inhalt.

¹ Mikroskopie Techn. Prod., S. 74.

Wenn starke Schwefelsäure verwendet wird, verwandelt sich die ganze Zellwand in eine blaue, gequollene Masse und nur die innere Röhre, welche Protoplastmaresten enthält, widersteht für kurze Zeit. In Kupferoxydammoniak geht die Zellulosewand blasenähnlich aufschwellend in Lösung über, während die innere Röhre als gewundener, teilweise gekräuselter Faden bleibt (Abb. 279 und 280). Die Farbe der besten Arten Flachs ist ein bleiches gelbliches Weiß. Flachs in stagnierendem Wasser gerottet oder im Tau ist stahlgrau, ägyptischer Flachs ist perlgrau. Die bleichgelbe Farbe des Flachses entsteht durch das natürliche Pigment, während die andern Farben durch die Auflösung der Interzellularmasse entstehen und in der Faser bleiben. Flachs, welcher mangelhaft gerottet ist, zeigt grünliche Farbe. Die natürliche Farbe des Flachses kann leicht zerstört werden mit Chlorkalklösung, in ähnlicher Weise wie bei Baumwolle; jedoch erleidet Leinen beträcht-

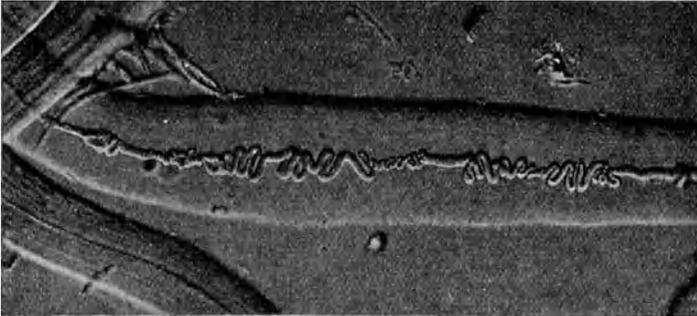


Abb. 280. Flachsfaser in Kupferoxydammoniak. (Herzog.)

liche Verschlechterung dadurch. Man unterscheidet vier Grade von Leinenbleiche: Viertel-, Halb-, Dreiviertel- und Vollbleiche. Je weißer die Faser gebleicht wird, desto schwächer wird sie. Beim Bestimmen der Nummern von gebleichtem Leinengarn ist der Bleichverlust festgesetzt für Vollbleiche zu 20%, für Dreiviertelbleiche zu 18% und zu 15% für Halbbleiche.

Der Glanz von Lein ist sehr spezifisch für die Faser, seidenähnlich. Überrotteter Flachs hat mattes Aussehen, ägyptischer Flachs ist ebenfalls matt infolge der Reste an Interzellularmasse, mit welcher die Zellen bedeckt sind.

Flachsfaser ist viel stärker als Baumwolle, jedoch ist überrotteter Flachs brüchig und schwach. Nach Spon verlieren Flachsfasermuster, welche 2 Stunden unter Dampf gesetzt (2 Atm.), dann 3 Stunden gekocht und wieder 4 Stunden unter Dampf werden, nur 3,5% an Gewicht, während unter denselben Bedingungen Manilahanf 6,07%, Hanf 6,18—8,44% und Jute 21,39% verlieren. Da Flachs ein besserer Wärmeleiter ist als Baumwolle, fühlen sich Leinenfabrikate immer kälter an als baumwollene.

Baumwollisierter Flachs war der Name eines Produktes, das auf chemischem Wege in baumwollähnliches Material übergeführt wurde

durch ein Verfahren von Claußen 1851. Der Flachs wurde zuerst mit verdünnter Lösung von kaustischer Soda behandelt, dann imprägniert mit Sodalösung und in verdünnte Schwefelsäurelösung getaucht, wodurch die Faser desintegriert wurde. Fabrikate aus diesem Garn wurden als zu schwach befunden, und der Erfolg dieses Verfahrens im Handel blieb aus. Es wurde jedoch entdeckt, daß sich das Produkt für die Verarbeitung zu Scharpie für chirurgische Zwecke sehr gut eignet, da es mehr absorbiert und antiseptischer wirkt als Baumwollwatte¹.

Nach Rasser² kann die Baumwollisierung bei jeder Faser, welche wolliges Anfühlen hat, wie Jute, Hanf, Flachs, Typha, angewendet werden; hauptsächlich aber für Flachs, Hanfwerg und Spinnabfälle, sowie für Fasern aus Lumpen, Zwirnen und Kleiderabfällen, geflickten Hanf-

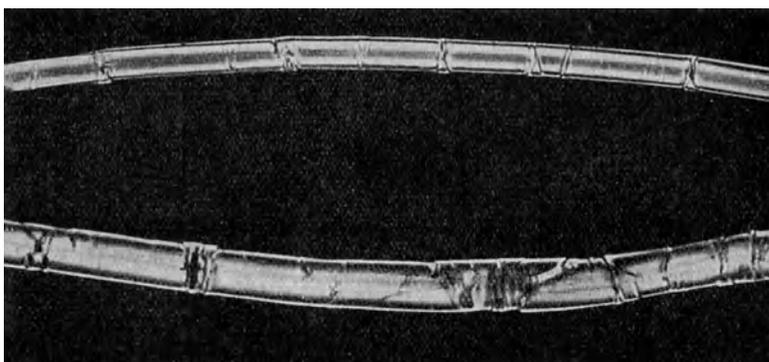


Abb. 281. Lein in polarisiertem Licht. (Herzog.)

und Flachsfasern, Juteabfällen und schließlich von Flachs und Hanf, welcher für Samen angepflanzt wird. Es muß ein Unterschied gemacht werden zwischen technischer und rein chemischer Baumwollisierung. Bei der technischen Baumwollisierung passieren die Faserabfälle speziell konstruierte Wölfe und machen dann einen Kräuselprozeß durch, eine eigentliche Deformation findet nicht statt. Aus diesen Produkten können

¹ Für den Baumwollisierungsprozeß verwendet man kurze Fasern, durch mechanische oder chemische Mittel gewonnen. Auf bakteriologischem oder chemischem Wege bekam man große Erträge an Werg, welches nicht mehr gesponnen werden kann. Vor 50 Jahren führte Claußen die Flachswolle ein, welche nur mit Schwierigkeiten auf den gewöhnlichen Spinnmaschinen gesponnen werden konnte. Während des Krieges benutzte eine Firma Flachs-, Hanf- und Juteabfälle sowohl, als auch Nesselfasern für rauhes Tuch und auch für wertvollere Fabrikate. Juteabfälle wurden in Frankreich schon vor dem Kriege zur Fabrikation von schlechtesten Kunststoffen benutzt, und zwar in Anbetracht des hohen Preises der Baumwolle. Bis jetzt sind keine großen Erfolge damit erzielt worden infolge von Nachteilen wie der Notwendigkeit von Spezialmaschinen und neuer Arbeitsmethoden. Deutscher Hanf, normalerweise niedrigen Wertes, kurzer Flachs, verwickeltes Flachsstroh erwiesen sich für obige Prozesse als geeigneter. Diese Frage ist auch für Indien, Kanada und Argentinien von großem Interesse.

² Monatsschr. Text.-Ind.

auch nur rauhe Garne und Gespinste erzeugt werden, da die Fasern nie so glatt werden wie beim chemischen Verfahren. Bei diesem werden die Fasern in die Faserelemente zerlegt und daher schmiegen sie sich besser aneinander, wenn sie mit ihresgleichen oder, wie gebräuchlicher, mit besseren Fasern gesponnen werden. Beim chemischen Verfahren wird Natronlauge und Chlor zur Aufschließung verwendet, als Bindemittel dienen Türkischrotöl und Seife. Hanf ist leichter zu baumwollisieren als Flachs. Um die Faser dann zum Spinnen geeigneter zu machen, ist die Behandlung mit ganz kalter NatronlaugeLösung zu empfehlen mit nachfolgendem Waschen in Wasser.

7. Chemische Zusammensetzung von Lein. Die folgenden Analysen zeigen die Zusammensetzung zweier typischer Flachssorten (H. Müller):

	I %	II %
Wasser (hygroskopisches)	8,65	10,70
Wasserlöslicher Teil	3,65	6,02
Fett und Wachs	2,39	2,37
Zellulose	82,57	71,50
Asche (Minerale)	0,70	1,32
Interzellulärsubstanz	2,74	9,41

Nach Wiesner schwankt die Menge der Asche zwischen 1,18 und 5,93% und zeigt keine kristallinen Anteile. Die Flachsfaser enthält eine gewisse wachsähnliche Substanz in Mengen von 0,5—2%. Dieselbe kann extrahiert werden mit Benzin oder Äther. Die Farbe des Waxes variiert mit derjenigen des Flachses, von dem sie stammt. Das Wachs hat einen sehr unangenehmen Geruch und gleicht demjenigen des Flachses selbst. Sein Schmelzpunkt ist 61,5° C und sein spezifisches Gewicht bei 15,5° C ist 0,9083. Nach Hoffmeister besteht dieses Wachs aus 81,32% nicht verseifbarer Wachssubstanz und 18,68% eines verseifbaren Öles; 54,49% des letzteren sind freie Fettsäure. Die Wachssubstanz hat einen Schmelzpunkt von 68° C und ist wahrscheinlich eine Mischung verschiedener Körper.

Der größere Anteil ist Zeresin und neben Zerylalkohol noch Phytosterin. Die verseifbare Substanz enthält kleine Quantitäten von löslichen Fettsäuren, z. B. Caprin-, Stearin-, Palmitin-, Olein-, Linol-, Linolen- und Isooleinsäure.

Guter, reiner Flachs kommt sowohl in Zusammensetzung, als auch in chemischen Eigenschaften der Baumwolle sehr nahe. Die gewöhnliche Flachsfaser des Handels enthält etwa 5% weniger Zellulose als Baumwolle, bei welcher mehr Unreinheiten in Form von Interzellulärsubstanzen und Pektinkörpern vorkommen. Lein dagegen scheint frei zu sein von holzigen oder lignifizierten Geflechten, da er keine Reaktionen auf diese gibt. Höhnel dagegen zeigte, daß doch etwelche kurze Splitter in der Faser vorkommen, welche stark lignifiziert sind. Das meiste von diesem Lignin wird durch die Bleiche entfernt.

Leinfaser schwillt stark auf, wenn sie mit ammoniakalischer Kupferoxydlösung behandelt wird, doch nicht wie Baumwolle; sie

zeigt weder die eigentümliche wurstförmige Erscheinung, noch löst sie sich ganz auf. Die hygroskopische Feuchtigkeit im Lein ist ungefähr dieselbe wie bei der Baumwolle. Tatsächlich enthalten alle Pflanzenfasern annähernd dieselbe Menge Feuchtigkeit (6—8%).

Die Menge wiedererreichter Feuchtigkeit, wie sie den Konditionen der Leinwand entspricht, ist in Roubaix 10—12%. Wiesner gibt die Menge an hygroskopischer Feuchtigkeit in Lein zu 5,7—7,22% an. Der Turiner Kongreß stellte die wiederzuerreichende Feuchtigkeit für Lein auf 12% fest.

Infolge der Unterschiede in der Struktur ist Leinwand leichter zerstörbar als Baumwolle und widersteht daher der Behandlung mit kochender Alkalilösung, Lösungen von Bleichpulver usw. nicht so gut, wie Baumwolle. Beizen und Farbstoffe absorbiert Leinen nicht so leicht wie Baumwolle, daher ist das Färben viel schwieriger. Im ganzen genommen dagegen kann gesagt werden, daß die Behandlung und das Färben von Leinen dem der Baumwolle gleich ist. Die Fettsubstanz in der Flachsfaser spielt eine wichtige Rolle und die Mißerfolge mancher künstlichen Flachsrotte können daher kommen, daß der Faser zu wenig von diesen Substanzen belassen wurde.

Hoffmeister¹ zeigte, daß Geruch und Weichheit des Flachses von einem charakteristischen Wachs an

der Oberfläche der Faser stammen, und wenn dieses Wachs durch die verschiedenen Lösungen entfernt wird, so wird die Faser rauh, glanzlos und brüchig. Dieses Wachs ist unlöslich in Wasser, hat ein spezifisches Gewicht von 0,9083 bei 15° C und schmilzt bei 61,5° C. Es besteht hauptsächlich aus paraffinähnlichem Zeresin, gemischt mit Glyceriden von verschiedenen Fettsäuren. Es enthält auch Phytostyrol und Cerylalkohol und kleine Mengen Aldehyd. Der sogenannte Flachsdunst in Leinenfabriken enthält 10% dieses Wachses.

8. Leinengarn und seine Eigenschaften. Leinengarn wird entweder handgesponnen oder mit der Maschine. Handgesponnenes Garn ist weicher und glatter, ebenso elastischer, jedoch unegaler und weniger rund als maschinengesponnenes, welches steif und rauh ist, dagegen gleichmäßig dick und ganz rund. Je nach der Methode des Spinnens unterscheidet man trocken gesponnenes und naß gesponnenes Leinengarn;

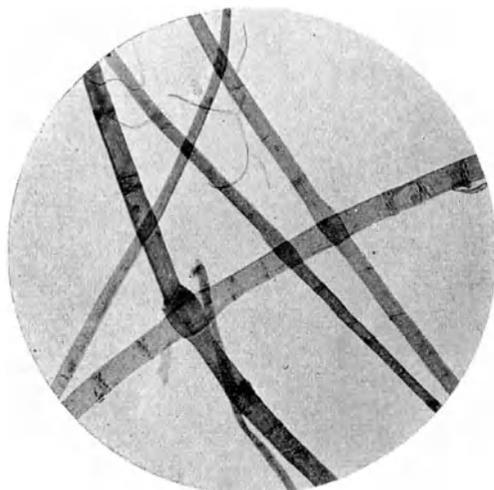


Abb. 282. Flachs. (Herzog.)

¹ Berichte 1903, S. 1047.

ersteres hat größere Festigkeit, bei letzterem aber können feinere Garnnummern gewonnen werden. Wergzwirn wird präpariert von Abfalleinen und ist gekennzeichnet durch zahlreiche Knoten, gebildet durch die Stengelteilreste. Nach englischem System wird die Stärke des Leinengarns ausgedrückt durch die Anzahl Stränge zu 300 yards, die auf 1 Pfund gehen. Um die korrespondierende Nummer von Baumwolle zu erhalten, wird die Leinennummer durch 2,8 dividiert. Nach französischem System bestimmt man die Nummer der Garne nach Strängen von 1000 m, die in 500 g enthalten sind. Nach österreichi-

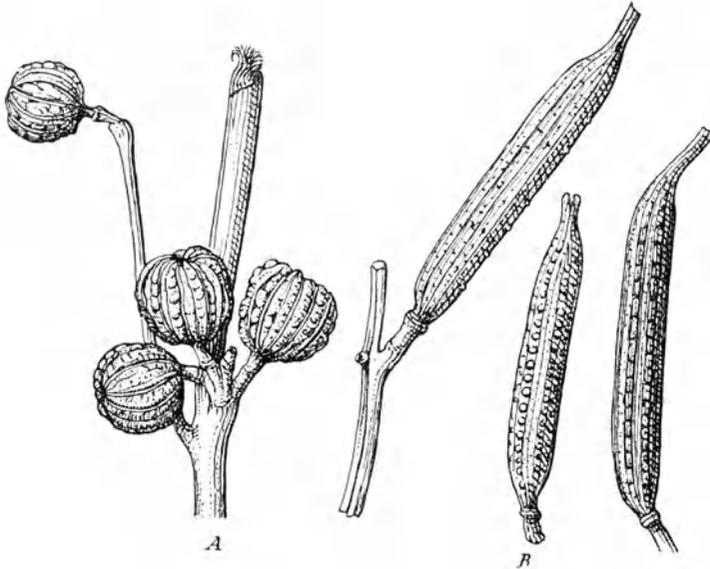


Abb. 283. A Samenkapsel von *Cordorus capsularis*; B Samenkapsel von *Cordorus aliflorus*. (Nach: Bull. U. S. Dept. Agric.)

schem System bezeichnet das Garnmaß die Stränge von 10 englischen Pfund, jeder Strang mißt 3600 Ellen (1 Elle = 36,68 inches).

Brun¹ machte interessante Versuche, welche die Wirkung der Feuchtigkeitmenge auf die Stärke von Leinensegeltuch zeigen. Es scheint, daß die Feuchtigkeitmenge die Festigkeit in ganz beträchtlichem Maße erhöht. Die Resultate sind folgende:

Feuchtigkeit %	Festigkeit in kg	Feuchtigkeit %	Festigkeit in kg
0,0	180	12,0	350
2,2	190	15,0	402
5,5	232	19,1	417
9,0	288	35,0	425

In diesem Falle war die normale Feuchtigkeitmenge im Tuch 9,0%. Diese Zahlen zeigen die bekannte Tatsache, daß Fabrikate aus Leinen

¹ Chem. Z. 1893.

(auch Baumwolle) in nassem Zustande viel fester sind als trocken. Higgins¹ gibt folgende Resultate, umfassend den Einfluß verschiedener Verfahren auf die Eigenschaften an Rohleingarn:

Verlust an Gewicht während der Bleiche.

	Gewicht g	Verlust %	Asche %
Braun Leinen	92,1	—	1,28
Nach dem Versenken	88,7	3,8	—
Nach dem Kalksud	77,15	16,2	0,18
Nach dem Laugensud	70,93	22,9	0,08
Nach der chemischen Behandlung	69,53	24,5	0,08
Vollgebleicht	67,52	26,7	0,07
Halbgebleicht	—	—	0,37

Verlust an Reißfestigkeit.

	Kette g	Schuß g
Braun Leinen	1050	800
Nach Kalk- und Laugensud	890	860
Nach chemischer Behandlung	860	810
Vollgebleicht	780	740

9. Saugkräftiger Flachs. Absorbierender Flachs (chirurgische Scharpie) wird oft als Ersatz für Baumwollschärpie verwendet. Wie bekannt, wird Baumwolle durch Entfernen des Gummis vermittelt Auskochens, aufsaugend, d. h. absorbent gemacht. Auf diese Weise behandelte Baumwolle wird für Verbandstoffe benutzt. Gegen diese Verbandstoffe wird der Einwand geltend gemacht, daß sie die Hitze zurückhalten; verursachen daher Fieber und verzögern die Heilung der Wunden. Lein ist in dieser Hinsicht geeigneter, da er ein besserer Wärmeleiter ist. Lein zu diesem Zwecke wird folgendermaßen präpariert: 50—60 lbs. Rohflachs kommen für 24 Stunden in ein Bad von 1000 lbs. Wasser, 20 lbs. Natronlauge, 5 lbs. Soda und 3½ lbs. Seife. Dieses Bad wird so lange erwärmt, bis alle Nebenbestandteile vollständig aufgelöst sind. Nachher kommt der Flachs aus dem Bade heraus, ½ Stunde in fließendes Wasser, wodurch Gummi und Harzbestandteile von der Faser entfernt werden. Das Material wird mit Chlorkalk gebleicht, in dem es 12—15 Minuten bei 40—50° C in ein Bad kommt aus 1000 lbs. Wasser und 8 lbs. Chlorkalk. Das Material muß während der Bleiche fortwährend gerührt werden, damit dieselbe gleichmäßiger vor sich geht. Dann wird der Flachs in laufendem Wasser 1 Stunde gespült. Diese Behandlung, das Degummieren und Bleichen gehen nach der gewöhnlichen Methode vor sich. Zum Schlusse wird nach dem Verfahren des Patentes von Marin² gearbeitet. Die gebleichte Faser wird für 10 Minuten in ein Bad getaucht, bestehend aus 1000 lbs. Wasser, 100 lbs. Bisulfit. Danach kommt das Material in fließendes Wasser zum Ausspülen und dann 15—20 Minuten wieder in ein Bad: aus 1000 lbs. Wasser, 15 lbs. Oxalsäure

¹ Journ. Soc. Chem. Ind. 1911, S. 1295.² Fr. Pat. 453500, 4. April 1912.

bei einer Temperatur von 50° C. Die letzte Behandlung dauert etwa 30 Minuten und es muß während dieser Zeit immer gerührt werden, um gleichmäßige Einwirkung zu erzielen. Nach dem Spülen und Trocknen ist der Flachs sehr saugkräftig, seidenartig und glänzend.

XXIII. Jute, Ramie und Hanf.

1. Die Jutepflanze. Jute ist die Faser, gewonnen aus dem Bast der verschiedenen Spezies *Corchorus*, welche hauptsächlich in Indien und auf den ostindischen Inseln gedeihen. Der Name Jute stammt vom Sanskrit „jhot“, d. h. verwickelt. Der bengalische Name der Pflanze ist „pat“, und das Tuch heißt „tat chote“. In den Eingeborenenprovinzen sind die Namen für Jute Legion. Die wichtigste Art ist *Corchorus capsularis* oder die Judenmalve; sie wächst im ganzen tropischen Asien und wird nicht nur als Faserpflanze, sondern auch als Gemüse gepflanzt. Andere Abarten sind *C. olitorius*, *C. fuscus* und *C. decemaculatus*. Die letzteren beiden liefern nur einen kleinen Teil der Jute, die in den Handel kommt. Die Faser, welche als chinesische Jute in den Handel kommt, ist keine Jute, sondern stammt von *Abutilon avicenna* oder der indischen Malve; diese Pflanze wächst in großen Mengen als Unkraut in Amerika¹. Die Bastfaser ist weiß und glänzend glatt und hat bemerkenswerte Elastizität. Chemisch scheint sie aus einer Bastose zu bestehen und gleicht daher beim Färben der Jute. Die Pflanze ergibt ungefähr 20% Faser, ist aber von zweifelhaftem ökonomischem Wert. Eine andere, ähnliche Faser ist *Abitulon incanum*, welche in Mexiko wächst. Die Indianer verfertigen daraus Hängematten, Taue und Netze, welche so dauerhaft sind, daß sie 7—10 Jahre fortwährend im Gebrauch genommen werden können. Es gibt auch verschiedene ostindische Spezies von *Abutilon* unter welchem *A. indicum*, *A. graveolens*, *A. muticum* und *A. polyandrum* näher bekannt sind; dies sind Faserpflanzen, welche sich aber nur zur Fabrikation von Tauwerk eignen. *Abutilon polyandrum* liefert eine lange, seidige Faser, welche dem Hanf gleicht. *Abutilon periplocipholium* wächst im tropischen Amerika und liefert eine gute Bastfaser, ziemlich lang und cremefarbig. Der Heimatname ist Maholtine. Die Faser kann leicht von der Rinde gestreift werden, ohne vorherige Präparation und wird dann 5—8 Tage in Wassertümpel getaucht. Einige der Fasern sind 10—12 Fuß lang. Der Ertrag der Ernten wäre ein erheblicher, jedoch scheint kein regelmäßiger Anbau der Pflanze stattzufinden. Man schätzt, daß 5 Tonnen abgestreifte

¹ Versuche ergaben, daß die Faser der indischen Malve, wenn sie der Pflanze entnommen wird, bevor sie ganz reif ist, fein genug ist für Teppichgarne oder noch feinere Fabrikate. Die Faser wurde einst im Werte zwischen italienischem und Manilahanf taxiert, nach Dodge jedoch steht sie nicht so hoch, sondern kommt der Jute näher. Es ist festgestellt, daß ein Acre ungefähr 5 tons Stengel ergibt, von welchen 20% Fasern gewonnen werden können. In U.S.A. wurden viele Versuche unternommen, die indische Malve zu kultivieren, speziell in Mittelwest und in New Jersey, jedoch ohne Erfolg. Die Faser wird von den Stengeln separiert durch die Wasserrotte wie bei Flachs und Hanf, jedoch zeigt der Stengel ziemlich viel Gummi, welcher das Separieren der reinen Faser bedeutend erschwert.

Rinden pro Acre erzielt werden, welche 25—40% gereinigte Fasern ergeben. Interessenten dieser Faser scheinen sie für sehr wertvoll zu halten. Die Jutepflanze wird 10—15 Fuß hoch und ihre Faserschicht ist sehr dick, so daß 2—5mal so viel Faser gewonnen werden kann als beim Flachs.

Die *Corchorus capsularis* ist eine einjährige Pflanze. Sie wird 5 bis 10 Fuß hoch, hat einen fingerdicken, zylindrischen Stengel, die Blätter sind lichtgrün, 4—5 inches lang, 1½ inches breit nach unten, nach oben hingegen zu einer Spitze auslaufend, sägeartig gezähnt. Die zwei Spitzen nächst dem Stengel sind verlängert in distelartige Enden. Die Blumen sind klein, gelblichweiß, in Büscheln von 2—3 Stück den Blättern gegenüber stehend. Die Samenknoten sind kurz und rund, rau und gefurcht (Abb. 282 A). Die *Corchorus olitorius* ist äußerlich genau wie die letztere; Form der Blätter, Farbe der Blüten und Gewohnheiten im Wachsen unterscheiden sie aber stark; wie auch die Form der Samenkapseln, welche länglich, zylindrisch und von der Dicke einer Webspule sind (Abb. 282 B).

2. Isolierung der Faser. Die Isolierung der Faser der Jutepflanze ist ziemlich einfach; die Pflanze wird während der Blüte geschnitten, die Stengel von Blättern und Samenkapseln befreit und in träge fließendem Wasser gerottet. Nach einigen Tagen wird der Bast gelöst und die gerotteten Stengel werden gepreßt und gequetscht. Die so gewonnene Faser ist ziemlich rein und frei von anhängender Holzfaser oder anderen Geflechten. Die gereinigte Faser ist gewöhnlich 4—7 Fuß lang¹, hell, gelbbraun, bessere Qualitäten sind gelblichweiß oder silbergrau und haben bemerkenswerten Glanz und Elastizität. Die Enden der Pflanze, zusammen mit den zahlreichen kurzen Abfallfasern, erscheinen im Handel unter dem Namen „jute butts“ oder „jute cuttings“ und werden als Rohmaterial in der Papierfabrikation verwendet. Dodge bemerkt, daß zur Jutefasergewinnung in Indien keine Maschinen verwendet werden; die Rotte in stagnierendem Wasser wird von den Eingeborenen besorgt. Diese Methode könnte hingegen weder in Amerika noch in Europa angewendet werden. Es wären Maschinen nötig, um die Fasern von den Stengeln zu separieren, und die abgeschälten Faserbänder müßten gerottet werden, um Gummi und Holzteile zu entfernen und dadurch eine spinnfähige Faser zu bekommen. Nach Carter ist Jute die am leichtesten schälbare Bastfaser. Nachdem sie mit der Sichel geschnitten ist, werden die Stengelbündel in Tanks oder Teiche mit stagnierendem Wasser oder auch in fließendes Wasser getaucht. Die Bündel werden mit Stroh bedeckt, um sie vor direkten Sonnenstrahlen zu schützen, was die Faser fleckig machen würde. Erdschollen werden benutzt, um die Bündel unter Wasser zu halten. Diese beeinträchtigen jedoch die Farbe der Faser; es sollten daher Holzklötze verwendet werden. Die Rotte dauert gewöhnlich 10—20 Tage. Während dieser Zeit ist die Gärung eingetreten, welche die Geflechte, in welche die Faser eingebettet ist, aufweicht, die Gummisubstanzen löslich macht, so daß die Faser leicht von

¹ Die Faser von *C. capsularis* ist in der Regel länger als die von *C. olitorius*.

den Holzteilen des Stengels entfernt werden kann. Die Stengel werden von Zeit zu Zeit darauf untersucht, wie weit die Rotte vorgeschritten ist; wenn die Faser sich leicht losschält, ist die Rotte fertig und die Bündel werden herausgenommen. Bei Unterrotte bleibt Gummi zurück und klebt die Fasern zusammen; Überrotte macht die Faser schwach mit stumpfer Farbe. Das zu verwendende Wasser hat großen Einfluß auf die Qualität der Faser. In klarem Wasser gerottet, ist die Faser von heller Farbe, in trübem, schlammigem Wasser wird die Faser dunkelgrau. Rotte in fließendem Wasser dauert länger als in stagnierendem. In fließendem Wasser rotten die inneren Teile der Bündel schneller, als die Außenseiten, woraus sich ungleichmäßige Qualität ergibt. Die Bündel werden daher aufgebrochen, die inneren, genug gerotteten Stengel herausgenommen und die außenseitigen 2—3 Tage länger gerottet. Das Loslösen des Bastes hat innert einigen Tagen nach der Rotte zu geschehen. Bis an die Brust in fettigem Wasser stehend, nimmt ein Mann „rajat“ so viel Stengel zur Hand, als er fassen kann und schlägt mit einem Stück Holz in der rechten Hand auf die Enden der Bündel. Während er mit der linken Hand die Bündel fortwährend dreht, gibt er mit der Rechten noch mehr Schläge. Dann bricht er etwa 12 inches von den Enden ab. Nun faßt er das Faserbündel mit beiden Händen und schlägt es vor und rückwärts auf die Oberfläche des Wassers, wodurch die Faser vollständig von Stengelteilen befreit wird. Dann bespritzt er die Bündel wiederholt mit Wasser, um sie zu waschen und von Unreinheiten zu befreien. Jetzt werden die Bündel ausgeschleudert und an der Sonne getrocknet. Eine Mannesarbeit ergibt ungefähr 70 lbs. trockene Faser in 10 Stunden. Die Ausgiebigkeit der Faser ist nur etwa $4\frac{1}{2}\%$ des Grüngewichtes der Stengel, überhaupt ist dieselbe für alle juteähnlichen Pflanzen sehr klein: Sisal 3— $4\frac{1}{2}\%$; Furcroya $1\frac{1}{2}$ — $2\frac{1}{2}\%$; Sanseveria 2—3%; Phormium 12—15%; Flachs 15%.

3. Jutearten. Jute wird oft Kalkutta-Hanf genannt, weil die meiste Jute über Kalkutta in den Handel kommt, meist in ungebleichtem Zustande. Die Handelsnamen für die verschiedenen Qualitäten von Jute sind: Fein, Mittel, Gewöhnlich, Gering, Ausschuß und Abschnitte. Kerr¹ bezeichnet folgende Arten Jute als die im Handel am meisten vorkommenden: a) Uttariya oder nördliche Jute, ist weitaus die beste Jute im Stoffe, in der Farbe und der Stärke; b) Deswal ist die nächste im Wert, sehr beliebt wegen ihrer Weichheit, Feinheit, Glanz der Farbe und Stärke; c) Desi-Jute hat eine lange, feine, weiche Faser, jedoch den Nachteil, daß sie flockig ist und von schlechter Farbe; d) Deora-Jute ist stark, rau, schwarz und wurzelig, mit Rissen behaftet und dient zur Fabrikation von Tauwerk; e) Narainganji-Jute ist gut zum Spinnen, weich, stark und lang. Sie erscheint im Handel in fuchsbrauner Farbe, was sie im Wert heruntersetzt, weil dieser Mangel von der ungenügenden Rotte herrührt; f) Bakrabadi zeichnet sich aus durch Farbe und Weichheit; g) Bhatial-Jute ist sehr rau, aber stark und ist sehr gesucht für Tauwerkfabrikation; h) Karimganji ist eine feine Art, lang, sehr stark

¹ Report on Jute, Bengal, 1874.

und von guter Farbe; i) Mirganji ist Mittelqualität; k) Jangipuri-Jute ist kurzfaserig, schwach, fuchsbraun und zum Spinnen ungeeignet.

Chaudhury gibt folgendes Verzeichnis von indischen Ausdrücken für die Jutefaser:

Ashmara: Schwache Ware.

Batch Pat: Fasern von unreifen Pflanzen, ausgeschieden beim Lichten.

Bukchhal: Rindenteile der Faser von Pflanzen, welche nach dem Überschwemmen noch wachsen, nachdem das Wasser abgelaufen ist.

Croppy: Fasern mit rauhen und harten Spitzen.

Fui: Faser von ausgezeichneter Qualität.

Flabby: Mangel an Festigkeit — Verlust.

Ful Pat: Unreife Ware, vor der Blüte geschnitten. Die Faser ist ausgezeichnet in Farbe, jedoch etwas schwach und gummihaltig.

Knotty: Voll Knoten, die Knoten sind Teile der Faser, welche beim Loslösen kleben bleiben; jedenfalls infolge Insektenstiches oder Biß während des Wachstums gebildet.

Mossy: Die Tief-land-Sumpfjute mit zahlreichen Extrawurzeln.

Rooty: Die Jute hat diesen Namen, wenn sie vom unteren Teil der Faser stammt, wo Holz und Gummi noch nicht ganz entfernt sind.

Specky: Enthalten Flecken von äußerer Rinde.

Sticky: Wenn Stücke von Ästchen oder Dornen in der Faser sind, gewöhnlich in kleinen Pflanzen vom Daisee-Distrikt.

4. Mikroskopie von Jute. Nach Höhnel sind die Bastzellen der Jute-faser 1,5—5 mm lang und 20—25 Mikrons dick, das mittlere Verhältnis von Länge zu Breite beträgt etwa 90; die Jute-faserzellen sind also relativ kurz, der Querschnitt zeigt ein Bündel aus mehr oder weniger vieleckigen Faserelementen mit scharf ausgeprägten Ecken. Zwischen den einzelnen Zellen ist eine schmale Mittelschicht (Abb. 284 und 285), welche sich jedoch nicht viel dunkler färbt als die Zellwand, wenn sie mit Jod-schwefelsäure behandelt wird. Das Lumen ist so breit oder öfters noch größer als die Zellwand und im Querschnitt rund oder oval. Im Längsschnitt zeigt das Lumen starke Verengungen als Folge unregelmäßiger Dicke der Zellwand (Abb. 286). Nach dem Ende der Faser zu wird das Lumen breiter und die Zellwand sehr dünn. Äußerlich ist die Faser weich und glänzend und hat keine knotigen Erhöhungen, wie der Lein und fast alle andern Bastfasern.

Müller empfiehlt folgende Methode, um die reine Zellulose aus Jute zu isolieren: 2 g Material werden bei 110—115° C getrocknet, um Wachs usw. auszufällen. Dann behandelt man mit einer Mischung von Alkohol

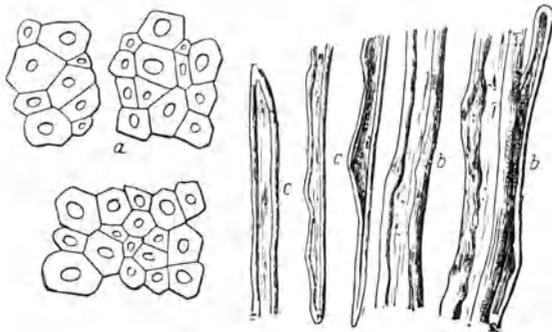


Abb. 284. Jute-faser. (Cross & Bevan.)

und Benzol, darauf wird gekocht in stark verdünntem Ammoniak. Die weiche Masse wird darauf in einem Mörser pulverisiert und kommt in eine mit Glasstopfen verschlossene Flasche zusammen mit 100 cm³ Wasser. In Portionen von 5–10 cm³ wird eine 2%ige wäßrige Bromlösung zugegeben, bis eine permanente Gelbfärbung entsteht, welche Operation zirka 12–24 Stunden in Anspruch nimmt.

Danach wird filtriert, gewaschen und mit ganz verdünntem Ammoniakwasser gekocht. Darauf wird die Behandlung mit der Bromlösung wiederholt und ebenso das Waschen und Auskochen. Zuletzt bleibt dann reine, weiße Zellulose auf dem Filter zurück.

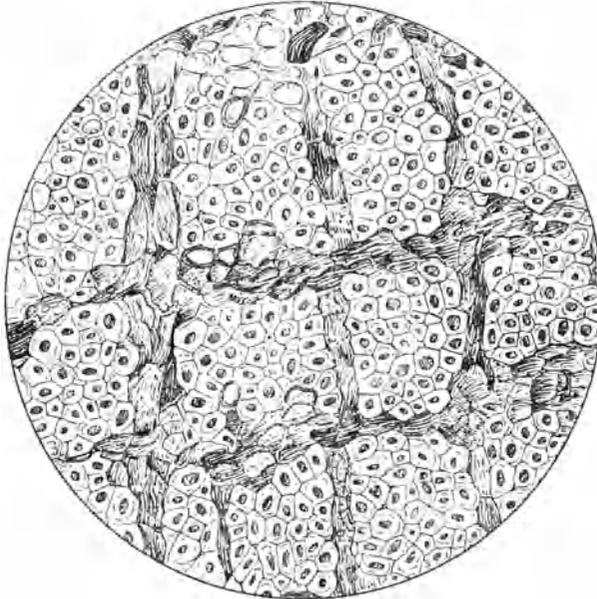


Abb. 285. Querschnitt durch das Jutefaserbündel. (Cross & Bevan.)

5. Chemische Eigenschaften der Jute. In ihrem chemischen Verhalten ist Jute von Lein und Baumwolle gänzlich verschieden. Jute besteht zur Hauptsache aus einem Zellosederivat, der Bastose oder Lignozellulose, der Verbindung aus Zellulose mit Lignin. Die Reaktionen äußern sich wie folgt: Jodschwefelsäure färbt Jute gelb, während Zellulose blau gefärbt wird. Verdünnte Chromsäurelösung, der etwas Salzsäure zugesetzt ist, färbt Jute blau. Mit Kupferoxyd-Ammoniak tritt wohl ein Aufschwellen der Faser ein, jedoch wird die Faser nicht gelöst. Mit Zinnchlorid-Jod ergibt Jute eine gelbe Färbung.

Nach Bevan und Cross kann Jutefaser aus drei Verbindungen aufgebaut sein: a) der Dextrozellulose, verwandt mit Zellulose der Baumwolle; b) der Pentazellulose, welche beim Hydrolysieren Furfurol und Essigsäure ergibt, und c) aus Lignon, einem Chinon, welches zu Phenolen abgebaut werden kann. Jute wird als das Anhydroaggregat der drei genannten Stoffe betrachtet.

Vergleich der Reaktionen auf Zellulose und Bastose.

	Zellulose	Bastose
Jodschwefelsäure	blau	gelb bis braun
Anilinsalze	unverändert	dunkelgelb
Basische Farbstoffe	ohne Affinität	färben intensiv an
Schweitzers Reagens	Lösung	Schwellung ohne Lösung

Das sogenannte Lignon der Lignozellulose übt stark reduzierende Wirkung aus, welche Reaktion zu seinem Nachweis in Jute usw. Verwendung findet. Benetzt man Jute mit einer Lösung von Ferrichlorid und Ferrizyankalium, so färbt sich diese blau; das Ferrichlorid ist zu Ferrochlorid reduziert worden und bildet mit dem Ferrizyankali Berlinerblau. Eine weitere Eigentümlichkeit der Jutfaser ist die, daß sie sich infolge ihres Gehaltes an Lignozellulose mit basischen Farbstoffen ohne Hilfe von Beizen anfärbt, im Gegensatz zu Baumwolle.



Abb. 286. Jutfaser.

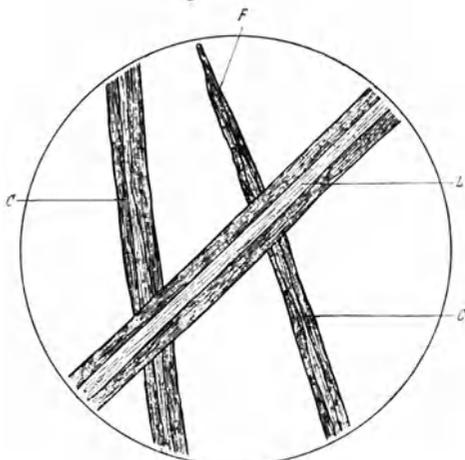


Abb. 287. Jutfaser. L Lumen; C Verengung des Lumens.

Gegenüber den meisten Agenzien ist Jute viel weniger widerstandsfähig als Baumwolle; unter anderem läßt sie sich nicht weiß bleichen, ohne daß sie dabei gänzlich zerstört wird.

Zum Zwecke der Reinigung und Vorbereitung zum Färben wird Jute zweckmäßig mit Seifenlösung gekocht, wobei nach Schoop die Stärke der Faser nicht zurückgeht, der Glanz und die Weichheit aber gehoben werden.

Der Gebrauch von starken Alkalien beim Reinigen ist unbedingt zu vermeiden; auch schon schwächere Alkalien, wie Ammoniak und Natronsilikat, beeinträchtigen den Glanz der Faser.

Bei der Zerstörung der Faser durch Chemikalien wird in erster Linie das Bindemittel zwischen den Faserelementen, das Lignon, zerstört.

Wird Jute in einem Autoklav mit 1%iger Schwefelsäure bei zirka 110° hydrolysiert, so bilden sich geringe Mengen Ameisen- und Essigsäure, die beim Hydrolysieren der Baumwolle unter gleichen Bedingungen nicht nachzuweisen sind.

3. Pektose; aus kalk- und pektatfreier Jute mit HCl extrahierte Pektose wird mit Alkohol gefällt. 4. Zellulose; Extraktion während ca. 8 Tagen mit Kupferoxydammoniak, filtrieren und Zellulose fällen durch Säure im Filtrat. 5. Parazellulose aus dem Rückstand von 4. vorerst mit HCl aufspalten in Zellulose und als solche bestimmen mittelst Kupferoxydammoniakverfahren. 6. Kutose; diese ist in dem vorgenannten Rückstand enthalten und wird mit Soda gelöst, filtriert und aus dem Filtrat mit Säure gefällt. 7. Vaskulose; nach dem Aufspalten des vorgenannten Rückstandes mit verdünnter Salpetersäure wird die Vaskulose in Soda löslich, wird filtriert, aus dem Filtrat mit HCl gefällt. 8. Metazellulose; der Rückstand endlich stellt fast reine sog. Metazellulose dar. 9. Fettsubstanzen werden mit Petroläther gelöst, daraus können Gummisubstanz ätherlöslich und alkohollöslich bestimmt werden. 10. Jute enthält auch wasserlösliche Pektate, welche mit destilliertem Wasser während 14 Tagen herausgelöst und mit Alkohol aus dem Filtrat gefällt werden.

7. Verwendung von Jute. Jute wird hauptsächlich verarbeitet zu rauhen Geweben, zu Säcken und Verpackungen, wo Billigkeit wichtiger ist als Dauerhaftigkeit. Sie findet auch Verwendung in der Teppichindustrie, als Bindefaden beim Weben von Teppichen und rauhen Decken. Zufolge ihres hohen Glanzes und der großen Feinheit wird Jute auch verwendet zur Fabrikation von billigen Pelzen der Tapezierbranche. Seit einigen Jahren wird auch ein Phantasiestoff zu Kleidern aus Jute in Verbindung mit Wollgarn fabriziert. Jute findet auch ausgedehnte Verwendung als Ersatz für Hanf, zu welchem Zwecke die Jute mit Wasser und Öl behandelt wird, um sie weich und geschmeidig zu machen. Eine Mischung von 20 Teilen Wasser mit 2,5 Teilen Fischtran, wird über 100 Teile Jutefaser gespritzt, so 2—3 Tage liegen gelassen, dann gequetscht und gehechelt, wodurch die Faser sehr weich und flockig wird. Jute wird auch benutzt in der Fabrikation von Zwirn, Schnur und Seilwaren. Infolge ihrer Billigkeit findet sie oft Anwendung zum Blenden wertvollerer Fasern, was jedoch zufolge ihrer geringen Dauerhaftigkeit nicht zu empfehlen ist. Jutespitzen und Abfall finden Verwendung als Rohmaterial in der Papierfabrikation.

Jute ist die billigste Faser in der Textilindustrie und wird in größeren Quantitäten verwendet, als irgendeine andere Faser, ausgenommen Baumwolle. Alle Jute kommt von Indien, und bis in neueste Zeit versorgen schottische und indische Faktoreien den Weltmarkt mit Jute. Das rauhe, luftig gewobene Tuch, benutzt als Packleinwand für Baumwollballen, ist vielleicht das einzige auf dem Kontinent gewobene Jutematerial. Amerika braucht jedes Jahr verschiedene 100 Millionen Jutesäcke zum Verschiffen seiner Rohprodukte. Diese Säcke sind aus importiertem Burlap gemacht. Die U. S. A. zahlen jedes Jahr für Jutesäcke und Burlap eine viel größere Summe, als für den gesamten Import von Wolle, Seide, Baumwolle, Flachs und Hanf zusammen. Im Jahre 1919 z. B. gerade doppelt soviel. Spinnabfälle von Jute, gemischt mit ähnlichen Abfällen von Leinen und Hanf, werden zu einem Produkt verarbeitet, bekannt als Kosmosfaser oder Kunstwolle. Bei Behandlung mit starker Natronlauge (36—40° Bé) wird Jute in eine wollige Faser verwandelt¹. Jute ist viel empfindlicher gegen Säuren, als Lein oder Hanf; konzentrierte Mineralsäuren, lösen die Faser schnell

¹ Siehe Färb.-Zg. 1900, S. 325.

auf, verdünnte Mineralsäuren, nur als Spuren in der Faser zurückgelassen, zerstören dieselbe schnell. Schweflige Säure und Natriumbisulfid sind ohne schädigende Wirkung, ebenso sind es organische Säuren. Chlorkalk und neutrales Hypochlorit werden zum Bleichen der Jute benutzt. Einige ungewöhnlich gute Resultate erzielte man während des Krieges mit der Jute durch ein Verfahren der deutschen Faserstoffgesellschaft. Durch chemische Spezialbehandlung wurde eine lange, feine, schöne Faser produziert, welche leicht gesponnen werden kann und rein oder gemischt mit Wolle verarbeitet wird. Shoddy aus alten Jutesäcken kann auch gesponnen werden nach demselben Verfahren wie Wolle. Serge aus alten Jutelumpen oder Tuch aus halb Jute, halb Wolle wird zu Mantelstoffen verarbeitet. Die deutsche Faserstoff-Gesellschaft erklärt Jute als die billigste Zuschlagfaser für geringeres Garn.

8. Statistik der Jute. Jute wurde im Jahre 1795 erstmals in Europa eingeführt und wird seit 1830 daselbst gesponnen. In heutiger Zeit wird dem Gewichte nach viel mehr Jute verbraucht, als irgendeine Faser, ausgenommen Baumwolle. Kalkutta ist das Zentrum der Juteindustrie und über diesen Markt wird die Welt sowohl mit Rohjute als auch mit Juteprodukten versorgt. Die Fabrikation von Jutesäcken hat sich in Indien zu erstaunlichem Umfang entwickelt und diese „guny sacks“, wie sie allgemein genannt werden, früher in Europa hergestellt, kommen jetzt alle aus Kalkutta. Die folgende Tabelle zeigt die Zahlen der aus Kalkutta im Jahre 1920 exportierten Jutesäcke.

Bestimmungsland	Anzahl der Säcke
Großbritannien	48000000
Belgien	15600000
Frankreich	13800000
Ägypten	13000000
Chile und Peru	59400000
Kuba	22500000
U.S.A.	71800000
Japan	13800000
China	32400000
Java	24600000
Cochinchina	12400000
Australien	34100000

Die Produktion seit 1915 zeigt folgende Tabelle:

Jahr	Anbaufläche in acre	Produktion 400 lbs. Ballen	Gegenwart in Gr.-Tons	Ballen per acre
1909—13 (5 Jahre, Durchschnitt)	2949600	7905380	1411675	2,68
1914	3169600	8751800	1562821	2,76
1915	3358700	10443900	1864982	3,11
1916	2377300	7428700	1326554	3,12
1917	2671850	8305600	1483143	3,11
1918	2500382	7019088	1253409	2,81
1919	2821575	8486234	1515399	3,01
1920	2508773	5978592	1067606	2,38
1921	1518358	4052609	723680	2,67
1922	1456806	4236828	756596	2,91

Der größte Konsument für indische Jute sind die Kalkutta-Spinnereien, welche etwa die Hälfte der ganzen Ernte absorbieren, aber auch die U.S.A. und Europa importieren große Quantitäten. Die folgende Tabelle zeigt den Export von Jute aus Britisch-Indien nach den verschiedenen Ländern:

Land	1910—14 (5 Jahre, Durchschnitt)	1920	1921	1922	1923 (April bis November)
	(In Tonnen)				
Vereinigtes Britannien	301864	310670	136023	90835	112945
Deutschland	164392	3609	72068	144013	95263
U.S.A.	95621	77649	110005	66422	58626
Frankreich	76507	80731	50044	55837	39824
Italien	38109	28076	22869	25325	22226
Spanien	21764	19138	23857	22120	19329
Andere	66131	71941	57548	63133	44861
Total	764388	591814	472414	467685	393074

Der Import von Rohjute nach U. S. A. dagegen ist geringer im Vergleich zum Import von Burlap, dem hauptsächlichsten Juteprodukt. Der Jahresimport an Burlap ist manchmal so groß im Wert wie der Import an Rohjute. Die folgende Tabelle zeigt den Import nach U. S. A. von Rohjute, Jutespitzen, Jutesäcken und -fabrikaten.

Import von Jute und Juteprodukten der U. S. A.

Jahr	Jute und Jutespitzen t	Jutesäcke lbs.	Jutefabrikate lbs.
1909—13 (5 Jahre, Durchschnitt)	103294	47944000	389644000
1919	62332	46216000	446056000
1920	96039	51427000	571537000
1921	62416	65250000	475141000
1922 (bis September 22)	49861	41144015	376792105

Der größte Teil der in U.S.A. importierten Rohjute wird verarbeitet zu den schweren, rauhen Hüllen, bekannt als cotton baggins, welche die Rohbaumwolle umhüllen. Ungefähr 90 000 000 Yards von diesem Stoff sind jährlich nötig, um die Baumwollernte dieses Landes zu verpacken. Größerenenteils werden diese Säcke in den U.S.A. fabriziert, andererseits sind die U.S.A. der größte Konsument von Burlap. Die Produktion von Burlap in Amerika ist gering.

Produktion von Jutewaren in den U. S. A. 1914.

	Produktion	Wert
Säcke und Packhüllen, Yards ²	131827658	\$6441000
Taue, lbs.	26814920	2097000
Zwirn, lbs.	55282159	5268000
Garn, lbs.	69827005	7358000
Teppiche und Decken, Yards ²	4862302	1172000
Total	—	\$22336000

Preise der Jute in New York (Cents per lbs.).

1913	6,6	1917	10,5
1914	7,5	1918	13,0
1915	5,1	1919	9,3
1916	7,5	1920	11,0

9. Lignozellulose. Jute differiert etwas von den vorher angeführten Pflanzenfasern darin, daß sie nicht aus verhältnismäßig reiner Zellulose besteht, sondern eine große Menge veränderte Zellulose enthält, die Lignozellulose. Da letztere wesentlich differiert, sowohl in ihrer chemischen Zusammensetzung als auch in den Reaktionen, so ist es von Interesse, dieses Produkt näher zu betrachten, nicht nur in direktem Zusammenhang mit Jute, sondern auch als Individuum überhaupt. Es ist zweifelhaft, ob Lignozellulose als einfacher chemischen Körper betrachtet werden kann, vielmehr zeigen die Reaktionen darauf hin, daß es ein Komplex von mehreren unter sich verschiedenen Körpern ist. Die Lignozellulose von Jute enthält weniger Prozent Sauerstoff als normale Zellulose, wie folgende Tabelle zeigt:

	Normale Zellulose %	Lignozellulose (Jute) %
Kohlenstoff	44,2	46—47
Wasserstoff	6,3	6,8—5,8
Sauerstoff	49,5	47,9—47,2

Es gibt zwei ausgesprochene chemischen Unterschiede zwischen Normalzellulose und Lignozellulose:

1. Normalzellulose reagiert nicht mit Chlor, wogegen Lignozellulose sich leicht mit Chlor verbindet zu gut definierten Produkten.

2. Normalzellulose liefert beim Abbau kein Furfurol, hingegen Lignozellulose und weist damit die Möglichkeit auf, ein Oxyzellulosederivat zu enthalten.

Die Bildung von Lignozellulose ist ein Verdickungsprozeß, ein Inkrustieren. Nach neueren Feststellungen beruht diese Inkrustation auf der Absorption von Kambiumsäften durch die kolloidale Hydratzellulose¹. Rein chemisch repräsentiert das Lignin ein Zellulosederivat mit sauren Gruppen und Ketogruppen. Beim Aufspalten der Lignozellulose wird unlösliche Zellulose zurückerhalten, es sind dies Zelleinheiten von 2—3 mm Länge bei 0,02—0,03 mm Durchmesser. Die Separation von Jute zu Zellulose und Lignon ergibt ein Verhältnis von 70—80 Prozent Zellulose neben 20—30 % Lignon.

Lignon geht mit Chlor in eine eindeutige Verbindung über, so daß aus der Chloraufnahme der Jute auf den Lignongehalt geschlossen werden kann. Bei roher Jute berechnet sich so ein Lignozellulosegehalt von 8%. Das Lignon wird durch die Chloraufnahme in eine in Natriumbisulfid lösliche Verbindung übergeführt.

Nach Bevan und Cross wird wie folgt gearbeitet: Ca. 5 g Jute werden mit Soda abgekocht und darauf ausgepreßt und während $\frac{1}{2}$ —1

¹ Wislicenus, Z. Kolloide 1910, S. 17.

Stunde einem Chlorgasstrom ausgesetzt. Daraufhin wird sorgfältig mit 2%iger Natriumbisulfidlösung aufgeköcht und beim Siedepunkt noch 0,2% Natronlauge zugesetzt und das Kochen weitere 5 Minuten fortgesetzt. Nach dem Auskochen ist der Rückstand fast chemisch reine Zellulose und wird als solche bestimmt. Der Ersatz von Chlor durch Brom (siehe frühere Angaben) liefert teilweise 2—3% höhere Werte, da Zellulose von Brom teilweise mit angegriffen wird.

Um die Furfurolreaktion an der Jute nachzuweisen, wird diese mit verdünnter Salzsäure erhitzt. Nach Cross und Bevan erhitzt man 5 g Jute mit 100 cm³ 12%iger Salzsäure am Rückflußkühler. Man destilliert darauf das Wasser im 2-cm³-Tempo pro Minute ab, bis Anilinsalzlösung das Destillat nicht mehr anfärbt. Im Destillat bestimmt man nach bekannten Methoden mit Phenylhydrazin das Furfurol als Hydrazon quantitativ.

Rein qualitativ kann man auch im Destillat mit Phloroglucin (Karmoisinrot) oder mit Phenylhydrazin (gelb) oder mit Dimethylparaphenyldiamin (Karminrot) das Furfurol nachweisen.

Die Lignozellulose absorbiert aus einer Lösung von Phloroglucin dieses in konstantem Verhältnis. Dies führte Cross, Bevan und Briggs zur Methode, die Lignozellulose durch Titration auf der Faser zu bestimmen. Man stellt sich eine Stammlösung von salzsaurem Phloroglucin her und bestimmt ihren Titer durch Titration mit einer eingestellten Formaldehyd-Lösung (schwach salzsauer). In einem aliquoten Teil der Stammlösung wird die gewogene Jute 12 Stunden eingelegt. Die absorbierte Phloroglucinmenge wird durch Rücktitration mit Formaldehyd bestimmt. Als Reagenzpapier dient ein Zeitungspapier (Tüpfelprobe). Nachfolgende Tabelle zeigt die absorbierte Phloroglucinmenge an verschiedenen Textilstoffen:

	Phloroglucin		Phloroglucin
Holzpulpe	7,5 %	Esparto-Zellulose	0,5 %
Jute	4,2 „	Baumwolle	0,2 „

Auf der Beobachtung, daß Lignon durch Alkali und Erdalkalibisulfite gelöst wird, beruht das Verfahren zur Herstellung der Sulfitzellulosen der Papierindustrie. Durch bloße Sodakochung wird ebenfalls eine Aufspaltung der Lignozellulose erreicht, welches Verfahren die sog. Sodapulpe liefert.

Durch Aufspalten der Lignozellulose mit Jodwasserstoffsäure kann die Bildung von Methyljodid nachgewiesen werden.

Bei der quantitativen Verfolgung dieser Reaktion schließt man auf den sogenannten Methoxygruppenindex, welcher bei den verschiedenen vegetabilen Fasern nachfolgende Zahlen zeigt:

Jute	1,87% OCH ₃	Chinagras	0,07% OCH ₃
Baumwolle	0,0 „	Sulfitbrei	0,34 „
Flachs	0,0 „	Schwedisch Filterpapier	0,0 „
Hanf	0,29 „		

10. Ramie und Chinagras. Letztere Faser stammt vom Bast einer nicht brennenden Nesselart *Boehmeria*. Ramie und Chinagras sind zwei

ausgesprochen verschiedene Fasern und werden im Handel viel verwechselt. Ramie (*Rhea*) stammt von der *Boehmeria tenacissima*, welche in tropischen und subtropischen Gegenden gedeiht. Chinagrass stammt von *Boehmeria nivea* und gedeiht besser im gemäßigten Klima.

Der Ausdruck Ramie oder *Rhea* scheint aus dem Wortschatz der Einwohner des Malaiischen Archipels herzustammen; er wurde von den Holländern nach Europa gebracht.

Während der letzten Jahre wurde die definitive Unterscheidung zwischen Chinagrass und Ramie aus praktischen Gründen vernachlässigt; für die Pflanze als solche bestehen die Unterschiede. Ramie liefert

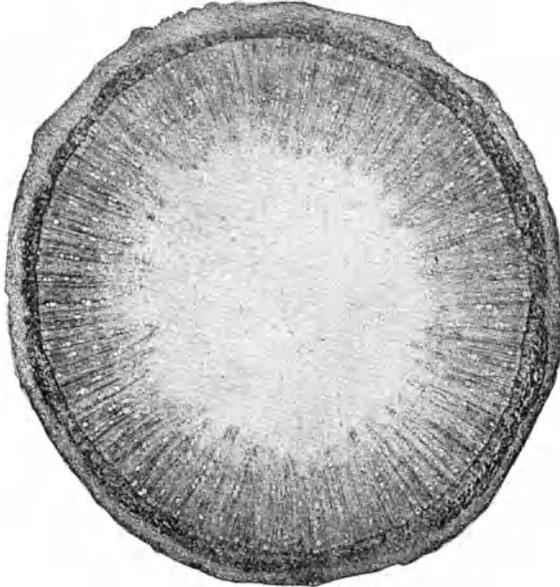


Abb. 288. Querschnitt durch einen Ramiestengel.

stärkere Faser und wird oft grüne Ramie genannt, weil die Blätter der Pflanze intensiv grün sind. Die andere Pflanze wird weiße Ramie genannt, weil ihre Blätter auf der Unterseite perlmutterweiß sind. Die Ramie-pflanze ist mehr von robuster Beschaffenheit und hat große Blätter, welche auf beiden Seiten grün sind. Das Chinagrass hat Blätter, welche beinahe filzig und weiß sind. Die beiden Spezies sind dagegen einander so ähnlich und die Fasern werden so allgemein untereinander verwechselt, daß es angezeigt ist, sie nebeneinander, und zwar unter dem Namen Ramie zu behandeln. Es bestanden Meinungsverschiedenheiten betreffend die botanische Klassifikation der echten Ramie. Früher wurde die Chinagrasspflanze den Brennesseln zugeteilt (*Urtica*), in letzter Zeit hingegen wurde diese Annahme korrigiert, so daß heute beide, Chinagrass und Ramie, zu den nicht brennenden Nesseln, den sogenannten „Shootings“ (*Boehmeria*) zugeteilt sind. Die Nesseln gedeihen wohl fast überall, wo Pflanzenwuchs anzutreffen ist.

Sie sind charakteristisch durch ihre feinen, stechenden Haare, während die *Boehmeria*-Spezies davon befreit ist. Die gewöhnliche Brennnessel von Europa (*Urtica dioica*) wurde schon seit frühester Zeit zur Herstellung von Fischschnüren benutzt, infolge der großen Stärke der Faser. Savorgnan behauptet, daß die Nesselfaser, bekannt als schwedischer Hanf, lange Zeit in Schweden kultiviert wurde, um aus der Faser Stoffe und Segeltuch zu verfertigen.

Die Ramiepflanze ist eine Staude, wird 4—6 Fuß hoch und ist sehr widerstandsfähig. Sie wird in China¹ und Indien kultiviert und auch in Amerika gepflanzt².

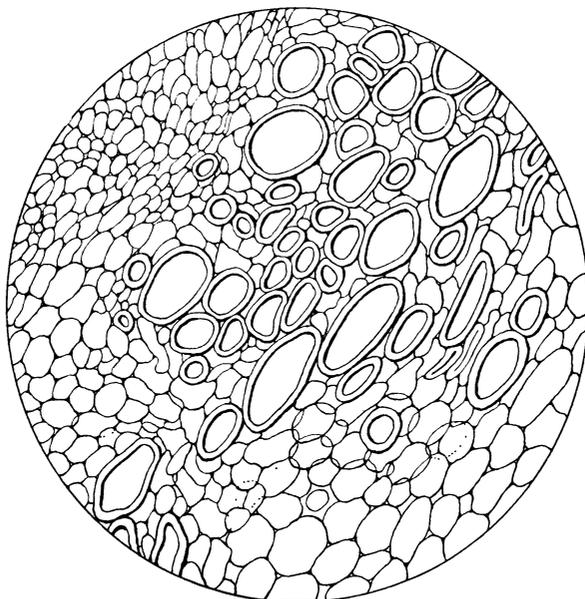


Abb. 289. Querschnitt durch ein Ramiefaserbündel.
(Cross & Bevan.)

¹ Die Ramiepflanze ist in China bekannt unter dem Namen Tchow Ma und wird kultiviert zur Fasergewinnung. Zirka 8000—10000 t jährlich werden von dieser Faser nach Europa exportiert. In Kochinchina heißt Ramie Cay-gai, in Bengal Kankura. Ramie kommt auch von den malaiischen Inseln; die malaiische Pflanze hat bestimmte Unterschiede gegenüber dem chinesischen Typ und wird in der Regel als Spezialsorte betrachtet.

² Es scheint, daß Amerika nur eine nicht brennende Nesselart (*Boehmeria cylindrica*) aufweist. Sie ist auch bekannt als „falsche Nessel“ und wächst als Unkraut im Brachland von Ontario und Minnesota bis Florida und Kansas. Sie ist als Faserpflanze wertlos und hat keine ökonomische Wichtigkeit. Auf den Sandwichinseln kommt eine ähnliche Pflanze vor (*Boehmeria stipularis*), sie wird von den Eingeborenen benutzt zur Präparation ihres „Kapa“. Es ist vielleicht von Interesse hier zu notieren, daß in den U.S.A. einige Arten Brennnesseln als speziell einheimische Pflanzen vorkommen. Die Indianer waren vertraut mit dem Gebrauch dieser Fasern und machten daraus Bogensehnen und Zwirn von großer Stärke und Dauerhaftigkeit. Das botanische Museum der Harvard-Universität besitzt ein sehr gutes Muster dieser amerikanischen Faser.

Die Verwendung von Ramie war den Chinesen schon in der ältesten Zeit bekannt. Einige Forscher versuchten zu beweisen, daß Ramie vor vielen tausend Jahren gleichzeitig mit Flachs im alten Ägypten zur Herstellung von Mumientüchern verwendet wurde¹. Dr. Watt ist der Meinung, daß Ramie schon im grauen Altertum in Indien bekannt war. Er stellt fest, daß Erwähnungen in Ramagana von einem Gewand zu finden sind, genannt Kshauma, und glaubt, da dieses Wort gewöhnlich Leinen bedeutet und so stark dem chinesischen Namen für Ramie ähnelt, unbedingt ein Zusammenhang zwischen den beiden vorhanden sein muß. Ramie wächst in fast unbeschränkter Menge in ganz Äquatorialafrika, Indien und China. Die beste Qualität kommt aus China, wo sie in großer Menge wild wächst. Auch werden von den Bauern kleinere Stücke Land damit bepflanzt. Festgestellt sei, daß weit mehr Ramie wächst als heute daran Bedarf ist.

11. Eigenschaften der Ramiefaser. Die Ramiefaser ist sehr stark und dauerhaft, vielleicht die stärkste aller Pflanzenfasern; auch wird sie von Feuchtigkeit nicht angegriffen. Sie hat die dreifache Stärke von Hanf und kann geteilt werden bis zur Feinheit der Seide. Ramie hat auch den Vorteil, daß sie nicht rottet, sei sie dem Wetter ausgesetzt oder ins Wasser getaucht. Sie nimmt auch Farbstoffe leicht auf, ist aber schwerer durchzufärben, als z. B. Baumwolle. Die Ramiefaser ist ausschließlich weiß, fast wie gebleichte Baumwolle, und scheint keine Naturfarbe zu besitzen. Sie hat auch einen gediegenen Glanz ähnlich wie Lein; Versuche, die über ihre Festigkeit gemacht wurden, zeigten, daß die einzelne Ramiefaser eine Bruchstärke von 17—18 g besitzt. Im Laboratorium von Frémy degummierte Ramiefaser wies eine Bruchstärke von 21—22 g auf; ganz sorgfältige Degummierung erhöht die Bruchstärke bis auf 35—40 g. Isolierte Hanffaser hat eine Bruchstärke von nur 5 g. Baumwollisierte Ramie ist eine Faser, bei welcher der Degummierungsprozeß zu weit vorgeschritten ist, mit dem Resultat, daß die individuellen Fäserchen mehr oder weniger in ihre Einheiten separiert wurden. Diese Faser ist weiß und ohne die charakteristische Durchsichtigkeit und den Hochglanz der gewöhnlichen Ramie². Die glänzenden und durchsichtigen Fabrikate, in China bekannt unter dem Namen A-Pou und in England im Handel als Grastuch, werden aus Ramie hergestellt. Bis zu einem gewissen Grade wird Ramie zur Herstellung von Wollersatz verwendet. Sie eignet sich speziell für diesen Zweck und gibt ein Garn, welches der Wolle in

¹ Einige Fachleute behaupten, daß eher Ramiefaser zu Mumientüchern verwendet wurde, als Flachs, weil Flachs im heißen Klima gar nicht gedeiht.

² Ein neueres französisches Patent beschreibt folgenden Prozeß zur Herstellung wollähnlicher Ramie: 100 kg abgeschälte Ramie wird in Stücke von 30 bis 80 mm geschnitten und 2 Std. in 1000 l 2½% iger Lösung von Natriumkarbonat gekocht. Diese Lösung läßt man ablaufen und das Material wird wieder 6 Std. gekocht in 1000 l Wasser, welchem 20 l Natronlauge von 36° Bé beifügt werden. Nach gründlichem Waschen mit kaltem Wasser wird die so gereinigte Faser neutralisiert, getrocknet und dann in einem kalten Bad aus 1000 l Wasser und 1000 l Natronlauge von 36° Bé behandelt. Das Überflüssige der Lösung wird aus der Faser gepreßt und zum Schluß wird die Masse gesäuert, gewaschen, getrocknet und gekrempt.

Aussehen und Qualität ziemlich nahe kommt. Die Stycos-Faser, in U.S.A. im Handel, ist ein Produkt von diesem Charakter. Sie gleicht der Solidonia-Faser, die in Europa zu demselben Zwecke verarbeitet wird. Sie kann allein verwendet oder mit Wolle vermischt, vor dem Krempeln oder auch später zugeschlagen werden. Folgende Tabelle zeigt die hauptsächlichsten Eigenschaften (physikalische) der Ramiefaser verglichen mit anderen:

	Ramie	Hanf	Flachs	Seide	Baumwolle
Festigkeit	100	36	25	13	12
Elastizität	100	75	66	400	100
Torsion	100	95	80	600	400

12. Aufarbeitung von Ramie. Selbstverständlich hat eine Faser mit so ausgezeichneten Eigenschaften alle Aufmerksamkeit auf sich gezogen. Die beiden Hauptoperationen in der Aufbereitung der Faser zum Spinnen sind das Abschälen und die Degummierung. Nach Amerika und Europa kommt die Faser immer geschält und braucht nur noch degummiert zu werden. Die Hauptschwierigkeit ist der Mangel eines wirksamen Prozesses, die Faser von den Pflanzenresten zu säubern. In China und Indien, wo die Faser schon lange zum Weben der schönsten und feinsten Fabrikate benutzt wird, besorgt man das Losschälen der Faser von Hand; die Stengel werden ins Wasser getaucht und die Rinde von den Eingeborenen abgekratzt.

Ein Eingeborener in China produziert ungefähr 8 lbs. gereinigte Ramie pro Tag¹. Diese Methode wäre in den europäischen Staaten praktisch nicht anwendbar. Der Hauptgrund, daß Ramie nicht die gleiche Stellung unter den Faserpflanzen, wie Lein oder Baumwolle einnimmt, ist der, daß die Ramiefaser sehr schwer zu dekortieren ist. Dieses kann nur von Hand geschehen und es ist nicht wahrscheinlich, daß unter heutigen Bedingungen die Ramiefaser in ökonomischer Weise der Industrie zugänglich gemacht wird. In alter Zeit sind jedenfalls alle Bastfasern, die zum Spinnen und Weben benutzt wurden, von Hand präpariert worden; dabei machte also Ramie keine Ausnahme. Ramie wurde in handgewobenen Fabrikaten, in zahlreichen Fällen als Mumientücher in ägyptischen Gräbern gefunden. Diese Fälle datieren zurück bis auf die 15. Dynastie; aber es ist eigentümlich, daß die Faser nachfolgend in Ägypten verschwunden zu sein scheint, da sie in späteren Zeitfolgen nicht mehr vorkommt und durch Leinen ersetzt wurde. Bekannt wurde die Ramie wieder durch chinesische Fabrikate, die nach Europa importiert und in England unter dem Namen China grass cloth anzutreffen sind. In Deutschland waren die Fabrikate als Nesseltuch bekannt, jedoch ist in diesem Zusammenhang

¹ Detaillierte Beschreibung der in China und Indien zur Aufbereitung von Ramie angewandten Methoden siehe: *Three Years in Western China*, by Sir Alex. Hosié; auch: *The Journal of the agricultural and horticultural Society of India*, vol. 9, part. 1, Calcutta 1891, und neuere Ausgaben von *Indian Industries and Power*.

eine kleine Verwirrung betreffs Ursprung zu konstatieren. Den Römern war die Ramiefaser bekannt (siehe Virgil II. Gesang vom Ackerbau). Durch die Verbreitung der römischen Kultur ist wahrscheinlich die Ramie nach Deutschland und dem übrigen Europa gekommen. Diejenige Faser aber, von der in Deutschland Nessel Tuch gemacht wird, stammt von der gewöhnlichen Nessel; sie wurde schon immer zu diesem Zwecke in Deutschland verwendet und ist nur durch das Einführen der Baumwolle stark verdrängt worden. In Indien und im Himalaja-Distrikt wurde Ramie ebenfalls schon in prähistorischer Zeit verwendet. In alter Sanskritliteratur trifft man oft den Namen Gras-Leinen. Das ist natürlich die englische Übersetzung. Der Charakter des im Sanskrit beschriebenen Materials spricht aber eher für Ramie als für Lein. In den Gedichten, wie Ramazana und Kalidasa, finden sich verschiedene Anhaltspunkte, daß die Pflanze und die Faser sowie deren Fabrikate der Ramie entsprechen. Die altrussischen Südvölker kannten die Ramie ebenfalls. Jedenfalls nach der Chronik von Nestor (geschrieben ungefähr A. D. 904) sind die Segel der Wolgaschiffe aus Ramie erstellt. Frankreich zeigte lange ein Spezialinteresse, die Entwicklung der Ramie als Textilfaser zu fördern, und machte energische Anstrengungen, die Pflanze in seinen verschiedenen Kolonien zu kultivieren. Der Erfolg war nicht der gewünschte, was wiederum auf die Schwierigkeit der Dekortikation zurückzuführen ist. Um die Ramie auf mechanischem Wege zu entbasten, wurden in Europa zahlreiche Versuche gemacht. Einen ziemlich erfolgreichen Prozeß in dieser Hinsicht beschreibt Glafey¹.

Die Maschine wurde konstruiert von H. Boeken & Co. in Düren, Deutschland. Bei der Methode von Frémy und Urbain werden die Ramiestengel aufgeweicht durch Kochen in verdünnter Natronlauge; nachher werden sie 4 Stunden in eisernen Zylindern unter Druck mit einer Lösung von Soda und Natronlauge erhitzt, dann gewaschen und mehrere Male gesäuert. Auch andere ähnliche Verfahren werden genannt, wo man Natriumsilikate, -phosphate oder -borate benützt wurden um der Faser ein feineres Aussehen zu geben (Girard); auch Behandlung mit Mangansalzen wurde empfohlen²; ebenso Kochen mit Boraxemulsion mit Leinöl, Mineralöl und Terpentin (Mac Iv or and Chester). Andere Methoden schlagen Schwefelalkaliwäschen, dann Behandlung mit oxydierenden Agentien wie Kaliumpermanganat, -chlorat, Wasserstoffsperoxyd³ vor. Auch der künstliche Rotteprozeß von Bauer⁴ wurde für Ramie angewendet, ebenso der Kaltbleicheprozeß von Pick und Erban⁵. Im Prozeß von Harres⁶ werden die Ramiestengel imprägniert mit 1% Natronlauge, 6 Stunden gedämpft, gewaschen, um den aufgelösten Gummi zu entfernen, dann imprägniert mit 2%iger Lösung von gewöhnlichem Salz oder einer Lösung von Seife, Soda und Leinöl, wieder unter Druck gedämpft, gewaschen und darauf gleichzeitig oder abwechselungsweise in geschlossenem Kessel mit Ozon und Dampf behandelt. Dieser Prozeß verfolgt sowohl die Reinigung als auch

¹ Die Rohstoffe der Textilindustrie, S. 67.

² Société de la ramie.

³ Boyle, Bilderbeck, Comess usw.

⁴ D.R.P. 68807 and 80023.

⁵ Brit. Pat. 3259 of 1904.

⁶ D.R.P. 193499; s. Jahresber. 1907, S. 407.

die Bleiche der Faser. Als weitere Reinigungsverfahren sind dann noch Brechen, Kämmen, Hecheln usw. zu empfehlen. Blachon und Peretmère¹ benutzen Alkalihypochlorite zur Isolierung der Faser; während Fuchs² Alkalisulfate bei 100—110° C zur Einwirkung bringt. Pellmann³ schlägt für den nämlichen Zweck ein Waschen in Natronlaugebädern vor, denen Seife und Alkohol zugesetzt werden. Einige der Verfahren, welche bei der Rotte von Jute, Hanf und Flachs in Anwendung gelangen, sind auch bei der Ramie mit geringem Erfolg angewendet worden. Im Verfahren von Blackmore⁴ wird vorgeschlagen, die Faser im speziell konstruierten Kier mit einer 10%igen Natriumaluminatlösung unter Druck (bis 4 Atmosphären) aufzuschließen. Um die Faser zu öffnen, wird mit Kohlensäure unter 7 Atmosphären gehalten und darauf gewaschen⁵. Nach sorgfältigem Waschen und sofort darauffolgender Behandlung mit kochender kaustischer Soda und Waschen ist die Dekortikation vollständig⁶.

Es wurde in der technischen Presse viel über die Nützlichkeit der Ramie als Ersatzfaser geschrieben⁶. Nach Roux verhindern die Kosten der Produktion die allgemeine Verwendbarkeit als Textilfaser. Sie hat hohen Glanz, aber nicht die Elastizität von Wolle und Seide oder die Biegsamkeit der Baumwolle, sie wird aber überall da verwendet für Produkte, welche gebrauchstark und wetterbeständig sein müssen. Nach Dodge ist die Leichtigkeit, sie zu imitieren, der Hauptgrund, der die Entwicklung der Ramieindustrie zurückgehalten hat. Die Auffassung, eine Industrie zu lancieren, welche auf der Basis der Imitation beruht, ist zu verwerfen. Die Faser sollte tatsächlich in größerem Maßstabe Verwendung finden, so daß der individuelle Wert derselben dem Konsumenten bekannt wird⁷.

Nach Nodin und Brettoneau ist die durchschnittliche Zusammensetzung der Ramiestengel nach dem Degummieren und Trocknen folgende:

Faser	30 %	Rinde usw.	15 %
Holz	55 „		

Das Folgende ist eine Analyse von Ramiebändern.

Asche	1,75 %	Stickstoff	1,28 %
-----------------	--------	----------------------	--------

Obige Asche enthält folgende Bestandteile:

Kalium	32,57 %	Phosphorsäure	12,57 %
Natrium	8,01 „	Schwefelsäure	3,96 „
Calcium	22,66 „	Chlor	2,98 „
Magnesium	11,33 „	Kieselsäure	6,27 „

¹ D.R.P. 207362.

² Monatsschr. Textil. 1909, S. 337.

³ D.R.P. 204334.

⁴ U.S.P. 786721.

⁵ Färber-Zg. 1905, S. 191.

⁶ Färber-Zg. 1905, S. 151.

⁷ Ramiegarn wird in großen Quantitäten erfolgreich in Baumgartens Zwirnerlei (erste Deutsche Ramiegesellschaft) in Emmendingen, Deutschland, gesponnen. Die Fabrik wird finanziell vom Staate unterstützt und hat den Vorteil billiger Arbeitskräfte. Eine beträchtliche Quantität an Ramiegarn dieser Fabrik kommt nach U.S.A., wo sie hauptsächlich zur Fabrikation von Gasstrümpfen Verwendung findet. In U.S.A. sind 2 Fabriken, welche mit mehr oder weniger Erfolg Ramiegarn produzieren (1913); das sind The Springdale Fiber Co. in Canton, Mass., und The Superior Thread and Yarn Co. in Pluckamin (N.Y.).

Von französischen Autoritäten ist festgestellt worden, daß der Ertrag an dekortierter Faser von den grünen nicht entblätterten Stengeln 2% und an degummierter Faser etwa 1% ist. Auf der Gewichtsbasis von trockenen abgestreiften Stengeln ist der Ertrag an degummierter Faser etwa 10%. Der Ramiebast kann nicht durch eine einfache Rotte wie beim Flachs vom Holzgeflecht befreit werden. Er muß einen sorgfältigen mechanischen Prozeß durchmachen, bis die äußere Rinde entfernt ist. Das so befreite Holzgeflecht besteht aus Ramiefäserchen, bandförmig zusammengehalten durch große Quantitäten Gummi. Ehe die Fasern gekämmt werden können, muß dieser Gummi durch chemische Behandlung entfernt werden. Die Gummisubstanzen scheinen wesentlich aus Pektose, Kutose und Vaskulose zu bestehen. Beim Degummieren sollen diese Substanzen entfernt werden, ohne die Zellulose zu beschädigen. Vaskulose und Kutose können aufgelöst werden durch Behandlung mit Seife oder fixen Alkalien, Einwirkung unter Druck. Die noch anhaftende Pektose kann auf mechanischem Wege entfernt werden durch Waschen. Die Hauptschwierigkeit im Präparieren von dekortierter Ramie zum Spinnen besteht in der Ausscheidung des Gummis, welcher die Faser zusammenhält. Es sind schon zahlreiche Versuche gemacht worden, eine rationelle Degummierung zu finden. Schon 1914 hatte die Ramiespinnerei Emmendingen in Baden bemerkenswerten Erfolg und lieferte große Quantitäten Ramiegarn. Von Professor Rossi in Neapel wurde ein bakteriologisches Verfahren der Degummierung angezeigt, und es soll dasselbe erfolgreich sein. Wenn die Faser sauber degummiert ist, besteht keine Schwierigkeit mehr, sie zu spinnen¹.

13. Verwendung von Ramiefaser. Obgleich Ramie viele ausgezeichnete Eigenschaften als Textilfaser für bestimmte Zwecke besitzt, mangelt ihr doch die Elastizität der Wolle und Seide und die Biegsamkeit der Baumwolle². Ramie gibt daher ein derberes Produkt, das nicht die Weichheit der Baumwolle besitzt. Wegen ihrer glatten, regelmäßigen Oberfläche eignet sich die Faser nicht zum Spinnen feiner Faden, weil sich die einzelnen Fäserchen nicht gut zusammenhalten. Die Ramiefaser widersteht chemischer Behandlung eher besser als alle andern Pflanzenfasern. Sie hat hohen Glanz, ist schöner als Jute und widerstandsfähiger als die beste Qualität Hanf. Das spezifische Gewicht von Ramiegarn ist geringer als das des Leinengarnes und steht ungefähr im Verhältnis 6 zu 10; andererseits ist es dichter als Baumwollgarn (Verhältnis 6 zu 5). Eine der hauptsächlichsten Verwendungen ist die Verarbeitung

¹ Das Spinnmaterial der Ramiespinnerei Emmendingen (D.R.P. 115745) besteht aus Ramieabfall. Die Gärung dauert einige Tage. Darauf wird das Material unter 2 Atmosphären Druck in verdünnter Natronlauge 3 Std. gekocht, gewaschen, gepreßt und getrocknet, dann noch auf mechanischem Wege gereinigt. Die Kosten des Prozesses belaufen sich auf nur $\frac{1}{4}$ Cent per lb. Ramiefaser. Beim Aufbereitungsprozeß der Ramie (Grundabfälle) entstehen sehr widerlich riechende Abfälle, die weithin die Luft verpesten. Die Behebung dieses Übelstandes dürfte, allerdings mit erheblichem Kostenaufwand verbunden, heute ein gelöstes Problem darstellen.

² Der Preis für rohe dekortierte Ramie war 1920 in England 120—150 £ per Tonne im Vergleich zum Preis 40—80 £ im Jahre 1914.

zu Garn, aus welchem Gasstrümpfe fabriziert werden. Es eignet sich zu diesem Zwecke bis heute kein anderes Material so gut. Konkurrent in dieser Beziehung ist die Kunstseide. Ramie wird auch benutzt zur Herstellung von Fischnetzen und geknüpften Unterkleidern. Da Ramie gut absorbiert, sollte sie sich auch sehr gut eignen zur Herstellung von Bandagen und Gazen für chirurgische Zwecke. Ramie wurde schon öfter vorgeschlagen als Ersatz für Leinen; da aber Ramietuch beim Falten leicht bricht, eignet es sich nicht zur Herstellung von Kragen und Manschetten, ebensowenig zu Tischtüchern. Ramie in Form von gut gezwirntem Perlarn, gibt ein viel gebrauchtes Fabrikat, das zu Besatzartikeln verwendet wird. Zu diesem Zwecke wird die Ramiefaser gut gekämmt, so daß die gleichlaufenden Fasern einen dünnen, regelmäßigen Flor bilden. Dieser wird auf geeignete Rollen gewunden, läuft dann durch eine Maschine mit endlosem „Apron“ (aus poliertem, weißem Metall oder Kupfer) so, daß eine Lösung von Gelatine (100 Teile Gelatine und 275 Teile Wasser) auf beiden Seiten des Zettels aufgetragen wird. Nach dem Passieren zwischen Quetschrollen kommt das Gewebe in einen Trockenraum¹. Um zu verhindern, daß das Gewebe an dem Metall „Apron“ kleben bleibt, wird letzteres mit einer Lösung von 8 Teilen weißen Wachses in 100 Teilen Terpentin bespritzt. Das gummierte Gewebe wird zunächst in Streifen von gewünschter Breite geschnitten. Um das Gewebe wasserdicht zu machen und die Streifen vor Zerstörung zu schützen (z. B. beim Färben), werden diese in geschlossenem Raum aufgehängt und mit Ameisensäuredämpfen behandelt. Für gewisse Zwecke wird auch eine Lösung von Chrom oder Tannin angewendet, um die Gelatine zu fixieren. Um die Gelatinelösung trans-

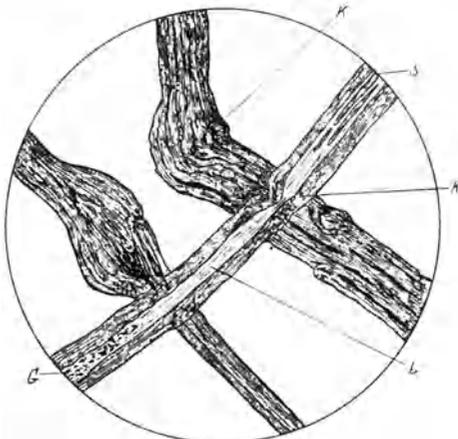


Abb. 290. Ramie. L Lumen; G Körnchen im Lumen; S große Teile im Lumen; K Knoten.

paren einen dünnen, regelmäßigen Flor bilden. Dieser wird auf geeignete Rollen gewunden, läuft dann durch eine Maschine mit endlosem „Apron“ (aus poliertem, weißem Metall oder Kupfer) so, daß eine Lösung von Gelatine (100 Teile Gelatine und 275 Teile Wasser) auf beiden

Seiten des Zettels aufgetragen wird. Nach dem Passieren zwischen Quetschrollen kommt das Gewebe in einen Trockenraum¹. Um zu verhindern, daß das Gewebe an dem Metall „Apron“ kleben bleibt, wird letzteres mit einer Lösung von 8 Teilen weißen Wachses in 100 Teilen Terpentin bespritzt. Das gummierte Gewebe wird zunächst in Streifen von gewünschter Breite geschnitten.

Um das Gewebe wasserdicht zu machen und die Streifen vor Zerstörung zu schützen (z. B. beim Färben), werden diese in geschlossenem Raum aufgehängt und mit Ameisensäuredämpfen behandelt. Für gewisse Zwecke wird auch eine Lösung von Chrom oder Tannin angewendet, um die Gelatine zu fixieren. Um die Gelatinelösung trans-

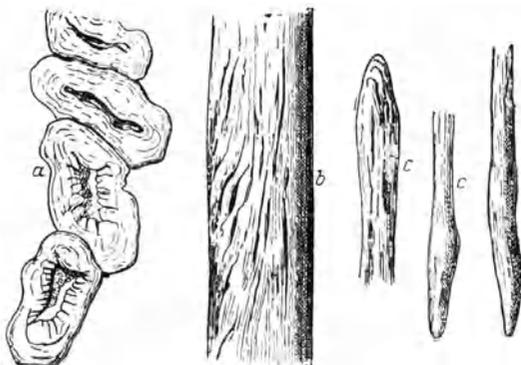


Abb. 291. Ramiefaser. a Querschnitte; b Längssicht; c Enden. (Cross & Bevan.)

¹ Die Beschreibung einer Maschine um Gelatinelösung zu applizieren, siehe Textile World Record 1913, S. 594.

parent zu machen, kann 5—10% Alkohol beigefügt werden. Kollodium, Gummi, Lacke usw. finden ebenfalls Verwendung, um hier verschiedene Effekte zu erzielen.

14. Mikroskopie der Ramie. Mikroskopisch ist die Ramiefaser bemerkenswert durch die Größe der Bastzellen; diese sind von 60—250 mm lang und bis 80 Mikrons dick. Der Durchmesser ist ebenso charakteristisch ungleichmäßig, manchmal eng mit schweren Zellwänden und gut ausgesprochenem Lumen, manchmal wieder breit und flach mit unbestimmtem Lumen, dagegen immer mit deutlicher Streifung längs der Faser¹. Das Verhältnis der Länge zur Breite der Faser ist ungefähr 1:2400. Die Faser besteht aus reiner Zellulose ohne jegliche Spuren von Lignin; Jod und Schwefelsäure färben sie rein blau, während sie mit Anilinsulfat meist farblos bleibt. In einer Lösung von Kupferoxydammoniak schwillt die Ramiefaser stark auf, löst sich aber nicht auf. Die Ramiefaser färbt

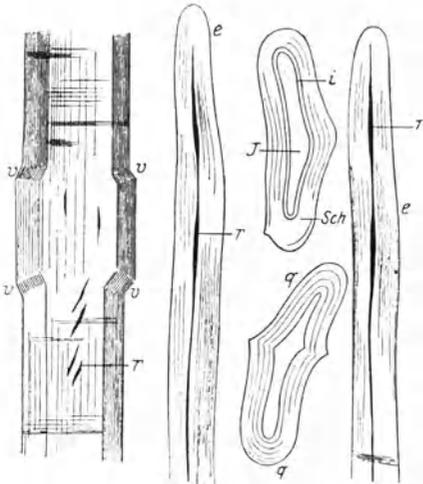


Abb. 292. Ramie. Streifung, Furchung. (Höhnel.)

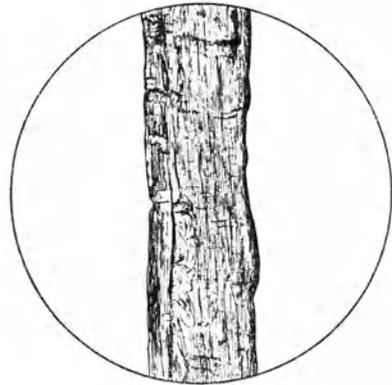


Abb. 293. Ramie. Auffallend sind die Knoten und Längsrisse.

sich blau mit der Chlorzinkjodlösung und rosa mit Chlorcalciumjodlösung. Weiße Ramie gibt keine Färbung mit Anilinsulfat; grüne Ramie dagegen zeigt schwachgelbe Färbung, was auf eine schwache Lignifikation hindeutet. Längs der Faser sind Knoten und Quersfurchen häufig. Das Lumen ist auf der Abbildung speziell breit und leicht erkennbar (Abb. 292). Die Enden der Einzelfasern haben dickwandige, abgerundete Spitzen, worin das Lumen in eine Linie ausläuft.

An einigen Stellen scheint das Lumen mehr oder weniger mit körniger Masse gefüllt zu sein und manchmal mit langen, ungleichen Split-

¹ Diesbezüglich gibt Hassack folgendes Bild. Faserdurchmesser in mm:

Ramie	9,4—0,06	Baumwolle	0,014—0,024
Leinen	0,016	Seide	0,009—0,024

Ramiefaser kennzeichnet sich durch große Länge; Einzelfasern sind gewöhnlich 4—6 inches lang, können aber 10—16 inches lang werden. Dies ist ziemlich ungewöhnlich bei Bastfasern, welche im allgemeinen aus kurzen Fasern bestehen.

tern, jedenfalls ist es getrocknete Albuminsubstanz. Der Querschnitt der Faser (Abb. 291) zeigt gewöhnlich nur ein Element, seltener eine Gruppe von solchen. Der Querschnitt ist elliptisch; das Lumen erscheint offen und enthält oft körnige Substanz. Der Querschnitt zeigt auch deutlich Schichtenbildung (Abb. 292). Die Faser ist meist sehr breit, flach und bandförmig, nie aber geteilt (Abb. 290).

Müller gibt folgende Analyse von Rohfasermustern von Chinagras und Ramie.

Bestandteile	Chinagras %	Ramie %
Asche	2,87	5,63
Wasser (hygroscopisches)	9,05	10,15
Wasserlösliches	6,47	10,34
Fette und Wachse	0,21	0,59
Zellulose	78,07	66,22
Interzellulärsubstanz und Pektinstoffe	6,10	12,70

15. Handelsaussichten der Ramie. Die Menge Ramiefaser, die nach England oder Amerika eingeführt wird, ist noch ziemlich unbedeutend, verglichen mit den andern Haupttextilfasern¹. Es heißt, daß in neuerer Zeit Ramie in größerem Umfang in den irischen Leinenfabriken vermischt mit Flachs zu einem Fabrikat gesponnen wird, welches gleich dem besten irischen Leinen von bester Qualität ist. Zu demselben Zwecke soll auch italienischer Hanf dienen.

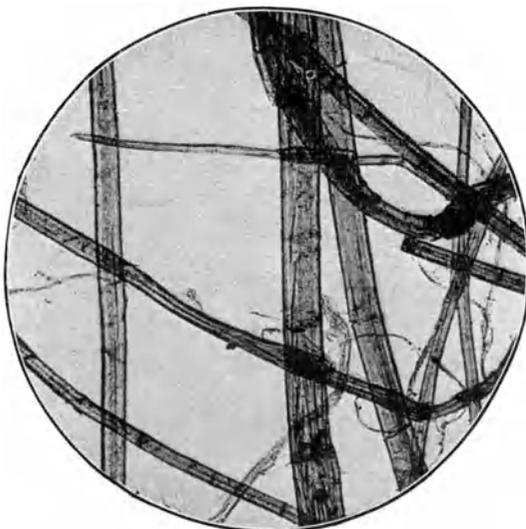


Abb. 294. Ramie mit Jodschwefelsäure gefärbt. (Herzog.)

Ohne Zweifel kann Ramie erfolgreich zu Garn gesponnen werden von genügender Feinheit und Qualität, sofern genügend billige Dekortikations- und Degummiervverfahren bekannt werden. Die weiteren Einwände gegen die Verwertung kommen aus den Ramiefaserspinnereien, wo keine eigentlich dazu bestimmten Maschinen in Anwendung kommen, sondern Woll-, Baumwoll- und Leinen-spinmaschinen. Wenn die Ramiefaser gut studiert, mit eigenen zweck-

¹ Kiukiang und Swatow sind die Hauptexportpunkte mit ca. zwei Drittel der ganzen Menge der Nesselerte von China; dann folgen Chungking und Schanghai. Zwei Drittel von allem Material, welches aus ganz China exportiert wird, kommt nach Hankow, Chinkiang und Schanghai, von wo der Weiterexport und der Lokalkonsum bestellt werden.

mäßigen Maschinen behandelt wird, sind keine Schwierigkeiten mehr zu befürchten, ein feines Ramiegarn zu erhalten. Ein Mangel, der bei verschiedenen Ramiequalitäten vorkommt, bekannt unter dem Namen „hard ends“, kommt daher, daß Fasern nicht zur ganzen Länge sich entwickelt haben, kurz und dick gewachsen sind, oder es sind 2—3 Fasern zusammengewachsen. Bei genügendem Hecheln werden diese „hard ends“ fast ganz entfernt; wenn sie aber nicht vollständig entfernt sind, leidet die Qualität des Garns und das daraus gesponnene Tuch ist nach dem Färben fleckig. Es ist auch versucht worden, Ramiefaser in so kurze Fasern zu schneiden, wie sie bei Baumwolle vorliegen, und mit letzterer zu Garn zu spinnen. Jedoch gerade das, was dort als Vorteil erscheint, erzeugt hier eine Verschlechterung der Qualität.

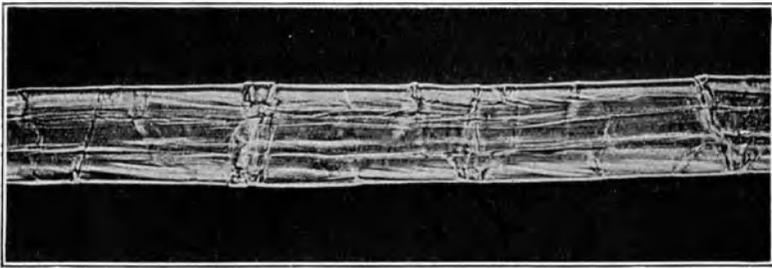


Abb. 295. Ramie im polarisierten Licht. (Herzog.)

Die folgende Tabelle zeigt den Umfang des Exportes an Ramiefaser aus China in den letzten Jahren:

Bestimmungsland	1917 t	1918 t	1919 t	1920 t
Frankreich	432	734	135	179
Großbritannien	1265	1445	295	1309
Hongkong	386	642	317	319
Japan	14958	13658	13096	10303
U.S.A. mit Hawaii und Philippinen	1337	1784	25	2
Alle andern	84	45	194	356
Total	18462	18308	14062	12468

Der Export von Ramie oder Grastuch von China im Jahre 1917 wird auf 2 000 000 Dollar, 1918 auf 2 500 000 Dollar und 1919 auf 5 000 000 Dollar geschätzt. Die folgende Tabelle zeigt Quantität und Bestimmungsland in diesen Jahren:

Bestimmungsland	1917 t	1918 t	1919 t	1920 t
Hongkong	101	82	82	113
Japan	68	100	135	131
Korea	820	707	1472	1388
Philippinen	2	1	3	2
Straits Settlements	61	61	57	82
Alle andern	—	—	—	10
Total	1052	951	1751	1726

16. Hanf. Diesen Namen führen eine große Anzahl Bastfasern, mehr oder weniger gleich in Erscheinung und Eigenschaften. Unter den vielen Hanfvarietäten, welche im Handel vorkommen, mögen folgende aufgezählt werden (Dodge):

Ambarihanf (brauner)	Hibiscus cannabinus
Bengal- oder Bombayhanf	Crotalaria juncea
Black-fellow's-Hanf	Commersonia fraseri
Bowstring-Hanf (Afrika)	Sansevieria guineensis
„ „ (Florida)	S. longiflora
„ „ (Indien)	S. roxburghiana
Cebuhanf	Musa textilis
Colorado-River-Hanf	Sesbania macrocarpa
False-Hanf (Amerika)	Rhus typhina
False-Sisal-Hanf	Agave decipiens
Haitihanf	Agave foetida
Iféhanf	Sansevieria cylindrica
Indischer Hanf	Apocynum cannabinum
Jubbulporehanf (Madras)	Crotalaria tenuifolia
Kalkuttahanf	Jute
Kretahanf	Datisca cannabina
Kubahanf	Foureroya cubensis
Manilahanf	Musa textilis
Neuseelandhanf (oder Flachs)	Phormium tenax
Panganehanf	Sansevieria kirkii
Pitahanf	Yucca sp.
Puahanf (Indien)	Maoutia puya
Queenslandhanf	Sida retusa
Rangoonhanf	Laportea gigas
Riesehanf (China)	Cannabis gigantea
Rosellehanf	Hibiscus sabdariffa
Sisalhanf	Agave rigida
Sonnenhanf	Crotalaria juncea
Schwedischer Hanf	Urtica dioica
Tampikohanf	Agave heteracantha
Wasserhanf	Eupatorium cannabinum
Wilder Hanf	Maoutia puya

Der gewöhnliche Hanf wird vom Bast der *Cannabis sativa* gewonnen. Diese ist ein Strauch¹, der 6—15 Fuß hoch wird. Seine Heimat ist Indien und Persien, er wird aber heute in fast allen Ländern der Welt mit gemäßigtem und tropischem Klima kultiviert. In der heutigen Zeit wird Hanf in ausgedehntem Maße auch in Amerika² gepflanzt, trotzdem

¹ Der Hanf ist eine einjährige Pflanze mit geradem Stengel und länglichen, stark gezähnten Blättern. Die letzteren besitzen einen narkotischen Duft und stehen in Bündeln von 3, 5 und 7 um den Stengel. Die Blüte ist ohne Blumenblatt und entwickelt sich zu dem bekannten Hanfsamen. Der Hanf ist eine zweihäusige Pflanze, d. h. er gehört zu der Klasse Pflanzen mit getrennten Geschlechtern; die einen Stengel tragen nur Traubenbüschel der männlichen Blüte (Rispen), die andern nur weibliche Blüten (Kätzchen). Die weibliche Pflanze wird 6—8 Fuß hoch, während die männliche Pflanze kürzer bleibt.

² Verschiedene Arten Hanf werden in U.S.A. kultiviert, von denen der in Kentucky gepflanzte der gewöhnlichste ist. China- und Smyrnanhanf werden ebenfalls gepflanzt; Kalifornien kultiviert Japanhanf, welcher ein vorzügliches Produkt liefert. In Europa werden 5 Arten Hanf kultiviert: der gewöhnliche Hanf, der Pologneserhanf, Chinahanf, kleiner Hanf (*Cannapa piccola*) und arabischer Hanf. Der letztere ist bekannt als Takrousi und wird hauptsächlich seines Harzes wegen, wovon Haschisch gewonnen wird, kultiviert.

genügt dort die Menge dem eigenen Konsum noch nicht. Rußland produziert enorme Quantitäten Hanf und es bildet diese Faser in der Tat einen Exportartikel für dieses Land. Französischer Hanf, zwar

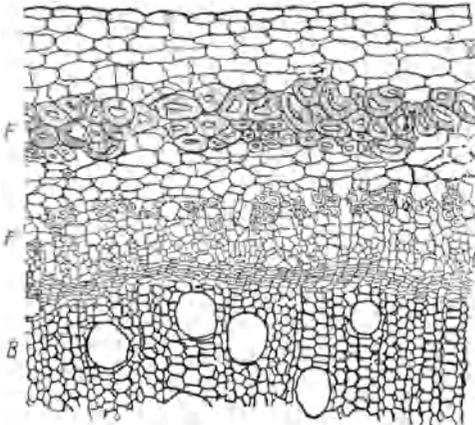


Abb. 296. Hanfstengel im Schnitt. B Holzzellen; f Zwischenschicht; F Hanffasern. (Le Com t.e.)

nicht in großen Mengen kultiviert, liefert ein sehr gutes Produkt, fein, weiß und glänzend. Italienischer Hanf ist ebenfalls hoch im Wert. Indischer Hanf wird weniger seiner Faser, als seiner narкотischen Produkte wegen angepflanzt¹. Japanischer Hanf ist von ausgezeichneter Qualität und kommt in den Handel in Form von sehr dünnen Bändern, welche

weich, glänzend und von strohgelber Farbe sind. An den Enden sind diese Fasern von außerordentlicher Feinheit. Hanf scheint die älteste

Textilfaser von Japan zu sein. Italienischer Hanf bildet einen Ersatzstoff in der Leinenfabrikation; er wird in heutiger Zeit hauptsächlich

zu Zwirn verarbeitet, kann jedoch auch zu feineren Garnen gezwirnt werden. Die Hauptschwierigkeit in der Hanfspinnerei besteht darin, daß Hanf gleichmäßig durchweicht sein muß, ehe er verarbeitet werden kann. Er bildet dann einen ziemlich befriedigenden Ersatz für Leinen. Infolge der geringen Elastizität bricht italienisches Hanfgarn leicht, wenn es als Webkette benutzt wird; ebenso wenn es mit Flachs vermischt ist.

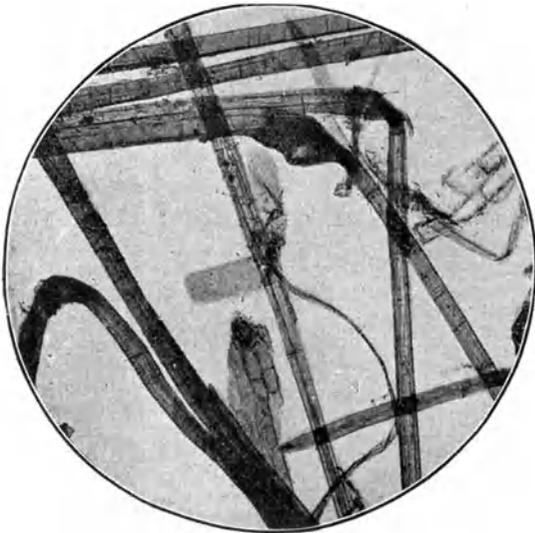


Abb. 297. Hanf (*Cannabis sativa*). (Herzog.)

¹ Hanf wächst wild in Indien, wird aber mehr als Quelle und Lieferant des Arzneimittels Chang oder Haschisch betrachtet, denn als Faserpflanze. Dodge stellt fest, daß der Gebrauch von Hanf bei den Alten sehr beschränkt war; er ist nicht erwähnt in der Bibel und selten anzutreffen bei den Schriftstellern des Altertums. Den Römern war der Hanf bekannt, sie verfertigten daraus Segel und Tauwerk.

17. Aufbereitung des Hanfes. Die Hanffaser wird von der Pflanze analog dem Lein durch den Prozeß der Rotte gewonnen und macht ungefähr dieselben Behandlungen durch, wie Riffeln, Rotten, Brechen und Hecheln¹. Gebrochener Hanf heißt Basthanf und gehechelter Hanf heißt reiner Hanf. Letzterer teilt sich in Schuhmacherhanf und Spinnhanf. Der Abfall beim Hecheln, das sogenannte Werg, findet Verwendung als Füllmaterial für Polster und als Dichtungsmaterial. Hauptsächlich findet die Taurotte Anwendung, das heißt, die Stengel werden im offenen Felde ausgebreitet und liegen dort so lange, bis die Witterung und Fäulnis Holzgeflecht und Gummi, welche die Faser einschließen, aufgelöst haben. Wasserrotte in stagnierendem Wasser ist hier und da probiert worden, doch ohne großen Erfolg².

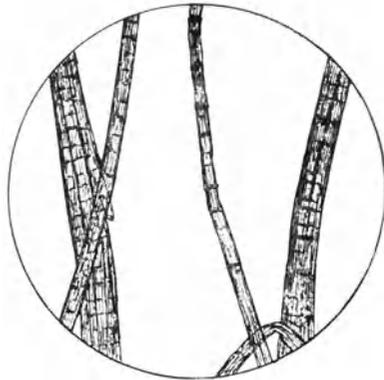
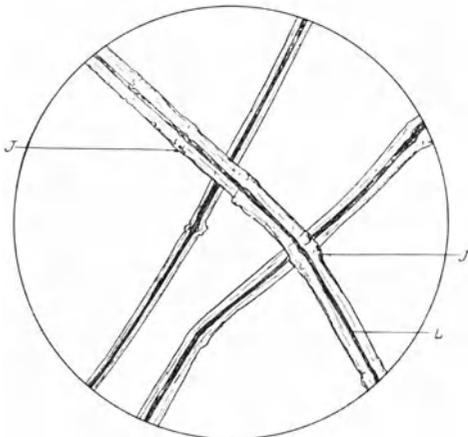


Abb. 298. Hanffasern.

100 Teile Rohhanf ergeben 25 Teile Fasermaterial und 100 Teile von letzterem ergeben 65 Teile gekämmte Faser und 32 Teile Werg. Hanffaser in der Wasserrotte aufbereitet, wie es in Italien üblich ist³, ist von milchweißer Farbe, glänzend, weich und geschmeidig. Sie ist ein befriedigender Ersatz für Flachs und wird fast für alle mittleren Qualitäten Leinwand verwendet, ausgenommen für feines Linnen. Durch Taurotte aufbereitet, wird die Faser grau und etwas rau zum Anfühlen. Sie dient dann zur Herstellung von Schiffstauen, Fischschnüren, Leinendrillich, Handgespinsten, Hanfteppichen und als Werg zur Fabrikation von Teppichen und Decken aller Art.

Abb. 299. Hanffasern ($\times 300$). L Lumen, J Knötchen.

Die im Handel bekannte Faser ist perlgrau, gelblich oder grünlich bis braun und 40—80 ins lang. Der Stapel^{*} ist weniger fein als der von Leinen, doch ist die Elastizität viel größer.

¹ Die Hanfpflanze ist für die Ernte reif, wenn die unteren Blätter schlaff werden und die Spitzen der Stengel sich gelblich färben. Die männlichen Pflanzen werden zuerst geerntet, die weiblichen 2—3 Wochen später.

² Eine sehr geschätzte Art, der Badenhanf, wird nach der Rotte von Hanf abgeschält. Das Produkt ist vollständig frei von Rindensubstanz.

³ Die Totalernte an Hanffasern in Italien betrug 1920 ungefähr 100000 t.

Die besten Qualitäten von Hanf sind von heller Farbe und von hohem Glanz, ähnlich wie bei Leinen. Die jährliche Produktion an Hanffaser beläuft sich auf zirka 600 000 000 lbs.

Spanischer Hanf, von welchem große Ernten erzielt werden; ist unregelmäßig und unzuverlässig. Er stammt von derselben Faser wie der

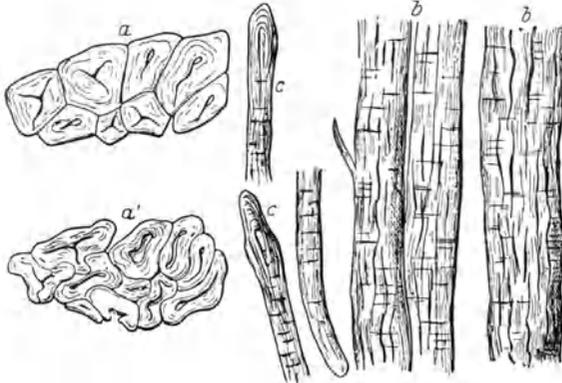


Abb. 300. Hanffasern. (Cross & Bevan.)

italienische Hanf, ist aber von geringerer Qualität. Ungarischer und russischer Hanf sind bessere Qualitäten, wovon einige dem italienischen Hanf nahekommen. Die Samen der Hanfpflanze werden gleich denen des Flachses ihres Ölgehaltes wegen verwendet¹. 100 Teile Samen liefern 27 Teile Öl. Hanfsamen sind daher ein wichtiges Beiprodukt der Hanfkultur.

18. Mikroskopie der Hanffaser. Unter dem Mikroskop sieht man, daß die Hanffaser aus Zellelementen besteht, welche ungewöhnlich lang sind, durchschnittlich 20 μ m; sie variieren aber von 5—55 μ m. Der

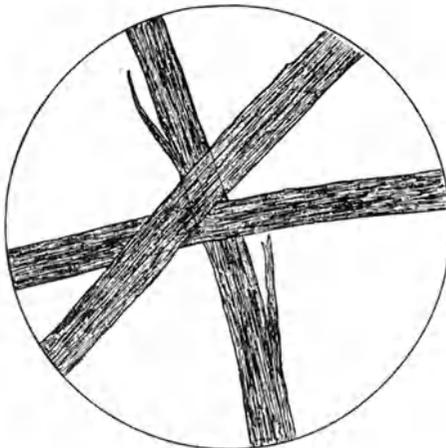


Abb. 301. Hanffasern ($\times 300$).

Durchmesser dagegen ist sehr klein, 16—50 Mikrons, im Durchschnitt 22 Mikrons. Das Verhältnis der Länge zum Durchmesser ist ungefähr 1000:1. Die Faser ist ziemlich ungleich im Durchmesser und oft mit Fragmenten von Parenchymgeflecht behaftet. In ihrer Linearstruktur zeigt die Faser oft Knoten, Längsrisse und aufgeschwollenes Geflecht. Das Lumen ist breit, jedoch nach dem Ende zu in eine Linie auslaufend (Abb. 297 und 299) und zeigt fast keinen Inhalt. Die Enden der Fasern sind stumpf und

dickwandig und besitzen oft Seitenäste².

Der Querschnitt zeigt in der Regel eine Gruppe von Zellen, welche

¹ Hanfsamen liefert ein grünliches Öl von eigentümlichem Geruch. Es findet Verwendung bei der Fabrikation grüner Seife, Künstlerfarben und Lacken. Hanfsamen sind ein bekanntes Vogelfutter; in Rußland dienen sie als Speise.

² Zackige Enden sind sehr charakteristisch für Hanffaser im Gegensatz zum Flachs.

fast immer abgerundete Kanten haben und nicht so scharfwinklig und polygonal sind wie bei der Jute (Abb. 300). Zwischen den Zellen befindet sich eine Mittelschicht, welche sichtbar wird bei Behandlung mit Jod und Schwefelsäure. Beim Zerschneiden erscheint das Lumen unregelmäßig und verflacht, ohne jeglichen Inhalt. Die Zellwände zeigen oft Schichtenbildung; die verschiedenen Lagen ergeben verschiedene Farben bei Behandlung mit Jod und Schwefelsäure. Die Interzellularrasse, welche die Elemente der Hanffaser zusammenhält, enthält Vaskulose, und es scheint die Zellulose der Faser mit dieser Substanz imprägniert zu sein. Dies bildet den Grund des schichtartigen Anfärbens der Zellwand bei der Schwefelsäurebehandlung. Wenn die Hanffaser der Länge nach betrachtet wird nach Anwendung obigen Reagenses erscheint sie grün, infolge der Mischung der gelben Färbung der Vaskulose mit dem Blau der Zellschichten. Dadurch unterscheidet sich Hanf von Lein, welcher die charakteristisch blaue Färbung gibt. Unter polarisiertem Licht zeigt Hanf sehr helle Farben, ähnlich wie Lein und Ramie. Hanf gibt auch folgende

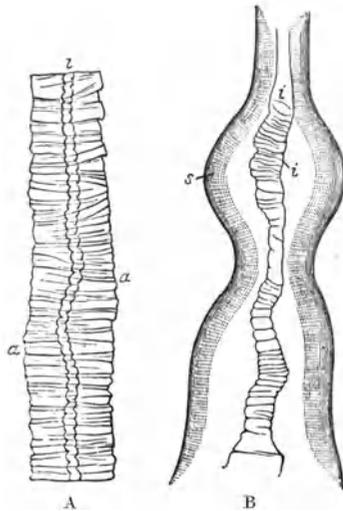


Abb. 302. Hanffasern in Schweitzers Reagens. A stark lignifizierte Faser; B Ligninfreie Faser. i Haut der inneren Zellen. (Wiesner.)

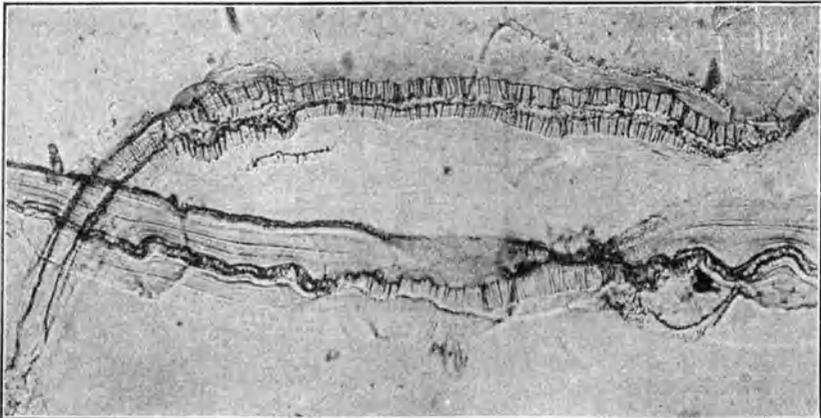


Abb. 303. Hanffaser in Schweitzers Reagens. (Herzog.)

mikrochemische Reaktionen: a) Mit Jod und Schwefelsäure bläulich-grüne Färbung; b) mit Chlorzinkjod blau oder violett, mit gelbem Unterton; c) mit Chlorcalcium-Jodlösung rosarot mit gelbem Unterton; d) mit Anilinsulfat gelblichgrüne Färbung; e) mit ammoniakalischer

Fuchsin-Lösung blaßrote Färbung; f) mit Schweitzers Reagens schwillt die Hanffaser unregelmäßig auf und bekommt ein charakteristisches Aussehen (Abb. 303) und nach kurzer Zeit ist sie fast aufgelöst und hinterläßt nur noch Fragmente vom Parenchymgeflecht. Hanf ist manchmal mikroskopisch schwierig zu unterscheiden von Flachs, am besten noch durch Untersuchung der Faserenden; Hanf zeigt fast immer gabelige Enden, Flachs dagegen nie. Die Hanffaser ist auch weniger transparent als die Flachsfaser, und das Lumen ist oft schwer zu erkennen infolge der zahlreichen Streifen an der Oberfläche. Auch der Unterschied in den Querschnitten dient ebenfalls dazu, diese beiden Fasern zu erkennen. Das Parenchymgeflecht, welches oft als Angehänge der Hanffaser vorkommt, ist reich an sternförmigen Kristallen von Calciumoxalat, was wiederum beim Flachs nicht der Fall ist. Eine Eigentümlichkeit, welche bei der Untersuchung des Hanfes bemerkt werden kann, ist das gelegentliche Vorkommen von langen, engen, mit rotbrauner Masse gefüllten Zellen, welche unlöslich sind in den gewöhnlichen Reagenzien. Diese Zellen kommen sowohl in der Faser als auch im Bast vor und enthalten wahrscheinlich Tannin. Beim Flachs kommen sie nicht vor. Das Verhalten der isolierten Hanfzellen bei Behandlung mit ammoniakalischer Kupferoxydlösung ist ebenfalls charakteristisch. Die Zellmembran nimmt blaue bis blaugrüne Färbung an und schwillt auf wie eine Blase, scharf ausgesprochene Längsschichten zeigend. Die innere Zellwand bleibt intakt in der Form einer spiralgewundenen Röhre, die starkgeschwollene Masse der Faser enthaltend. Die Hanffaser besteht nicht aus ganz reiner Zellulose, da sie sich mit Anilinsulfat gelb bis gelbgrün färbt und grünlich mit Jod und Schwefelsäure. Sowohl Salzsäure als auch Kalilauge geben eine braune Färbung, während Ammoniak schwach violett färbt. Es scheint daher, daß die Hanffaser aus einer Mischung von Zellulose und Bastose besteht. Gebleichter Hanf dagegen zeigt die Reaktionen von reiner Zellulose. Müller gibt folgende Analyse eines Musters von bestem italienischen Hanf:

Asche	0,82 %
Wasser (hygroskopisch)	8,88 „
Wasserlösliches	3,48 „
Fette und Wachse	0,56 „
Zellulose	77,77 „
Interzellularmasse und Pektinkörper	9,31 „

Das französische Patent 510525 beschreibt ein Verfahren, wonach Hanf auch merzerisiert werden kann. Man taucht die Faser für mehrere Stunden in einen Bottich, welcher 10—30° Bé Natronlauge enthält. Dann wird die Faser in verdünnter Seifenlösung gewaschen, gesäuert mit Salzsäure oder Essigsäure und wieder gewaschen. Bei dieser Behandlung bekommt der Hanf weichen Griff, wird gekräuselt, hell und von seidiger Beschaffenheit.

19. Eigenschaften und Verwendung des Hanfes. Hanf scheint mehr hygroskopische Feuchtigkeit zu enthalten als Baumwolle oder Leinen. Muster, welche vom Autor untersucht wurden, enthielten 8% Feuchtigkeit, verglichen mit 6% für Baumwolle, beide denselben Bedingungen

ausgesetzt. Im Konditionierungshaus in Roubaix wurde für Hanf 12% Feuchtigkeit festgesetzt und dieselbe vom internationalen Kongreß in Turin bestätigt. Hanf wird hauptsächlich zu Zwirn und Schnüren verarbeitet, bei welchen seine Stärke vorzüglich zur Geltung kommt, da er auch sehr dauerhaft ist und nicht wasserunecht. In dieser Hinsicht differiert er wesentlich von Jute. Gewöhnlicher Hanf wird selten zu Textilien gewoben, da er rauh und steif und nicht genügend biegsam ist. Er ist von dunkelbrauner Farbe und kann nicht genügend gebleicht werden, ohne daß die Qualität Schaden leidet.

20. Kubahanf. Der im Handel anzutreffende Kubahanf ist die Faser von *Fourcroya cubensis*, einer Pflanze, im tropischen Amerika heimisch, mit langen Blättern, von welchen die Faser gewonnen wird. Letztere ist von guter Qualität und ähnlich dem Sisalhanf. Eine andere Spezies, die *F. gigantea*, liefert ebenfalls eine gute Faser, welche ganz dem Sisalhanf gleicht und ohne Zweifel oft für diese in den Handel kommt. Ihre Heimat ist ebenfalls das tropische Amerika; bei den Eingeborenen wird die Faser Figue genannt und wird hauptsächlich zu Säcken, Pferddecke usw. verarbeitet. In Venezuela heißt die Faser Cocuiza.

21. Sonnenhanf ist die Bastfaser von *Crotalaria juncea*, bekannt unter dem Namen Conkanee Indian, Brown- und Madrashanf. Dieser gedeiht reichlich in den Ländern vom südlichen Asien und findet ausgedehnte Verwendung in Seilereien. Es scheint, daß er eine der erstbenutzten Fasern gewesen ist, da er schon im Sanskrit erwähnt wird. Er war bekannt im „Manu-Institut“ unter dem Namen Sana¹ und war wahrscheinlich den Chinesen schon in frühester Zeit bekannt. Die Faser gewinnt man von der Pflanze durch eine Rotte, ähnlich derjenigen beim Flachs. Echt indianischer Hanf ist die Bastfaser von *Apocynum cannabinum*. Die Faser ist leicht zimtbraun, lang und zähe. Sie wurde unter anderem auch von den nordamerikanischen Indianern verwendet, welche daraus Taschen, Matten, Gürtel und Taue verfertigten. Spon bezeichnet indianischen Hanf mit dem Namen Coloradohanf; dieser Name gehört aber tatsächlich der Faser von *Sesbania macrocarpa*. Zu derselben Familie (*Papilionaceae*) wie Sonnenhanf gehören zwei andere Pflanzen, welche wert-



Abb. 304. Sonnenhanf (*Crotalaria juncea*). (Nach: Bull. U.S. Dept. Agric.)

¹ Der Ausdruck Sana wird von einigen Autoren dem Sonnenhanf zugesprochen. Dr. Watt hingegen ist der Meinung, er bezeichne eine Gruppe von Fasern: Sunn, Sanpat oder *Hibiscus cannabinus* und gewöhnlichen Hanf, *Cannabis sativa*. Dodge hingegen teilt den Ausdruck „Sana“ nur dem Sonnenhanf zu.

volle Fasern für die Papierbereitung liefern, nämlich der spanische Ginster (*Spartium junceum*) und der deutsche Ginster (*Spartium scoparium*). Eine andere Faser, aus Indien stammend, die dem Sonnenhanf gleicht, ist die Teufelsbaumwolle (*Abroma augusta*). Die Pflanze liefert drei Ernten im Jahr und ist leichter zu kultivieren als Jute oder Sonnenhanf. Die Faser kommt vom Bast der Zweige und ist

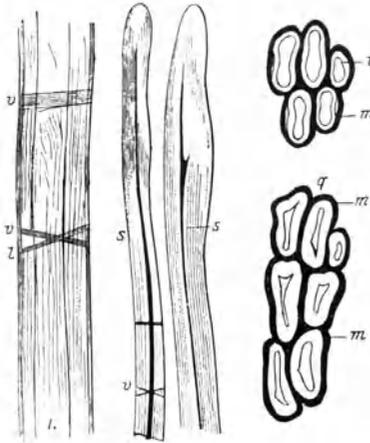


Abb. 305. Sonnenhanf. (Höhnel.)

sehr stark, weiß und rein und sehr geschätzt, findet aber nur lokale Verwendung. Watt stellt fest, daß sie als Ersatz für Seide verwendet werden kann, da sie hohen Glanz aufweist. Nach Royle trägt eine Schnur aus dieser Faser ein Gewicht von 74 Pfund, während eine gleich dimensionierte Schnur aus Sonnenhanf bei 68 Pfund bricht. Die Faser wird hauptsächlich an Ort verarbeitet zu Seilereien.

Die Faser vom Sonnenhanf ist von besserer Qualität als Jutefaser, heller in Farbe, von besserer Dehnstärke und wetterfester. Die folgende Tabelle aus Royle's Werk (*Die Faserpflanzen von Indien*) vergleicht die Festigkeit der verschiedenen Tauwerkfasern. Die Versuche wurden ausgeführt mit Schnüren von derselben Dicke und 1,2 m Länge, trocken und naß.

1. Vergleiche der Festigkeit, trocken und naß.

Faser	Trocken kg	Naß kg
Kalkuttahanf	72	86
Sonnenhanf, frisch gerottet	51	72
„ gerottet, nach dem Trocknen	27	35
Jute, <i>Corchorus capsularis</i>	65	66
„ <i>C. olitorius</i>	51	56
„ <i>C. strictus</i>	47	52
Gambohanf, <i>Hibiscus cannabinus</i>	52	60
Rossellehanf, „ <i>sabdariffa</i>	41	53
<i>Hibiscus abelmoschus</i>	49	49
Ramie <i>Boehmeria tenacissima</i>	110	126

2. Vergleiche der Festigkeit von Tauwerk nach 116 Tagen im Wasser liegend gehalten.

Faser	Präparierte Täu			In Wasser getaucht Natur
	Natur	Gegerbt	Geteert	
Hanf, englisch	47	—	—	Rottet
„ Kalkutta	34	63	20	„
Kokos	39	—	—	24
Sonnenhanf	31	31	27	Rottet
Jute	31	31	28	18
Leinen, Kalkutta	17	—	—	Rottet
<i>Agave americana</i>	50	36	35	„
<i>Sansevieria zeylonica</i>	54	33	22	13

Dr. Wright gibt folgende Tabelle über die Festigkeit verschiedener Seilereifasern

Sonnenhanf	407 lbs.	Hanf	290 lbs.
Baumwollschnüre	346 „	Kokos	224 „

Nach Roxburgh zeigen ähnliche Muster von Jute und Sonnenhanf folgende Vergleichsdehnstärke:

	Trocken	Naß
Jute	143	146
Sonnenhanf	160	209

Im Aussehen ist Sonnenhanf dem Hanf sehr ähnlich, sowohl von bloßem Auge als auch unter dem Mikroskop. Die Rohfaser ist grob, flach und dunkelgrau; die gereinigte Faser ist gelblichgrau, glänzend und von feiner Struktur. Der hauptsächlichste Unterschied zwischen Sonnenhanf und Hanf zeigt sich im Querschnitt des ersteren (Abb. 305), welcher eine sehr dicke Ligninschicht zwischen den einzelnen Zellen zeigt. Das Lumen im Querschnitt ist ebenfalls ziemlich dick und enthält oft eine gelbliche Masse; es unterscheidet sich dadurch der Sonnenhanf vom Hanf, dessen Lumen flach, eng und fast leer ist. Die Bastzellen von Sonnenhanf sind 13—15 Mikrons stark, der Länge nach teilweise gestreift, und zeigen ebenfalls Verschiebungen und Querzeichnung. Die Enden sind verdickt und entweder stumpf oder verengt mit warzigen Unregelmäßigkeiten. Jod und Schwefelsäure bewirken eine eigentümliche Anschwellung der Faser; die äußere gelbe Lage wird in eine gelbe Masse verwandelt, über welche die blaue, halbflüssige Masse der Zellulose fließt, die innere grünlichgelbe Röhre zurücklassend. Mit Jod und Schwefelsäure färbt sich Sonnenhanf grünlich bis blau, mit Chlorzinkjod stumpf blau. Dies spricht dafür, daß die Faser, abgesehen von ganz wenig Ligninflecht, nur aus Zellulose besteht.

Eine andere Art von *Crotalaria* (Faserpflanze) ist die *Crotalaria tenuifolia*, welche vom Jubbulporehanf gewonnen wird. Diese Faser soll den russischen Hanf (*Cannabis sativa*) in Qualität übertreffen. Seine Festigkeit ist 95 lbs. gegen 80 lbs. des russischen Hanfes. Die Faser ist 4—5 Fuß lang und gleicht dem besten Petrograder Hanf. Die Faser *Crotalaria retusa* findet sich in Indien unter dem Namen Sonnenhanf; *Crotalaria sericea* und *Crotalaria striata* sind zwei andere Arten, welche ebenfalls verwendbare Fasern liefern.

Müller gibt die folgende Analyse vom rohen Sonnenhanf:

Asche	0,61%	Fett und Wachs	0,55%
Wasser (hygroskopisch)	9,60 „	Zellulose	80,01 „
Wasserlösliches	2,82 „	Pektinkörper	6,41 „

Nach Wiesner enthält Sonnenhanf einen geringeren Prozentsatz an Feuchtigkeit als alle andern Pflanzenfasern. Er gibt die Menge für luftgetrocknete Faser mit 5,34% an und nach Aussetzung in eine mit Dampf gesättigte Atmosphäre mit 10,87%. Es ist aber wahrscheinlich, daß die Faser vom Sonnenhanf, nachdem sie einige Zeit aufgestapelt ist, einen höheren Feuchtigkeitsgehalt annimmt.

22. Ambari- oder Gambohanf. Dies ist eine ostindische Faser, welche vom Bast von *Hibiscus cannabinus* gewonnen wird. Wenn sie sorgfältig aufbereitet wird, erreicht sie die Länge von 5—6 Fuß; sie ist von hellerer Farbe als Hanf und etwas gröber. Ihre Festigkeit ist etwas geringer als die des Sonnenhanfs. Wie letzterer findet auch diese Faser hauptsächlich Verwendung für Tauwerke (Seilerei), wird aber in Indien auch zur Fabrikation eines rauhen Kanevas verwendet. In seinen mikroskopischen Eigenarten ist Ambarihanf der Jute sehr ähnlich. Die Länge der Faserelemente variiert von 2—6 mm und der Durchmesser von 14 bis 33 Mikrons. Die Ligninschicht zwischen den Zellen ist breit und dunkler gefärbt als das Innere der Zellwand, wenn mit Jod und Schwefelsäure behandelt wird. Das Lumen zeigt das gleiche Aussehen wie bei

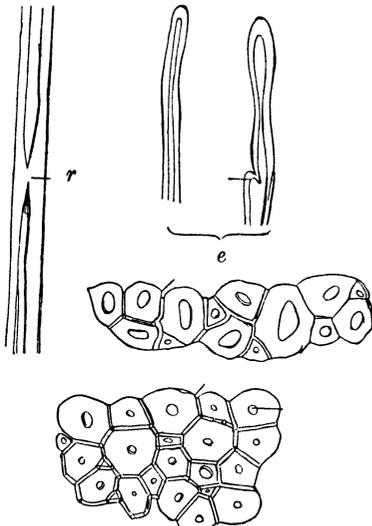


Abb. 306. Gambohanf. *e* Enden mit großem Lumen; *r* Lumenunterbrechungen. (Höhnel.)

Jute (Abb. 306), manchmal ist es so stark zusammengezogen, daß es an einigen Stellen nicht mehr zu erkennen ist. Die Enden der Faser sind sehr stumpf und dickwandig. Die Faser ist weiß, weich und seidig; sie soll auch dauerhafter sein als Jute in der Fabrikation von rauhen Textilien. Der Autor dagegen ist der Meinung, daß diese Produkte etwas überschätzt sind, da sie nicht so weich und weiß sind, wie man nach dieser Beschreibung erwarten könnte. Nach Dodge ist die Faser vom Ambarihanf, verglichen mit derjenigen von gewöhnlichem Hanf, bleicher und gröber; die einzelnen Fasern halten enger zusammen, können aber auch in Fäserchen geteilt werden, welche noch bemerkenswerte Stärke aufweisen. Nach Watt werden die Fasern von Ambarihanf von den Eingeborenen in Indien häufig zur Herstellung von Tauen, Schnüren und Säcken verwendet, die dann hauptsächlich in den Ackerbaudistrikten Verwendung finden. Die Länge der Einzelfaser variiert zwischen 5 bis 10 Fuß; sie ist etwas steif und brüchig, dient aber trotzdem als Ersatz für Hanf und Jute, ist aber minderwertiger als die beiden. Die Bruchfestigkeit wurde verschiedentlich geschätzt zu 115—190 lbs. Die Faser ist hellglänzend, aber rau und grob. Fasermuster, 2 Stunden unter Dampf bei 2 Atm. gesetzt, dann in Wasser gekocht (3 Stunden) und wieder unter Dampf gesetzt während 4 Stunden, verlieren nur 3,63% an Gewicht, gegenüber Flachs mit 3,5%, Manilahanf mit 6,07%, Hanf mit 6,18—8,44% und Jute mit 21,39% Gewichtsverlust.

Eine andere Art von *Hibiscus*, welche hie und da als Textilmaterial benutzt wird, ist die *Hibiscus esculentus* oder gewöhnlich Okra. In den südlichen Staaten der U.S.A. genoß der Bast dieser Pflanze seinerzeit große Aufmerksamkeit als Ersatz für Jute in der Fabrikation von Baum-

wollpackungen. Die Faser soll so weiß sein wie Neuseelandflachs, viel heller als Jute, aber brüchiger und nicht so stark. Die Faserelemente dagegen sind weich, glänzend und sehr regelmäßig, sie werden in Indien zur Fabrikation von Zwirn und Schnüren und als Ersatz für Jute verwendet. Nach den Versuchen von Dr. Roxburgh gibt die Faser von indischer Okra, verglichen mit Hanf und Jute, folgende Zahlen für die Reißfestigkeit:

	Reißfestigkeit lbs.	
	Trocken	Naß
Indische Okra	79	95
Jute	113	125
Hanf (Bengal)	158	190
Hibiscus cannabinus	115	133
H. sabdariffa	95	117
H. strictus	104	115
H. furcatus	89	92

Die Bastfaser von *Hibiscus tiliaceus* (The majagua) ist dadurch interessant (nach Experimenten von Dr. Roxburgh), daß sie im Wasser während dieser Versuchszeit nicht rottete¹.

23. Neuseelandflachs oder -hanf differiert etwas von den vorhergehenden Fasern, da er nicht vom Bast, sondern von Blättern der Flachslilie, *Phormium tenax*, gewonnen wird; botanisch bekannt als Sklerenchymfaser. Abgesehen von ihrer verschiedenen Herkunft ist die Faser in der Gesamtstruktur den gewöhnlichen Bastfasern sehr ähnlich. Die Heimat von *Phormium tenax* ist Neuseeland, doch findet man sie auch in andern Teilen Australiens, auf den Norfolk-Inseln usw. Sie wurde auch in einigen europäischen Ländern eingeführt und in Kalifornien in ziemlicher Menge kultiviert².

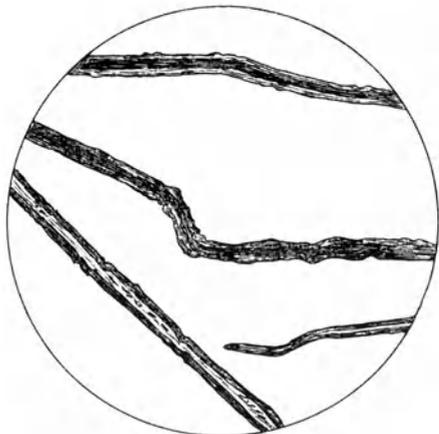


Abb. 307. Neuseelandflachs.

¹ Ihr Befund war folgender: Eine Schnur aus dieser Faser, weiß, hat eine Festigkeit von 41 lbs., gegerbt 62 lbs., geteert 61 lbs. Eine gleiche Schnur, 116 Tage in Wasser eingeweicht, brach, wenn weiß, bei 40 lbs., wenn gegerbt bei 55 lbs. und wenn geteert bei 70 lbs. Englischer Hanf und indischer Hanf, auf dieselbe Art behandelt, waren gerottet; Sonnenhanf brach mit 65 lbs. und Jute mit 60 lbs.

² Neuseelandflachs wurde während Kapitän Cooks erster Reise 1771 entdeckt. Eingeführt im Süden von Irland wächst er dort üppig. In Europa wird er kultiviert zur Teppichgärtnerei. Er wurde auch auf den Azoren und in Kalifornien eingeführt; beide Länder erzielten eine gewisse Quantität der Faser. Der Name *Phormium* stammt aus dem Griechischen und bedeutet Körbchen; die Neusee-

Die Faser von Neuseelandflachs ist schön weiß, weich und biegsam und von hohem Glanz. Ihre Dehnstärke übertrifft Flachs und Hanf, wie folgende Vergleiche zeigen (Royle):

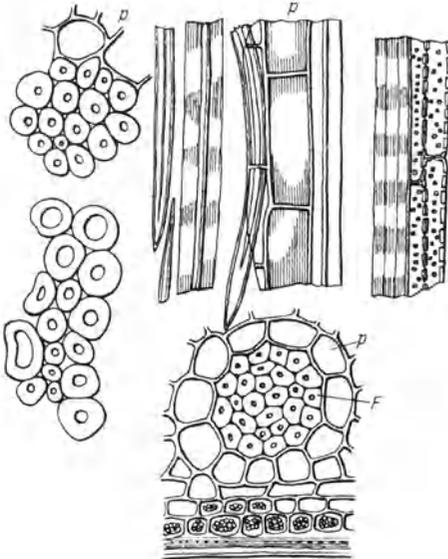


Abb. 308. Neuseelandflachs. F Faserbündel; p Parenchymzellen.

Neuseelandflachs	23,70 lbs.
Flachs	11,75 „
Hanf	16,75 „

Royle gibt auch folgende Zahlen für die Bruchstärke ähnlicher Schnüre aus verschiedenen Fasern:

Kokos	102 kg
Gambohanf	133 „
Sansevieria zeylanica	144 „
Baumwolle	157 „
Pita	164 „
Sonnenhanf	185 „

Die Faser von Neuseelandflachs ist 40—60 inches lang, fast weiß, fein und sehr weich für eine Blattfaser. Sie findet Verwendung als Ersatz für Sisalhanf zu Bindezwirnen, Packschnüren und mittlere Grade

Seilereien; sie wird hauptsächlich mit Manila- oder Sisalhanf vermischt verwendet. Bei sorgfältiger Behandlung kann eine feine, weiche Qualität, wie bessere Grade Flachs, erhalten werden und, auf die Weise aufbereitet, können dem Lein ähnliche Stoffe daraus gewonnen werden. Die Blätter der *Phormium tenax* werden über 5 Fuß lang¹.

länder verfertigen aus den Blättern Körbe. Nebenbei wird die Faser entweder allein oder auch zusammen mit Flachs gesponnen und gewoben. Ihre Hauptverwendung aber findet sie in der Seilerei. Trotz hoher Dehnstärke, nur von Manilahanf übertroffen in dieser Beziehung, widersteht sie abwechselndem Nassen und Trocknen nicht und eignet sich daher nicht für Schiffstau; sie bildet aber ein vorzügliches Material für Bindzwirnen für Mähmaschinen (Getreide).

¹ Die Blätter sind schwertförmig, 5—8 Fuß lang und 6—8 inches breit. Die Faser ist durch das ganze Blatt verteilt, um ihm Halt zu geben. Die Oberfläche der Blätter ist glanzhell, kieselsäurehaltig und sehr hart; die andern Teile sind ebenfalls hart und schwer zu entfernen. Die Blätter werden mit der Sichel geschnitten, ungefähr 6 inches von der Krone der Pflanze, und in Bündel zu ca. 90 lbs. gebunden. Werden sie näher als 6 inches von der Wurzel abgeschnitten, so wirken die Gummisubstanzen und die stark rote Farbe schädigend auf die Faser und es ist mit den heute bekannten Verfahren schwierig, Gummi und Farbe auszuscheiden. Die abgeschnittenen Blätter werden in der Faktorei im Hofe aufgestapelt, sortiert und zum Abschälen vorbereitet. Beim Sortieren werden die Blätter in verschiedene Qualitäten gesondert, wie auch den verschiedenen Längen nach, so daß nach dem Strippen die einzelnen Bündel von möglichst gleichmäßiger Qualität und Länge sind. Die Blätter wiegen im Durchschnitt etwa 17 Unzen. Beim Abschälen werden einige Bündel auf den Tisch oder die Werkbank placiert, rechts neben dem Arbeiter, welcher dann jeweils 2—3 Blätter in die Maschine schiebt. Nach dem Ausschälen wird die Faser gewaschen und fast trocken zum Bleichen und Trocknen im Feld ausgebreitet, damit die Farbe durch die Witterungseinflüsse heller wird.

Durch Aufkratzen der Blätter wird diese Faser separiert und dann gekämmt. Die Faser ist sehr elastisch, läßt sich aber mit dem Fingernagel leicht durchdrücken (Dodge). Es ist kein Rottprozeß notwendig wie bei den Bastfasern. Die Art der Aufbereitung dagegen ist bis jetzt sehr ungenügend und könnte noch erheblich verbessert werden. Die Fasermenge, welche bei der jetzigen Methode erzielt wird, beträgt 10—14 % vom Gewicht der Blätter, trotzdem letztere bis 20% Fasern enthalten. Unter dem Mikroskop zeigt die Faser vom Neuseelandflachs geringen Zusammenhang der Faserelemente. Diese sind 5—15 mm lang und messen 10—20 Mikrons im Durchmesser. Das Verhältnis von Länge zu Breite ist etwas 550 : 1. Sie sind sehr regelmäßig und gleichmäßig dick; ihre Oberfläche ist glatt, doch zeigen sich gelegentlich wellenförmige Unregelmäßigkeiten in der Zellwand (Abb. 307). Das Lumen ist gut ausgeprägt,

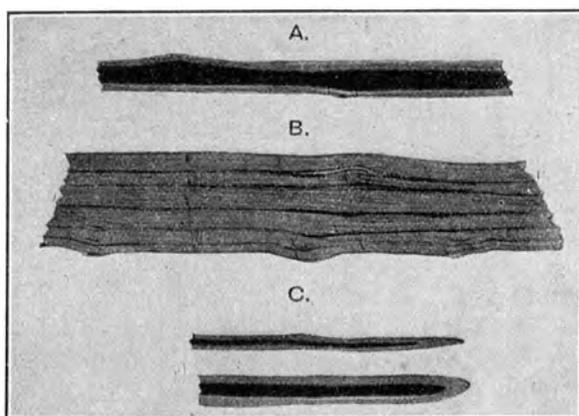


Abb. 309. Marinefaser. A Einzelne Faser. B Bündel. C Faserende.

aber gewöhnlich enger als die Zellwand und sehr gleichmäßig. Die Enden sind scharf gespitzt und nicht geteilt. Der Querschnitt zeigt lose zusammenhängende Elemente und ist ziemlich rund. Das leere Lumen ist rund oder oval (Abb. 308). Fragmente von Parenchym und Epidermis werden oft in der Faser bemerkt. Zwischen den Elementen ist keine Ligninschicht enthalten, doch sind die Fasern selbst vollständig lignifiziert. Mit Jod und Schwefelsäure färben sie sich intensiv gelb, mit Anilinsulfat schwach gelb, mit Jod und Chlorzink braun und mit ammoniakalischem Fuchsin ebenfalls rot. Mit Schweitzers Reagens teilen sich die Fasern schnell in ihre Elemente, werden aber nicht aufgelöst.

In der darauffolgenden Behandlung werden die überflüssigen, pflanzlichen Reste entfernt durch Schwingen (wie beim Flachs), wobei diese Körper und die rauhen Enden abgeschlagen werden. Die kurzen Fasern und der Staub fallen nach hinten in die Trommel. Nach kräftigem Schütteln, von Staub und Abfall befreit, bilden diese kurzen Fasern das bekannte Neuseelandwerg, welches gute Preise erzielt, da es viele feine Fasern enthält. Am vorteilhaftesten ist natürlich eine Schwingmaschine, welche möglichst wenig Werg und dafür mehr Ausbeute an langen Fasern liefert.

Die gereinigte Faser vom Neuseelandflachs ist ziemlich schwer mikroskopisch zu erkennen neben Aloehanf oder neben Sansevieriafaser. Die Faser enthält gewöhnlich noch eine Substanz aus dem Saft der Blätter, welche die Eigenschaft besitzt, mit konzentrierter Salpetersäure die Faser stark rot zu färben. Die Analyse der Faser gibt folgende Resultate (Church):

Asche	0,63 %	Fett	1,08 %
Wasser	11,61 „	Pektinkörper	1,69 „
Gummi	21,99 „	Zellulose	63,00 „

Neuseelandflachs dient hauptsächlich zur Herstellung von Seilereien, Zwirnen, Bodenteppichen; die beste Qualität Faser kann auch gewoben werden zu einem Tuch, welches dem Leinwandsegeltuch gleicht. Die Faser wurde in U.S.A. zur Fabrikation von Gipsplatten verwendet und zu diesem Zwecke mit Mörtel und Gips vermischt¹.

Der Hauptnachteil der Faser vom Neuseelandflachs ist die geringe Widerstandskraft gegen Wasser.

24. Marinefaser. Diese ist ein neues Produkt, welches durch Ausbaggern aus dem seichten Wasser eines Golfes in Südaustralien gewonnen wird. Chemisch ist sie Hydrolignozellulose und zeigt die typischen Reaktionen auf Lignin. Mikroskopisch ist sie dem Neuseelandflachs sehr ähnlich. Daraus ist zu schließen, daß die Faser nicht maritimen Ursprungs ist, sondern entstanden ist durch natürliche Rotte einer Landpflanze, die überschwemmt wurde. Zufolge ihres Ligningehaltes färbt sie sich direkt mit basischen Farben und einigen Säurefarben an, zeigt aber wenig Affinität für substantive Farben. Die Faser ist brüchig und hat nur geringe Stärke. Die Marinefaser hat ihren Ursprung in den Blättern und Stengeln der *Posidonia australis*. Sie ist eine vom Meer überschwemmte Blumenpflanze. Die enormen Lager von Fasern, welche entdeckt wurden, scheinen dadurch entstanden zu sein, daß die abgefallenen Stengel und Blätter durch wandernden Sand, welcher sie zugleich vor Verwesung schützte, dorthin gekommen sind. Die Faser-masse ist fahlbraun, etwas heller als Kokosnußfaser. Die Ausbeute wird auf zirka 4500 000 Tonnen Fasermaterial geschätzt. In der Struktur besteht das Marinefasergewirre aus einem Komplex von Strähnen, zerteilbar in einzelne Fäserchen von 1 mm Länge. Die einzelnen Fäserchen sind verhältnismäßig rau und kurz, konisch auslaufend, mit gelegentlichen Anschwellungen. Sie sind roh, haben wenig Bindefähigkeit, wenig Glanz und rauhen Griff. Die Festigkeit ist etwas geringer als bei Jute, jedoch infolge der vielen Risse ist die Stärke viel geringer, als sie für die ideale Faser berechnet wird. Die Elastizität unter stetem Längszug ist sehr hoch, die Biegsamkeit jedoch ist sehr gering. In chemischer Hinsicht scheint Marinefaser aus Lignozellulose zu bestehen, im Charakter ungefähr zwischen Jute und Holzfaser zu stehen. Der Phlorogluzintiter ist außerordentlich hoch und die Farbenreaktionen sind im allgemeinen

¹ Dieses Material wird in größerem Umfange beim Baue von temporären Ausstellungsgebäuden verwendet. Ausführungen auf der Kolumbiaausstellung in Chicago und bei den Ausstellungen in Buffalo, St. Louis und San Francisco.

diejenigen der Lignozellulose, noch ausgesprochener als bei Jute. Die Faser hat eine bemerkenswerte Widerstandsfähigkeit gegen verdünnte Alkalien, Zinkchloridlösung und gegen Schweitzers Reagens. Sie ist leicht zu chlorieren und hat ungewöhnliche Aufnahmefähigkeit für Farben. Die Faser ergibt 55% Zellulose beim Chlor-Sulfitabbauprozess. Die Eigenschaften der Faser, wie sie nach Studien von Read und Smith beschrieben sind, sprechen nicht für ein gutes Textilmaterial. Während ihre Biegsamkeit und Festigkeit geringer sind als bei Jute, ist sie andererseits der Jute überlegen gegenüber chemischen und bakteriologischen Einflüssen. Sie wird in großem Umfange verwendet als Isoliermaterial für Heizungen. Mikroskopisch betrachtet, besteht Marinefaser aus Faserbündeln, fest zusammenzementiert in Form von gestreiften Bändern. Die einzelnen Fasern, durch Chromsäure isoliert, zeigen ein breites, regelmäßiges Lumen und fingerförmige Enden. Chemisch ist die Faser eine hydratisierte Lignozellulose und ergibt die typischen Reaktionen für Lignin. Mit Anilinsalz wird sie schön gelb; mit Phlorogluzin und Salzsäure färbt sie sich karmesinrot, mit Ferri-Ferrosulfid dunkelblau und durch Betupfen mit Chlorwasser und Natriumsulfidlösung wird sie rot. Mit starker Salpetersäure färbt sie sich rötlichbraun, eine Reaktion, die an Neuseelandflachs erinnert. Die Faser, wie sie in den Handel kommt, enthält eine beträchtliche Menge löslicher Chloride (etwa 4%), welche zweifellos vom Seewasser stammen. Diese, verbunden mit dem großen Aschegehalt, machen das Material fast unentzündbar. Die färberischen Eigenschaften sind hervorragend. Sie nimmt sehr leicht basische Farben auf ohne Beize, ähnlich der Jute. Mit Säurefarben der Triphenylmethanreihe, mit Patentblau und Alkali-blau, färbt sie sich ebenfalls gut, doch nicht so leicht wie Wolle. Für die gewöhnlichen Säurefarben dagegen zeigt sie keine Aufnahmefähigkeit. Marinefaser wird in Deutschland unter dem Namen Posidonia verarbeitet zu Garnen und Fabrikaten durch die Deutsche Faserstoff-Gesellschaft. Der Stapel dieser Faser gleicht demjenigen einer Mittelqualität Wolle und wird gesponnen wie geringerstapelige Wolle. Das Tuch, welches aus reiner Posidonia gewoben ist, kann kaum gefalzt werden. Deutsche Stoffabriken haben Posidonia mit Wolle gemischt und Tuch von guter Qualität erzielt. Die Faser soll sich auch sehr gut in der Teppichindustrie verwenden lassen. Das Rohmaterial konnte vor dem Kriege zum halben Preis, wie Wollabfälle, gekauft werden; nach dem Kriege wurde in Deutschland keine Posidonia mehr eingeführt (1924!).

25. Manilahanf ist die Faser aus den Blattstengeln der *Musa textilis*, einer Bananenart, deren Heimat die Philippinen sind. Von Manila aus wird fast ausschließlich der Markt mit der genannten Pflanzenfaser gedeckt. Auf den Inseln wird mit dem Namen „Abaka“ sowohl Pflanze als auch Faser bezeichnet. Als Hanf bezeichnet man streng genommen die Faser an den inneren Borken der *Cannabis sativa*; Manilahanf ist aber die Faser aus den Blattstengeln der *Musa textilis*, also kein eigentlicher Hanf.

Zur Aufbereitung der Faser werden die Pflanzen geschnitten, die Blätter abgestreift und der Länge nach in Streifen gespalten und an der noch grünen Pflanze das Blattfleisch bis auf die Fasern entfernt.

Nach dem Trocknen wird die Faser geklopft und dann sortiert in drei Grade: 1. Bandala, die rauheste und stärkste Faser, von den äußeren Teilen des Stengels; 2. Lupis, aus der mittleren Lage, und 3. Tupoz, die feinste und schwächste Faser, von den innersten Teilen des Stengels¹.

Die Abakapflanze erreicht die Höhe von 8—20 Fuß. Der Stamm besteht hauptsächlich aus ineinandergeschachtelten Blatttrippen. Wenn die Blütenknospen erscheinen, wird die Pflanze nahe der Erde abgeschnitten. Die Blattstengel, 5—12 Fuß lang, werden abgestreift in Bänder von 1 inch Dicke, der Länge nach abgetrennt und diese wieder in Streifen gespließt von 1—2 inches Breite. Wenn sie noch frisch und grün sind, werden sie von Hand unter ein Messer, das von einer Feder gehalten wird, gegen ein Stück Holz gehalten, dadurch wird der Brei weggekratzt und die Faser erscheint weiß und sauber. Nach dem Trocknen an der Sonne wird die Faser in Bündel gebunden und kommt in die Hauptstädte oder nach Manila, um dort für den Export verpackt zu werden. Die Neu-

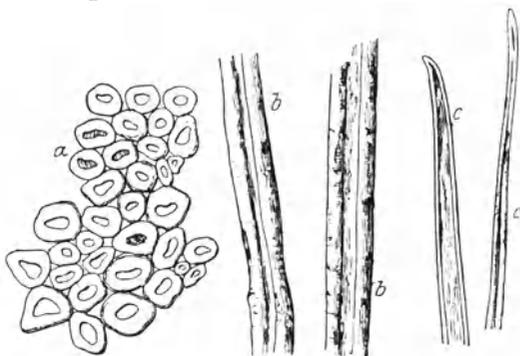


Abb. 310. Manilahanf. (Cross & Bevan.)

Die ausgewachsene Pflanze besteht aus einem Büschel von 10—30 Stengeln, die alle aus einer Wurzel wachsen. Wenn die große, violette Blume abfällt, sind die Stengel für die Ernte reif. Geschnitten wird von Hand mit einem scharfen Messer. Die Ausgiebigkeit variiert beträchtlich; 1000 lbs. pro acre Faser wird als gute Ernte betrachtet. Eine einzelne Pflanze liefert ungefähr 1 lb. Faser. Die Faser ist weiß und glänzend, leicht und steif im Griff und kann leicht separiert werden. Sie ist auch sehr stark und von großer Dauerhaftigkeit. Nach Carter wird die Faser folgendermaßen von der Pflanze separiert: die Einheimischen machen zuerst einen leichten Schnitt direkt unter der Faser an dem Ende, und mit einem scharfen Riß werden Streifen von der Außenhaut, welche die Faser enthält, weggerissen. Wenn auf diese Weise eine genügende Anzahl solcher Bänder beisammen sind, kommen sie in die Messermaschine. Das ist ein

¹ Lupis und Tupoz dienen zur Herstellung feiner einheimischer Fabrikate, während Bandala zur Herstellung rauherer Fabrikate, unter dem Namen Guimara bekannt, speziell für Seilereien verwendet wird (siehe Semler: Trop. Agric. Bd. 3, S. 712; auch Schanz 1: Die Kultur des Manilahanfes auf den Philippinen; Tropenpflanzen 1904, S. 116).

sehr primitives Instrument, bestehend aus einer rauhen Holzbank mit langem Messerblatt, an einem Ende an einer Angel befestigt, am andern Ende an einer Fußtretvorrichtung. Das eine Ende des Faserbandes wird, um ihm den nötigen Halt zu geben, um ein kleines Stück Holz gewunden, und nun kann der Arbeiter das Messer heben und senken, damit aller Brei, alle Schwachfasern und die Markmassen abgekratzt werden. Die Streifen müssen mehrere Male zwischen Messer und Bank durchgezogen werden, bis die Faser ganz rein ist. Das nicht abgekratzte Ende, welches der Arbeiter in Händen hält, wird nachher von Knaben abgekratzt. Die Faser wird

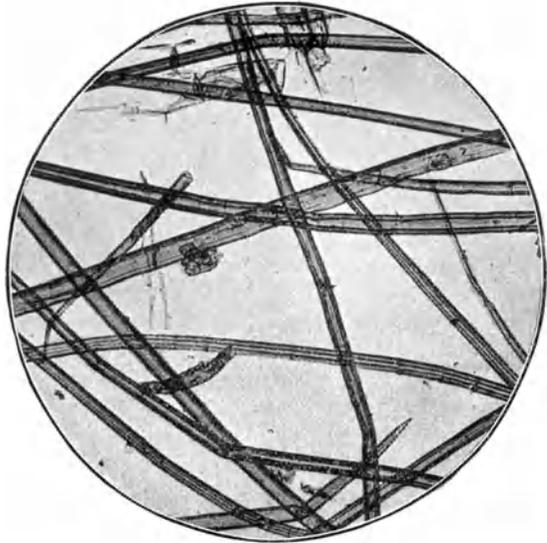


Abb. 311. Manilahanf. (Herzog.)

dann gewaschen, an der Sonne getrocknet und verpackt. Ein Mann kann täglich 50 lbs. Faser reinigen. Die gröbere Faser von Manilahanf kommt für Seilerei, Tauwerke usw. in Verwendung und eignet sich hierfür infolge ihrer großen Festigkeit vorzüglich. Die hellfarbigen Fasern werden gehechelt und zu Garn gesponnen, aus welchem rauhere Gewebe verfertigt werden, wie z. B. Matten und Marktaschen usw. Aus den feineren Fasern werden hier und da rauhere Möbelstoffe gewoben. Eine beträchtliche Quantität Manilahanf kommt jetzt nach Japan, wo er zu Tagalhutflechten verarbeitet wird, um dann nach den U.S.A.

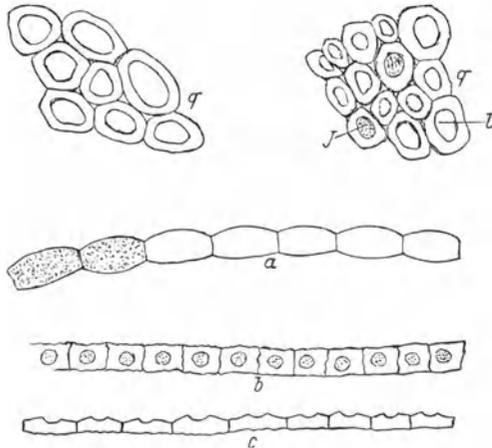


Abb. 312. Manilahanf. a Kieselsäureskelett; b, c Stigmenreihe. (Höbnel.)

exportiert zu werden, wo man daraus Damenhüte verfertigt. Der beste Grad Manilafaser ist hell lederfarbig, glänzend und sehr stark. Die feinen Strähnen sind 6—12 Fuß lang. Geringere Grade sind rauher und dunkler in Farbe. Einige von ihnen sind gelb oder fast dunkel-

braun und weniger stark. Nur die besten Grade werden als befriedigendes Material betrachtet, um daraus Kabeltaue, Schiffskabel und andere Marineseilereien zu erstellen, welche dem Salzwasser ausgesetzt sind, ebenso auch Aufzugs- und Transmissionsseile, wo große Stärke und Biegsamkeit erforderlich sind. Der beste Bindfaden wird aus Manilahanf gemacht; wegen seiner Festigkeit kann er bis zu 650 Fuß auf das Pfund, im Vergleich mit Sisal mit 500 Fuß, belastet werden. Das Gradieren von Abaka, wie es das philippinische Gesetz vorschreibt, basiert auf der Beurteilung von Farbe, Dehnstärke und Reinheit. Es sind vier Klassen: excellent, good, fair und coarse; jeder dieser Grade ist wieder nach total 21 Graden genau beschrieben. Die relative Stärke eines Taus aus englischem Hanf, verglichen mit einem solchen aus Manilahanf, ist etwa 10 zu 12. Die feineren Fasern, welche ausgewählt und sorgfältig aufbereitet werden müssen, werden zu feinem Musselin gewoben, der in Manila¹ gute Preise erzielt. Unter dem Mikroskop zeigt Manilahanf Faserelemente von 3—12 mm Länge und 16—32 Mikrons Breite; das Verhältnis von Länge zu Durchmesser ist ungefähr 250:1. Die Faserbündel sind sehr groß, jedoch bei Behand-

¹ Der Import von Manilahanf in die U.S.A. während 1903 war mehr als 500000 Ballen von je 270 lbs. Folgende Tabelle zeigt den Import an Manilahanf nach U.S.A. von 1909—1911:

Jahr	Direkt von den Philippinen Ballen	Via Europa Ballen	Total Ballen
1909	775 643	10 563	786 206
1910	594 724	2 736	597 460
1911	554 912	986	555 898

8 Ballen werden eine Tonne gerechnet.

Die folgende Tabelle zeigt den Export von Manilahanf aus den Philippinen seit 1899:

Jahr	Gewicht Länge-Tonnen	Wert in Millionen	Durchschnittspreise
1899	70 152	8	\$ 113,99
1900	90 869	13	146,81
1901	126 245	16	126,55
1902	113 284	19	170,29
1903	139 956	22	157,19
1904	123 583	22	169,48
1905	130 437	22	166,80
1906	104 078	20	188,44
1907	117 241	20	167,94
1908	131 382	17	125,61
1909	167 953	17	100,60
1910	163 173	16	100,97
1911	148 202	14	97,74
1912	175 137	22	126,05
1913	119 821	22	176,27
1914	116 386	19	164,93
1915	142 010	21	150,27
1916	137 326	27	194,35
1917	169 435	47	276,26

lung mit Alkali sehr leicht zu separieren in glatte Fäserchen. Die Faser-elemente sind sehr gleichmäßig im Durchmesser, glänzend und sehr dünnwandig. Das Lumen ist breit und bestimmt sichtbar, jedoch zeigt die Faser kein Mark. Die Querschnitte sind unregelmäßig rund oder oval (Abb. 313). Die Faserbündel zeigen oft Serien von eigentümlichen dicken und stark kieselhaltigen Plättchen, die Stigmen. Der Länge nach scheinen sie viereckig und massiv und haben gezähnte Kanten und einen runden glänzenden Fleck in der Mitte.

Die Stigmen kann man am besten beobachten nach dem Eintauchen der Faserbündel in Chromsäurelösung. Sie sind etwa 30 Mikrons lang. Wenn man die Faser mit Salpetersäure behandelt, dann verascht und der so gewonnenen Asche verdünnte Säure beimischt, kommen die Stigmata in Form einer Perlenschnur, oft in langen Ketten mit wurstähnlichen Einkerbungen, sehr charakteristisch zum Vorschein (Abb. 312). Das Lumen enthält oft gelbliche Substanz; eine ausgesprochene Interzellularmasse ist nicht zu bemerken. Manilahanf ist eine lignifizierte Faser und färbt sich gelb mit Anilinsulfat; mit Jod und Schwefelsäure goldgelb bis grün; mit Natronlauge ergibt sich ein blasses Gelb und eine leichte Schwellung; ammoniakalisches Kupferoxyd verursacht blaue Färbung und bemerkenswerte Anschwellung. Manilahanf kann von Sisal unterschieden werden durch die Farbe der Asche. Manilahanf asche ist dunkelgrau, während Sisalhanf weiße Asche hinterläßt. Nach Müller ist die Zusammensetzung von Manilahanf folgende:

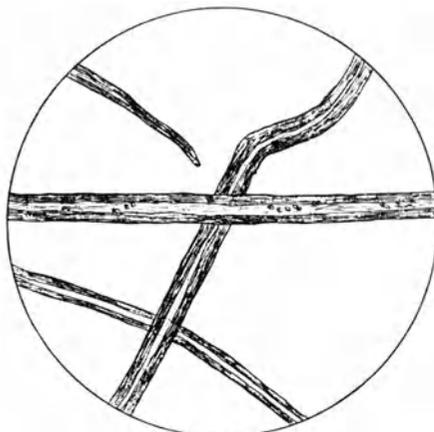


Abb. 313. Manilahanf.

Asche	1,02%	Fette und Wachse	0,63%
Wasser	11,85 „	Zellulose	64,72 „
Wasserlöslicher Teil	0,97 „	Rinde und Pektinmassen	21,83 „

Neben der *Musa textilis* werden auch die Fasern folgender Abarten nutzbar gemacht:

Musa paradisiaca, *M. sapientium* *M. mindanensis* in Indien und auf den Pazifik-Inseln; *M. cavendishi* in China; *M. ensete* in Afrika. Die *M. sapientium* ist die gewöhnliche Bananenpflanze. Nach Dr. Royle, welcher mit einigen indischen Varietäten von Strukturfasern Versuche anstellte, ist ihre Stärke sehr befriedigend. Seine Resultate sind folgende:

Ein Madrasspezies trug ein Gewicht von 190 lbs., während eine von Singapore 360 lbs. und Russischhanf 190 lbs. trug. Eine 12fädige Schnur aus Bananenfaser brach mit 864 lbs, während eine einfache Schnur aus Ananasfaser erst mit 924 lbs. brach. Manilahanf, verglichen

mit Englischhanf, ergab mit einer Schnur (Seil) von 3 $\frac{1}{2}$ inches Umfang und 2 Faden Länge folgendes Resultat:

Bananenfaser, trocken, brach bei 2330 lbs. nach dem Eintauchen in Wasser während 24 Stunden, nach 7 Tagen bei 2387 lbs. und nach 10 Tagen bei 2050 lbs. Manila- und Englischhanf, trocken, brachen bei 4669 und 3885 lbs.

Das Bureau für Ackerbau-Industrie in Washington gibt folgende Resultate von zahlreichen Versuchen über die Bruchstärke von Manilahanf verglichen mit andern starken Fasern. Die Versuche wurden auf einer Spezialmaschine, geeignet zur Prüfung einzelner Fasern, ausgeführt.

Gewicht und Bruchstärke von Starkfasern.

Faser	Gewicht	Bruch-	Bruch-
	per yard	stärke		länge
	g	per Strähne	yards
Abaka (Manilahanf) <i>Musa textilis</i> :			
Höchst	0,567	46,6	82,2
Niedrigst	0,962	31,0	32,2
Durchschnitt	0,772	34,8	45,0
Henequen (Yucatan sisal), <i>Agave fourcroya</i>	0,765	16,7	21,8
Sisal (Hawaii und Ostafrika), <i>Agave sisalana</i>	0,616	22,7	38,4
Cantala (Manila maguey), <i>Agave cantala</i>	0,429	9,6	22,3
Phormium (Neuseelandhanf), <i>Phormium tenax</i>	0,659	18,8	28,5
Zapupe Vincent (<i>Agave lespinassei</i>)	0,722	21,5	29,7
Cabuya (von Costa Rica), <i>Furcraea cabuya</i>	0,574	20,0	32,2

Beim Ausscheiden der guten Faser von der Abaka ergibt sich ziemlich viel Abfallfaser. Dieser Abfall wurde empfohlen zur Fabrikation von Manilapapier, welches in der Hauptsache aus alten Manilastricken gefertigt wird. Der erste diesbezügliche Versuch mit Abfall ging fehl, da derselbe relativ niedrigen Zellulosegehalt hatte und seine Qualität zu stark variierte. Spätere Versuche dagegen versprachen bessere Resultate, da nach der Commerce-Reports 1912 12 Großpapierfabriken in den östlichen U.S.A. und auf den Philippinen eine Korporation gründeten, den Gebrauch von Abaka und Nebenprodukten für die Papierindustrie zu fördern. Das Unternehmen blieb bei der Herstellung gewisser Papierklassen von spezieller Zähigkeit und Stärke. Die Festigkeit soll 100 lbs. pro inch betragen. Viele Jahre lang war große Nachfrage nach Abfallprodukten von Manilahanf und alten Seilen, um diese Art Papier zu fabrizieren, speziell in der Papiersäckefabrikation, für Zement, Mehl und ähnliche Waren. Die Organisation, die diese Industrie forcierte, opferte mehr als eine halbe Million Dollar für die Auffindung von Hilfsstoffen, doch hat man bis heute noch keinen Ersatz für diesen Hanf. Die Eigentümlichkeit von Manilahanf besteht darin, daß tatsächlich alles Faser ist, so fein der Hanf auch zerteilt wird, während Baumwollfaser z. B. nur eine dünne Röhre ist, Sisalfaser größtenteils nicht-faseriges Holz; ähnliche Beobachtungen machte man mit andern Produkten. Diese Resultate geben die Überzeugung, daß die Verwendung

der ganzen unzertheilten Faser die beste Ausnützung garantiert. Bei der jetzigen Methode geht $\frac{1}{3}$ der Pflanze beim Abstreifen verloren und ungefähr $\frac{1}{3}$ des Verbleibenden wird nicht benutzt, weil die Fasern zu klein und zu schwach sind für den Handel. Die heutigen Bestrebungen gehen dahin, die Manilahanf-pflanze mit speziell geeigneten Maschinen besser auszunützen¹.

XXIV. Geringwertige vegetabile Fasern und Papierfasern.

1. Sisalhanf. Dies sind die Blattfasern der *Agave rigida*, welche in Zentralamerika heimisch ist, aber auch in Florida und im westindischen Archipel gut gedeiht.

Es ist nachgewiesen, daß schon die Ureinwohner Mexikos die Fasern praktisch verwerteten. Damals sind die daraus verfertigten Kleider mit dem Namen „Nequen“ belegt worden und es ist heute noch in der Yukatansprache die Bezeichnung „henequen“ im Gebrauch für Sisalhanf und die daraus verfertigten Gewebe usw.

Der weitaus größte Teil des gehandelten Sisalhanfes kommt aus Yucatan und nur geringe Mengen werden in Kuba und Bahamas gewonnen. Nach Semler gehören sieben verschiedene Abarten in die Familie der Agaven; *Chelen* (*A. sisalana*), *Yaseheki* (*A. sp.*) und *Sacci* sind die wichtigeren Vertreter, während *Cajum* oder *Cajun* (*Fourcroya cubensis*) und *Fourcroya gigantea* nur grobe Fasern liefern. Gürke² weist nach, daß die *Agave rigida* und *A. sisalana* wie auch *A. elongata* wahre Sisalhanfpflanzen sind, während *Fourcroya gigantea* (*Foetida*) dem Mauritiushanf, einer Aloevariatät, nahesteht.

Der eigentliche Sisalhanf stammt aus Florida und wird von der *Agave rigida* gewonnen. Dasselbst gedeiht aber auch „falscher“ Sisalhanf, welcher des öfteren dem ersten zugemischt wird. Der unechte Sisalhanf stammt von der *Agave decipiens*, welche an der Küste von Florida und auf den benachbarten Inseln gedeiht. Die beiden Agaven unterscheiden sich stark im Aussehen, die *Agave decipiens* weist gezähnte Blätter auf (Abb. 315) und sticht mit ihrer hellen Tönung stark von der sie umgebenden Vegetation ab. Der wahre Sisalhanf hat starke längere Blätter von dunkelgrüner Farbe, beinahe ohne Zähnung. Die kleineren, leuchtendgrünen Blätter der *Agave decipiens* sind stark gerollt, so daß ihr Querschnitt ein U bildet; die Zähnung der Blattränder ist ausgesprochen stark. Aus dem Gesagten geht hervor, daß die *Agave decipiens* die kürzeren, feineren aber auch schwächeren Fasern liefert. Der mexikanische oder Tampikohanf ist den beiden genannten ziemlich ähnlich und stammt von der *Agave heteracantha*. Die Blattfaser ist viel steifer als die der obigen, spießt und bricht leichter. Diese wird hauptsächlich zur Fabrikation von Bürsten verwendet. Der Abguß oder

¹ Siehe Glafey: Die Rohstoffe der Textilindustrie, S. 72, für Beschreibung der transportablen Maschine von Duchemin (D.R.P. 197 658 und 199 082) und Boenkens Maschine (D.R.P. 171 237).

² Notizbl. d. Bot. Gartens, Berlin, 1896, Nr. 4.

das Preßgut des Markes der Blätter dient wegen seiner reinigenden Wirkung oft als Seifenersatz.

In Mexiko ist die Faser unter dem Namen „Istle“ bekannt.

Sisalhanf ist von gelblicher Farbe und zeigt neben großer Reißfestigkeit eine gute Biegsamkeit. Neben Manilahanf steht er in der Festigkeit an zweiter Stelle und dient hauptsächlich zu Schnur- und Tauwerk. Die Befreiung der Faser aus dem Blatt erfolgt sehr leicht, ohne daß gehechelt werden muß. Die Faserbündel sind oft spiralförmig gewunden; wenn sie Markzellen einschließen, kann man einzelne Calciumoxalatkristalle in diesen wahrnehmen (Abb. 316).

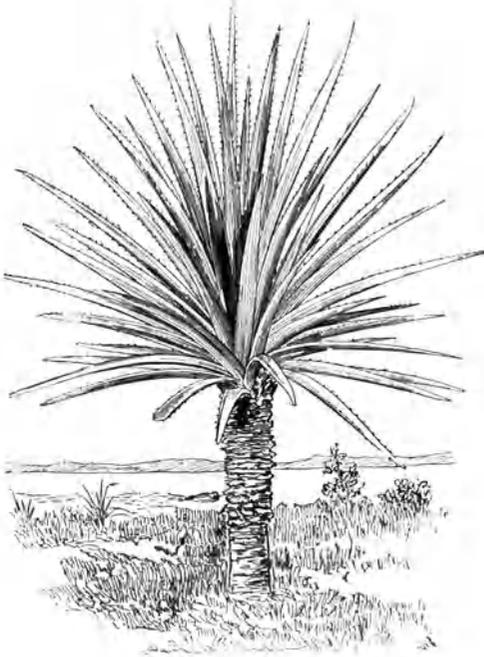


Abb. 314. Florida-Sisal-Hanf. (D o d g e.)

Die Aufbereitung der Faser geschieht mit Quetschmaschinen, die das Blatt auspressen. Gleichzeitig wird mit Wasser die Pülpe gewaschen und daraufhin die Faser an der Sonne getrocknet und eventuell gebleicht. Die ganze Operation dauert kaum 3 Tage. Im Jahre 1902 wurden über 600 000 Ballen Sisalhanf, der Ballen zu zirka 360 engl. Pfund gerechnet, nach den Vereinigten Staaten eingeführt. Die Länge der Faser schwankt beim Handelsprodukt zwischen $2\frac{1}{2}$ und 4 Fuß. Die Qualitäten stehen wenig hinter denen des Manilahanfes zurück; die Faser ist aber für die genannten Zwecke ein sehr wertvolles

Material. Leider ist die Faser wenig widerstandsfähig gegen Salzwasser und wegen der größeren Brüchigkeit als Hanf auch nicht für Transmissionsseile geeignet. Als Zuschlag zu Manilahanf wird Sisalhanf häufig verwendet und ersetzt in vielen Fällen auch Pferdehaar¹.

Über die Qualitäten der verschiedenen technischen „Hanfsorten“ ist von Beadle und Stevens² eine Tabelle (s. S. 655) zusammengestellt worden.

Die Faserelemente des Sisalhanfes weisen eine Länge von 1,5—4 mm auf und sind 20—32 Mikrons stark; das Verhältnis von Länge zu Durchmesser ist demnach zirka 100 : 1. Die Fasern sind ziemlich steif und gegen die Mitte stark verdickt. Das Lumen ist umfangreicher als die Zellwand; die Faserenden sind stark ausgebildet, selten aber verholzt.

¹ Yearbook, Dept. Agric. 1903.

² Journ. Soc. Dyers and Col. 1914, S. 94.

Faser	Reißfestig- keit in g	Berechneter Querschnitt in cm ²	Reißfestig- keit per Querschnitt g pro cm ²	Reißfestig- keit Tonnen pro quad. inch.	Bruchlänge km
Sisal	1375	0,0240	57,300	36,2	38,2
Sansevieria	1289	0,0224	57,400	36,6	38,4
Manila	1655	0,0181	91,430	58,0	60,9
Hedychium	828	0,0093	89,300	56,7	59,1
Baumwolle	82	0,00026	31,458	20,0	22,8
Zellulose, monogil	294	0,0140	21,000	13,3	14,0
Festes Papier	—	—	—	—	10

Ein Faserquerschnitt zeigt unzweifelhaft eine mittlere Bindschicht zwischen den Faserelementen. Die festzusammengeschlossenen Bündel bestehen aus polygonalen Elementen, deren Kanten oftmals gerundet sind. Jod-Schwefelsäure gibt die für diese Zelluloseform übliche Gelbfärbung. Das Lumen ist ebenfalls polygonal, schließt also den Zellwänden an, nur daß die Kanten noch etwas stärker gerundet sind als bei der Zellwand. Im Zellgefüge trifft man sehr oft stark verkürzte Zellen an, mit geringerem Lumen und poriger Oberfläche.

In der Asche des Sisalanhanfes trifft man Calcium an, welches in Form von Calciumoxalat in feinen Kriställchen in den Faserbündeln eingeschlossen ist. Die Kristalle sind Nadeln von zirka 0,5 mm Länge, sind vierkantig und für die Faser ein spezifisches Charakteristikum. In größeren Fasern kann man die größeren Kristalle oft mit dem unbewaffneten Auge wahrnehmen.

Die dem Sisalanhanf beigemengten Fasern stammen fast ausschließlich von *Fourcroya cubensis* (cajun) und *F. gigantea* (giant lily). Diese im tropischen Amerika wachsenden Pflanzen sind mit der Aloe und Agave nahe verwandt. Die erstere ist mit gutem Erfolg in Trinidad angebaut worden. Die grünen Blätter enthalten ungefähr 2—3% an gewinnbarer Faser, welche rein und bei guter Farbe dem Sisalanhanf mindestens ebenbürtig ist.

Die Gewinnung der Faser von *Fourcroya gigantea* hat sich zu einer bedeutenden Industrie in Südamerika und in Mau-

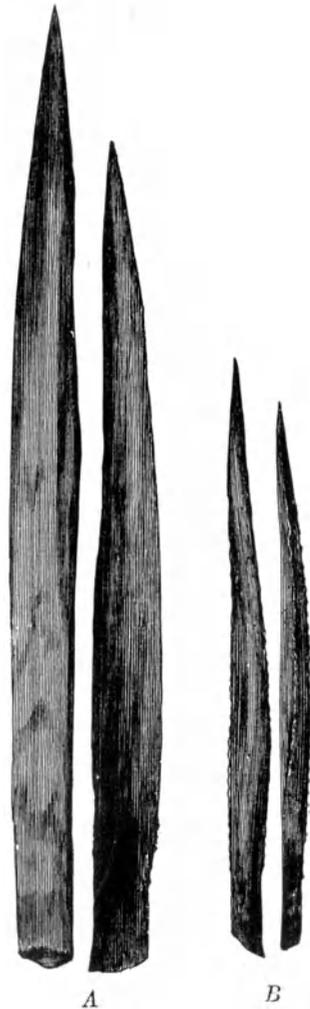


Abb. 315. A echter und B falscher Sisalanhanf.

ritius entwickeln können. Man nennt dort die Pflanze die grüne Aloe. Die grünen Blätter enthalten 3% und mehr gewinnbare Faser, welche dort „Fique“ genannt wird. Es werden hauptsächlich Netze, Pferdedecken und Säcke daraus verfertigt. Eine beträchtliche Menge wird auch nach den U.S.A. und nach Deutschland ausgeführt.

2. Aloefaser oder Mauritushanf. Unter diese Klasse zählt man die Fasern einiger Aloearten, welche ausschließlich tropisches Klima verlangen. Die eigentliche Mauritiusfaser wird von *Fourcroya foetida* gewonnen, welche nämliche Pflanze in Portorico unter dem Namen Maguey bekannt ist, nicht aber identisch ist mit der mexikanischen Pflanze gleichen Namens. In Hawaii wird sie Malino geheißen, wohl in Anlehnung an Manila. Mauritius ist das einzige Gebiet, wo die Faser Handelswert gewonnen hat. Die Faser wird oft auch verwechselt mit derjenigen von der *Agave americana*, von welcher sie sich aber stark unterscheidet. Weit weniger deutlich unterscheidet sich die Mauritius-Aloefaser von der Faser von *Sansevieria*.

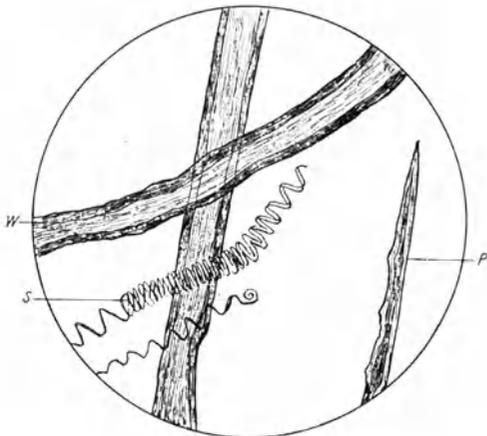


Abb. 316. Sisalhanf. W Zellwand; P Faserende; S Sklerenchymhaut.

Ihre Faserelemente schwanken in der Länge zwischen 1,3 und 3,7 mm, in der Dicke zwischen 15 und 24 Mikrons. Die Zellwände sind im Vergleich zur Zellgröße unverhältnismäßig dünn. Die Fasern sind zylindrisch und porig (Abb. 318). Der Querschnitt zeigt die polygonale Form der Zellen mit deutlich

abgerundeten Kanten; ebenso geformt ist das Lumen (Abb. 320). Bei der Faser von *Sansevieria* ist das Lumen noch stärker, zuungunsten der Zellwände, welche äußerst dünn sind; die Kanten des Lumens sind jedoch scharf.

Ein großer Teil der im Handel anzutreffenden Aloefasern stammt aus Afrika. Diese Fasern sind weicher und von hellerer Farbe, leider aber auch weniger stark. Sie finden Verwendung zu Sackleinwand und Emballagen und als Beimischung zu Sisal- und Manilahanf, auch für Tauwerk. Wenn die guten Sisal- und Manilahanfqualitäten im Preise sinken, so ist der Einstandspreis für Aloefaser höher als der Verkaufswert¹.

3. Pitafaser. Diese von der *Agave americana* zu gewinnende Faser wird oft auch Aloefaser geheißen². Weil diese Agaven in ihrem Leben nur

¹ Yearbook, Dept. Agric. 1903.

² Die Bezeichnung Pita wird in Süd- und Zentralamerika auf verschiedene einheimische Pflanzen ausgedehnt. In Kolumbia ist eine Ananassepezies der Ordnung Bromeliaceae mit diesem Namen belegt. Ihre Faser findet Verwendung zur Herstellung von Netzen und Schuhwerk.

einmal blühen werden sie oft auch „Jahrhundertblume“ genannt. Von einigen in Mexiko wachsenden Spezies gewinnt man die gebrannten Wasser „Mescal“ und „Pulque“. Die Faser der *Agave americana* ist aus vielen Einzelfäden zusammengesetzt, welche sich jedoch leicht durch Reiben trennen lassen. Nach Spon braucht eine Agave drei Jahre Wachstum, bis sie gute Fasern liefert. Die Kultur ist nicht schwierig, der Ertrag ziemlich befriedigend; zudem ist die Agave in bezug auf Boden- und Wasserverhältnisse so anspruchslos wie keine weitere Pflanze. In Mexiko trifft man Gegenden an, wo 5000—6000 Agaven pro acre¹ stehen. Die einzelne Pflanze zählt bis zu 40 Blätter, ein jedes davon

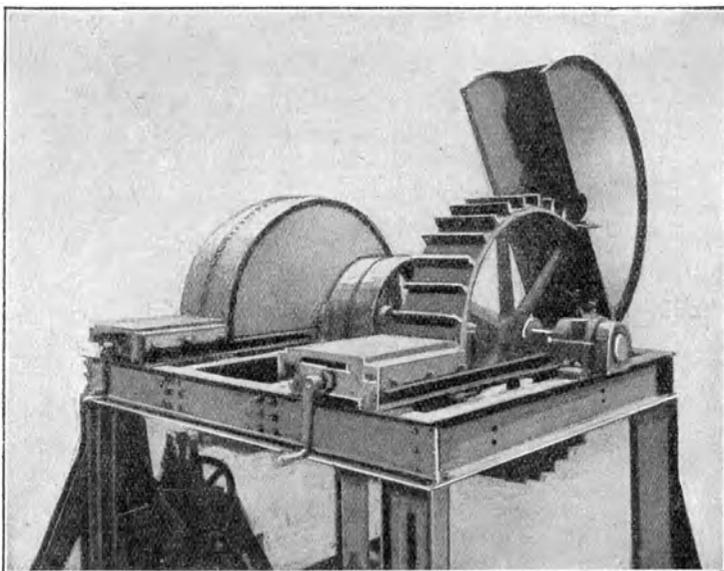


Abb. 317. Maschine zum Brechen des Sisalhanfes.

ist 8—10 Fuß lang und ca. 1 Fuß breit. Ein Blatt enthält ca. 6—10 % Fasern, bezogen auf das Grüngewicht.

Die Faser erreicht eine Länge von 3—7 Fuß. Die Brüchigkeit und geringe Haftfestigkeit der Elementfasern aneinander ist die Ursache der geringen Festigkeit der Faser überhaupt. Das Färbevermögen der Faser ist ausgesprochen gut, die Faser ist leicht. Gegen Sisalhanf unterscheidet sich nach Dodge die Aloefaser durch die wirre Anordnung der Faserelemente, die beim Sisalhanf parallel laufen. Der Einheimische kennt noch verschiedene Varietäten der Agaven, die alle einen eigenen Namen besitzen, welcher nicht selten dem Indianischen entlehnt wurde. Am besten bekannt sind „Henequen“ (*Agave saxi*), Jixtle (*Agave americana*) und Hechuguilla (*Agave hete-*

¹ 1 acre = $\frac{1}{640}$ Quadratmeile, 1 Quadratmeile = 4046,78 m².

racantha). Die letztgenannte Varietät ist auch als Tampiko- oder Matamoroshanf bekannt.

Die Tampikofaser ist steif und hart, doch leicht spaltbar, leider auch sehr brüchig. Ihre Hauptverwendung findet sie in der Bürsten-

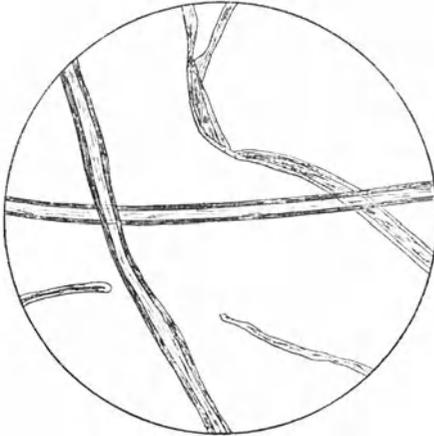


Abb. 318. Mauritiushanf.

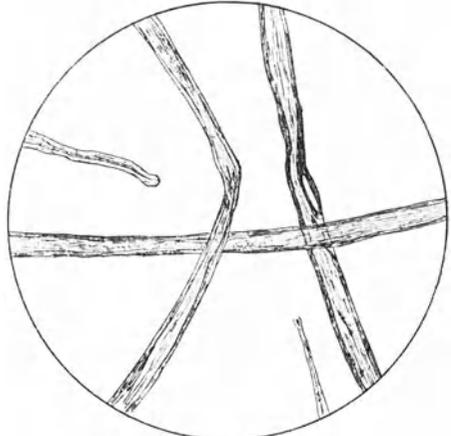


Abb. 319. Pitafaser. *Agave americana*.

fabrikation. Das Blatt hat eine Länge von 18 inches bis zu 2 Fuß und zwischen diesen Grenzen schwankt auch die Faserlänge. Der

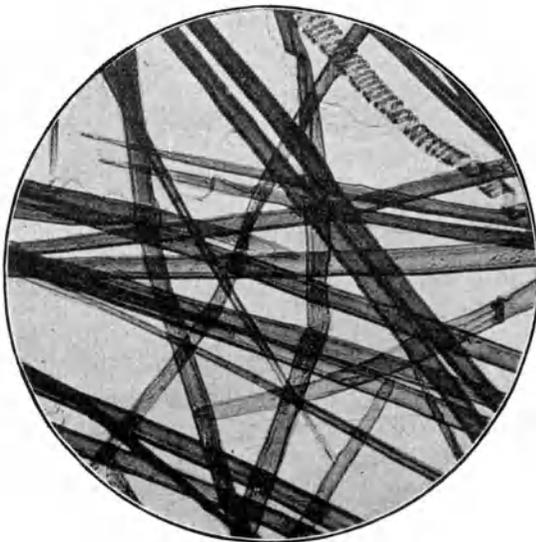


Abb. 320. Mauritiushanf. (Herzog.)

Saft, der beim Abquetschen der Blätter zur Fasergewinnung erhalten wird, hat ähnliche Eigenschaften wie Seifenlösung und dient deshalb auch in jenen Gegenden als Seifenersatz. In ihrer Heimat wird nach Dodge die Pflanze „Istle“ genannt, welche Bezeichnung aber in Mittelamerika für eine Anzahl der Tampioca verwandter Pflanzen gebräuchlich ist. In Mexiko z. B. stammen gegen 90% der „Istle“ von der *Agave heteracantha*.

Henequen wird hauptsächlich in Yukatan angetroffen; ihre Bedeutung war schon bei den alten Mexikanern eine große und noch heute ist die Faser ein geschätztes Material. Die steife, kurze Faser ist weiß bis

strohgelb. Die Faserwände sind sehr dünn, die Elastizität ist bemerkenswert. Daß einige dieser Fasern in der Festigkeit neben Jute und Sonnenhanf bestehen können, zeigen die nachfolgenden Zahlen:

Pita	2519 Pfund	Jute	2456 Pfund
Coir (Kokos)	2175 „	Sonnenhanf	2269 „

Pita oder russischer Hanf gibt ein sehr feines Garn, welches unter dem Namen Fayal zu Posamenterien verwendet wird.

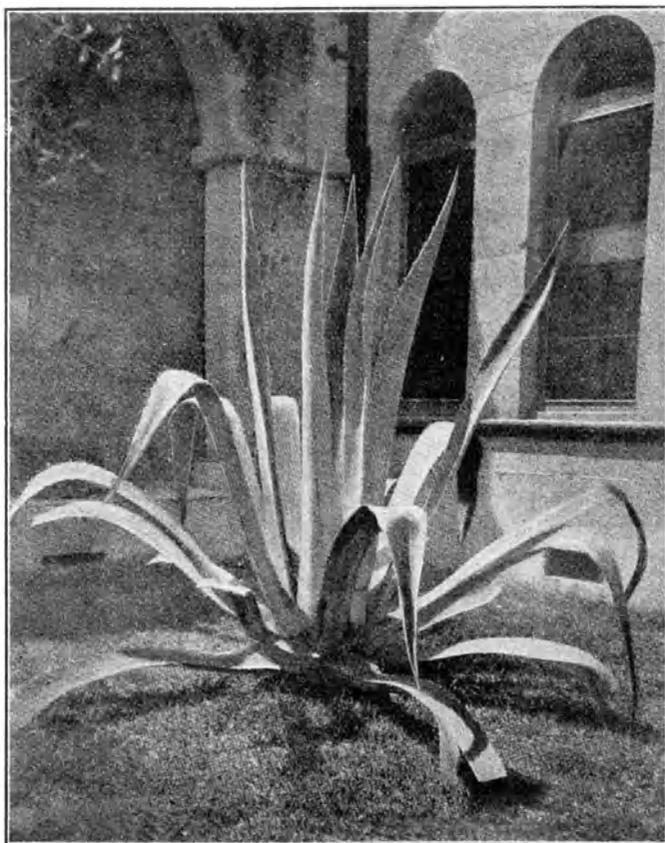


Abb. 321. Jahrhundertpflanze *Agave americana*. (Dodge.)

4. **Ananasfaser**, welche von der *Ananas sativa* gewonnen wird, hat eine große Widerstandskraft gegen Wasser und Witterung. Grundlos wird sie in Amerika auch Seidengras genannt. Die weiße, weiche und schmiegsame Faser hat einen hohen Glanz und ist von gutem Stapel. Auf den Philippinen wird daraus das geschätzte Piñatuch verfertigt. Nach Taylor soll die Faser auf eine Feinheit von einem tausendstel inches gespalten werden können; sie ist somit die vegetabile Faser geringsten Durchmessers. Unter dem Mikroskop bestätigt sich die außerordentliche

Feinheit der Faserelemente, ein Charakteristikum dieser Faser, die sich leicht von anderen Blattfasern unterscheiden läßt. Die Faserelemente sind 3—9 mm lang und 4—8 Mikrons stark. Das Lumen ist zu einer feinen Linie degeneriert; der Querschnitt zeigt ein flaches Polygon. Diese Elemente sind zu verholzten Vaskularbündeln zusammengewachsen. Die gebündelten Fasern sind kürzer und steifer als die weniger zahlreichen gekräuselten Einzelfasern.

Vor einigen Jahren ist auf dem englischen Textilmarkt eine als „neu“ beschriebene Faser der Ananas als Arghan eingebürgert. Die Faser eignet sich gut als Zwirn und Schnurgarn. Die Reißfestigkeit ist bemerkenswert und ebenso die Widerstandsfähigkeit der Taue usw. gegen Seewasser und Witterung. Man rühmt dem Material eine um 50% größere

Festigkeit nach, als sie Hanf und Flachs aufweisen.

Die Faser wird auch zu einem ansehnlichen Tuch verwoben und ist als ernster Konkurrent für Flachs und Hanf zu betrachten. Ein Röstprozeß wie bei diesen ist für die Ananasfaser nicht nötig; das Färbevermögen und die Bleichfähigkeit sind neben schönem Glanz hervorzuheben.

5. Kokosfaser. Von der unreifen Kokosnuß kann diese Faser losgelöst werden, wenn die Nuß während einigen Monaten in Seewasser

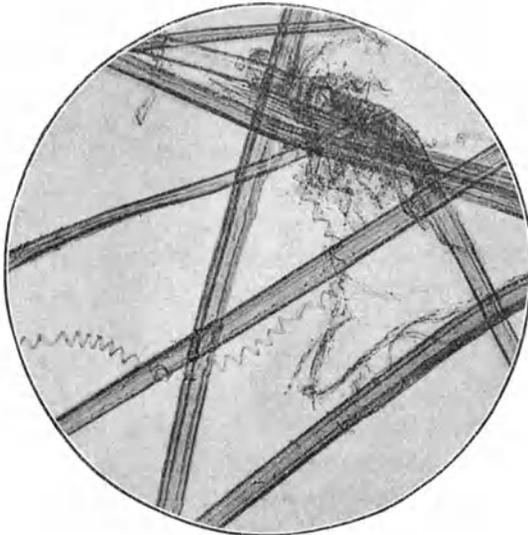


Abb. 322. *Agave americana*. (Herzog.)

einen Gärungs- oder Röstprozeß durchgemacht hat. Durch Hecheln und Quetschen werden die Fasern in Freiheit gesetzt und erreichen im besten Falle eine Länge von 10 inches. Die steifen, groben, aber elastischen Fasern sind von rundlichem Querschnitt und gleichen am ehesten dem Pferdehaar. Ihre Hauptverwertung findet sie zur Herstellung von Bastwerk und Matten. Sie besitzt bemerkenswerte Festigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen äußere Einflüsse und läßt sich auch ziemlich leicht zwirnen; ihre natürliche Farbe ist ein sattes Braun. Ihr mikroskopischer Aspekt ist charakteristisch, die Faserelemente sind 0,4—1 mm lang und haben einen Durchmesser von 12—24 Mikrons. Die Zellwand ist sehr kräftig gebaut, von unregelmäßiger Dicke und deshalb ist auch das Lumen von unregelmäßiger Form. Die Enden der Faserelemente sind unregelmäßig, meist rundlich und die Zellwand ist von zahlreichen Poren durchsetzt. Die Oberfläche der Faserbündel zeigt öfters linsenförmige Stigmen, welche mit Kieselsäurekristallen umgeben sind. Die

Öffnungen sind von ca. 15 Mikrons größtem Durchmesser. Beim Veraschen können die Kieselsäurekristalle ihre gegenseitige Lage beibehalten und zeigen dann noch als feine Skelette die ursprüngliche Ausdehnung der Stigmen; besonders gut gelingt dies, wenn mit konzentrierter Salpetersäure vorsichtig die organische Substanz weggeätzt wird.

Kokosfasern zeigen folgende mikrochemischen Reaktionen: Jodschwefelsäure erzeugt eine goldgelbe Färbung; Anilinsulfat färbt intensiv gelb, während Schweitzers Reagens die Faser nicht zu lösen vermag. Letzteres Verhalten weist auf die starke Verholzung der Faser hin; sie besteht ausschließlich aus Lignozellulose. Wegen ihrer großen Wider-

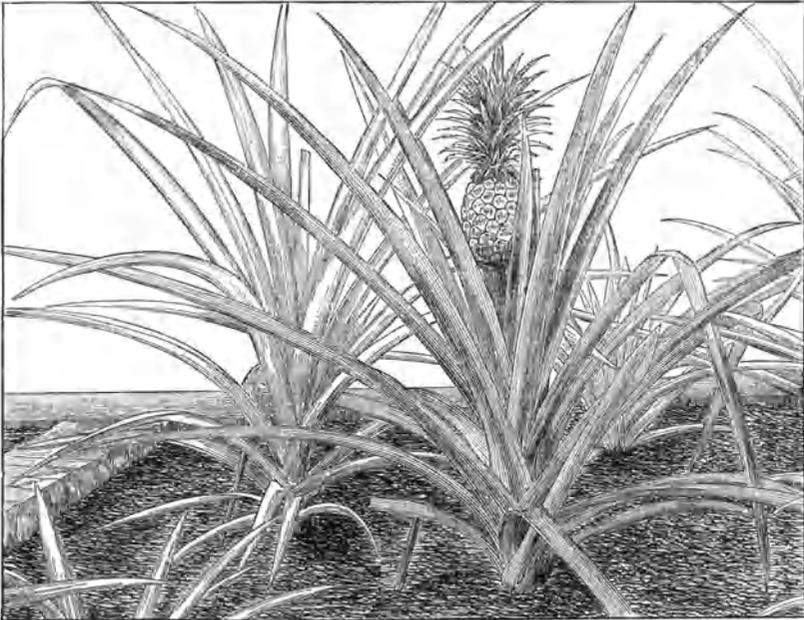


Abb. 323. Ananaspflanze. (Dodge.)

standsfähigkeit gegen Witterung, Salzwasser usw. und ihrer guten Elastizität ist die Faser ein geschätztes Material in der Kabelindustrie. Auch gegen mechanische Beanspruchung ist die Faser sehr resistent; ihre Festigkeit im Vergleich zu Hanf ist folgende:

Hanf	190 Pfund	Darmsaite	316 Pfund
Kokosfaser	224 „		

Ceylon ist das Zentrum der Kokosfaserindustrie; es werden dort nicht nur Bast-, Segel- und Mattenwerk, sondern auch grobe Kleider daraus gefertigt. In Galle, im Südwesten der Insel, werden die vollendetsten Fasern und Textilien gefertigt. Die Einheimischen haben am seichten Strand Einfriedigungen aus Bambusrohr errichtet, wo die Kokosnuß während ca. 6 Tagen einen Röstprozeß durchmacht. Durch primitive Holzracheln und Reißwölfe wird die Faser gehechelt.

Es zeigt sich hier, wie öfters in der Textilindustrie, daß beim Ersatz der primitiven Werkzeuge und der Handarbeit durch Maschinen und Maschinenarbeit die Faser qualitativ verliert.

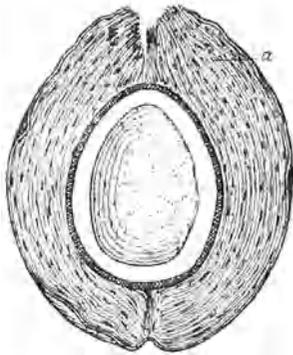


Abb. 324. Querschnitt durch eine Kokosnuß. a Faserbalg. (Nach: Bull. U.S. Dept. Agric.)

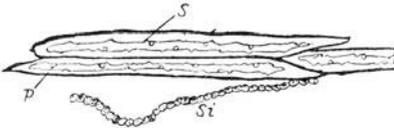


Abb. 325. Kokosfaser. s Ausbuchtungen im Lumen; p Poren; Si Kieselsäureskelett.

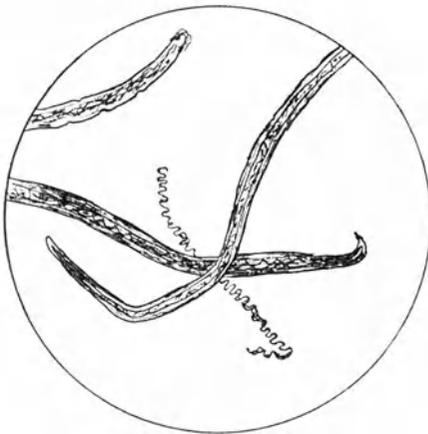


Abb. 326. Kokosfaser.

Die groben Kokosfasern kommen in Bündel gepreßt in den Handel und dienen lediglich zur Bürstenfabrikation. Die feineren Fasern werden meist schon in Galle als versponnene Ware verschifft. Der Lokalhandel unterscheidet zwei Marken; das feinere Kogallagarn und das Colombogarn. Dasselbst werden wiederum von den genannten Marken 15—20 Variationen je nach Dicke, Farbe und Zwirnung unterschieden. Zur Erzeugung von 300 Pfund Kokosgarn werden schätzungsweise 1000 Kokosnüsse benötigt, wobei etwa 70—80 Pfund brüchige, sogenannte Bürstenfasern zugerechnet werden.

Außer der Nuß der Kokospalme liefern auch ihre Blätter eine verwendbare Faser. Die frischen Blätter werden zur Fasergewinnung eine kurze Zeit aufgekocht, worauf eine Zerkleinerung derselben vorgenommen wird. Die Blattstreifen werden

dann ca. 2 Stunden lang in einer ca. 10 %igen Sodalösung aufgekocht. Die Unreinigkeiten werden darauf mit kaltem Wasser gewegewaschen und die Faser in folgender Lösung gebleicht: 1 bis 3 Teile Natriumsuperoxyd in 100 Teilen Wasser gelöst, werden mit ca. 2 Teilen Kleesalz und 0,2 Teilen Schwefelsäure angesäuert. In dieser Bleichlösung bleiben die Fasern bis zu 3 Tagen, worauf sie gewaschen und im Schatten an der Luft getrocknet werden. Die so hergestellte Kokosnußfaser rollt sich beim Trocknen, erhält einen transparenten Aspekt, ist sehr gut

licht- und wasserbeständig und besitzt Griff und Elastizität. Ein aus diesem Material hergestellter Hut ist einem Panamahut gleichwertig, er ist sehr lichtbeständig, gut zu reinigen und angenehm zu tragen. Man verfertigt aus den Fasern grobe Tuche, Matten und wertvolle Emballagen.

6. Istlefaser oder Tampikofaser. In dem sogenannten Tafelland in Nordmexiko finden sich mehrere Pflanzen, deren Blätter die Istle- oder Tampikofaser liefern. Es sind dies z. B. Jaumave lechuguilla, Jaumave istle, Tula istle, Palma samandoca, Palma pita; die bedeutenderen sind Agave heteracantha, A. hechuguilla, und *Samuella carnerosana*.

Palma-istle-Faser ist 15—35 inches lang, etwas steifer als Sisal und gröber, von gelber Farbe und etwas klebrig. Tula istle ist eine fast weiße, 12—30 inches lange Faser. Jaumava istle ist 20—40 inches lang,

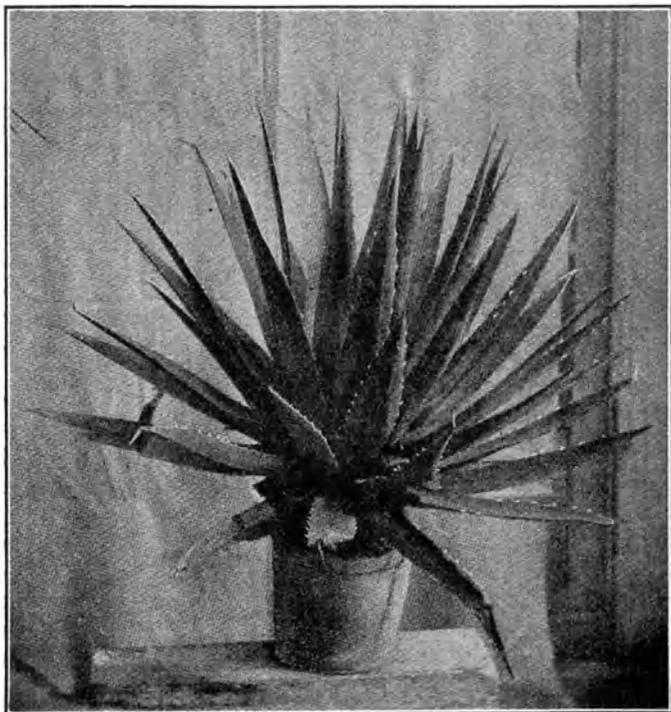


Abb. 327. Tampikohanf.

weiß und dem Sisalhanf ebenbürtig. Dies erklärt auch ihr steigender Import nach den U.S.A., welcher von 4000 Tonnen im Jahre 1900 auf 12000 Tonnen im Jahre 1903 stieg. Istlefaser wird heute zu Bürsten, allen Arten Bindfaden und Schnurwerk verarbeitet. Anfänglich als Ersatzstoff für teure Fasern gedacht, sind heute der Faser spezifische Verwendungsbereiche zugedacht. Der Verbrauch an dieser Faser wird noch gesteigert werden, wenn für die Verarbeitung leistungsfähige und gute Maschinen gebaut werden können.

Die Istlefaser wird in der Bürstenfabrikation verwendet, ebenso zur Herstellung von Schnüren und Seilen und groben Säcken. Die landesübliche Faser besitzt eine Länge von 12—30 inches und ist sehr grob

und hart. Ein französisches Patent schützt die Herstellung von Pferdehaarerersatz aus Tampikofaser. Zu diesem Zwecke wird die Faser (100 Teile) mit einer Lösung von 23 Teilen Natronlauge von 36° Bé in 1500 Teilen Wasser während 6 Stunden bei 3 Atmosphären Druck gekocht. Nach tüchtigem Waschen wird restlos neutralisiert mit verdünnter Schwefelsäure; jetzt erst wird die Faser gehechelt und gebleicht. Durch Behandlung mit einer verdünnten Natronlauge und anschließendes Trocknen wird die Faser gekräuselt. Es ist aber nicht nötig, die tiefgelbe natürliche Färbung der Faser durch den beschriebenen Beuchprozeß zu entfernen, da schon ein mehrfaches Auskochen mit Wasser diese fast ganz entfernt.

Die Abkochungen der Faser geben die schon mehrfach erwähnten seifigen Wässer, welche einen recht guten Seifenersatz darstellen.

7. Nesselfasern¹. Auch diese Faser ist in Deutschland, Frankreich und Schweden vereinzelt in der Textilindustrie verarbeitet worden. Die Faser stammt von zwei Spezies der brennenden oder stechenden Nessel², von *Urtica dioica* und *Urtica urena*. Die *Boehmeria* (siehe auch bei Ramie) gehört ebenfalls zu den Nesseln, doch „sticht“ diese nicht. Die *Urtica dioica* ist die häufigere der beiden; ihre Fasern sind aber sehr grob und dünnwandig; während jene von *Urtica urena* bei größerer Feinheit eine feste Zellwand besitzen, so daß sie der Leinenfaser nahe zu stehen kommt. Leider ist bei der letzteren Varietät der Gehalt der Pflanze an brauchbarer Faser ein geringer.

Nach den chemischen Reaktionen zu schließen, ist Nesselfaser eine sehr reine Zelluloseform: Jodschwefelsäure färbt ein tiefes Reinblau; ammoniakalische Fuchsinlösung färbt die Faser nicht an; Anilinsulfat gibt keine Färbung; Jodzinkchlorid gibt ein Blauviolett; Calciumchlorid-Jod färbt rosa.

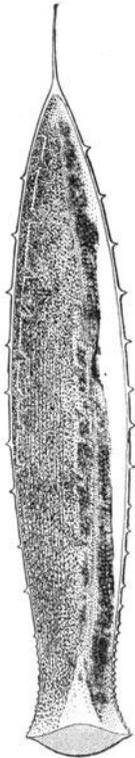


Abb. 328. Blatt einer *Agave heteracantha* (U.S. Dept. Agric.).

Die Faser von *Urtica dioica* schwankt in der Länge zwischen 5 und 60 mm (Vétillart) und im Durchmesser zwischen 0,020 und 0,080 mm. Unter dem Mikroskop fällt vor allem eine ausgesprochene Längsstreifung auf. Die Faserelemente sind scharf zugespitzt. Das Gesamtbild ist eine unregelmäßige, gebrochene und ausgefranzte Linie. Das ziemlich weiche Lumen ist oft mit gelblichen Pigmenten angefüllt. Die Faserenden sind oft zerfasert, meist abgerundet. Der Querschnitt zeigt ein Oval, oft mit einwärts gebogenen Wandungen. Der Querschnitt der Faser-

¹ Siehe auch Wiesner: Rohstoffe des Pflanzenreiches; Möller: Die Nesselfaser, in Polytechn. Zg. 1883; Höhnel: Mikroskopie der Faserstoffe; Dodge, Useful Fiber Plants.

² In Amerika wurde noch keine Nessel angebaut, dagegen in Schweden und in Indien, wo die Pflanze Bichu oder Chicru genannt wird.

elemente ist unregelmäßig, die ovale Form herrscht vor; die Zellwände sind unregelmäßig dick. Die Faser hat für die Verarbeitung einen guten Stappel, ist weich und von gutem Griff; analog der Ramie ist auch Nesselfaser gegen Wasser sehr widerstandsfähig. Die Festigkeit ist infolge der unregelmäßigen Beschaffenheit der Elemente leider eine geringe.

Unter dem Mikroskop bei polarisiertem Licht gibt die Nesselfaser nur eine schwache Färbung infolge ihrer feinen Zellwände.

Das aus Nesselfaser gewonnene Garn ist von grünlichem Ton, kann aber rein weiß gebleicht werden. Im letzten Weltkrieg erlangte die Faser in Deutschland allgemeine Beachtung; die Erfolge dürften aber nicht sehr groß gewesen sein, denn heute spricht auch in Deutschland niemand mehr für die Nesselfaser. Es scheint auch, daß die Kultur und der Ertrag, die Verarbeitung usw. der Nesselfaser gegenüber dem Flachsbaue keine Vorteile bietet. Der Flachsbaue ruht aber auf bekannterer Basis, ebenso die Flachsverarbeitung, zudem ist der Flachs eine bedeutend festere Faser, so daß ihre Vorteile gegenüber Nesselfaser nicht zu verleugnen sind.

Die vorteilhafteste Nesselfaser wächst in tropischen Gegenden und ist die Spezies *Urtica capitato*. Sie erreicht eine Höhe von 3—5 Fuß. In der U.S.A. gedeiht die Nessel *Urtica chamaedryoides*, welche bei einer Höhe von 6—30 inches eine sehr schöne Faser liefert, die aber dort noch nicht industriell verwertet wurde.

Die Verwendung der Nesselfaser als Textilmaterial ist nicht etwa neueren Datums. Die alten Ägypter und die alten Skandinavier verwendeten diese schon in frühester Zeit und die Einwohner von Kamtschatka benützen diese heute noch. In Frankreich und Italien ist die Faser im Mittelalter öfters erwähnt und eine Enzyklopädie aus dem 18. Jahrhundert erwähnt ihre Verarbeitung auch in Deutschland. Zu Beginn des 19. Jahrhunderts wurde in der Picardie, im nördlichen Deutschland und in Schweden Nesselfaser in größeren Mengen gehandelt. Zu verschiedenen Zeiten sind immer wieder Versuche gemacht worden, den Anbau und die Industrie der Nesselfaser zu heben: z. B. 1809 von Bartoloni in Toskana; 1810 durch Eduard Smith in England; 1814 in den U.S.A. durch Withlow. Vor allem waren es einige Franzosen, die sich um den Nesselbau verdient machten, wie Abbé Rozier 1793; Cholumeau 1803; Chaumeton 1818; Lardier 1820; Chatin 1861; Eloffe 1869; Barot 1891; d' Astanieres 1894; Michottre 1895. Nach Abbé Provenchir (1862) ist in Kanada die Nesselfaser einige Zeit angebaut worden. Auf der Pariser Weltausstellung 1878 zeigte Japan eine schöne Kollektion von Nesselfabrikaten. Vor einigen Jahren ist auch in Rußland ein Versuch zum Nesselbau gemacht worden.

Der Aspekt der Rohfaser schwankt in weiten Grenzen und ist abhängig von der Aufbereitung aus dem Stengel. Wird die Faser von der grünen Pflanze gebrochen, so ist sie grünlich, hart und bis zu 60 inches lang und ist noch mehr oder weniger mit verholzten Anteilen behaftet. Beim Lagern nimmt die Faser einen rötlich-grauen Ton an und ist dann schwieriger von Ramie oder grauem Hanf zu unterscheiden. Die sauber

gehechelten Fasern sind sehr regelmäßig, holzfrei und haben eine Länge von zirka 90—120 cm. Die grünliche Färbung ist nun beständig und charakteristisch und nach dem Ölen fühlt sich die Rohfaser sehr fein an. Das entbastete Rohmaterial ist gelblicher; das ungekämmt, gebleichte Material sieht aus wie Flachs, während es in gekämmter Form mehr an Ramie erinnert.

Wird die Faser durch Rösten (wie beim Flachs) gewonnen, so schwankt der Aspekt je nach dem Wasser, der Temperatur usw. In fließendem Wasser erhält man strohgelbe glänzende Fasern. In stehendem Wasser ist der Ton meist schmutziggrau und der Glanz geringer. Nach Dr. Grothe ergeben 100 Pfund grüne Nesseln 46 Pfund trockene Nesseln,

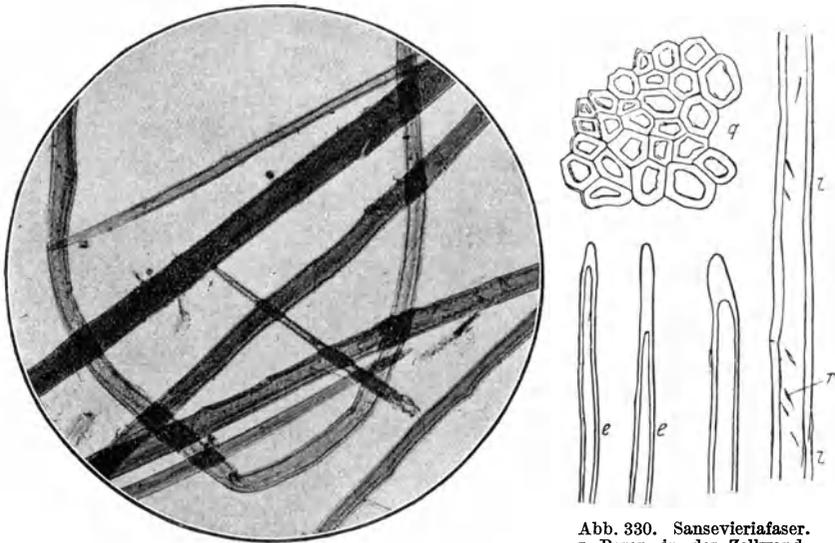


Abb. 329. Sansevieriafaser. (Herzog.)

Abb. 330. Sansevieriafaser.
r Poren in der Zellwand.
(Höhnel.)

welche 32 Pfund Fasermaterial enthalten, von welchen ca. 20 Pfund Faser von guter Qualität gewonnen werden können. Die Faser wird hauptsächlich nach dem Röstprozeß aufgearbeitet, die Maschinen zum Hecheln, Kämmen, Brechen usw. sind die nämlichen wie bei der Flachs- und Ramieaufbereitung. Die Faser muß innerhalb 8 Stunden nach dem Schnitt entschält werden, sonst ist dies nicht mehr möglich ohne die Faser schwer zu schädigen. Nach 24 Stunden ist ein eigentliches Entschälen unmöglich. Je nach der weiteren Aufbereitung wird getrocknet oder sofort zum Röstprozeß geschritten. Die chemische Röstung, wie beim Flachs, ist bei der Ramie und bei der Nessel noch sehr wenig gebräuchlich.

Wie bei Flachs und Hanf ist der chemische Röstprozeß unter Verwendung von Seife und Ammoniumhypochlorit infolge der Schädigungen bei unrichtiger Handhabung nicht so populär. Die spinnbereite Nesselfaser ist weich und biegsam, $\frac{1}{8}$ —2 inches lang und der Ramie sehr ähnlich.

8. Faser von *Urena sinuata*. Die Pflanze, welche die Urenafasern liefert, ist ein niederer Strauch, welcher fast ausschließlich in den Tropen gedeiht. In Amerika ist die Pflanze bekannt unter dem Namen Zäsarweide, während sie in Venezuela unter dem Namen Cadilla bekannt ist. Ihr Bast ist im Äußern sehr ähnlich der Jute, hellgelb mit gutem Glanz, und wie Jute gegen Luftfeuchtigkeit empfindlich. Die Faserbündel erreichen eine Länge von 6 Fuß. Die Faserelemente sind nach Wiesner 1,8 mm lang und von 15 Mikrons Durchmesser. Das Lumen ist sehr unregelmäßig, nicht sehr groß und im Vergleich zur Jute in besserem Verhältnis zur Zellwandstärke. Mittels Jodschwefelsäure wird eine Gelbfärbung hervorgerufen, Anilinsalze färben tiefgelb und bestätigen die starke Verholzung. Kupferoxydammoniak ist nicht imstande, die Faser zu lösen, sondern bewirkt nur eine Schwellung der Zellwände. Unter dem Mikroskop können an der frischen Faser sowie in der vor-

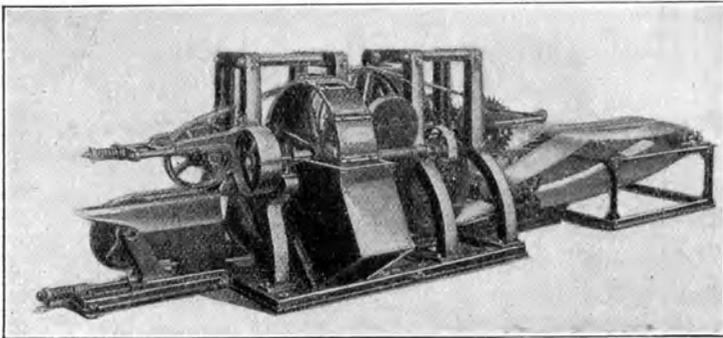


Abb. 331. Dekortiermaschine für Sansevieriafasern.

sichtig veraschten Faser Kriställchen wahrgenommen werden; in der Asche ist es Calciumkarbonat. Dies ist ein sicheres Unterscheidungsmerkmal der Urenafaser von der Jute.

9. Sansevieriafaser. Verschiedene Pflanzengattungen sind unter dem Begriffe *Sansevieria* zusammengefaßt. Alle liefern eine mehr oder weniger wertvolle Faser. Die wichtigsten Vertreter sind: *Sansevieria cylindrica* oder Isehanf. Dieser wird in Südafrika gewonnen und dient hauptsächlich zu Schnurwerk. Für Tiefseelotung soll die Faser ein ausgezeichnetes Material abgeben. *S. guineensis* ist bekannt als Material für Bogensehnen in Afrika; gedeiht auch in Guinea und im tropischen Amerika. Die Faser hat mit Manilahanf viel Ähnliches. *S. kirkii* oder Panganehanf, gedeiht hauptsächlich in Sansibar und wird nur von den Einheimischen verwertet. *S. longiflora* oder Floridabogensehnenhanf ist ein geschätztes Material, und soll dem Sisalhanf ebenbürtig sein. Die Faser ist genügend fein, um gesponnen werden zu können. *S. Roxburghiana* ist die in Indien wachsende Moorva. Infolge ihrer großen Festigkeit und Elastizität wird die Faser von den Einheimischen als das „wahre“ Bogensehnenmaterial gepriesen. *S. ceylanica* ist die Spezies, welche auf Ceylon gedeiht.

Die Faser ist geringer als ihre Verwandten und liefert Matten und grobes Tuch.

Alle Sansevieriafasern werden von den Blättern der betreffenden Pflanze gewonnen. Ihre Länge variiert zwischen 2 und 9 Fuß. Die handelsübliche Form ist das rohe Faserbündel. Die Faserelemente sind ca. 2 mm lang und 20 Mikrons stark. Ihre Merkmale sind ein großes Lumen und öfters Längsstreifung und spiralig gewundene Zellenfolge. In der Festigkeit ist die Faser dem russischen Hanf ebenbürtig. Die Ceylonvarietät bildet eine Ausnahme, sie ist schwächer und feiner, gleicht dem Mauritiushanf und wird öfters auch als Aloehanf bezeichnet.

10. Tillandsiafaser. Die Faser ist auch unter dem Namen Spanisch-Moos bekannt und stammt aus den Stengeln von *Tillandsia usneoides*. Im Handel erscheint sie als Pferdehaarersatz und verdient diese Auszeichnung auch wirklich; sie ist sehr dauerhaft und elastisch. Die Pflanze ist ein Schmarotzer, welcher auf tropischen und subtropischen Bäumen vegetiert. Durch Kochen mit Sodalösung wird die Faser erst aus dem Faserbündel befreit. Nach Wiesner wird die Handelsform der Faser selten mit natürlichen Enden angetroffen. Die Faserelemente sind 0,3—0,5 mm stark. Wegen ihrer natürlichen tiefdunklen Färbung können keine mikrochemischen Reaktionen bestimmt werden. Schweitzers Reagens ist ohne Wirkung auf die Faser. Nach Wiesner hat dieses vegetabile „Pferdehaar“ 9% Wasser und 3,21% Asche, welche Zahlen unter Umständen zur Identifizierung herangezogen werden können.

11. Solidoniafaser. Mit diesem Namen bezeichnet man eine Faser, welche auch schon als Wollersatz vorgeschlagen wurde. Es ist eine in Afrika gedeihende Pflanze, welche Chinagrass am ähnlichsten kommt. Die sehr feine Faser hat ein schuppiges Äußeres, welches den Wollcharakter vortäuscht. Im Mittel erreicht die Faser eine Länge von $2\frac{1}{2}$ —4 inches. Unter dem Mikroskop fällt vor allem eine Streifung und ein gelbes Lumen auf. Das Reagens nach Vetillard färbt anfänglich grün und schlägt nach violett um. (Nesselfaser wird durch dieses Reagens blau!)

Im Rohzustand ist Solidoniafaser wie der Flachs von grauer Farbe; durch Bleichen kann sie rein weiß erhalten werden. Die färberischen Eigenschaften sind die nämlichen wie die der Baumwolle. Da die Faser beim Tragen auf der Haut die Eigenschaft besitzt, daß sie beim Transpirieren nicht kühlt, kann sie als Wollersatzstoff berechtigt erscheinen.

Solidoniafaser kann zu Kammgarn verarbeitet werden, bis zu einer Feinheit von 36's (Baumwollmaß). Die Faser wird seit einiger Zeit zu verschiedenen Fabrikaten zusammen mit Wolle verarbeitet. Während des Krieges ist die Faser ein willkommenes Ersatzmittel gewesen. Die Faser schrumpft beim Naßwerden nicht ein, so daß sie in jüngster Zeit auch als Material für Sportkleider, Socken, Strümpfe, Handschuhe usw. gern verarbeitet wird. Im Kriege wurde in Deutschland ein Armeetuch, bestehend aus 75% Wolle und 25% Solidonia, gefertigt, welches sehr gute Resultate zeitigte. Für die Filzläufer der Papierfabriken wird ebenfalls ein Zusatz von Solidoniafasern zur Wolle sehr geschätzt. Die Solidoniafaser erreichte schon zwei Drittel des Wollpreises bei guter Nachfrage.

12. Seegras. Es ist dies die Faser von *Zostera marina*, einem Gras, das an den Küsten gedeiht und gemäßigtes Klima verlangt. Die Faser erreicht eine Länge von 1—2 Fuß und repräsentiert ein Faserbündel aus 3—6 Elementen im Querschnitt. Letztere sind ca. 3 mm lang und etwa 6 Mikrons stark, manchmal noch feiner.

Das Riesenseegras (*Macrocystis pyrifera*) wird ebenfalls, doch seltener verwertet. Die Faser kann eine Länge bis zu 700 Fuß erreichen und bedeckt die Küste in großen Massen. Die Faser ist wenig bekannt, doch kann man aus ihr gute, sehr widerstandsfähige Netze und Schnüre anfertigen. Seegras hat eine gewisse Bedeutung als Polstermaterial erlangt.

13. Raphia- oder Raffiafaser. Diese wird erhalten aus den Blättern der Raphiapalme (*Raphia ruffia*), welche nur in Afrika gedeiht. Die Blätter erreichen eine Länge von über 25 Fuß. Die Faser hat die Form von flachen, strohgelben Strähnen von 3—4 Fuß Länge und einer Stärke von $\frac{1}{2}$ inch. Aus diesen Strähnen, welche in der Textilindustrie in dieser Form verwertet werden, können die Faserelemente leicht isoliert werden, welche dann eine Länge von 1,7 mm aufweisen bei einer Dicke von 14 Mikrons. Unter dem Mikroskop erscheint die Faser sehr unregelmäßig und zeigt Überreste des Parenchyms. Das Lumen ist ungefähr ein Fünftel der Faserdicke. Mit Jodschwefelsäure wird die Faser gelb gefärbt; ebenso wird mit Jod-Zinkchlorid und mit Phloroglucinsäure Rotfärbung erhalten. Kupferoxydammoniak quillt die Faser unregelmäßig auf, ohne total zu lösen.



Abb. 332. Raphiafaser.

Viel Ähnlichkeit mit der Raphiafaser besitzt die Faser, welche von der großen Macaw-Palme gewonnen wird (*Acromia lasiopatha*). In Brasilien ist die Faser als *Mucuja* und in Kuba als *Pita de corajo* bekannt. Nach *Moris* sind diese amerikanischen Varietäten feiner als *Raphia* und weniger papierartig. Die Festigkeit ist eine außerordentliche. Die Faser ist sehr hell gefärbt und kann durch Rollen auf der Hand in die feinen Faserelemente aufgespalten werden. Nachteilig sind beigemengte feine verholzte Nadelchen, welche zirka $\frac{1}{2}$ inch lang sind. In Kuba wird die Faser in großem Umfange für Schnurwerk verarbeitet. Von dem früher genannten „Henequen“, dem die amerikanische *Raphia* nicht nachsteht, soll die Faser schwer zu unterscheiden sein.

Noch eine Varietät der *Raphia* ist die *Acromia sclerocarpa* oder *Gru gru*, eine sehr feine weiche Blattfaser.

14. Bromelifasern. Die Familie der Bromelia ist im tropischen Amerika heimisch, gedeiht aber auch in anderen tropischen Gegenden. Die Pflanze ist von kurzem Stamm und trägt lanzettförmige Blätter mit scharfen Dornen. Die typischen Vertreter sind *B. Karatas*, *B. pinguin*, *B. argentina*, *B. fastuosa*, *B. sagenaria*, *B. sylvestris* und *B. serra*. In Mexiko wird die Pflanze ihrer Faser wegen angepflanzt. Diese ist ein sehr feines Material von ca. 6—8 Fuß Länge. Infolge ihrer Weichheit eignet sie sich vorteilhaft zur Herstellung von Pelzimitationen, Plüschchen, Besatzwerken usw. Die *B. pinguin* dürfte die bestbekannte Faser dieser Klasse sein, sie ist auch unter dem Namen wilde Ananas bekannt, was zu Verwechslungen Anlaß geben kann. Die *B. sylvestris* ist ebenfalls schon öfters mit der gewöhnlichen Ananas verwechselt worden. Nach Morris ist *B. pita* nicht als eigent-

liche wilde Ananas anzusprechen, sondern *B. Karatas*.

Die *B. argentina*, als *Caraguata* bekannt, gedeiht hauptsächlich in Argentinien und Paraguay. Die Faser erreicht eine Länge von 4—6 Fuß, ist weich und seidig und gleicht sehr der Ananasfaser.

Die *B. sylvestris* zeitigt wohl die längste Faser dieser Familie; sie ist cremefarbig, weich und seidenglänzend. In Zentralamerika werden feine Tuche daraus gewoben. Öfters werden für diese Fasern auch die Namen Seiden-

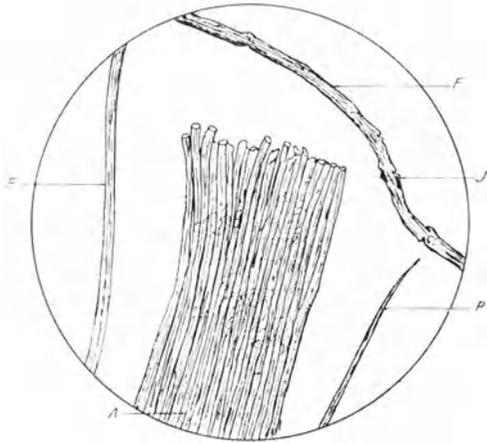


Abb. 333. Faser von *Bromelia karakas*.

gras und Hondurasseidengras genannt, doch fallen noch weitere, oft stark verschiedene Fasern unter diese Bezeichnung. Einige Autoren benennen die Bromelia auch als mexikanische „Istle“ oder „Ixtle“.

Ebenfalls als Hondurasseidengras, wilde Ananas und als mexikanische Faser wird die *Karatas plumieri* bezeichnet, welche ebenfalls im tropischen Amerika heimisch ist. Ihre Blätter erreichen eine Länge von 8—10 Fuß und sind stark mit Dornen besetzt. Diese Faser, welche oft mit *Bromelia sylvestris* verwechselt wird, hat nur lokale Bedeutung und dient zu Schnur- und Netzwerk und Emballagematerial. Die Fasern von den jungen Pflanzen sind weiß und sehr fein, diejenigen der alten ziemlich grob, dunkel gefärbt und brüchiger. Die Faser soll dem russischen Hanf ebenbürtig sein.

15. Piassava. Die Piassavapalme, welche aus ihren Blättern die Faser gleichen Namens liefert, gedeiht ausschließlich in Brasilien. Man unterscheidet botanisch zwischen der *Attalea funifera*, der amerikanischen Palme, und der afrikanischen oder Weinpalme, *Raphia vinifera*. Die brasilianische Faser, welche allein einige Bedeutung

hat, wird zu Schnüren, Seilen und Matten verarbeitet. In jüngster Zeit werden in Europa aus der Faser auch Bürstenwaren fabriziert. Im Handel hat die Faser die mittlere Länge von 6 Fuß bei einer Stärke von 0,8—3,5 mm (Wiesner). Die Farbe schwankt zwischen hell- und dunkelbraun. Die einzelnen Faserelemente sind 0,3—0,9 mm lang. Die Peripherie der Faser ist oft mit Kieselsäurekristallen durchsetzt, welche bei sorgfältigem Veraschen der Faser mit Chromsäure erhalten bleiben. Nach Greilach ist der Feuchtigkeitsgehalt lufttrockener Piassavafasern 9,26 % und der Aschegehalt 0,506 % (Wiesner).

Die afrikanische Piassava ist wegen ihrer geringen Elastizität viel wertloser. Unter dem Mikroskop zeigt sich die brasilianische Faser als ein festes Faserbündel, während die afrikanische fadenförmige Gestalt hat.

Im Handel sind gelegentlich anzutreffen die brasilianische Bahia (*Attalea funifera*) und Para (*Leopoldinia piassaba*); Kitool oder Ceylonfaser (*Caryota urens*); Palmyra ebenfalls auf Ceylon (*Borassus flabellifera*) und die Westafrikanische (*Raphia vinifera*) sowie die Madagaskar (*Dictyosperma fibrosum*).

Eine weitere brasilianische Palme, *Astrocaryum tucuna*, die Tecumo, liefert eine weiße, feine Faser, welche leicht zu gewinnen ist, da sie ganz an der Oberfläche der Blätter liegt. Ihre Festigkeit soll derjenigen des Flachses nicht nachstehen. Oft mit ihr verwechselt wird die gröbere Faserpalme Tucum; ebenfalls eine außerordentlich große Festigkeit aufweisend. Diese beiden Fasern sind imstande, größere Mengen Feuchtigkeit zu absorbieren, ohne sich dabei feucht anzufühlen, deshalb die berechnete Bezeichnung „vegetabile Wollen“ für die genannten beiden.

Die Gomuti- oder Ejoofaser, von der Sagopalme *Arenga saccharifera* stammend, hat mehr die Struktur wie Pferdehaar und dient auch als Polstermaterial.

Die Kitool- oder Kittulfaser, auf Ceylon und in Indien anzutreffen, geht öfters unter dem Namen Piassava und dient als Bürstenmaterial. Diese Bürsten sollen in der Baumwollausrüstung zum Bürsten und Polieren der Stoffe besonders geeignet sein.

Die algerische *Chamaerops humilis* liefert die Criu végétal oder afrikanisches Roßhaar.

16. Faser vom Papiermaulbeerbaum. Diese Faser hat als Papiermaterial bei uns nur geringen Wert und wird lediglich einmal als Füllstoff verwertet. Die Eingeborenen des Südseearchipels verfertigen aus der Faser einige Textilien, ohne diese zu spinnen oder zu weben. Die Pflanze,

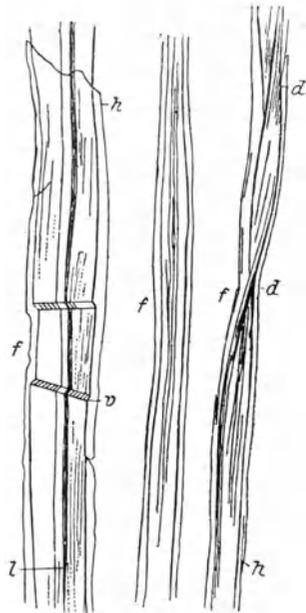


Abb. 334. Papiermaulbeerfaser.
d Gedrehte Faser; l Lumen;
v Geknicktes Mark. (Höhnel.)

Broussonetia papyrifera, liefert einen Bast für tuchähnliche Produkte, die *Topa* oder *Kapa*, auch *Masi* (Fidschi-Inseln) genannt werden. Die eigentümliche Verarbeitung der Faser zu diesen Produkten ist folgende: die gereinigten Fasern werden in mehreren Schichten in verschiedener

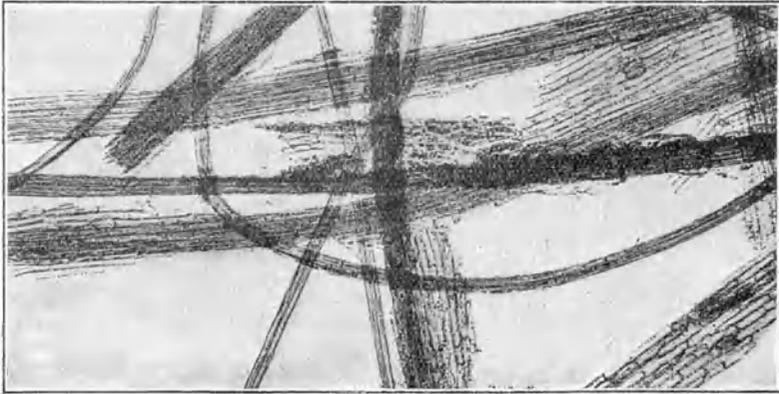


Abb. 335. Torfwole. (Herzog.)

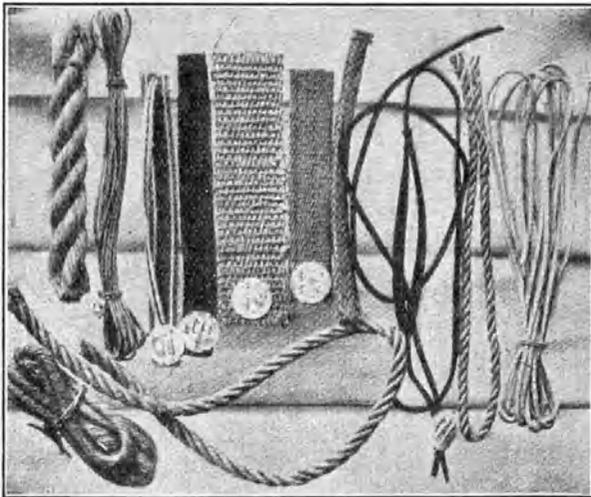


Abb. 336. Papiergarnwaren.

Faserrichtung übereinandergelegt, solange sie noch feucht sind. Beim Trocknen im Schatten verkleben sich die Fasern sehr fest. In dieser Form werden sie mit Holzdreschen geklopft, wobei die „Verfilzung“ womöglich noch fester, das Tuch aber weich und geschmeidig wird. Auf ähnliche Weise können auch einzelne solcher Stücke zusammengepreßt werden. Das Material kann leicht gebleicht, gefärbt und bedruckt werden.

In Japan, wo der Papiermaulbeerbaum ebenfalls gut gedeiht, wird aus der Faser hauptsächlich Papier hergestellt. Aus diesem Papier werden in Japan die weiteren Stoffe gefertigt, indem das Papier in schmale Streifen zerschnitten, gezwirnt und verwoben wird. Die Kette dieser Gewebe besteht meist aus Hanf oder Seide.

Nach Höhnel ist die Papiermaulbeerfaser 6—15 mm lang und 25—35 Mikrons stark. Das Lumen ist äußerst fein und kaum zu erkennen. In gewissen Intervallen ist es mit gelben Pigmenten angefüllt. Die Faser enthält öfters feine Kriställchen aus Calciumoxalat (Abb. 334).

17. Perinifaser. Die Faser gedeiht ausschließlich in Brasilien, wo sie unter dem Namen Canhamo (*Conhamo brasiliensis* Perini) bekannt ist; so benannt nach ihrem Entdecker Victorio Antonio Perini. Er traf die Pflanze wildwachsend an, studierte ihre Kultur und die Verwertung der Faser und erhielt im Jahre 1904 ein U.S.A.-Patent auf die Verarbeitung der Faser. Die Pflanze ist eine Weidenart, welche in 4—5 Monaten 12—18 Fuß hoch wird und äußerlich viel Ähnlichkeit mit Hanf aufweist. Die Faser ist auch als brasilianisches Leinen bekannt und es sind seinerzeit große Hoffnungen auf das Material als Leinenersatz gesetzt worden.

Die Pflanze wird zur Fasergewinnung im dritten Monat, noch vor der Blüte geschnitten. Sie hat dann eine Höhe von ca. 10 Fuß erreicht. Man schneidet sie ca. 4 inches über dem Boden; der Stock schießt bald mit neuen Trieben nach, so daß pro Jahr 3 Ernten geschnitten werden können, worauf die Stöcke entfernt und eine neue Saat gezogen wird. Die Faser ist in feuchtem und nassem Klima von gleicher Qualität und wird durch keine tierischen Schädlinge zerstört. Die lange, starke und schmiegsame Faser gleicht unserem Flachs, der Glanz ist angenehm entwickelt und die natürliche Farbe ansprechend und sehr gut zu bleichen.

Das Loslösen der Bastfaser vom Holz erfolgt mühelos; sie benötigt auch keinen Röstprozeß und wird lediglich durch Hecheln gereinigt. In Brasilien hat infolge der genannten guten Eigenschaften der Faser ihre Kultur größeren Umfang angenommen. Sollten die unternehmungsfreudigen Hände die Kultur und Verarbeitung ausbauen, so kann auf dem europäischen und amerikanischen Markt das Material gegen Hanf

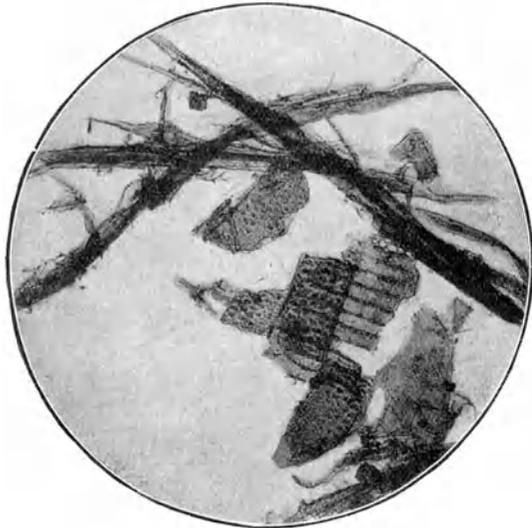


Abb. 337. Holzpülpe, Espe. (Herzog.)

und Lein konkurrieren. Der Verfasser hat selbst die Faser in verschiedener Hinsicht geprüft und kommt zu der Ansicht, daß die Hoffnungen auf sie keineswegs übersetzt sind. Es wäre noch zu betonen, daß pro Acre die Ernte ungefähr 3000 Pfund erreicht.

18. Die Couratarifaser. Es ist dies eine Borstenfaser, die von wenigen Einheimischen Südamerikas zu groben Kleidungsstücken verarbeitet wird. Der Tururi oder Couratari legalis ist ein kleiner Baum mit weißer Rinde, aus welcher bis zu 4 Yards lange Streifen gezogen werden können. Das Material sieht grober Wolle nicht unähnlich. Ganz ähnlich wird

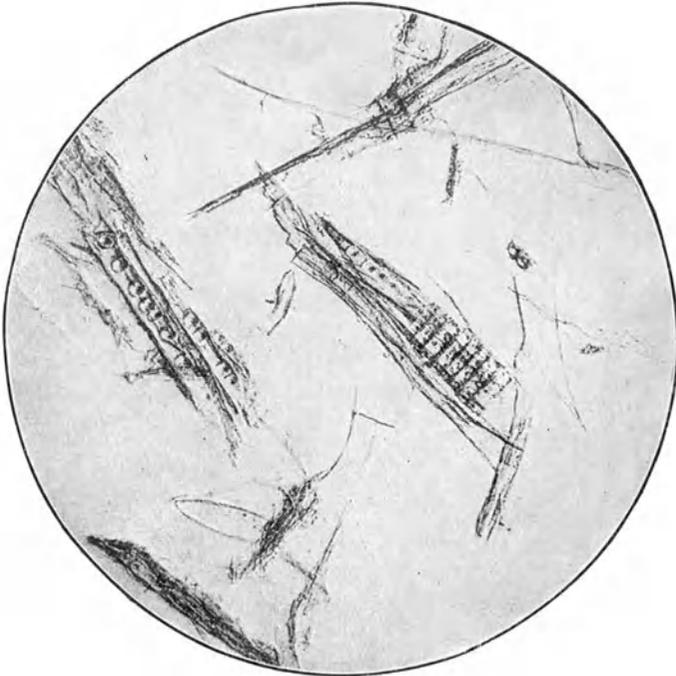


Abb. 338. Holzpülpe, Föhre. (Herzog.)

auch aus der Faser der Touary (*Couratari tanari*) in Brasilien von den Eingeborenen ein Tuch gewoben. Der Baum ist bedeutend größer als der vorgenannte; die Faser wird aus den inneren Borken gewonnen und ist ein papierähnliches weißes Produkt, das in Fasern zerschnitten, verwoben und des weiteren auch als „Zigarettenpapier“ von den Einheimischen verwendet wird. Die Indianer von Peru und Bolivien verstehen sich gut auf das Färben dieser Fasern und verwenden sie recht häufig. Auf Guinea nimmt die Faser von *Courataria guianensis* bei den Eingeborenen eine gleiche Rolle ein.

19. Torfwolle. In Europa ist schon verschiedentlich Torfwolle als Textilmaterial herangezogen worden und wird heute noch zusammen mit geringwertigem Fasermaterial, hauptsächlich mit Shoddy, zu groben Garnen versponnen. Nach dem sogenannten „Geige“-Prozeß wird der

Torf mit Sodawasser während mehreren Stunden von den Fasern losgelöst; diese passieren darauf durch Öffner und Reißwölfe, Sortiermaschinen und werden endgültig gebleicht. Die besten Faserlängen erreichen 15 cm. Die Faser soll sich vor allem dort eignen, wo große Feuchtigkeitsmengen absorbiert werden sollen; also für Tampons in Industrie und Medizin¹.

Nach Linsbauer stammt die Faser hauptsächlich aus dem Bast der verschiedenen Eriophorum-Arten. Die Länge schwankt zwischen 0,3 und 2,3 cm; der Durchmesser beträgt 4,9—9,9 Mikron. Das Lumen ist sehr deutlich ausgeprägt, die Zellwände sind von netzartiger Struktur. Die Faser hat einige Ähnlichkeit

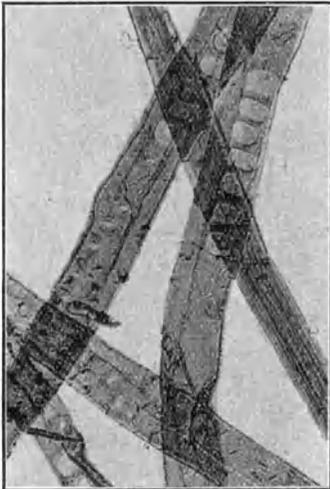


Abb. 339. Tanne.

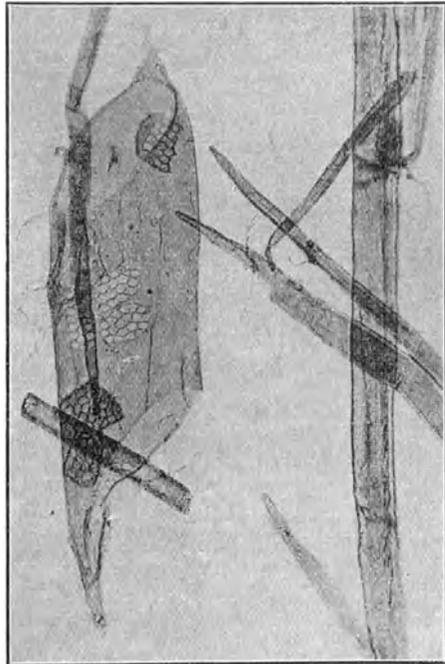


Abb. 340. Holzpülpe, Weide. (Herzog.)

mit Jute. Mit Phloroglucinsalzsäure tritt Rotfärbung ein, was für die starke Verholzung spricht. Mit Kupferoxydammoniak tritt unter Grünfärbung Aufschwellung ein, die im Anfangsstadium demselben bei der Baumwolle gleicht; zu einer gänzlichen Lösung kommt es jedoch nicht.

20. Textilstoffe aus Holzzellstoff (Pülpe). In neuerer Zeit ist verschiedentlich aus Holzzellstoff ein Garn fabriziert worden, das als Schnurwerk und Textilmaterial eine gewisse Bedeutung erlangte; z. B. die mit Papier umwickelten Schnüre aus Stahldraht usw.

¹ Z. ges. Textilind. 1899, Nr. 5 u. 7. Kunststoffe 1918, Nr. 9 u. 11. Hausding; Handbuch der Torfgewinnung und Verarbeitung, D.R.P. 50304, 96540, 92265, 102988, 150698, 195284, 162108, 161667, 161668, 167831, 168172, 169381, 180397, 258068, 301394, 301396, 307396, 315755.

Der Holzbrei wird meist als dünner Floor direkt von den Walzen in Streifen geschnitten und noch feucht gezwirnt. Das grobe Garn, das resultiert, hat eine bemerkenswerte Festigkeit und Elastizität und kann verschiedentlich verwendet werden. Für sich allein verwendet werden Packmaterialien, Schnüre und Stoffe für dekorative Zwecke hergestellt. Das Papiertextilgut kann überall dort die Jute ersetzen, wo weniger große Anforderungen an Witterungsbeständigkeit gestellt



Abb. 341. Holzpülpe, Pappel. (Herzog.)

werden, denn die mechanische Festigkeit des trockenen Materials ist bedeutend. Eine große Menge Papiergarn wird z. B. als Isolierhülle für Telefonkabel gebraucht.

Die Faser aus Holz hat nämlich eine zu geringe Länge, um irgendwie anders verarbeitet zu werden. Das Minimum der Faserlänge, das Spinnmaschinen noch verarbeiten können, beträgt 3—5 mm. Die Fäserchen der Holzpülpe stehen in ihrer Länge aber bedeutend zurück. Es sind aber nach den folgenden drei Gesichtspunkten aus Papierbrei erfolgreich Textilgarne herzustellen:

a) Die Methode Claviez nach D.R.P. 93324 (Jagenberg) verwendet ein fertiges ungeleimtes Papier. Das Papier wird in 2—3 mm breite Streifen

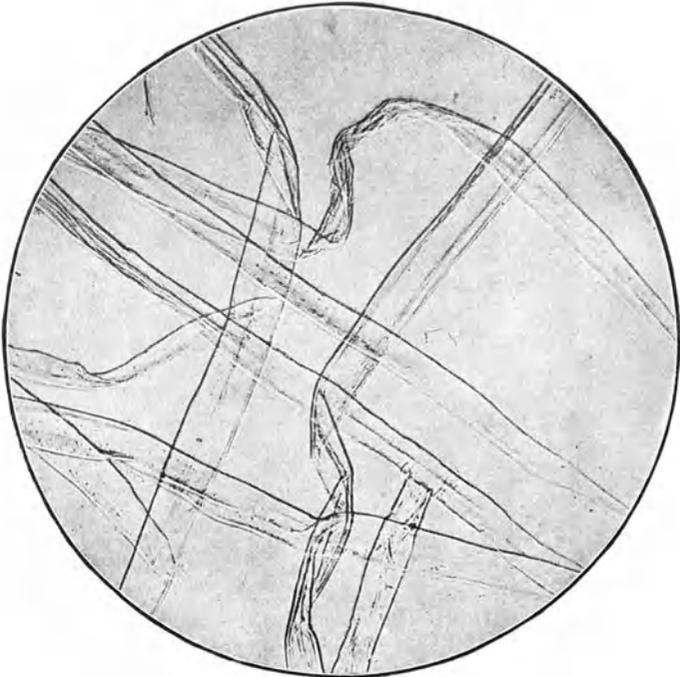


Abb. 342. Holzpülpe, Tanne. (Herzog.)

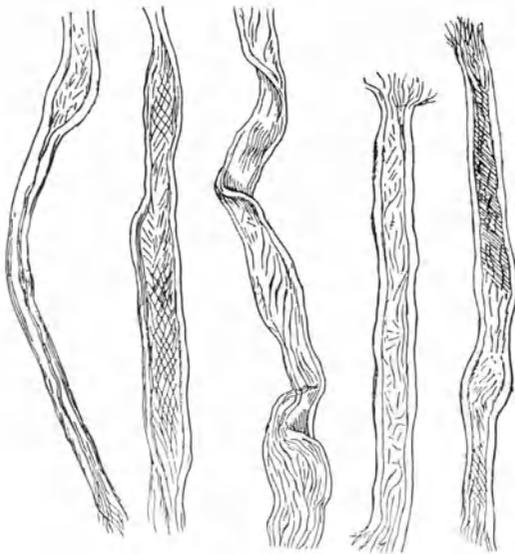


Abb. 343. Baumwollfaser aus Papier. (Litschauer.)

geschnitten und aufgespult. Von diesen Bobinen werden 2 oder mehrere Streifen zusammengerollt, diese sehr regelmäßig eingeflechtet und

aufs neue gerollt. Die Produkte sind als Xylolin oder Textilose bekanntgeworden¹.

b) Die Kellner-Türk-Methode² verwendet das Papier in dem Stadium, wo es vom Preßroller der Papiermaschine kommt. Durch eine Schere

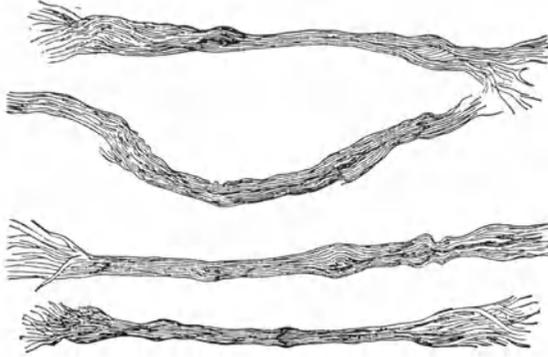


Abb. 344. Leinenfaser aus Papier. (Litschauer.)

aus Stahldrähten wird das Papier in Streifen geschnitten; diese zusammengerollt³.

c) Das Kron-Verfahren⁴ liefert die als Silvalin bekannten Produkte und hat den feuchten Holzbreifloor zum Ausgangsmaterial. Dieser



Abb. 345. Hanffaser in Papierbrei. (Herzog.)

wird in Streifen aufgeteilt und in feuchtem Zustande dubliert, durch Pressen von Wasser befreit, weitergerollt und endlich auf Dampfzylindern getrocknet. Die Produkte sind meist Juteersatzstoffe, und als Licella und Silvalin in Europa bekannt.

Nach Pfuhl⁵ erreichen die Papiergarne eine Reißfestigkeit von 5—8 kg, bei einer Elastizität von 6—7%. Man kann durch Imprägnieren die Stoffe gegen Feuchtigkeitsaufnahme schützen, wobei sie wet-

¹ Siehe auch F. Herig: Papier-Fabrikant 1921, S. 32.

² D.R.P. 73601, 76126, 79272.

³ U.S.P. 762914, 794516, 762640, 762641, 795776, 776479.

⁴ D.R.P. 140011, 140012, 140066.

⁵ Pfuhl: Papierstoffgarne S. 101.

terbeständiger werden¹. — Im allgemeinen kann bei Papiertextilien mit der halben Festigkeit der Jutematerialien gerechnet werden.



Abb. 346. Holz- und Baumwollfasern in Papierbrei. (Herzog.)

Das Papiergarn wird nach Metern auf das Gramm testiert. Ausgedrückt durch den Baumwolltest = 840 Yards pro Pfund, muß der

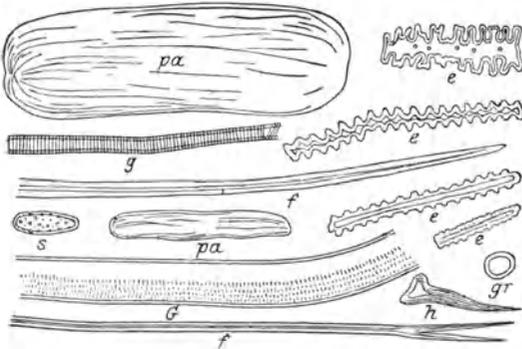


Abb. 347. Strohfaser. Bild, wenn aus Papier losgelöst. (Höhnel.)

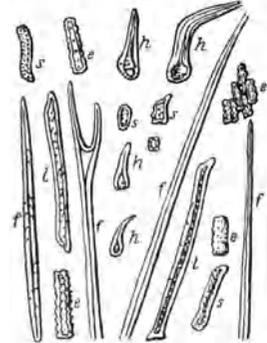


Abb. 348. Espartograssfaser. Fasern; s kurze Sklerenchymelemente; e Epidermiszellen. (Höhnel.)

¹ Zu diesem Zwecke werden die Garne und Stoffe durch ein Bad aus Gummi, Tannin und Natriumsilikat bei 50° C passiert und darauf in einem Bad aus basischem Aluminiumformiat von 6 Bé gehärtet. Ein anderer Vorschlag ist das Imprägnieren der Papiermasse mit Gelatine und darauffolgender Härtung mit Formaldehyd. Dies soll jedoch Faserschwächung zur Folge haben. Mit Tanninzusätzen, Aluminazetat usw. werden oft auch spezielle Eigenschaften, wie Knistern, Schrumpfen usw., hervorgeholt, um die Produkte zu dekorativen Zwecken zu benutzen.

Metertest mit 0,691 multipliziert werden; im Leinentest ist der Faktor 1,654 (300 Yards pro Pfund); im Jutetest (Pfund pro 14400 Yards) ist der Umrechnungsfaktor 29.

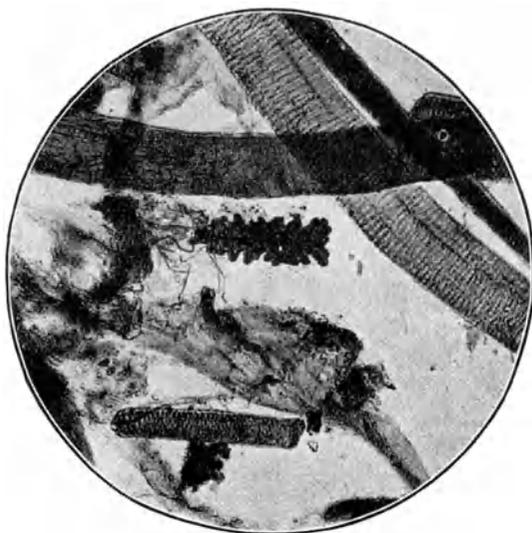


Abb. 349. Stroh in Pülpe mit Kieselzellen. (Herzog.)

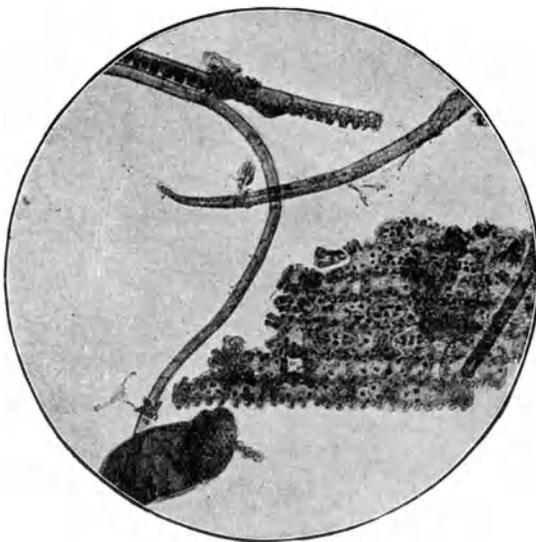


Abb. 350. Chinesisches Reispapier. (Herzog.)

Das Bleichen und Färben erfolgt ohne größere Schwierigkeiten. Man erkennt die Tendenz in der Industrie deutlich, daß das Papiergarn mehr für sich allein, als mit andern Fasern zusammen verarbeitet wird. Die Fabrikation der Garne ist eine sehr saubere und billige; Abfallstoffe

entstehen meist gar keine. Die ersten Erfolge sind von Emil Claviez 1895—97 erzielt worden und bildeten die Basis der weiteren Versuche.

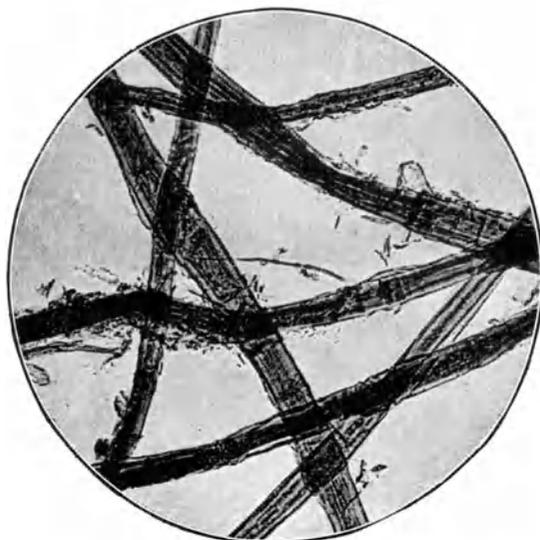


Abb. 351. Papiermaulbeerfasern in Pülpe. (Herzog.)

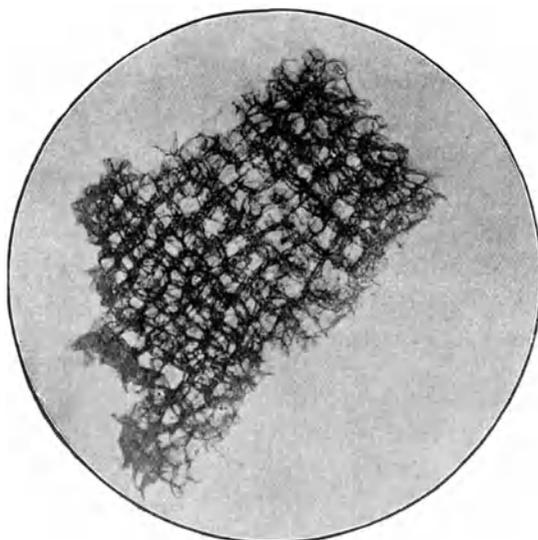


Abb. 352. Chinesisches Reispapier.

Als Rohmaterial kann irgendeine Papierpülpe dienen; es dürfte sich aber vor allem die Sulfitzellulose zur Fabrikation eignen; die erhaltenen Garne sollen große Elastizität aufweisen.

Bei den chemischen Holzaufbereitungsverfahren wird die ursprüngliche Faserstruktur (Faserelemente) bei Innehaltung gewisser Bedingungen am wenigsten zerstört und liefert das beste, sogenannte „Kraft“-Papier. Die Papiere sind nicht rein weiß zu bleichen, besitzen aber größere Festigkeit als die ganz aufgeschlossenen Sulfitzellstoffpapiere.

Die Analyse von Papier, Papiergarnen und Geweben, und gemischten Textilien stellt die höchsten Anforderungen an den Textilchemiker.

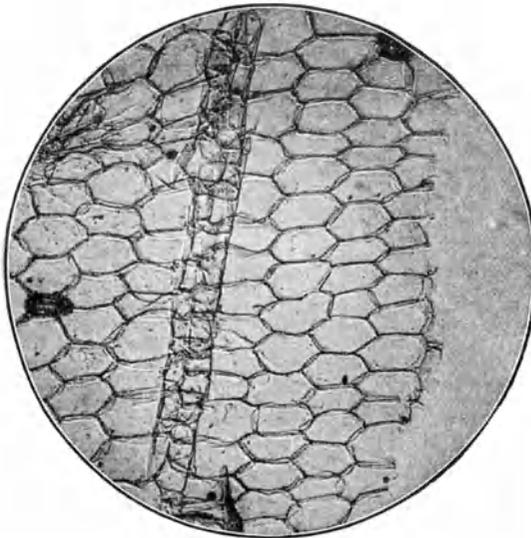


Abb. 353. Papyrus der Alten.

Die auf mechanischem Wege hergestellten Holzpülpfen sind unter dem Mikroskop ihrer charakteristischen Formen wegen am leichtesten zu identifizieren. Als Rohmaterial neben Holz kommen noch weiter in Frage, Baumwolle, Lein, Hanf, Jute, Baumwollinters, Espartofaser, Stroh und noch einige andere. Diese können bei geringer Deformation oft unter dem Mikroskop isoliert und einer mikrochemischen Untersuchung unterworfen werden. Ist aber die

Deformation eine große, so können die Schwierigkeiten oft kaum überwunden werden.

Die Reaktionen der verschiedenen Fasern sind im einzelnen die gleichen, wie sie bei den betreffenden Fasern genannt sind. Das Erkennen der Faser unter dem Mikroskop erfordert ein geübtes Auge und eine reiche Erfahrung. Die beiliegenden Abbildungen geben die typischen Erscheinungsformen der Rohstoffe in der Papierpülpe wieder und dienen als kleine Wegleitung.

XXV. Allgemeine analytische Untersuchung der Gespinnstfasern.

1. Haupteinteilung. Vom kommerziellen Standpunkt aus ist es bei der Untersuchung der meisten gewobenen Produkte, der Garne, Stoffe usw., nur notwendig, zwischen Wolle, Baumwolle, Seide, Leinen, Jute, Hanf und Ramie zu unterscheiden. Bei der Wolle kommen noch die verschiedenen tierischen Haare, wie Mohair, Kaschmir usw., in Betracht. Andere tierische Fasern, wie Kuhhaar und Pferdehaar, kann man leicht mit bloßem Auge unterscheiden. Natürlich gibt es eine Menge anderen.

Fasern pflanzlichen Ursprungs, die man in geringeren oder größeren Quantitäten auf Textilprodukte verarbeitet. Aber entweder eignen sie sich nicht, mit den obengenannten Materialien zusammen verarbeitet zu werden, oder dann kann man sie leicht und ohne besondere Untersuchung von diesen unterscheiden.

Dodge gibt eine Zusammenstellung der in Amerika im Handel befindlichen Textilfasern. Es sind ungefähr 30 an der Zahl, deren wichtigste die folgenden sind.

Sechs Bastfasern:

Flachs, *Linum usitatissimum*,
China-Gras, *Boehmeria nivea* und *B. tenacissima*,
Hanf, *Cannabis sativa*,
Jute, *Corchorus capularis* und *C. olitorius*,
Sonnen-Hanf, *Crotalaria juncea*,
Kuba-Bast, *Hibiscus tiliaceus*.

Die ersten fünf dieser Klasse werden in der Spinnerei benutzt, während der letztere in der Putzwarenindustrie Verwendung findet.

Zwei Oberflächenfasern:

Baumwolle, *Gossypium* sp.,
Raffia, *Raphia ruffia*.

15 Strukturfasern, welche zu den Klassen der Agaven, Palmen und Gräser gehören:

Sisalanf, <i>Agave rigida</i>	}	Seilereifasern,
Manilahanf, <i>Musa textilis</i>		
Mauritiushanf, <i>Fourcroya gigantea</i>	}	Bürstenfasern,
Neuseelandflachs, <i>Phormium tenax</i>		
Tampiko, <i>Agave heteracantha</i>	}	Bürstenfasern,
Bahia piassave, <i>Attalia funifera</i>		
Para piassave, <i>Leopoldina piassava</i>	}	Bürstenfasern,
Mexikamahesstroh, oder Ginsterwurzeln, <i>Epicampes macrourea</i>		
Cabbage palmetto, <i>Sabal palmetto</i>	}	Polster- und Teppichfasern,
Crin végétal, <i>Chamaerops humilis</i>		
Spanisches Moos, <i>Tillandsia usneoides</i>	}	Polster- und Teppichfasern,
Saco palmetto, <i>Serenoa serruata</i>		
Kokosnußfaser, <i>Cocos nucifera</i>	}	Polster- und Teppichfasern,
Esparto-Gras, <i>Stipa tenacissima</i> , eine Papierfaser, Pflanzenschwamm, <i>Luffa aegyptica</i> , ein Ersatz für Schwämme.		

Die pflanzlichen Fasern, die in den Vereinigten Staaten in bedeutenden Mengen kultiviert werden, sind Baumwolle, Hanf, Flachs, Palmettofaser und Pflanzenhaar aus spanischem Moos.

2. Die mikroskopische Untersuchung. Die beste Methode zur qualitativen Unterscheidung der obenerwähnten Faserstoffe ist die mikroskopische. Mit ihrer Hilfe kann man die charakteristischen Eigenschaften der Faserstruktur leicht feststellen. Jede der in Frage kommenden Fasern weist mehrere sehr charakteristische Einzelheiten auf, so daß bei einiger Übung keine Schwierigkeit besteht, sie zu identifizieren. Man kann die verschiedenen Faserstrukturen an Hand der in den vorigen Seiten gegebenen Abbildungen vergleichen.

Um die Faser methodisch zu untersuchen, rät Höhnel, das Anwendungsgebiet einer technisch zu verwendenden Faser, wenn man alle die kennzeichnenden Eigenschaften kennen will, so genau wie möglich zu beschreiben. In solchen Fällen ist es dann möglich, zu einer Stellungnahme zu kommen, wenn man eine analytische Tabelle zur Identifizierung sowohl der Faser als auch der Pflanze aufstellen will. Er geht dabei von dem oft angetroffenen Gedanken aus, daß, um eine Faser vollständig zu identifizieren, es nur nötig ist, eine vollständige Beschreibung ihrer Physiographie zu haben. Er widersetzt sich der Ansicht, daß eine bloße Beschreibung genüge, da es mit ihrer Hilfe nicht immer möglich sei, eine Faser von der ihr in den Eigenschaften am nächsten stehenden zu unterscheiden. Und in der Tat neigte man bis heute noch dazu, die Mikroskopie mehr als eine beschreibende, denn als eine vergleichende Wissenschaft anzuschauen. Und gleichzeitig schrieb man den leicht erkennbaren mikroskopischen Eigenschaften eine zu große analytische Genauigkeit zu. Die Erkennung der Faser liegt viel tiefer, und man erlangt sie nur durch eine Arbeit, die viel Einsicht erfordert und oft viel Mühe in sich schließt. Oft muß man die Kennzeichen in fast unmerklichen Eigenheiten von geringer anatomischer Wichtigkeit suchen.

Die hauptsächlichsten Charakteristika sollten immer morphologischer Natur sein, d. h. solche, die die äußere Form der Faser bestimmen, wie Basis, Lumen, relative Dicke der Zellwände, Punkte usw. Die übrigen Eigenschaften, namentlich die Größe und das chemische Verhalten der Faser, sollte man als weniger wichtig ansehen. Die Fasergröße wechselt oft in einer Weise, die man gar nicht erwartet. Besonders ist das bei der Pflanzenfaser der Fall, bei denen ja dieser Unterschied ein physiologischer ist. Je länger z. B. ein Muster von Lein, Jute usw. infolge günstiger äußerer Umstände ist, um so länger werden auch die in ihm enthaltenen Fasern sein.

Was die mikrochemischen Eigenschaften betrifft, muß man darauf achtgeben, daß in der diesbezüglichen Literatur selten auf die Konzentration der angewendeten Reagenzien geachtet wird, und dann muß man sich auch vergegenwärtigen, daß man, wenn man es mit einem künstlich gefärbten Produkt zu tun hat, in der Regel keine Farbreaktionen ausführen kann. So geben z. B. Jod und Schwefelsäure, je nach der angewandten Konzentration, mit Baumwolle eine Färbung, die von hellrosa bis dunkelblau, mit Hanf eine solche, die von gelb bis graublau wechseln kann. Wieder andere Fasern werden durch den Bleichprozeß so sehr verändert, daß die ihnen zugehörigen Farbreaktionen keine Gültigkeit mehr haben. Beim Bleichen kann die Holzsubstanz vollständig aus der Faser herausgelöst werden oder die Kutikula kann zerstört sein. Das Verhalten der Baumwolle gegenüber Kupferoxydammoniak hat für stark gebleichtes Baumwollgarn keine Gültigkeit, da bei diesem die Kutikula fast vollständig zerrissen ist. Die chemischen Eigenschaften, mit deren Hilfe man Hanf, Lein und Jute unterscheiden kann, sind nutzlos, wenn man es mit gut gebleichtem oder gefärbtem Material zu tun hat.

Infolgedessen sollte man beim Prüfen und Untersuchen der Fasern den morphologischen Eigenschaften den Vorzug geben, denn nur diese zeigen gut umgrenzte Charakteristika. Wenn man bei den mikrochemischen Untersuchungen ganz sicher gehen will, ist es notwendig, immer dieselben Reagenzien zu verwenden. Jedes Charakteristikum einer Faser ist nur von relativem Wert, da es nur dazu dient, diese von einer oder mehreren bestimmten andern zu unterscheiden. Benutzt man es jedoch, um sie mit andern zu vergleichen, so ist es wieder wertlos. So ist es z. B. leicht, zwischen Jute und Hanf an Hand der sogenannten „Knoten“ zu unterscheiden, jedoch ist es mit ihrer Hilfe nicht möglich, zwischen Hanf und Flachs zu einer Unterscheidung zu gelangen.

3. Qualitative chemische und mikrochemische Untersuchungen. Eine rohe Methode, um zwischen Tier- und Pflanzenfaser zu unterscheiden, besteht darin, daß man sie verbrennt. Die Pflanzenfasern verbrennen sehr leicht, ohne einen unangenehmen Geruch zu hinterlassen, während die Tierfasern ziemlich schwer brennen und dabei einen Geruch nach verbranntem Horn entwickeln. Auch das Aussehen des angebrannten Faserendes gibt einen Hinweis auf die Faserklasse. Vegetabilische Fasern brennen am Ende scharf ab, während die animalischen ein rundliches, an den Rändern versengtes Ende bilden. Die Tabellen I und II geben eine Übersicht über die hauptsächlichsten chemischen Reaktionen der wichtigsten Faserstoffe, und wenn man diese Prüfungen richtig durchführt, so wird man die wichtigsten Fasern von einander unterscheiden können.

4. Reagenzien zur Untersuchung von Fasern. Die in den Tabellen genannten Reagenzien, die man zur Untersuchung der Faser verwendet, kann man auf folgende Weise herstellen:

1. Krapplösung. Man extrahiert 1 g Krapp mit 50 cm³ Alkohol und filtriert vom Ungelösten ab. Anwendung zur Unterscheidung zwischen Baumwolle (hellgelb) und Lein (orange).

2. Kochenillelösung. Sie wird in der oben beschriebenen Weise hergestellt, indem man 1 g Kochenilletierchen extrahiert. Anwendung zur Unterscheidung zwischen Baumwolle (rot) und Lein (violett).

3. Fuchsinlösung. Auch unter dem Namen Liebermannsche Lösung bekannt. Man löse 1 g Fuchsin (Magenta) in 100 cm³ Wasser und füge dann tropfenweise so lange Natronlauge zu, bis das Fuchsin entfärbt ist. Nun wird filtriert und in einer gut verschlossenen Flasche aufbewahrt. Die Lösung wird so angewendet, daß man die gemischte Faser mit ihr in der Wärme behandelt und nachher gut auswäscht. Die animalische Komponente wird sich rot anfärben, während die vegetabilische farblos bleibt.

4. Chlorzinklösung. Man löse 1000 g Chlorzink in 850 cm³ Wasser, füge 40 g Zinkoxyd zu und erhitze so lange, bis vollständige Lösung eingetreten ist.

5. Zinnchlorürlösung. Man kann diese herstellen, indem man 15 g Zinnchlorür (SnCl₂) in 15 cm³ konzentrierter Salzsäure löst und dann nach und nach 3 g gepulvertes Kaliumchlorid (KCl) zusetzt. Hierauf wird mit Wasser auf 100 cm³ verdünnt.

6. Silbernitratlösung. 5 g Silbernitrat (AgNO_3) werden in 100 g Wasser gelöst und in einer dunklen Flasche aufbewahrt.

7. Quecksilbernitrat, Millons Reagens. Man löse bei mäßiger Temperatur 10 g Quecksilber in 25 cm³ reiner mit 25 cm³ Wasser verdünnter Salpetersäure und mische diese Lösung mit einer solchen aus 10 g Quecksilber in 20 cm³ rauchender Salpetersäure. Man benutzt die Lösung, um auf die Anwesenheit animalischer Fasern zu prüfen (rot). Sie ist nicht sehr beständig.

8. Kupfersulfat oder Ferrosulfat. Man löse 5 g von jedem dieser Salze in je 100 cm³ Wasser.

9. Natriumplumbit. Man löse 5 g Natronlauge in 100 cm³ Wasser und füge 5 g Bleiglätte (PbO) zu. Es wird nun so lange gekocht, bis alles gelöst ist. Man benützt dieses Reagens, um die Anwesenheit von Wolle oder Haarfisern nachzuweisen.

Tabelle I.

Reagens	Wolle	Seide	Lein	Baumwolle
Krapplösung	nichts	nichts	orange	gelb
Kochenillelösung	purpur	purpur	violett	hellrot
Fuchsin	rot	rot	nichts	nichts
Saure Farbstoffe	gefärbt	gefärbt	nichts	nichts
Mikadogelb	nichts	nichts	gefärbt	gefärbt
Einwirkung verschiedener Salze:				
Chlorzink	teilweise gelöst	gelöst	Faser ungelöst, gelbe Farbe	
Zinnchlorür	nichts	nichts	schwarze Farbe	
Silbernitrat	violett bis braun	nichts	nichts	
Quecksilbernitrat	rot bis braun	nichts	nichts	
Kupro- oder Ferrosulfat	schwarz	nichts	nichts	
Natriumplumbit	schwarzer Niederschlag	kein Niederschlag	nichts	
Ammoniakal. Kupferoxyd	schwillt an	nichts	Schwillt und löst sich teilweise	
Ammoniakal. Nickeloxyd	ungelöst	Lösung	ungelöst	

10. Ammoniakalisches Kupferoxyd, Schweitzers Reagens. Man löst 5 g Kupfersulfat in 100 cm³ kochendem Wasser und fügt so lange Natronlauge zu, bis das Kupfer vollständig ausgefällt ist. Das Kupferhydroxyd wird abfiltriert, gut ausgewaschen und in Ammoniakwasser gelöst. Die Lösung ist tiefblau. Nicht alle ammoniakalischen Kupferoxydlösungen lassen die Baumwolle anschwellen und lösen sie auf. Die Lösung muß konzentriert und frisch hergestellt sein. Das brauchbarste Reagens erhält man, wenn man frisch gefälltes Kupferhydrat auswäscht, die überschüssige Flüssigkeit durch Pressen zwischen Filterpapier entfernt und dann in der eben ausreichenden Menge konzentriertem Ammoniak löst. Man muß das Reagens in einer gut verschlossenen Flasche und unter Lichtabschluß aufbewahren. Die Bastfasern von

Flachs und Hanf sind in der Flüssigkeit nicht vollständig löslich. Sie schwellen nur sehr stark an und bilden dann die Formen, die denen der Baumwolle ähnlich sind. Ist die Lösung nicht konzentriert genug, so tritt die kugelförmige Schwellung nicht ein, und die Faser schwillt dann nur gleichmäßig an.

Böttcher empfiehlt die Lösung folgendermaßen herzustellen: In ein Glasrohr von ungefähr 5 cm Weite und 60 cm Länge trägt man loses dünnes Blattkupfer ein und füllt dann mit Ammoniakwasser auf. Nach einigen Minuten läßt man die Flüssigkeit ab und gießt sie von oben wieder hinein. Dies setzt man nun während einiger Stunden so fort bis man eine tiefblaue gesättigte Lösung erhält. Neubauer empfiehlt eine Kupfersulfatlösung in Gegenwart von Ammoniumchlorid mit Natronlauge zu fällen. Den so erhaltenen Niederschlag wäscht man mehrere Male durch Dekantieren und schließlich auf einem Filter. Er wird dann in so wenig Ammoniak als möglich gelöst. Wiesner stellt das Reagens her, indem er Kupferspäne mit Ammoniak in einer offenen Flasche behandelt (Luftoxydation).

11. Ammoniakalisches Nickeloxyd. Man löse 5 g Nickelsulfat in 100 cm³ Wasser und setzt so lange Natronlauge zu, bis das Nickelhydroxyd vollständig ausgefällt ist. Dann wäscht man den Niederschlag gut aus und löst ihn in 25 cm³ konzentriertem Ammoniak und 25 cm³ Wasser. Dieses Reagens löst Seide fast momentan auf. Das Gewicht der Pflanzenfasern vermindert sich bei der Behandlung damit nur um 1/2% und dasjenige der Wolle nur um 1/3%.

12. Kali- oder Natronlauge. Man löse 10 g des kaustischen Alkalis in 100 cm³ Wasser.

13. Nitroprussidnatrium. Man löse 2 g des Salzes in 100 cm³ Wasser.

14. Bleiazetat. Man löse 5 g kristallisiertes Bleiazetat (Bleizucker) in 100 cm³ Wasser.

15. Schwefelsäure und Salpetersäure. Man verwendet die konzentrierten Handelssäuren.

16. Chlorwasser. Wasser wird mit Chlorgas, das man durch Einwirkung von Salzsäure auf Braunstein (MnO₂) erhält, gesättigt. Man bewahre die Flüssigkeit in einer dunklen Flasche auf.

17. Jodlösung. Man löse 3 g Natriumjodid in 60 cm³ Wasser und gebe 1 g Jod dazu. Vor dem Gebrauch verdünnt man die Lösung mit 10 Teilen Wasser. Wendet man das Reagens zusammen mit Schwefelsäure an, so setzt sich letztere aus 3 Teilen konzentrierter Schwefelsäure, 1 Teil Wasser und 3 Teilen Glycerin zusammen. Das Glycerin schützt die Faser vor dem Zerstörtwerden und bringt gleichzeitig gewisse Einzelheiten der Struktur zum Ausdruck, wenn die Faser das Jod vorher absorbiert hat. Die Fasern werden zuerst mit der Jodlösung und dann mit der Schwefelsäurelösung befeuchtet. Nach Höhnel stellt man die Jodlösung folgendermaßen her: 1 g Natriumjodid wird in 100 cm³ destilliertem Wasser gelöst. Dann setzt man so lange Jod hinzu, bis die Lösung gesättigt ist. Damit diese Lösung immer gesättigt bleibt, setzt man einen Überschuß von Jod zu, der auf dem Boden der Flasche bleibt. Die

Tabelle II.

Prüfung	Wolle	Seide	Lein	Baumwolle	Hanf	Jute
Kaillauge	Lösung	Lösung	schwillt auf und wird braun	schwillt auf und wird gelblich	werden braun	gefärbt
Natronlauge	Lösung nach und nach	Lösung nach und nach, wird rötlich	braungelb	schwachgelb		bräunlich
Ammoniak	—	—	—	—	—	—
Die Alkalisierung der Faser behandelt mit:						
Nitroprussidnatrium . .	violett	nichts	—	—	—	—
Bleiazetat	schwarz	nichts	—	—	—	—
Kupfersulfat	violett, dann braun	violett	—	—	—	—
Schwefelsäure	löst erst in der Hitze	löst in der Hitze schnell	löst in der Kälte schnell	löst schnell	löst langsam	löst langsam
Chlorwasser	gelb	gelb	bleicht	bleicht	braungelb	auf Zusatz von Ammoniak violett
Jodlösung	—	—	gelb	gelb	—	hellbraun
Pikrinsäure	gelb	gelb	nichts	nichts	nichts	nichts
Jod und Schwefelsäure .	—	—	schwillt an, blau	schwillt an, blau	schwillt an, grün	schwillt an, gelb bis braun
Thymol und Schwefelsäure	—	—	violett	violett	—	—
Zucker und Schwefelsäure .	rosarot	rosarot	—	—	—	—

Schwefelsäurelösung besteht aus 2 Volumenteilen reinem Glycerin, 1 Volumenteil destilliertem Wasser und 3 Teilen gewöhnlicher konzentrierter Schwefelsäure. Diese kann man langsam und vorsichtig mischen, indem man darauf achtet, daß die Flasche gut gekühlt hat. Mit der Zeit verändern sich beide Lösungen in ihrer Zusammensetzung und Konzentration. Die Jodlösung muß man dann wieder frisch ansetzen, während man die Schwefelsäurelösung, wenn sie lange gestanden hat, einfach durch Zusatz von etwas konzentrierter Säure wieder gebrauchsfähig machen kann. Um sich zu überzeugen, daß die Lösungen gut reagieren, läßt man sie auf rohe Flachfasern einwirken. Diese sollen bei der Behandlung mit der Schwefelsäure nicht anschwellen, also keine Formveränderungen zeigen, und rein blau aussehen. Wenn die Faser schwillt, ist die Schwefelsäure zu konzentriert; und wenn die blaue Farbe nicht sofort auftritt (wenn sie nur violett oder rosa ist), so ist die Schwefelsäure zu verdünnt. Im ersten Fall muß man mehr Glycerin zusetzen und im zweiten mehr konzentrierte Säure.

Die Zuverlässigkeit dieser Prüfung hängt in hohem Maße von der Arbeitsweise ab. Das Wichtigste bei der ganzen Sache ist wahrscheinlich die Konzentration der verwendeten Säure. Nachdem man die Faser mit der Jodlösung getränkt hat, sollte man sie zwischen Filterpapier pressen, so daß nur gerade die Lösung zurückbleibt, die von der Faser absorbiert wurde. Es ist dies wichtig, weil das Resultat unsicher wird, wenn die Jodlösung zwischen den Fasern bleibt. Es ist auch wichtig, daß die einzelnen Fasern gut voneinander getrennt sind, damit die Lösung gleichmäßig einwirken kann. Wenn die Säure zu konzentriert ist, nehmen die meisten Fasern eine blaue Farbe an, schwellen auf und lösen sich schließlich; während wenn die Säure zu schwach ist, alle Fasern eine rötliche Farbe zeigen. Vor der Untersuchung muß man die Fasern erst mit Pottaschelösung kochen, dann auswaschen und auf einer Glasplatte ausbreiten. Hierauf behandelt man sie mit der rubinroten Jodlösung, trocknet und bringt sie zum Schluß in die Schwefelsäurelösung.

18. Pikrinsäurelösung. Man löse 0,5 g Pikrinsäure in 100 cm³ Wasser.

19. Zinkchlorid-Jod. Man löse 1 g Jod und 15 g Jodkalium in 14 cm³ Wasser und füge dann 30 cm³ einer konzentrierten Chlorzinklösung bei (Höhnel). Dieses Reagens ist wichtig, wo Struktureigenschaften von Pflanzenfasern sichtbar zu machen sind.

20. Alkohol. Man benützt den gewöhnlichen 95%igen Alkohol des Handels. Er wird verwendet, um fettige Substanzen von den Fasern zu entfernen und auch um verschiedene Farbstofflösungen herzustellen.

21. Ammoniak. Konzentriertes Ammoniakwasser. Man benutzt es, um vor der Untersuchung Farbstoffe von der Faser zu entfernen.

22. Anilinsulfat. Eine mit Schwefelsäure schwach angesäuerte konzentrierte wäßrige Lösung. Es ist ein gutes Reagens, um Lignin in den Geweben festzustellen (gelbe Farbe).

23. Benzazurin. Man verwendet es in heißer, mit Soda schwach alkalisch gemachter Lösung. Es gibt mit Hanf und Flachs eine violette Farbe, welche auf beiden Fasern starken Dichroismus aufweist.

24. Benzopurpurin 10 B. zusammen mit Malachitgrün. Es ist dies das Reagens von Behrens, um Hanf von Flachs zu unterscheiden.

25. Karbolfuchsin. Man kennt dies unter dem Namen Müllers Reagens. Es wird benutzt, um ligninhaltige Gewebe zu färben. Man löst 1 g Fuchsin in 10 cm³ Alkohol und fügt dann 100 cm³ Wasser, in dem man 5 g kristallisiertes Phenol gelöst hat, bei.

26. Chloralhydrat. Obschon es selten verwendet wird, ist es doch sehr geeignet, die Struktur der vegetabilischen Fasern sichtbar zu machen. Man löst 5 g Chloralhydrat in 2 cm³ Wasser.

27. Chromsäure. Man braucht sie, um die Bestandteile der Pflanzenfasern zu isolieren. Die Lösung stellt man nach Wiesner am besten her, indem man Kaliumbichromat mit einem Überschuß an konzentrierter Schwefelsäure behandelt. Aus dieser Lösung kristallisiert die Chromsäure aus und wird dann in der gleichen Menge Wasser gelöst. Man kann sie in kalter Lösung verwenden. Sie zerstört die Zellulose weniger als „Schulzes weichmachende Lösung“.

28. Chrysophenin zusammen mit Safranin. Wird von Behrens zur Unterscheidung zwischen Flachs und Baumwolle verwendet.

29. Dimethyl-p-Phenylendiamin. Wird von Wurster zur Feststellung von Lignin (karminrote Farbe) benutzt. Man verwendet es in der Regel als Sulfat, indem man ein kleines Körnchen in einigen Tropfen Wasser löst.

30. Diphenylamin. Seine Lösung in konzentrierter Schwefelsäure wird als Reagens auf Kollodiumseide verwendet (blaue Farbe). Die andern Zelluloseseiden, Gelatineseide und Naturseide bleiben unverändert.

31. Gummiarabikumlösung. Man gebraucht sie zum Einbetten der Fasern, wenn man Querschnitte herstellen will. Nach Meyer stellt man sie her, indem man 16 g des besten Gummiarabikum in 32 cm³ Wasser löst, durch Musselin in eine gewogene Porzellanschale filtriert, 2 g Glycerin zusetzt und bis auf 24 g eindampft. Seine Verwendung geschieht so, daß man ein Faserbündel so parallel als möglich anordnet, mit der Lösung tränkt und gut trocknen läßt. Das so erhaltene steife Produkt wird zwischen 2 Korkstücken eingeklemmt und nun werden mit dem Mikrotom passende Querschnitte gemacht.

32. Kongorot. Zum Färben von Flachs oder Hanffasern benutzt Behrens, da diese zu ihrer Beobachtung stark dichroitische Farben verlangen, eine mit Soda schwach alkalisch gemachte Lösung von Kongorot in heißem Wasser. Wenn man die so gefärbten Fasern unter dem Polarisationsmikroskop beobachtet, wird ihre Struktur sichtbar. Bei Stroh, Esparto, Holz und Jute sind die Farben schwächer, während Baumwolle überhaupt keine zeigt.

33. Kupferglyzerinlösung. Wird von Silbermann und Truchot zum Unterscheiden von Natur- und Kunstseide verwendet. Man löst 10 g Kupfersulfat in 100 cm³ Wasser und fügt dann 5 g Glycerin sowie genügend Kalilauge zu, um den zuerst gebildeten Niederschlag wieder aufzulösen.

34. **Lackmuspapier.** Beide, sowohl das rote als auch das blaue, sind sehr nützlich bei der trockenen Destillation, zwischen vegetabilischer und animalischer Faser zu unterscheiden. Die von den Pflanzenfasern entwickelten Gase haben sauren Charakter, während die der Tierfasern alkalisch sind.

35. **Malachitgrün.** Wird von Behrens in einer wäßrigen mit Essigsäure schwach angesäuerten Lösung verwendet. Diese Lösung färbt Seide, Wolle, Jute und Holzfasern waschecht, Hanf- und Manilafasern teilweise waschecht, während Flachs, Baumwolle, Stroh, Esparto und reine Zellulose Färbungen liefern, die leicht ausgewaschen werden können. Klemm benutzt eine gesättigte wässrige Lösung von Malachitgrün, die 2% Essigsäure enthält, zur Bestimmung des Ligningehalts der Holz-Zellulose. Vollständig gebleichte Zellulose zeigt fast keine Farbe, halbgebleichte wird himmelblau und ungebleichte wird tiefgrün gefärbt.

36. **Methylenblau.** Wird auch von Behrens zur Unterscheidung zwischen Flachs und Baumwolle verwendet. Es ist von besonderem Interesse, wenn es mit der Ölprobe verbunden wird.

37. **α -Naphthol.** Man löst 20 g des Naphthols in 100 cm³ Alkohol. Man benutzt die Lösung, um vegetabilische von animalischen Fasern zu unterscheiden. Ungefähr 1 g des Fasermusters wird mit 1 cm³ Wasser, 2 Tropfen der Lösung und 1 cm³ konzentrierter Schwefelsäure behandelt. Pflanzenfasern lösen sich schnell auf und beim Schütteln bildet sich eine tiefviolette Farbe. Tierische Fasern färben die Lösung gelb bis rotbraun.

38. **Naphtholgelb S.** Wird von Behrens in Kombination mit Croceinscharlach 7 BN verwendet, um Seide, Wolle, Jute und Manilahanf zu unterscheiden. Das Fasermuster wird in einer heißen Naphtholgelb-S-Lösung, die ein wenig Schwefelsäure enthält, gefärbt und dann mit heißem Wasser gewaschen. Hierauf färbt man es noch nach in einer kalten stark angesäuerten Lösung von Croceinscharlach 7 BN. Zuerst färbt sich die Seide und nachher die Jute und der Manilahanf rot, während die Wolle während langer Zeit eine zitronengelbe Farbe behält. Verdünntes Ammoniak entfernt dann die Farbe wieder von Jute und Hanf.

39. **β -Naphthylaminchlorhydrat.** Man benutzt es, um verholzte Zellwände intensiv orange-gelb zu färben. Man löse ein kleines Körnchen des Salzes in wenigen Kubikzentimetern warmem Wasser.

40. **Phloroglucin.** Man löse 1 g der Substanz in 80 cm³ Alkohol. Man braucht es zusammen mit Salzsäure, um Lignin oder verholzte Zellwände festzustellen (rötlich-violette Färbung).

41. **Rosanilinsulfat.** Wird von Klemm benutzt, um Sulfitzellulose von Sodazellulose zu unterscheiden. Man verwendet eine gesättigte Lösung des Salzes in einer 2%igen alkoholischen Lösung. Man setzt nach und nach so viel Schwefelsäure zu, bis ein Farbton deutlich wird. Mit diesem Reagens liefert ungebleichte Sulfitzellulose eine tief rotviolette Farbe, gebleichte Sulfitzellulose zeigt ein weniger intensives Rot. Ungebleichte Sodazellulose liefert ungefähr dieselbe Färbung nur schwächer, während gebleichte Sodazellulose überhaupt nicht oder dann

nur schwach rötlich gefärbt wird. Der Unterschied zwischen gebleichter Sulfit- und ungebleichter Sodazellulose zeigt sich dann bei der Behandlung mit Malachitgrün, wobei die Sulfitzellulose schwach blau wird oder farblos bleibt, während die ungebleichte Sodazellulose sehr intensiv grün gefärbt wird.

42. Safranin. Behandelt man Fasern mit einer warmen neutralen Safraninlösung und wäscht sie dann aus, so erscheinen Seide, Wolle, Jute und Holzsubstanzen unter dem Mikroskop dunkelrosa, Baumwolle dunkelviolett und Flachs und Hanf gelblich-rot.

43. Schulzes Reagens. Es wird benutzt, um Faserteile zu isolieren, und besteht aus konzentrierter Salpetersäure, die eine geringe Menge Kaliumchlorat enthält. Die Fasern werden in der Lösung erhitzt und dann gut gewaschen. Es zerstört Lignin sehr rasch und wirkt auch auf die Zellulose kräftig ein.

Die auf Anwendung chemischer Reagenzien beruhenden Farbreaktionen der Pflanzenfasern sind oft nicht sehr charakteristisch und führen daher zu Unsicherheiten. Es wurden viele Reagenzien vorgeschlagen, wie Ammoniak und Hypochlorit zur Identifizierung der Jute; Nigrosin, Zyanosin und andere Farbstoffe, um Lein von Hanf und Baumwolle zu unterscheiden; aber sie alle liefern unsichere Resultate. Der Grund hierfür ist leicht zu verstehen, indem solche Farbreaktionen auf der Anwesenheit von inkrustierenden Substanzen, welche fast immer die Rohfaser umgeben, beruhen. Hat man nun aber die Faser irgendeiner Behandlung, wie z. B. den Bleichprozessen, unterworfen, so wird sie in dieser Hinsicht stark verändert, oft sogar so weit, daß sie überhaupt keine inkrustierenden Bestandteile mehr enthält. Daher kann man diese Reagenzien nicht verwenden, um eine Pflanzenfaser von andern zu unterscheiden, doch können sie nützlich sein, um festzustellen, ob die betreffende Faser roh oder gereinigt vorliegt.

Einige Reagenzien, deren Anwendung sicherere Resultate geben, sind besonders geeignet, um die Faserklassen auseinanderzuhalten. Es sind die folgenden:

1. Rauchende Salpetersäure. Dieses Reagens färbt sogenannte verholzte Fasern (Lignin), einschließlich Stroh, Jute, Manilahanf, Kokosnuß, Agave und Neuseelandflachs, rötlichbraun. Mit Fasern, die aus einer Mischung von verholzter Zellulose mit unverholzter bestehen, wie Esparto, Stipa und Ananas, gibt es gelbliche Farben. Fasern, welche nur schwach oder gar nicht verholzt sind und die keine Harze enthalten, wie Sonnenhanf, Calitropis, Maulbeer, Ramie, Hanf, Lein und Baumwolle, werden kaum angefärbt.

2. In Wasser gelöstes Anilinsulfat verleiht den ligninhaltigen Fasern wie Jute und Sumpfmalve eine intensiv goldgelbe, den vegetabilischen Seiden eine intensiv kanariengelbe, und Muxelandflachs, Sonnenhanf, Papyrifera, Ananas, Esparto und Stipa eine gelbliche Farbe. Schwach gelblich werden Kokosfaser, Manilahanf und Raffiabast gefärbt, bei Baumwolle, Lein und Ramie tritt auch im Rohzustand keine Reaktion ein.

Da die Farbreaktionen auf der Gegenwart von Lignin beruhen, so nimmt die Färbung an den Stellen, wo es weniger vorhanden oder wo die Schichten dünn sind, an Intensität ab. In einigen Fällen, wie bei Manilahanf, Kokosnuß und Stroh, kann das Ligningewebe mit einer Kieselsäureschicht überzogen sein und infolgedessen die Färbung nur sehr schwach oder überhaupt nicht eintreten.

3. Kochenille in alkoholischer Lösung färbt Baumwolle leicht rot an, während Lein eine violette Farbe gibt.

4. Phloroglucin in Wasser färbt rohe Flachfasern blaurot oder gelblich, welche Farbe in wenigen Minuten in Gelb übergeht. Roher Hanf ist zu Beginn blaßrot, geht jedoch bald in Weinrot über.

5. **Rutheniumrot** als Reagens zur Identifizierung der Gespinnstfasern. Ruthenium ist ein Platinmetall und selbst dem größten Teil der Chemiker als Reagens unbekannt. Die meisten seiner Salze und besonders sein Ammoniumoxychlorid geben im Wasser eine intensiv rote Farbe. Daher hat es den Namen Rutheniumrot. Seine chemische Formel ist $\text{Ru}_2(\text{OH})_2\text{Cl}_4(\text{NH}_3)_7 + 3 \text{H}_2\text{O}$.

Man hat gefunden, daß dieses Salz bei der mikroskopischen Untersuchung der Fasern sehr gute Resultate liefert. Dies beruht hauptsächlich darauf, daß es in Wasser mit violett-roter Farbe löslich ist, jedoch unlöslich in Alkohol und Glycerin. Andererseits sind Methylenblau und die meisten andern in der Mikroskopie zur Färbung der Faser verwendeten Farbstoffe in Alkohol und Glycerin leicht löslich, und infolgedessen wird die Faser farblos, wenn man sie mit diesen Flüssigkeiten behandelt. Eine mit Rutheniumrot gefärbte Faser jedoch wird nicht entfärbt und man kann sie daher mit Glycerin behandeln.

Das Rutheniumrot wirkt auf verholzte Fasern nicht ein. Behandelt man diese aber mit Alkalien oder mit Natriumhypochlorit, so wird das Gewebe hellrosa gefärbt. Jedoch stellt Schwalbe fest, daß die Verschiedenheiten der Farbtöne sehr gering seien, und daß eine Prüfung auf Lignozellulose durch Färben mit Rutheniumrot wertlos sei, da nach 15 minutiger Einwirkung des Reagenzes alle Zellulosen eine violettrote Farbe annehmen. Rutheniumrot färbt die in den Pflanzenfasern öfters anzutreffenden Harze und das Pektin, während reine Zellulose wie die normale Baumwollzellulose ungefärbt bleibt. Aus dem gleichen Grunde werden die stark pektozellulosehaltigen Fasern intensiv gefärbt. Rohe Kapokfasern werden praktisch überhaupt nicht gefärbt.

Die zur Untersuchung der Fasern benötigte Rutheniumrotlösung kann man folgendermaßen herstellen. 0,01 g Ruthenium-Ammonium-Oxychlorid werden in 10 cm³ Wasser gelöst. Da diese Lösung im Licht sehr unbeständig ist, so ist es am besten, wenn man sie in kleinen Mengen herstellt, die man sofort aufbraucht.

Bei der mikroskopischen Untersuchung bringt man einen Tropfen der Lösung auf das Objektglas, die zu untersuchenden Fasern werden dann in das Reagens getaucht, worauf man mit dem Deckglas zudeckt. Da das Rutheniumrot in Alkohol unlöslich ist, kann man demnach gefärbte Fasern darin aufbewahren.

Wendet man verschiedene Reagenzien (Säuren, Alkalien, Farbstoffe usw.) gleichzeitig mit Rutheniumrot an, so kann man unter dem Mikroskop einige interessante Beobachtungen machen.

Folgende Tabelle gibt einen Überblick über die wichtigsten Reaktionen der Textilfasern mit Rutheniumrotlösung.

A. Fasern pflanzlichen Ursprungs.

1. Ägyptische Rohbaumwolle. Eine sich rasch entwickelnde Rosafärbung, die bald ausgesprochen ist. Nach einigen Stunden ist die Flüssigkeit vollkommen entfärbt und die Faser ist violettrot.

2. Amerikanische Rohbaumwolle. Dieselben Resultate wie bei der ägyptischen, nur sind die Färbungen nicht so stark.

3. Gebleichte ägyptische Baumwolle. Keine Färbung. Nach einigen Stunden ist die Lösung noch gefärbt und die Fasern bleiben farblos. Es ist hier die charakteristische Reaktion für normale Baumwollzellulose.

4. Gebleichte Baumwolle. Überhaupt keine Färbung. Dasselbe Ergebnis wie oben.

5. Rohe merzerisierte Baumwolle. Rasche Rosafärbung, die nach einigen Stunden violettrot wird.

6. Gebleichte merzerisierte Baumwolle. Die Faser bleibt selbst nach mehreren Stunden noch farblos.

7. Gebleichte Baumwolle, die kurz vor der Untersuchung noch merzerisiert wurde. Die Faser wird sofort blaurot gefärbt, welche Farbe dann im Verlaufe mehrerer Stunden in Violettrot übergeht. Da Mineralsäuren das Rutheniumrot entfärben, ist es notwendig, bei diesen Präparationen vollständig neutrale und in alkalischem Wasser gut gewaschene Fasern zu verwenden.

8. Filtrierpapier aus reiner Zellulose. Die Fasern bleiben selbst nach mehreren Stunden farblos.

9. Gewöhnliches weißes Filtrierpapier. Die meisten Fasern bleiben ungefärbt, jedoch einige werden hellrosa.

10. Gebleichte Sulfitzellulose. Unregelmäßige Färbung und einige Fasern bleiben farblos.

11. Rohe Sulfitzellulose. Unregelmäßige Färbung. Einige Fasern farblos, jedoch weniger als bei der gebleichten.

12. Rohe Sodazellulose. Sehr unregelmäßige Färbung. Im allgemeinen ist der Farbton dunkler als bei obigen.

13. Roher Lein. Fasern unregelmäßig, von blaurosa bis dunkelrot angefärbt. Einige Fasern bleiben zuerst farblos und werden erst nach und nach gefärbt.

14. Gebleichter Lein. Fast alle Fasern farblos, einige blaurosa.

15. Rohe Ramie. Fasern sehr schwach gefärbt, nach einigen Stunden eine allgemeine blaurosa Färbung.

16. Gebleichte Ramie. Keine unmittelbare Färbung. Nach zwölf Stunden nur ein schwaches Blaurosa.

17. Roh-Hanf. Unregelmäßige Färbung. Variiert von Hellrosa zu Dunkelrot. Wird erst nach einiger Zeit deutlich.

18. Gebleichte Jute. Die Färbung ist ein klares Rot, das nach einiger Zeit in ein Violettrot übergeht.

B. Animalische Fasern.

19. Gebleichte Wolle. Selbst nach 12stündiger Einwirkung nicht gefärbt.

20. Gebleichte Seide. Zuerst farblos, wird aber nach und nach schwachrosa gefärbt.

C. Kunstseiden¹.

Während man mit Hilfe von Methylenblau sehr leicht zwischen Kunstseide aus Nitrozellulose und solcher aus Kupferammonium oder Viskose unterscheiden kann, ist es unmöglich, mit diesem Reagens die zwei letzteren auseinanderzuhalten. Verwendet man aber Rutheniumrot, so kann man auch zwischen Viskose- und Kupferammoniumseide unterscheiden. Viskoseseide wird hellrosa gefärbt, während die letztere ungefärbt bleibt.

Wenn man obige Tabelle betrachtet, so wird man auch sehen, daß es möglich ist, zwischen roher amerikanischer Baumwolle und gebleichter ägyptischer zu unterscheiden.

Das Verhalten verschiedener Pflanzenfasern gegenüber Rutheniumrot, verglichen mit einigen anderen Reagenzien, wird von Haller² beschrieben. Die Ergebnisse finden sich in der folgenden Tabelle:

	Baumwolle	Nessel, Flachs, Ginster	Hanf	Baumwoll- gras (Eriphor- mium)	Khaki- baumwolle	Jute
Jodlösung . . .	Zellulose- reaktion	Zellulose- reaktion	Zellulose- reaktion	gelb- braune Farbe	gelb- braune Farbe	gelb- braune Farbe
Rutheniumrot . Phloroglucin und HCl . .	farblos	rote Farbe	rote Farbe	—	rote Farbe	rote Farbe
Maules-Reaktion Ferrochlorid u. Kaliumferri- zyanid . . .	—	—	—	—	—	+
	—	—	—	hellblau	+	+

6. Allgemeine Prüfung der Pflanzenfasern. Eine große Zahl von Pflanzenfasern (vom Bast oder Blattgewebe) sind mehr oder weniger verholzt, d. h. daß ein Teil des Fasergewebes in Holzsubstanz übergegangen ist. Dies ermöglicht nun, eine Faser von der andern oder besser gesagt eine Faserklasse von der andern zu unterscheiden. Behandelt man eine verholzte Faser mit einer Jodlösung und hierauf mit Salzsäure, so bildet sich eine rote Farbe. Anilinsulfat oder Chlorhydrat sowie viele andere ähnliche Körper färben verholzte Gewebe goldgelb, besonders wenn man noch mit verdünnter Salzsäure nachbehandelt. Phloroglucin und verdünnte Salzsäure färben rot, Naphtyl.

¹ Siehe auch S. 587.

² Färb.-Zg. 1919, S. 29 u. 43.

aminchlorhydrat orange usw. Es ist jedoch zu beachten, daß Dünnschnitte oft, obschon sie stark verholzt sind, mit den üblichen Holzfaserreagenzien keine Färbungen geben. Ein Beispiel dafür ist die Jute. Sie gibt, obschon sie starke Verholzung zeigt, mit Phloroglucin oder Indol und Salpetersäure kaum eine Färbung, während sie mit Jod und Schwefelsäure eine deutliche Gelbfärbung liefert.

Will man Bastfasern untersuchen, müssen die Faserbündel in ihre Einzelteile zerlegt werden, was man am besten durch Einweichung und nachherige Desintegration erreicht. Dies geschieht durch Kochen der Faser in verdünnter Salpetersäure oder in Schulze's Mischung (Salpetersäure mit Kaliumchlorat), oder in Ätzalkali. Durch diese Behandlung wird jedoch die Holzsubstanz zerstört und die Fasern schwellen etwas an, besonders wenn man Kalilauge verwendet, so daß ihre mikrochemischen Reaktionen wie auch der Durchmesser verändert wird. Man kann diese Trennung der Faserbündel in ihre Einzelteile auch dadurch erreichen, daß man sie mit kalter Chromsäurelösung behandelt. Diese Lösung läßt man während einiger Minuten einwirken und fügt dann Wasser zu. Die Fasern werden dann vollständig voneinander getrennt, wenn man das Deckglas herunterdrückt. Nach diesem Verfahren tritt keine Schwellung ein, welche die Faser zerstören kann, aber die Holzsubstanz wird aufgelöst, wie wenn man Salpetersäure anwendet. Eine sehr gute Methode scheint die von Vétillard zu sein, da durch sie die mikrochemischen Eigenschaften der Faser nicht verändert werden. Sie besteht darin, daß man die zu untersuchende Faser während einer halben Stunde mit einer 10%igen Soda- oder Pottaschelösung kocht, dann mit Wasser gut auswäscht. Hierauf verreibt man sie zwischen den Fingern. Hat man dann eine vollständige Desintegration erreicht, so sind auch alle anhaftenden Fremdkörper entfernt. Die so behandelte Faser kann nachher in Glycerin präpariert oder der Jodschwefelsäurereaktion unterworfen werden.

Die Beobachtung der Faserquerschnitte, welche zur vollständigen Untersuchung der Textilstoffe unerlässlich ist, verlangt die Herstellung von Dünnschliffen. Um diese anzufertigen, tränkt man ein dünnes Bündel, dessen Fasern so parallel als möglich angeordnet sind, mit einer dicken Glycerinlösung, die gelöstes Gummi arabikum enthält, worauf man vollständig trocknen läßt. Die Gummilösung soll weder zu viel noch zu wenig Glycerin enthalten. Ist ersteres der Fall, so wird das Bündel nicht trocknen, während es im zweiten Falle spröde wird und beim Schneiden in Querschnitte zersplittert. Das richtig präparierte Bündel wird dann zwischen zwei Korkstücken eingeklemmt und man kann nun mit einem scharfen Rasiermesser dünne Querschnitte schneiden. Der Schnitt soll so senkrecht wie möglich zur Achse des Faserbündels geführt werden.

7. Unterscheidung zwischen tierischer und pflanzlicher Faser. Die einfachste und schnellste Prüfung, die man aber nur ausführen kann, wenn die Fasern getrennt werden können, besteht darin, daß man eine Probe verbrennt. Die animalischen Fasern (Wolle und Seide) werden einen starken Geruch nach brennendem Horn abgeben, die vegetabi-

lischen (Baumwolle, Lein usw.) riechen nicht so unangenehm und geben nur einen scharfen, etwas beißenden Rauch, ähnlich demjenigen von brennendem Papier. Sind animalische und vegetabilische Fasern gemischt und kann man sie nicht voneinander trennen, so ist diese Prüfung nur für die animalischen zu gebrauchen, da die vegetabilischen infolge des starken Geruches der ersteren nicht zu erkennen sind.

Eine empfindliche Reaktion¹ zum Nachweis von Pflanzenfasern in Wolle ist folgende: Das Muster wird gut in Wasser gekocht, um alle Substanzen zu entfernen, die die Analyse stören könnten. Dann wird eine kleine Probe in einem Reagensglas mit 1 cm³ Wasser, 2 Tropfen einer alkoholischen Alpha-Naphthollösung und ungefähr 1 cm³ konzentrierter Schwefelsäure zusammengebracht. Sind vegetabilische Fasern vorhanden, so werden sie aufgelöst und die Flüssigkeit nimmt eine tiefviolette Farbe an, wenn man schüttelt. Animalische Fasern allein geben eine gelbe bis rötlichbraune Färbung, ohne jeden Violettstich. Verwendet man statt Alpha-Naphthol Thymol, so bildet sich bei Anwesenheit von Pflanzenfasern eine deutlich rote Farbe.

Auch Cross und Bevan haben eine empfindliche Methode zum Nachweis von Pflanzenfasern in Stoffen ausgearbeitet. Das Tuchmuster wird in einer Eisenchloridlösung getränkt, ausgequetscht und dann in einer Kaliumferrozyanidlösung gebracht. Bei Anwesenheit der geringsten Menge einer Pflanzenfaser wird die Lösung blaufärbt.

Liebermann macht folgende Angaben zur Unterscheidung zwischen animalischer und vegetabilischer Faser: Die Fasern werden mit einer Fuchsinlösung, die vorher durch Zusatz der eben genügenden Menge von Natronlauge entfärbt wurde, gekocht, dann werden sie gut gewaschen und in schwaches mit Essigsäure angesäuertes Wasser gebracht. Sind die Fasern animalischen Ursprungs, so werden sie tief rosarot gefärbt, während Baumwolle und Lein unangegriffen bleiben.

Diese Reaktion und diejenige mit Pikrinsäure (siehe Tabelle II) sind die besten, wenn es sich darum handelt, in einem gemischten Gewebe die tierische Faser sichtbar zu machen. Ist Wolle und Seide gemischt, so kann man die Wolle leicht zeigen, indem man das Muster in eine sehr verdünnte kochende Natronlauge, die einige Tropfen Bleiazetat enthält, bringt. Ist Wolle zugegen, so wird diese infolge der Bildung von Bleisulfid, verursacht durch den in ihr enthaltenen Schwefel, braun. Seide und auch Baumwolle oder andere Pflanzenfasern werden nicht gefärbt. Für diese Prüfung ist es natürlich notwendig, daß das Muster ungefärbt ist, oder daß man alle Farbstoffe vollständig entfernen kann.

In starker kalter Schwefelsäure wird die Seide rasch gelb und löst sich auf, Baumwolle löst sich langsam ohne Farbe, Flachs und Hanf bilden eine schwarze Mischung und Wolle wird kaum angegriffen².

Behrens beschreibt folgende Farbreaktion zur Unterscheidung der verschiedenen Fasern. Sie beruht auf den ihnen eigenen Reaktionen mit Malachitgrün und Benzopurpurin, und wird folgendermaßen aus-

¹ Molisch Dingl. Polyt. Journ., 1886, Bd. 261, S. 135.

² Seaman: On the Identification of Fibres.

geführt: Das Fasergemisch wird während fünfzehn Minuten in einer warmen Malachitgrünlösung gefärbt und dann so lange gewaschen, bis keine Farbe mehr weggeht. Hierauf gibt man es während 20 Minuten in eine kalte Lösung von Benzopurpurin und wäscht wieder gut aus. Es werden dann folgende Resultate sichtbar:

a) Seide, Wolle und Jute (oder andere stark verholzte Pflanzenfasern) werden grün gefärbt. Seide wird hellgrün und Wolle und Jute dunkelgrün.

b) Hanf und Manilahanf (oder andere schwach verholzte Pflanzenfasern) werden schmutzig graubraun gefärbt.

c) Baumwolle und Lein werden rot gefärbt. Die Baumwolle zeigt eine hellrote Farbe, während der Lein dunkelrot ist.

Eine interessante Methode zur Unterscheidung der Seide von Wolle und Pflanzenfasern ist die folgende von Lecomte¹ angegebene: Eine kleine Probe der zu untersuchenden Substanz wird in verdünnter Salpetersäure (100 g im Liter) eingeweicht, und dann, während man 3 Minuten rührt, mit 30 cm³ einer Natriumnitritlösung (50 g im Liter) versetzt. Nach 10 Minuten wird gut ausgewaschen und in zwei gleiche Teile getrennt. Der eine wird während 1 Stunde mit 40 cm³ einer kalten Lösung von Natriumplumbit und Natriumnaphtholat behandelt. Diese Lösung erhält man, indem man 50 g Natronlauge in 500 cm³ Wasser löst und nach und nach 25 g Bleiazetat in 300 cm³ Wasser gelöst zusetzt. Wenn die entstehende Lösung klar ist, werden 5 g Beta-Naphthol zugefügt und das Ganze auf einen Liter gestellt. Die zweite Hälfte der Probe behandelt man mit 40 cm³ einer Lösung, die im Liter 50 g Ätznatron, 25 g Bleiazetat und 2 g Resorzin enthält. Nach einstündiger Behandlung werden beide Proben 15 Minuten lang mit Wasser gewaschen, dann in verdünnter Salzsäure (5 g im Liter) eingeweicht und wieder sehr gut gewaschen, hierauf zwischen Filterpapier gepreßt und schließlich im Dunkeln getrocknet. Unter dem Mikroskop betrachtet, sehen nun die Seidenfasern rötlich aus, die Wollfasern sind schwarz und die Pflanzenfasern farblos.

In Tabelle III stellt Allen diejenigen Reaktionen zusammen, die geeignet sind, die Seide qualitativ von den anderen Fasern zu unterscheiden.

Tabelle III.

Reaktion	Seide, Wolle, Fell oder Haar	Baumwolle oder Lein
Im Glühröhrchen erhitzt.	Spröder, kohliger Rückstand und Geruch nach verbrannten Federn, Gase und Kondenswasser reagieren auf Lackmus alkalisch	Verkohlung und Geruch nach brennendem Holz, Gase und Kondenswasser reagieren auf Lackmus sauer
In einer gesättigten wäßrigen Pikrinsäurelösung gekocht und mit Wasser gewaschen	Gelb gefärbt	Unverändert (angeschmutzt)

¹ Journ. Pharm. Chem. 1906, S. 447.

Tabelle III (Fortsetzung).

Reaktion	Seide, Wolle, Fell oder Haar		Baumwolle oder Lein
Mit Millons Reagens gekocht	Rot gefärbt		Keine Farbänderung
Mit kalter Salpetersäure (spezifisches Gewicht 1,2) behandelt	Gelb gefärbt		Keine Farbänderung
Mit verdünnter Salzsäure befeuchtet und bei 100° C getrocknet	Unverändert		Zerfällt
	Seide	Wolle, Fell oder Haar	
Mit Salzsäure zum Kochen erhitzt	Gelöst	Schwillt auf, ohne sich sofort zu lösen	Größtenteils ungelöst
Mit einer konzentrierten Lösung von basischem Chlorzink gekocht	Gelöst	Unverändert	Unverändert
Mit kaltem Schweißerschem Reagens behandelt	Gelöst, auf Salzzusatz nicht ausgefällt	Ungelöst, löst sich in der Hitze	Gelöst, Lösung auf Salzzusatz ausgefällt
In der Kälte mit 10%iger Natronlauge behandelt	Ungelöst	Gelöst	Ungelöst
Mit 2%iger Natronlauge gekocht	Gelöst, Lösung wird durch Bleiazetat nicht dunkel gefärbt, mit Nitroprussidnatrium negative Reaktion	Gelöst, Lösung gibt mit Bleiazetat schwarzen od. braunen Niederschlag, und Violettfärbung mit Nitroprussidnatrium	Unverändert
Verhalten gegen die Molisch-Probe	Gelöst unter schwacher Färbung	Ungelöst gelbe bis braune Färbung	Gelöst mit tief violetter Färbung

8. Analytische Reaktionen der Pflanzenfasern. Die folgende Tabelle zeigt die Reaktionen der wichtigeren Pflanzenfasern nach Dodge:

Tabelle IV.

Faser	Jod und Chlorzink	Jod und Schwefeloxyd	Kuprammonium	Anilinsulfat	Phlorogluzin
Baumwolle	violett	blau	blaue Lösung	—	—
Flachs	do.	do.	do.	—	—
Hanf	do.	do.	do.	—	—
Jute	braungelb	grünblau	do.	goldgelb	tiefrot
Ramie	dunkelviolett	dunkelblau	do.	—	—
Manilahanf	gelb bis violett	—	—	gelb	rot
Neuseelandflachs	goldgelb	grünblau	bläulich	gelblich	blaßrot
Aloe	gelb bis braun	gelb	schwillt; bläulich	do.	rosa
Kokosfaser	do.	—	—	hellgelb	rötlich

Die Lösung von Jod und Chlorzink wird hergestellt, indem man 100 Teile Chlorzinklösung vom spezifischen Gewicht 1,8 nimmt und nun 12 Teile Wasser und 6 Teile Kaliumjodid zusetzt. Hierauf bringt man soviel Jod hinein, bis sich Joddämpfe bilden. Die so erhaltene braune Lösung soll unter Lichtabschluß aufbewahrt werden. Die Kupferammoniumlösung stellt man durch Zusatz von Natriumkarbonat zu einer Kupfersulfatlösung her, wobei man einen gemischten Niederschlag von Kupferkarbonat und Hydrat erhält. Dieser wird gut ausgewaschen und in der eben genügenden Menge Ammoniak vom spezifischen Gewicht 0,91 gelöst. Man muß die Lösung vor dem Gebrauch gut schütteln und filtrieren. Das Anilinsulfat wird in einer 1%igen Lösung verwendet. Dieses Reagens färbt die Holzsubstanz je nach der vorhandenen Menge blaßgelb bis leuchtend gelb. Das Phlorogluzin wird folgendermaßen angewendet: Zuerst bringt man 1—2 Tropfen einer Lösung von Phlorogluzin in 95%igem Alkohol auf die Faser, worauf man 2 Tropfen starker Salzsäure zusetzt. Verholzte Zellulose wird rotgefärbt, während die unverholzte farblos bleibt. Man kann das Phlorogluzin durch eine ähnliche Lösung von Anilinchlorhydrat ersetzen, in welchem Falle das verholzte Gewebe gelb gefärbt wird, statt rot. Das Jod und die Schwefelsäure werden gleich angewendet, wie früher beschrieben.

Zur Untersuchung eines Musters sollten die Fasern durch Einweichen in Lauge und nachheriges Reiben zwischen den Fingern vollständig voneinander getrennt werden. Gelangt man so nicht zum Ziel, so muß man die Faser in einer 10%igen Natronlauge oder in Labarraquescher Lösung (Natriumhypochlorit) kochen und dann in einem Mörser zerreiben. Nachdem das Präparat so zerlegt ist, muß man es auf einem mit Glycerin getränkten Blatt ausbreiten, was die Neigung der Fasern, sich aufzurollen, vermindert. Hierauf gibt man ein Deckglas darauf und macht die mikroskopische Untersuchung. Um die Faserquerschnitte zu untersuchen und um deren Durchmesser festzustellen, empfiehlt sich die folgende Methode: Man stelle sich eine Lösung von 70 g reinem Gummiarabikum in ebensoviel destilliertem Wasser her. Dann digeriert man 4 g Gelatine so lange in 16 cm³ kaltem Wasser, bis diese ganz aufgequollen ist, und erwärmt hierauf bis zur vollständigen Lösung. Die Hälfte dieser Lösung wird durch ganz feinen Musselin filtriert und mit der Gummiarabikumlösung gemischt. Nun fügt man noch 10—12 cm³ Glycerin zu, wärmt auf und mischt gut durch. Die Aufbewahrung geschieht am besten in kleinen Fläschchen, die ein Stückchen Kampher enthalten. Beim Erkalten erstarrt die Mischung. Vor Gebrauch wird sie aufgewärmt und ein kleines Faserbündel mit ihr getränkt, indem man darauf achtet, daß die Fasern gerade und parallel sind. Das Bündel wird dann aufgehängt und während 12 Stunden trocknen gelassen. Nach dieser Zeit ist es kräftig genug, um mit dem Mikrotom geschnitten zu werden. Die so erhaltenen Blättchen werden auf ein Präparatenglas gebracht und mit Jodlösung befeuchtet. Diese löst die Einbettungssubstanz auf, die man mit Filterpapier wegtupft. Von weichen Fasern, die sich leicht schneiden lassen, kann man die Querschnitte einfacher herstellen, indem man sie in geschmolzenes Paraffin taucht und nach

Tabelle V.

Gewöhnlicher Name	Botanischer Name und Reaktion mit Jod und Schwefelsäure	Länge der Zellen in mm			Durchmesser der Zellen in mm			Bemerkungen
		Min.	Mitt.	Max.	Min.	Mitt.	Max.	
Dikotyledonen, die blaue Reaktion geben:								
Flachs	<i>Linum usitatissimum</i>	4	30	66	0,022	0,055	0,037	Höhlung fein, gelbe Linie gestreift; gelbe Scheide
Hanf	<i>Cannabis sativa</i>	5	25	55	0,016	0,022	0,050	—
Hopfen	<i>Humulus lupulus</i>	4	10	19	0,012	0,016	0,018	—
Nessel	<i>Urtica</i> sp.	4	27	55	0,020	0,050	0,070	—
Chinagrass	<i>Boehmeria nivea</i>	20	60	200	0,050	0,080	—	—
Papiermaulbeere	<i>Broussonetia papyrifera</i>	6	15	25	0,025	0,030	0,035	—
Sonnenhanf	<i>Crotalaria juncea</i>	4	7,8	12	—	—	—	Kanal kaum sichtbar gelbe Umhüllung
Ginster	<i>Cytisus scoparius</i>	2	6	9	—	—	—	—
Spanischer Ginster	<i>Sparganium junceum</i>	5	10	16	—	—	—	—
Weißer Klee	<i>Medicago alba</i>	5	10	18	—	—	—	Höhlung groß abgeflacht und verdreht
Baumwolle	<i>Gossypium</i> sp.	10	25	40	—	—	—	—
Dikotyledonen, die gelbe Reaktion geben:								
Hibiscus	<i>Hibiscus</i> sp.	2	5	6	0,014	0,021	0,033	Farbe an der Oberfläche intensiver
Linde	<i>Tilia</i> sp.	1,25	2	5	0,014	0,016	0,020	Kanal sehr klein
Jute	<i>Corchorus</i> sp.	1,5	2	5	0,020	0,020	0,025	steif, Kanal hervortretend
Spitzen, Rinde	<i>Lagetta lintearia</i>	3	5	6	0,010	0,015	0,020	—
Weide	<i>Salix alba</i>	—	3	3	0,017	0,022	0,030	—
Monokotyledonen, die blaue Reaktion geben:								
Esparto	<i>Lygeum spartum</i>	1,3	2,5	4,5	0,012	0,016	0,020	—
Spanisches Gras	<i>Stipa tenacissima</i>	0,5	1,5	3,5	0,007	0,013	0,018	lockig, Höhlung klein
Ananas	<i>Ananas sativa</i>	3	5	9	0,004	0,006	0,008	Höhlung fein, Färbung schwach
Monokotyledonen, die gelbe Reaktion geben:								
Neuseelandflachs	<i>Phormium tenax</i>	5	9	15	0,010	0,015	0,020	Färbung intensiv
Adamsnadel	<i>Yucca</i> sp.	4	5	6	0,010	0,015	0,020	—
Jahrhundertpflanze	<i>Agave americana</i>	1,5	2,5	4	0,020	0,024	0,032	—
Manilahanf	<i>Musa textilis</i>	3	6	12	0,016	0,024	0,032	—

dem Erstarren mit dem Mikrotom schneidet. Das Wasser wird vom Präparat durch Auflösen in Benzol oder Terpentin entfernt.

Wenn man die Faserquerschnitte mit dem Mikrotom schneidet, muß man achtgeben, daß man sie nicht zu dünn schneidet; denn die nachher auszuführenden Farbenreaktionen können an zu dünnen Präparaten nicht beobachtet werden, da dann die Farbtiefe zu gering ist.

Andererseits dürfen sie auch nicht zu dick sein, da sie dann schwierig zu beobachten sind und die Farben zu dunkel und undurchsichtig werden.

Die Tabelle V zeigt die Reaktionen der verschiedenen Pflanzenfasern mit Jodschwefelsäure zusammen mit der Länge und dem Durchmesser der Faserzellen in Millimetern.

9. Mikroanalytische Tabellen für Pflanzenfasern. Die folgenden mikroanalytischen Tabellen wurden von Höhnel zur qualitativen Bestimmung der vegetabilischen Fasern aufgestellt.

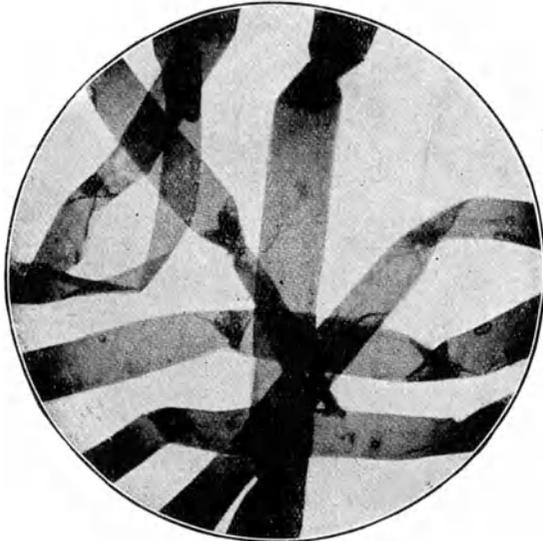


Abb. 354. Pflanzenseide von *Cibotium glaucum* (solaro).

I. Tabelle für diejenigen Pflanzenfasern, die botanisch als solche mit Haarstruktur bezeichnet werden.

1. a) Jede einzelne Zelle besteht aus einer einzigen Faser (siehe 4).
- b) Jede Faser besteht aus zwei Zellen, nämlich einer kurzen dicken Nebenzelle und einer zugespitzten Hauptzelle. Die Fasern sind graubraun, kaum 0,5 cm lang, hart, wollig, leblos, dünnwandig, aber rund. Solche Fasern bilden den dicken Überzug der Blätter von *Cycadace macrozamia*, in Neusüdwales vorkommend, und werden als Pflanzenhaar zu Polsterzwecken verwendet.
- c) Jede Faser besteht aus einer Reihe von Zellen, ist also eine Zellfaser. Die Zellen sind von goldgelber bis brauner Farbe, in der Regel zusammenhängend und leer. Die Faser als Ganzes ist hochgradig glänzend, aber sehr steif und brüchig. Sehr dünnwandig, flacher, bandartiger Querschnitt, der oft verdreht ist. Ziemlich breit und 0,5—2 cm lang. Solche Fasern bilden den Überzug der Blätter verschiedener Farne (*Cibotium*), die in Asien,

Australien und Chile vorkommen. Das Material wird unter dem Namen Pulu zu Polsterzwecken verwendet (Abb. 354).

- d) Die Faser besteht aus vielen nebeneinanderliegenden Zellen oder aus mehreren Zellreihen; bildet die sog. Quaste (siehe 2).
 2. a) Haare gerade, steif; weiß bis schmutziggelbe Farbe (siehe 3).
 b) Haare wollig, aber braunviolette Farbe, 4—6 mm lang, bestehen aus langen, flachen, baumwollähnlichen, verdrehten, spiraligen Zellen. Ihre Wände sind oft dick und gewellt. Zellinhalt mäßig, gelb bis violett, durch Salzsäure teilweise rot gefärbt. Diese Faser bedeckt die kleine eiförmige Frucht



Abb. 355. Baumwollgras (*Eriphorum angustifolium*). (Dodge.)



Abb. 356. Das gemeine Baumwollgras (*Eriphorum latifolium*). (Dodge.)

der Neuhollandpflanze *Cryptostemma calendulaceum*. Sie wird in Australien als Füllmaterial verwendet.

- c) Haare wollig hart, rötliche Farbe. Die Zellen sind sehr dünnwandig, farblos und in der Regel leer; hin und wieder aber mit einer homogenen rötlichgelben Substanz gefüllt. Wo zwei Zellen nebeneinander zusammenstoßen, kann man runde Flecken beobachten. Die einzelnen Zellen sind relativ breit, äußerst verschieden und unregelmäßig in der Dicke, oft zusammen verknüpft. Diese Faser bildet den Überzug einer Hibiskuspflanze, die in Kuba wächst. Wird unter dem Namen Majagua zu Polsterzwecken benützt.
 3. a) Die Haare sind 1—3 cm lang und im Durchschnitt unter 50 Mikron dick. Sie bestehen aus zwei Zellschichten, die ineinander wachsen. Die inneren Wände sind rau, die äußeren dünn und weich und liegen daher dicht auf der inneren Schicht auf. Die Trennungswände sind dick. Die Quasten enden

in 2—6endigen, oft hackenähnlichen Zellen. Die Endzellen zeigen viele Poren; schwach verholzt. Diese Faser umhüllt den reifen Fruchtkern des Baumwollgrases, *Eriphorum angustifolium*, *E. latifolium* usw. (Baumwollgras, Abb. 355, 356).

- b) Die Fasern sind 5 mm lang; mittlere Breite der Quasten bis 16 Mikron; die breitesten unter 30 Mikron. Die Quasten enden nicht in scharf gespitzten Zellen, die Trennungswände erscheinen unter geringer Vergrößerung als kleine Knoten und sind gewöhnlich gut bemerkbar. Die Faser stammt von der kleinen lanzettförmigen Frucht der Reed mall, *Typha angustifolia*, welche auf einem kurzen Stengel wächst und die Haare am andern Ende trägt. Es ist auch unter dem Namen Perigon-Haar bekannt. Die Faser besteht aus wenigen Zellreihen, die dünnwandig sind. Die Zellwände ragen besonders in der Nähe der Faserspitzen zahnartig hervor. Die Faser ist schwach verholzt. Sie wird als Füllmaterial verwendet (Abb. 357).
4. a) Die Fasern sind flach, wollig, häufig axial spiralig verdreht, nicht verholzt (siehe 5).
 b) Die Faser ist in der Regel zylindrisch, steif, nicht verdreht, ein wenig verholzt, daher mit Indophenol oder Phlorogluzin Rotfärbung (siehe 6).
5. a) Fasern 1—5 cm lang; weiß bis gelblichbraun, Dicke 12—42 Mikron. (Baumwolle, Abb. 358).
 b) Fasern sind 9,5 cm lang, sehr dünn, in der Regel aus Quasten bestehend. Farbe violettbraun. Siehe oben unter 2b *Cryptostemma*-Haare.
6. a) Das Produkt besteht aus einer grasigen Spikula mit haarigem Überzug. Die Haare sind 5—8 mm lang und 10—15 Mikron breit. Die Dicke der Wände dieser zylindrischen zugespitzten Haare bleibt bis an die Spitze ziemlich gleichförmig, so daß diese sehr dick erscheint. Diese Faser ist ein Polstermaterial von *Saccharum officinale* (Zuckerrohrhaar).
 b) Das Produkt besteht aus kurzen, weißen, ungefähr 8—24 Mikron dicken Fasern und aus ovalen flachen Fruchtschalen von 5 mm Länge und 4 mm Breite. Die Haare sind an der Basis breiter und daher in der Regel messerförmig; dickwandig mit transversalen, spaltähnlichen Zeichnungen; der obere Teil des Haares ist dünner und rauhwandig; farblos, die Enden sind in der Regel stumpf und enthalten eine körnige Masse. Schwach verholzt, besonders an der Basis (Gemeine Baumwolle).
 c) Das Produkt besteht durchweg aus Haar und ist in der Regel frei von Verunreinigungen (Pflanzendaunen und -seide).
7. a) Die Fasern haben auf den Wänden zwei bis fünf Längsfurchen, welche entweder flach oder halbmondförmig sind, und an der Basis in ein Netzwerk übergehen. Diese Furchen sind breit und bei einer Betrachtung der Oberfläche der Faser schwierig zu erkennen, jedoch hin und wieder sind sie sehr deutlich; die maximale Dicke beträgt 35 Mikron; Farbe weiß bis gelblich. Diese Fasern sind das Samenhaar von *Apocynum* und *Asclepias* (Pflanzenseide, Abb. 359).
 b) Die Fasern haben keine Längsfurchen; häufig Querfurchen an der Basis oder als Netzwerk. Maximale Dicke in der Regel unter 35 Mikron; gelblich bis braun. Diese Haare bedecken die Fruchtschalen von Bombazeen (Pflanzendaunen, siehe 13).

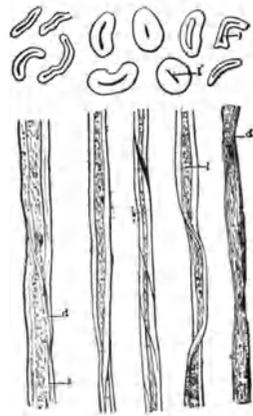
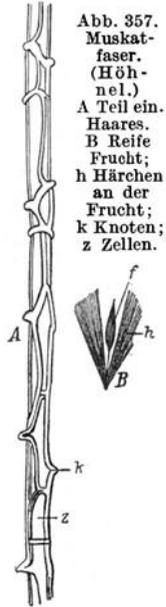


Abb. 358. Baumwollfasern (170 ×). Versch. Baumwollfasern. Oben Querschnitte; l Lumen; d Verdrehung; s Körnung der Kutikula. (Höhnel.)

8. a) Die Haare sind 3,5—4,5 cm lang und die dicksten haben einen Durchmesser von 50—60 Mikrons (siehe 9).
 b) Die Fasern sind 1,5—4 cm lang und die dicksten haben einen Durchmesser von 35—45 Mikrons (siehe 10).
9. a) Die Fasern verengen sich an der Basis, kurz oberhalb schwellen sie stark an und sind bis 100 Mikrons dick. Die Faser enthält sehr viele Poren. Die Faser wächst buschartig auf einem Stengel, ist gelblich und rauh, dies ist Pflanzenseide aus dem Senegal (Strophanthus, Abb. 360).
 b) Die Fasern sind weiß, kräftig und nicht rauh; sie entstammen einem haarigen Büschel oder einer Krone. Es ist dies indische Pflanzenseide (Beaumontia grandiflora, Abb. 240).
 c) Gelbe, stabartige Fasern, schwach, steif, gerade und hart (Calotropis procera, Senegal).
10. a) An der Basis der Fasern sind Poren oder Punkte (siehe 11).
 b) Poren oder Punkte fehlen. Pflanzenseide von *Asclepias cornuti*, *Curassavica* usw. (Abb. 361).



Abb. 359. Fasern von Baumwollgras oder Pflanzenseide. Die scharfen Bruchstellen zeigen die Sprödigkeit der Faser.

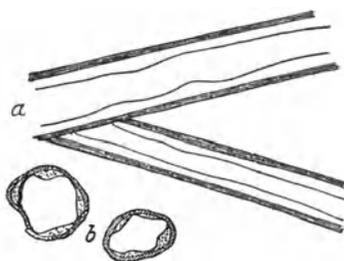


Abb. 360. Faser von *Strophanthus* (300x). a) Längsansicht; b) Querschnitt.

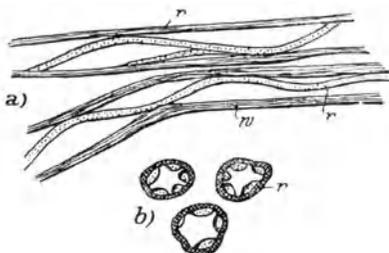


Abb. 361. Pflanzenseide von *Asclepias cornuti*. a) Längsansicht; b) Querschnitte; r verdickte Furchen; w Zellwände.

Diese Pflanze wächst im tropischen und subtropischen Amerika und kommt auch in Indien vor. Man sagt, daß ihre Samenhaare kräftiger seien als diejenigen der meisten ähnlichen Faserarten.

11. a) Große Flecken; rund oder oval; die Faserwände sind an der Basis nicht dicker als an den oberen Teilen, die Furchen sind bemerkenswert gut entwickelt. Haare an der Basis stark gebogen (Pflanzenseide von *Calotropis gigantea*).
 b) Flecken klein, keine Längszeichnungen, Wände dicker als bei vorhergehender Faser; Furchen wenig bemerkbar, fehlen oft ganz (siehe 12).
12. a) Haare an der Basis dünner (*Hoya viridiflora*).
 b) Haare nicht dünner (*Marodenia*).
13. a) Haare haben an der Basis maschenförmige oder spiralgige Erhöhungen (siehe 14).
 b) Ohne maschenförmige Erhöhungen an der Basis (siehe 15).
14. a) Basis breiter, dünnwandig; ovale, maschenförmige Erhöhungen oder spiralgige Schwellungen, die sich oft weit ausbreiten. Spitzen sehr dünnwandig, langsam zusammenlaufend, nicht scharf endend. Enthalten oft eine braunrötliche homogene körnige Substanz. Faser nicht sehr steif, in der Regel gekerbt. Basis enthält kein Mark (Pflanzendaunen von *Eriodendron anfractuosum*).

- b) Ganz ähnlich, aber die Enden laufen nicht so spitz zu; ohne Mark; die ganze Faser eher rauhwandig (Pflanzendaunen von *Bombax heptaphyllum*).
- c) Sehr ähnlich (a) aber Faserwände ganz rauh. Enthält in Abständen der ganzen Länge nach ein körniges Mark. Basis dickwandig, maschenförmige, faserige Erhöhungen, die aber weder spiralig, noch sehr breit sind, meist nur ein Sechstel des Faserdurchmessers. Endet, wie obige, dickwandig (Pflanzendaunen, von *Bombax ceiba*, Abb. 362).
15. a) Rohfaser braun, rauhwandig. Wände 1—7 Mikron dick; Spitzen ohne Mark; nicht gekerbt; steif und sehr scharfes Ende; Band nicht verdickt, enthält oft körnige Substanz (Pflanzendaunen von *Ochroma lagopus*, Abb. 363).



Abb. 362. Pflanzendaunen (*Bombax ceiba*) (300 ×).

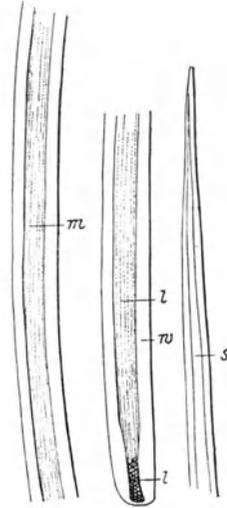


Abb. 363. *Ochroma lagopus* (340 ×). (H ö h n e l.) m mittlerer Teil der Faser; b Basis; s Spitze; l Lumen; q Querschnitt; w Zellwand.

- b) Rohfaser gelblich, dünnwandig, Wände sehr ungleich in der Dicke; oft schwach entwickelte Längsgräte. An der Basis ist die Zellwand sehr dick (Pflanzendaunen von *Cochlospermum gossypium*).

II. Allgemeine Tabelle zur Bestimmung der Pflanzenfasern. Einschließlich Baumwolle, wie auch der wichtigeren Fasern vom Basttypus.

A. Fasern, die von Jod und Schwefelsäure blau, violett oder grünlich gefärbt werden.

a) Bastfasern und Baumwolle (Baumwolle, Flachs, Hanf, Sonnenhanf, Ramie, Roafaser).

I. Die Querschnitte werden mit Jodschwefelsäure blau oder violett, zeigen keine gelbliche Zwischenschicht, das Lumen ist oft mit gelblichem Mark gefüllt.

1. Querschnitte: Sie kommen entweder einzeln oder in kleinen Gruppen vor. Die Querschnitte greifen nicht übereinander, sind polygonal und haben scharfe Kanten. Jod und Schwefelsäure färbt sie blau oder violett. Sie zeigen dicht aufeinanderliegende feine Schichten. Das Lumen erscheint als ein gelber Punkt.

Längsansicht: Mit Jod und Schwefelsäure blau; durchscheinend, fast gleichmäßig dick. Glatt oder sehr schwach gezeichnet, häufig Knicke; Andeutungen von dunklen Linien, die durch die ganze Faser

laufen und sich kreuzen; Verdickung der Faser besonders an den Knickstellen häufig. Das Lumen erscheint als schmale gelbe Linie. Die natürlichen Faserenden sind scharf zugespitzt. Länge 4—66 mm. Dicke 15—37 Mikrons (Lein oder Flachs, Abb. 364).

2. Querschnitte: Einzelne oder sehr wenige in einer Gruppe, lose zusammengehalten; polygonal oder unregelmäßig; meist flach, sehr breit; durch Jod und Schwefelsäure blau oder violett gefärbt; Schichtung nicht bemerkbar; das Lumen ist groß und unregelmäßig, oft mit einem dunkelgelben Mark gefüllt. Radiale Spaltungen sind häufig zu bemerken.

Längsansicht: Viele der Fasern auffällig breit; die Dicke der Einzelfaser sehr ungleich; glatt oder gestreift; oft Brüche in der Zellwand; mit Jod und Schwefelsäure blau und violett; das Lumen ist leicht zu sehen, sehr breit, enthält oft ein dunkelgelbes Mark; Knicke

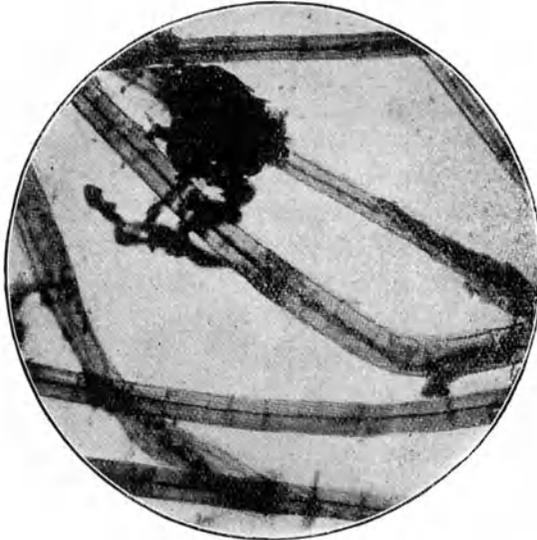


Abb. 364. Rohlein mit Jod und Schwefelsäure behandelt. (Solaro.)

bemerkbar; häufig dunkle Querlinien, die sich oft kreuzen. Die Enden sind verhältnismäßig dickwandig und stumpf. Länge 60 bis 250 mm, Dicke bis zu 80 Mikrons (Chinagrass, Ramie).

3. Querschnitt: Wenige in einer Gruppe, polygonal, meist mit geraden oder schwach gebogenen Seiten und stumpfen Winkeln. Das Lumen ist der Länge nach regelmäßig zusammengezogen; enthält oft gelbes Mark. Viele Schnitte sind von einer dünnen, grünlich gefärbten Schicht umgeben, sie zeigen auch manchmal sehr schöne radiale Zeichnungen der Spalten, sowie konzentrische Schichtungen. Die verschiedenen Schichten werden verschieden gefärbt.

Längsansicht: Fasern immer getrennt; mit Jod und Schwefelsäure ein feines Blau. Gestreift und verdreht, Lumen breit, ausgeprägt, enthält oft ein gelbliches Mark; Enden stumpf; die ganze Faser in konzentrierter Schwefelsäure unlöslich; mit einer dünnen Kutikula überzogen. Länge 10—60 mm, Dicke 12—42 Mikrons (Baumwolle, Caravonica-Baumwolle, Abb. 366).

- II. Querschnitt mit Jod und Schwefelsäure blau oder violett; polyedral, abgerundet, oder unregelmäßig, immer von einer gelben Zwischenschicht umgeben.

1. Querschnitte: Immer in Gruppen, mit mehr oder weniger abgerundeten Ecken, die sehr nahe beieinander liegen; sie sind alle von einer dünnen gelblichen Zwischenschicht umgeben. Das Lumen ist strichförmig, einteilig oder gegabelt, oft breit mit einspringenden

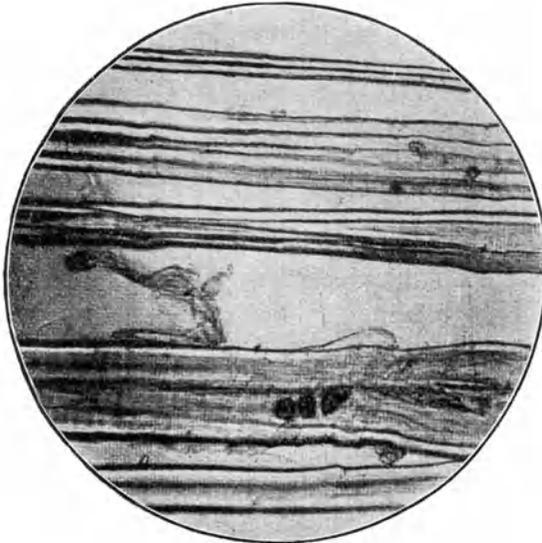


Abb. 365. Rohe Ramiefaser. (Solaro.)

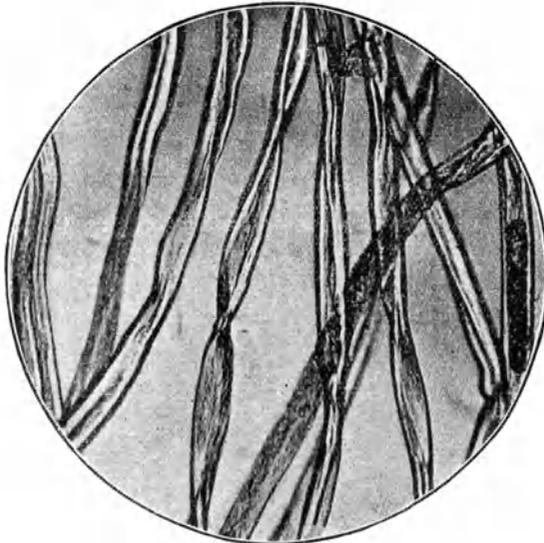


Abb. 366. Caravonicabamwool; wollähnlicher Typus. (Solaro.)

Kanten, ohne Mark; gute ausgeprägte konzentrische Schichtenlagerung. Die verschiedenen Schichten werden verschieden gefärbt.

Längsansicht: Mit Jod und Schwefelsäure blau, grünlich oder schmutzig gelb; Faserdicke unregelmäßig, oft anhängende Teile einer gelblichen Zwischenschicht. Knicke und Transversallinien häufig;

- Streifung sehr ausgeprägt; Lumen nicht sehr hervortretend, aber breiter als bei Lein; Enden sind breit, dickwandig und stumpf, oft verzweigt. Länge 5—55 mm, Breite 16—50 Mikrons (Hanf, Abb. 367).
2. Querschnitte: In großen Gruppen, liegen sehr nahe beieinander und berühren sich. Denen von Hanf sehr ähnlich, oft sichelförmig. Polygonal oder oval, mit Lumen von veränderlicher Größe, das oft ein gelbliches Mark enthält. Lumen in der Regel nicht strichförmig, aber unregelmäßig. Eine breite gelbe Zwischenschicht, von der man die blauen inneren Schichten gut unterscheiden kann, ist immer vorhanden. Schichtenbildung, wie beim Hanf, sehr ausgeprägt.

Längsansicht: Wie bei Hanf, ausgenommen die Dimensionen, welche folgende sind: Länge 4—12 mm, Breite 25 bis 50 Mikrons (Sonnenhanf, Abb. 368).

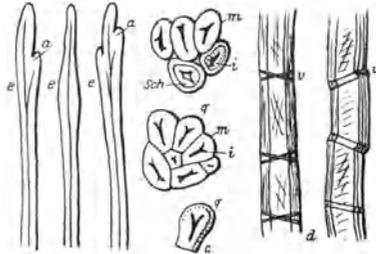


Abb. 367. Hanf (170 \times). e Faserenden; c Querschnitte; d Längsansicht. (Höhnel.)

- b) Blattfasern (ohne gemeinschaftliche Struktur, Esparto- und Ananasfasern).
1. Querschnitte: In großen kompakten, oft sichelförmigen Gruppen; sehr klein; mit Jod und Schwefelsäure blaßblau oder violett; von einem dicken schalenartigen Netzwerk umgeben; abgerundet, oder polygonal; Lumen



Abb. 368. Sonnenhanf. (Solaro.)

punkt- oder strichförmig. Dicke Schnitte erscheinen grünlich, oder sogar gelb; oft Bündel eines vaskularen Gewebes mit ein bis zwei Reihen dicker, gelb gefärbter Fasern.

Längsansicht: Fasern dünn, regelmäßig, sehr dickwandig, glatt; Lumen oft unsichtbar, in der Regel nur als feine Linie zu bemerken. Enden laufen zusammen, haben nadelförmige Spitzen; Farbe mit Jod und Schwefelsäure blau, aber oft nur schwach. Häufig sind kurze, dicke, steife, vollständig verholzte Fasern des umhüllenden Gewebes anwesend. Länge 5 mm, Breite 6 Mikrons (Ananasfaser).

2. Querschnitte: In Gruppen; mit Jod und Schwefelsäure meist blau, jedoch auch gelb; oft ausgeprägte Schichtenbildung; die äußeren Schichten häufig gelb, während die inneren blau sind. Rundlich oder oval, selten geradseitig. Lumen punktförmig.

Längsansicht: Fasern sind kurz, mit Jod und Schwefelsäure blau; dünn, sehr kräftig, glatt und gleichförmig in der Dicke. Lumen gelb, strichförmig; Enden selten zugespitzt, meist stumpf oder gegabelt. Länge 1,5 mm, Dicke 12 Mikrons (Esparto).

B. Fasern, die von Jod und Schwefelsäure gelb gefärbt werden.

- a) Dikotyledonenfasern (ohne vaskuläre Bündel, das Lumen zeigt starke Zusammenziehungen. Umfaßt Jute, Abelloschus, Gambohanf, Urena und Manilahanf. Letzterer zeigt manchmal ein vaskuläres Gewebe).

- I. Querschnitte in Gruppen, polygonal und geradlinig, mit scharfen Ecken; Lumen rund oder oval, glatt und ohne Mark. Querschnitt zeigt dünne Zwischenschichten, welche mit Jod und Schwefelsäure die gleiche Farbe wie die inneren Schichten geben.

Die Längsansicht zeigt ein unregelmäßiges Lumen.

1. Querschnitte: polygonal, geradlinig, Lumen in der Regel weit, rund oder oval.

Längsansicht: Fasern glatt, ohne Knicke oder Gräte; Lumen gut sichtbar; breit, mit Kontraktionen. Die Enden immer stumpf und mäßig dick; Enden haben weites Lumen. Länge 1,5 bis 5 mm, Breite 20—25 Mikrons (Jute).

2. Querschnitte: In der Regel etwas kleiner als bei Jute, Seiten gerade, mit scharfen Ecken, Lumen oft wie ein Punkt oder dann strichförmig, oval, gelegentlich spitzig, nicht so groß wie bei Jute.

Längsansicht: Fasern in der Dicke fast gleichmäßig, glatt mit gelegentlichen Knoten oder Streifen; Lumen eng, unregelmäßige dicke, häufige Kontraktionen. Die Enden sind breit, stumpf, oft verdickt; Länge 1—1,6 mm, Breite 8—20 Mikrons (Pseudojute oder Moschusmalve von Abelloschus).

- II. Querschnitte in Gruppen, liegen dicht aufeinander, polygonal mit scharfen Umrissen und abgerundeten Ecken. Lumen ohne Mark. Die Zwischenschicht ist breit und wird von Jod und Schwefelsäure dunkler gefärbt als die inneren Schichten der Zellwand.

1. Querschnitte: Mehr oder weniger polygonal, mit scharfen oder schwach abgerundeten Ecken. Das Lumen ist klein, wird, wenn der Querschnitt rundlicher ist, breiter und mehr oval. Die Zwischenschicht ist dick und wird mit Jod und Schwefelsäure beträchtlich dunkler als die Zellwände gefärbt. Gelegentlich Schichtenbildung, aber unausgeprägt.

Längsansicht: Die Fasern sind unregelmäßig in der Dicke, Lumen in der Regel eng, mit ausgesprochenen Kontraktionen, in einigen Teilen vollständig fehlend. Die dickeren Fasern oft gerippt. Enden stumpf und in der Regel verdickt. Länge 2—6 mm, Breite 14—33 Mikrons (Gambohanf).

2. Querschnitte: Immer in Gruppen; klein, polygonal mit scharfen Kanten, Lumen sehr klein, erscheint als Punkt oder kurzer Strich.

Längsansicht: In der Regel Knoten oder gerippt; Lumen mit ausgeprägten Kontraktionen, an einigen Stellen vollständig fehlend.

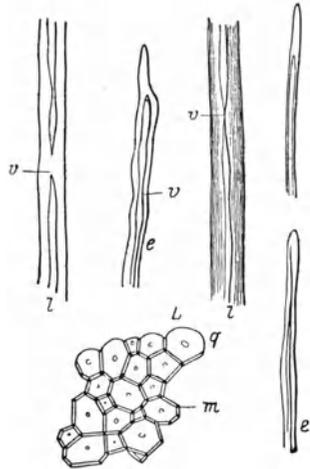


Abb. 369. Pseudojute (*Urena sinuata*) (340×). (Höhn e.l.)
 1 Längsansicht; v Unterbrochenes Lumen; e Dickwandiges Ende; q Querschnitt; m Äußere Schicht; L Kleines Lumen.

Enden stumpf und manchmal verdickt. Länge 1,1—3,2 mm, Dicke 9—24 Mikrons (Pseudojute von *Urena sinuata*, Abb. 369).

- b) Monokotyledonenfasern. Als vaskuläre Bündel zusammen mit Bast vorkommend. Lumen zeigt keine Kontraktionen. Beim Manilahanf fehlen die Bündel oft ganz. Umfaßt: Neuseelandflachs, Manilahanf, *Sansevieria*- oder Pitahanf und Yukkafaser.

I. Querschnitte in der Regel gerundet, gelegentlich polygonal, ohne Längskontraktionen, Zwischenschicht undeutlich oder nur als schmaler Strich sichtbar; sehr wenig oder überhaupt kein Vaskulargewebe.

1. Querschnitte: Klein, in der Regel rundlich, liegen voneinander getrennt; Ecken sehr abgerundet; Lumen klein, rund, oder oval, ohne Mark.

Längsansicht: Die Fasern sind dünn und steif. Das Lumen ist klein aber sehr ausgeprägt, und überall gleich weit. Die Enden sind

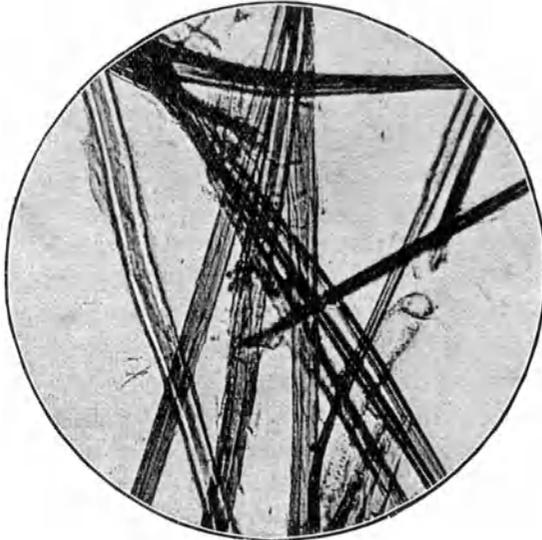


Abb. 370. Rohfaser von Neuseelandflachs. (Solaro.)

zugespitzt. Keine Zeichnungen und keine Gelenke. Länge 5—15 mm, Breite 10—20 Mikrons (Neuseelandflachs, Abb. 370).

2. Querschnitte polygonal, mit abgerundeten Rändern, in lose zusammenhängenden Gruppen; Lumen groß und rund, enthält oft ein gelbes Mark.

Längsansicht: Fasern haben gleichmäßigen Durchmesser. Wände sind dünner als bei Neuseelandflachs; Lumen groß und ausgeprägt; Enden zugespitzt oder schwach abgerundet; den Faserbündeln hängen kiesel säurehaltige Stigmata an, die man in der Asche als perlenähnliche Gebilde wiederfindet; in Salzsäure unlöslich. Länge 3—12 mm, Durchmesser 16—32 Mikrons (Manilahanf, Abb. 371).

- II. Querschnitte polygonal, Lumen weit und polygonal, mit ziemlich scharfen Ecken. Mittelschicht fehlt oder ist nur in Form einer Linie wahrzunehmen.

1. Querschnitte: Deutlich polygonal, oft mit stumpfen Winkeln, liegen dicht aufeinander. Die Zellwand weist keine Schichtenbildung auf.

Längsansicht: Fasern dünn und weich; Lumen weit und ausgeprägt; Enden zugespitzt. Länge 1,5—6 mm, Durchmesser 15—20 Mikrons (*Sansevieria*-Faser).

2. Querschnitte: Polygonal, nicht viele in einer Gruppe, liegen jedoch dicht aufeinander; Ecken schwach abgerundet; Lumen nicht sehr groß, polygonal, hat oft stumpfe Winkel. Neben den Bastfaserquerschnitten sind noch einige Vaskularbündel in Form von weiten Spiralen zu bemerken.

Längsansicht: Fasern gleichmäßig dick; Lumen nicht sehr groß aber gleichmäßig; keine Struktur; Enden zugespitzt und manchmal stumpf. Länge 1,3—3,7 mm, Durchmesser 15—24 Mikrons (Aloehanf).

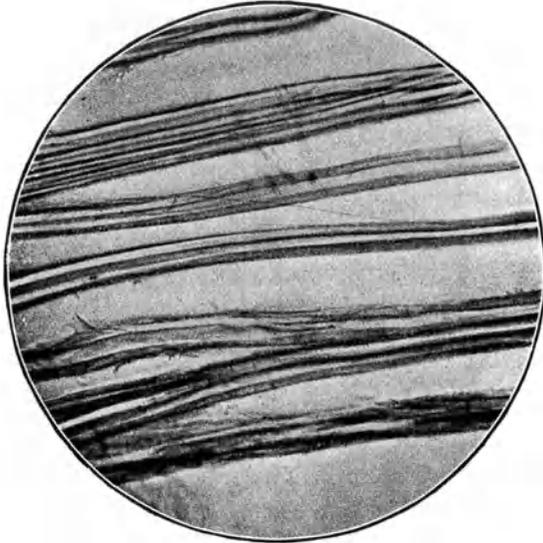


Abb. 371. Rohfaser von Manillahanf. (Solaro.)

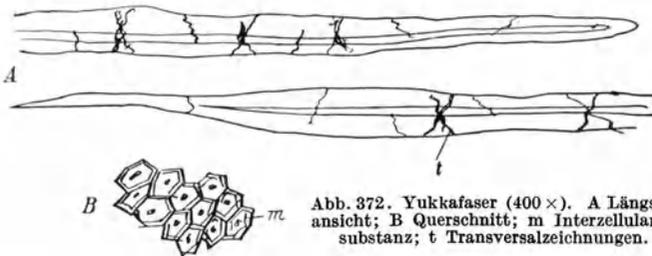


Abb. 372. Yuccafaser (400×). A Längsansicht; B Querschnitt; m Interzellularsubstanz; t Transversalzeichnungen.

3. Querschnitte: Polygonal, mit geraden Kanten; Ecken scharf, doch hier und da stumpf. Die Querschnitte liegen dicht aufeinander; Lumen groß und polygonal, jedoch sind die Winkel nicht so scharf.

Längsansicht: Fasern steif und gegen die Mitte oft sehr weit; Lumen groß; Enden breit; verdickt und oft gegabelt; in der Asche findet man große glänzende Kristalle, welche von den meißelförmigen Calciumoxalatkristallen herrühren, die an der Außenseite der Fasern hängen. Diese Kristalle sind oft $\frac{1}{2}$ mm lang. Länge der Faser 1—4 mm, Durchmesser 20—32 Mikrons (Pitahanf).

- III. Querschnitte polygonal und klein. Seiten gerade mit sehr scharfen Winkeln. Lumen klein, in der Regel punkt- oder strichförmig; Querschnitte liegen dicht aufeinander und sind von einer dicken, gut ausgeprägten Zwischenschicht umgeben.

1. Querschnitte: wie oben.

Längsansicht: Faser sehr dünn, Lumen auch sehr dünn; oft Längsfurchen; Enden in der Regel scharf zugespitzt; Länge 0,5—6 mm, Durchmesser 10 bis 29 Mikrons (Yukkafaser, Abb. 372).

Man erhält sie aus der *Yucca gloriosa* und sie gehört zu der feinsten Art der Monokotyledonenfasern. Oft zeigt die Faser keine sichtbaren Zeichnungen. Die Querschnitte sind klein und polygonal, mit geraden Seiten und scharfen Ecken. Die Zwischenschicht ist nicht sehr ausgeprägt und die ganze Faser ist stark verholzt.

III. Analytischer Überblick über die wichtigsten Pflanzenfasern.

1. Solche, die als dicke, faserige Bündel vorkommen, auch mit vaskularem Gewebe (Monokotyledonen, siehe 2).

Vaskulargewebe fehlt; Schnitte und Fasern immer einzeln; rund oder durch Zusammenpressung nierenförmig; Fasern haben eine dünne Kutikula; in konzentrierter Schwefelsäure unlöslich und nicht schwellend (Pflanzenhaare, siehe 7).

Vaskulargewebe fehlt; die Fasern sind Bündel von Bastgewebe, die Querschnitte kommen in der Regel in Gruppen von zwei oder mehr vor (meist echte Dikotyledonenfasern, siehe 13).

2. Lumen sehr eng, strichförmig, viel dünner als die Faserwand (siehe 3).

Lumen ist in den dicksten Fasern mindestens so stark als die Wand, wenn nicht weiter; vollständig verholzt (siehe 4).

3. Schnitte polygonal, Seiten gerade mit scharfen Winkeln; vollständig verholzt; Durchmesser 10—20 Mikrons (Yukkafaser).

4. Schnitte rundlich bis polygonal, oft abgeflacht oder eiförmig, die inneren Schichten sind nicht verholzt; Durchmesser 4—8 Mikrons (Ananasfasern).

Dicke, stark kieselsäurehaltige Stigmen, die in Abständen auf dem Faserbündel in kurzen oder langen Reihen vorkommen, manchmal aber wenige. Diese sind viereckig, haben gezackte Ecken und zeigen in der Mitte einen runden, hellen und transparenten Fleck; nach Behandlung der Faser mit Chromsäure sind sie sehr leicht sichtbar und sind ungefähr 30 Mikrons lang. In der Asche der vorher mit Salpetersäure behandelten Faser treten sie in Form von manchmal recht langen, in Salzsäure unlöslichen Perlreihen auf, die der Länge nach zusammengefügt sind. Die Fasern sind dickwandig mit spaltförmigen Poren. Länge 3—12 mm, die Faserbündel sind gelblich und glänzend (Manilahanf).

Stigmen oft in größeren, oft in kleineren Mengen vorhanden, sie sind linsenförmig, klein (ungefähr 15 Mikrons breit) und sind an den äußeren Fasern des Bündels vermittelt gezackter Ränder befestigt. In der Faserasche schmelzen sie zu undeutlichen Klümpchen zusammen. In der Asche der vorher mit Salpetersäure behandelten Fasern erscheinen sie als hefezellenartige, durch runde Kieselsäureskelette zusammengehaltene Gebilde. Die Fasern sind oft dünnwandig mit vielen Poren. Länge 1—2 mm. Rohfaser in der Regel braun und rau (Ramie).

Stigmata abwesend, jedoch ist die Faser nicht von kieselsäurehaltigen Elementen begleitet (siehe 5).

5. Die Faserbündel sind außen in Zwischenräumen mit Calciumoxalatkristallen überzogen, deren Länge bis 0,5 mm beträgt. Die Querschnitte sind klein und polygonal mit geraden Seiten und scharfen Spitzen. Die Bindeschicht ist deutlich sichtbar und die ganze Faser ist stark verholzt. Glänzend mit quadratischem Querschnitt, an den Enden meißelförmig, oft auch dicke nadelförmige Kristalle. Sind sie in großer Menge vorhanden, so erscheinen die Kristalle in langen Reihen, welche oft mit bloßem Auge sichtbar sind; unter dem Mikroskop kann man sie besonders in der Asche immer leicht erkennen.

Die Faserbündel sind meist dick und ihre äußeren Fasern enthalten infolge ihrer Aufbereitung häufig Spalten. Die Dicke der Faserwände ist sehr ungleich, Fasern in der Mitte oft stark verdickt (Pitahanf).

Ohne Kristalle, in der Regel dünn, im Querschnitt gewöhnlich weniger als 100 Fasern zu einem Bündel vereinigt. Die Dicke der Faserwände und des Lumens ist sehr gleichförmig (siehe 6).

6. Querschnitte meist rund, nicht sehr kompakt, Lumen gewöhnlich dünner als die Wand, aber nie eine einzelne Linie; im Querschnitt rund oder oval, Vaskulargewebe nur in geringer Menge (Neuseelandflachs).

Querschnitte zum mindesten auf einer Seite polygonal; Querschnitt des Lumens polygonal, mit mehr oder weniger scharfen Ecken; in der Regel ist es so groß oder größer als die Faserwand dick; Vaskulargewebe häufig (Aloehanf).

7. Fasern meist seilförmig, verdreht, besitzen in der Regel feine Körnchen, oder sind mit feinen Linsen gezeichnet, daher rauh; dünne und dicke Wände; Querschnitte zusammengepreßt, oder rund bis nierenförmig, daher hat die Faser mehr oder weniger die Form eines flachen Bandes; der Querschnitt des Lumens ist mehr oder weniger gekrümmt, strichförmig, enthält oft ein gelbes Mark; besteht mit Ausnahme der dünnen Kutikula aus reiner Zellulose (Baumwolle).

Fasern nicht verdreht, äußerlich glatt und ohne Längszeichnungen; Fasern sind nicht flach, Querschnitte rund. Wände in der Regel sehr dünn. Manchmal jedoch sind sie dick; verholzt, in Kupferoxydammoniak kaum anschwellend (Pflanzendaunen, Pflanzenseiden, siehe 8).

8. Die Fasern besitzen an der Innenseite 2—5 breite Rippen, welche manchmal sehr augenfällig und hier und da kaum sichtbar sind; sie verlaufen längs der Faser und sind im Querschnitt halbkreisförmig. Aus diesem Grunde erscheinen die Wände ungleich dick, wenn man sie in der Längsansicht betrachtet. Die maximale Dicke beträgt ungefähr 35 Mikrons (Pflanzenseiden, siehe 9).

Fasern ohne Rippen, maximale Dicke meist 30—35 Mikrons (Pflanzendaunen, siehe 12).

9. Größte Durchmesser 50—60 Mikrons, Länge 3,5—4,5 cm (siehe 10).

Größte Durchmesser 35—45 Mikrons, Länge 1,5—4 cm (siehe 11).

10. Die Fasern sind am tieferen Ende zusammengezogen und schwellen direkt oberhalb stark an. Ihre Stärke beträgt dort 80 Mikrons. Der untere Teil der angeschwollenen Faser enthält viele Porenkanäle; die Fasern treten feder- oder bürstenartig aus einem geraden Schaft aus (Pflanzenseide aus dem Senegal).

Im Gegensatz zu oben treten die Fasern von einem Punkte fächerförmig aus; sie sind bemerkenswert stark, rückwärts gekrümmt; sehr kräftig (indische Pflanzenseide).

Wie die vorhergehenden, doch ist die Faser steif, gerade, schwach und brüchig (*Calotropis procera*).

11. Verdickte Rippen sehr augenfällig; in den Querschnitten kommen sie oft in Form von Halbkreisen vor; in einer streng geordneten Form zusammengehalten (Pflanzenseide von *Asclepia cornuti*).

Verdickte Rippen undeutlich, im Querschnitt nur schwach sichtbar (Pflanzenseide von *Asclepias curassavica*).

12. Rohfaser gelblich, am unteren Ende verbreitert (bis zu 50 Mikrons), auch transversale Zeichnungen; Wände 1—2 Mikrons dick (*Bombax*-Baumwolle).

Rohfaser braun, das untere Ende ist zusammengezogen, zeigt keine Verdickungen; Faser fast durchwegs dünnwandig, ausgenommen am unteren Ende, wo sie sehr dickwandig ist (*Cochlospermum gossypium*).

13. Dicke Faserbündel, deren Oberfläche in Abständen Serien von dicken Kieselsäureplatten, welche scharfe gezahnte Ränder und einen runden hohlen Raum besitzen (*Manilahanf*, siehe unter 4).

Kieselsäureplättchen sind abwesend; in seiner Längsrichtung weist das Lumen bemerkenswerte Zusammenziehungen auf, während die Faserwand sehr unregelmäßig dick ist. Von Zeit zu Zeit wird das Lumen sogar ganz unterbrochen. Die Faser hat Knicke und transversale Spalten. Transversale Zeichnungen, die wie Zonen oder Knoten aussehen, sind sehr selten oder fehlen ganz. Vollständig verholzt, daher mit Jod und Schwefelsäure gelbe Färbung (siehe 14).

Kieselsäureplättchen, ebenso bemerkenswerte Verengerungen des Lumens abwesend. Dicke der Faserwand sehr gleichmäßig. Knicke und Spalten, sowie Transversallinien und Zeichnungen längs der Faser sehr häufig. Daher erscheint die Faser oft, wie wenn sie geschwollene Knoten hätte; unverholzt oder dann nur an der äußersten Schicht. Daher wird die Faser mit Jod und Schwefelsäure blau, violett oder grün oder meistens stellenweise gelb gefärbt (siehe 17).

14. Äußere Schichten dünn, zeigen mit Jod und Schwefelsäure die gleiche Färbung wie die inneren, also dieselbe wie der ganze Querschnitt. Das Lumen ist selten vollständig unterbrochen (siehe 15).

Im Querschnitt erscheint die Verbindungsschicht dick, wird von Jod und Schwefelsäure beträchtlich dunkler gefärbt; Lumen oft vollständig unterbrochen (siehe 16).

15. Lumen im allgemeinen groß, Durchmesser so groß oder nur wenig kleiner als die Faserwand; im Querschnitt rund oder oval, selten punktförmig; keine Calciumoxalatkristalle (echte Jute).

Lumen in der Regel klein; Durchmesser kleiner als der der Faserwand, oft punktförmig; Calciumoxalatkristalle häufig (durch Veraschung nachgewiesen) (Pseudojute, *Abelmoschus*, Abb. 373).

16. Lumen fast immer bedeutend dünner als die Faserwand; Enden in der Regel sehr dickwandig und eng; Calciumoxalatkristalle treten häufig auf (Pseudojute, *Urena sinuata*).

Lumen oft so weit oder weiter als die Faserwand, meist jedoch enger; Enden breit und stumpf (Gambohanf).

17. Das Lumen ist im mittleren Teile der Faser meist strichförmig, viel enger als die Faserwand. Enden nie stumpf, immer scharf zugespitzt. Querschnitte einzeln oder in kleinen Gruppen gleichförmig im Durchmesser; spitzwinklige und geradseitige Vielecke; ohne getrennte Verbindungsschicht. Jod und Schwefelsäure färbt den ganzen Querschnitt blau oder violett. Das Lumen erscheint im Querschnitt sehr klein oder als ein Punkt; es enthält ein Mark, das mit Jod und Schwefelsäure gelb gefärbt wird (Lein oder Flachs).

Lumen besonders in den mittleren Teilen der Faser meist viel dicker als die Faserwände. Im Querschnitt in der Regel mehr oder weniger abgeflacht, schmal, breit, eiförmig oder oval. Faserenden stumpf, nie scharf zugespitzt. Die Querschnitte bestehen fast nie aus scharfwinkligen Vielecken, sondern sind mehr oder weniger elliptisch mit abgerundeter Grenze (siehe 18).

18. Breite der Faser bis 80 Mikrons, maximale Länge 15—60 mm. Querschnitte immer in kompakten Gruppen, welche oft aus vielen Fasern bestehen, mit dünneren oder dickeren Membranschichten, welche mit Jod und Schwefelsäure gelb gefärbt werden. Daher wird die Faser nie rein blau gefärbt, aber schmutziggelb bis grünlich und stellenweise gelb. Die Enden haben oft Seitenzweige (siehe 19).

19. Verholzte Außenmembranen sehr dünn; Lumen im Querschnitt eng, sehr selten breit, spaltförmig oder strichförmig, oft verzweigt, ohne Mark (Hanf).

Verholzte Außenschichten oft so dick oder dicker als die inneren Lagen. Dort, wo die äußeren dünn sind, sind die inneren manchmal von ihnen gelöst. Lumen im Querschnitt kaum eng oder punktförmig, aber breit, oval, oder lang; enthält oft ein gelbliches Mark (Sonnenhanf).

10. Reaktionen der Bastfasern. In der Tabelle IV von Godale sind die Reaktionen der wichtigsten Bastfasern zusammengestellt.

11. Mikroskopische Vergleichung der verschiedenen Fasern. In Tabelle VII gibt Zetzsche einen Vergleich der verschiedenen Fasern.

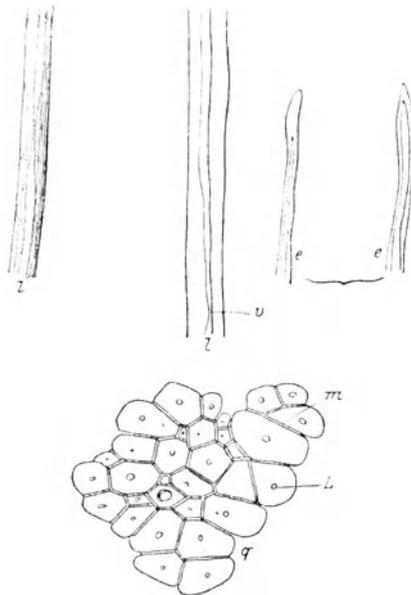


Abb. 373. *Abelmoschusjute* (315 ×). (H ö h n e l.)
 l Längsansicht; q Querschnitt; e Enden; L Kleines Lumen; v Verengung des Lumens;
 m Verbindungsschicht.

Tabelle VI.
Reaktionen der Bastfasern.

Name der Faser	Reaktion mit Schweitzers Reagens	Reaktion mit Jod und Schwefelsäure	Reaktion mit Anilinsulfat	Länge der Rohfaser cm	Dicke der Rohfaser mm	Länge der Bastzellen mm	Dicke der Bastzellen	
							Grenzen mm	Mittel mm
Rohflachs .	rasch angegriffen u. fast vollständig aufgelöst	Blaufärbung	bleibt ungefärbt	20—140	0,04—0,62	20—40	0,012—0,076	0,015
Rohhanf . .	reine Faser gelöst	grünlichblau bis rein blau	blaßgelb	100—300	—	10	0,015—0,028	0,016
Rohjute . .	bläuliche Farbe, mehr oder weniger ausgeprägte Schwellung hellgrün	gelb bis braun	goldgelb bis orange	150—300	0,03—0,14	0,8—4,1	0,010—0,026	0,016
Rohesparto .	bläuliche Farbe, schwache Schwellung	rostrot	dottergelb	10—40	0,09—0,50	0,5—1,9	0,009—0,015	—
Rohaloe . .	bläuliche Farbe, schwache Schwellung	rötlich-braun	goldgelb	40—50	0,075—1,05	1,3—3,7	0,015—0,024	—
Neuseelandflachs	bläuliche Farbe, Schwellung mehr oder weniger	variiert mit der Reinheit der Faser gelb, grün oder blau	farblos	80—110	0,042—0,12	2,5—5,6	0,008—0,019	0,013
Chinagrass . .	wenn „cottonisiert“ rasche Einwirkung und vollständige Auflösung	kupferrot bis blau	farblos	—	—	220	0,040—0,080	0,050
Ramie	dasselbe	dasselbe	dasselbe	—	—	80	0,016—0,126	—
Coir	wahrnehmbare Schwellung, Farbe blau	Reagens infolge der Faserfarbe nicht verwendbar	nicht verwendbar	15—33	0,05—0,30	0,4—0,96	0,012—0,020	0,016
Agavearten .	schwillt an und wird einigermaßen blau	mit Jodlösung gelb auf H_2SO_4 -Zusatz braun	gelb	100	0,10—0,46	1,02—2,22	0,016—0,021	0,017
Manila	blaue Farbe und schwache Schwellung	mit Jodlösung gelb auf H_2SO_4 -Zusatz grünlich	blaßgelb	750	0,010—0,28	2,0—2,7	0,012—0,046	0,029

12. Systematische Untersuchung von Fasergemischen Die Tabelle VIII von Pinchon stellt einen Versuch dar, eine systematische qualitative Analyse der wichtigsten Textilfasern zu geben.

Die Faser wird zuerst mit einer 10%igen Kalilauge behandelt. Dabei werden die animalischen Bestandteile aufgelöst, während die vegetabilischen unverändert bleiben. Setzt man der Faser nach dem Behandeln mit Lauge Bleiazetat zu, so wird sie, wenn Wolle zugegen war, infolge der Bildung von Bleisulfid, bedingt durch deren Schwefelgehalt, dunkel gefärbt. Vermutet man die Anwesenheit von Seide, so muß man mit konzentrierter Schwefelsäure aufwärmen. Die Seide wird sehr schnell dunkel, Wolle bedeutend langsamer.

Wenn man mit einer gewissen Vorsicht arbeitet, so ist diese schematische Untersuchung von gutem Erfolg begleitet. Man darf es jedoch nicht unterlassen, noch einige sichere Reaktionen zur Identifizierung der so gefundenen Faser auszuführen. Besonders ist die Unterscheidung zwischen den verschiedenen pflanzlichen Fasern schwierig. Man darf daher auf die Sicherheit der nach vorstehenden Tabellen erhaltenen Analysenergebnisse kein allzu großes Gewicht legen, wenn man nicht schon selbst eine lange Übung in der Analyse und Mikroskopie der Gespinnstfasern besitzt. Besonders auf dem Gebiete der Bast- und Blattfasern wird man sehen, daß sich die Muster in ihren Reaktionen sehr uneinheitlich verhalten und daß man oft versucht ist, sie mit Mischungen zu verwechseln, wenn sie in Wirklichkeit ein einheitliches Produkt darstellen. Der Mikroskopierende muß genügend Erfahrung besitzen, um den beobachteten Eigenschaften ihren richtigen Wert zuzuschreiben, und dies ganz besonders im Hinblick auf die mikroskopischen Reaktionen.

13. Reaktionen der Pflanzenfasern mit Jod und Schwefelsäure. Alle Fasern vegetabilischen Ursprungs haben einen inneren Kanal oder ein Lumen. Beobachtet man diesen gleichzeitig mit der Farb-reaktion, die man durch Behandeln mit Jod und Schwefelsäure erhält, so kann man gewisse Charakteristika beobachten, wie sie in der folgenden Tabelle zusammengestellt sind.

A. Gibt blaue Farbe:

a) Getrennte Fasern:

1. Weiter Kanal. — Baumwolle.

2. Enger Kanal, oft unterbrochen und unregelmäßig. — Merzerisierte Baumwolle.

b) Fasern frei von Bläschen oder spiraligen Röhren, mit Fasern, die von inkrustierenden Schichten umgeben sind; wenn roh in Bündeln, wenn gebleicht leicht zu trennen:

1. Enger Kanal — Lein, Maulbeer, Ginster.

2. Weiter Kanal — Hanf, Ramie, Sonnenhanf, Calotropis.

B. Gibt teilweise blaue und teilweise gelbe Farbe:

a) Die Fasern haben an ihrer Oberfläche oft Bläschen oder spiralige Röhren. In rohem Zustand sind sie mit inkrustierender Substanz umgeben und in Bündeln zusammen:

1. Enger Kanal — Ananas, Papyrifera, Kazindki, Stipa, Esparto.

C. Geben gelbe Farbe:

a) Getrennte Fasern:

1. Sehr weiter Kanal — Pflanzenseiden.

(Fortsetzung S. 721.)

Tabelle VII.
Mikroskopische Vergleichung der Fasern.

	Baumwolle	Lein, Hanf	Ramie	Jute	Manila	Wolle	Seide
Baumwolle		Knotige Struktur und Verschiebungen. Starke Polarisationsfarben. Mit Methylenblau anfärbt.	Faser sehr dick, knotige Struktur und Verdrehungen. Mit Jodlösung allein violette Färbung	Zellwände unregelmäßig dick. Verholzt (m. Phlorogluzinrot) m. Zinkchlorjod gelb, mit Chlor und Ammoniak rötlichbraun	Stigmen; Kristalle. Verholzt (m. Phlorogluzinrot, m. Zinkchlorjod gelb)	Epidermale Schuppen, mit Pikrinsäure oder Salpetersäure gefärbt. Mit Zinkchlorjod gelb. In Natronlauge löslich. Beim Verbrennen charakteristischer Geruch	Strukturlos, glatte, zylindrische Faser. Mit Pikrinsäure oder Salpetersäure gefärbt. Mit Zinkchlorjod gelbe Farbe. In Salzsäure löslich. Starke Polarisationsfarben. Beim Verbrennen Geruch wie Wolle
Lein | Hanf Querschnitte eckig | rund Faserenden spitz | stumpf oder gegabelt Mit Jod und Schwefelsäure rein | grün- blau | blau	Bandförmig und verdreht mit Kupferammonium wurstarige Struktur		Größere Faserdicke. Mit Jodlösung allein violette Farbe	Dasselbe	Dasselbe	Dasselbe	Dasselbe

Ramie	Dasselbe	Kleinerer Faserquerschnitt. Mit Jodlösung allein gelblich-braune Farbe.	Dasselbe	Dasselbe	Dasselbe	Dasselbe
Jute	Dasselbe, mit Zinkchlorjod auch violette Farbe	Knicke und Verdrehungen. Mit Zinkchlorjod blaue Farbe. In Kupferammoniumoxyd löslich	Knicke und Verdrehungen, größere Faserdicke. Mit Zinkchlorjod blaue Farbe, in Kupferammonium löslich	Dasselbe	Stigmen u. Kristalle anwesend	Dasselbe
Manila usw.	Dasselbe	Dasselbe	Dasselbe	Dasselbe	Dasselbe	Dasselbe
Wolle	Dasselbe, beim Verbrennen auch geruchlos	Dasselbe, beim Verbrennen auch geruchlos	Dasselbe, beim Verbrennen auch geruchlos	Dasselbe, beim Verbrennen auch geruchlos	Stigmen u. Kristalle. Mit Phlorogluzin rote Farbe	Dasselbe
Seide	Dasselbe	Dasselbe	Dasselbe	Dasselbe	Dasselbe	Dasselbe, wenn mit Natronlauge und Bleiazetat erhitzt, auch braune Farbe
echt: glatte Zylinder	wild: gestreift, unregelmäßig	In kalter konzentrierter HCl löst sich schnell auf	löst sich langsam auf			

Tabelle VIII.

Tabelle zur Analyse gemischter Fasern (Pinchon).

Die Mischung wird während 20 Minuten mit 10 %iger KOH gekocht.

Vollständige Lösung		Bleibt ungelöst		Teilweise Lösung		
Eine weitere Probe wird während 5 Minuten mit Chlorzinklösung gekocht.						
Vollständige Lösung	Teilweise Lösung	Keine Lösung	Keine Lösung	Teilweise Lösung	Keine Lösung	
Die alkalische Lösung wird auf Zusatz von Bleiazetat nicht schwarz; Seide	Der gelöste Anteil wird von Bleiazetat nicht geschwärzt; hingegen der unlösliche: Seide und Wolle	Die Masse wird von Bleiazetat geschwärzt; Wolle	Chlorwasser oder Ammoniak färben die Faser Rotbraun Faser wird von rauchender Salpetersäure rot gefärbt; Neuseelandflachs	Chlorwasser oder Ammoniak färben die Faser Gar nicht Alkoholische Fuchsinlösung färbt die Faser Waschecht Ätzkali färbt gelb Jod- und Schwefelsäure färben: Gelb: Hanf Blau: Flachs	Wird auf Zusatz von Bleiazetat Schwarz Kalilauge löst teilweise die in Chlorzink unlösliche Faser. Die übrigen bleibenden Fasern sind in Ammoniakalischwefelkalischem Kupferoxyd löslich: Wolle Seide und Baumwolle	Salpetersäure färbt einen Teil Rest weiß; Flachs, Baumwolle

- b) Die Fasern haben, wenn roh, oft an der Oberfläche Bläschen oder spiralförmige Röhren, jedoch selten wenn gebleicht; Fasern in der Regel sehr eng aufeinander:
1. Enger Kanal, dünner als Faserwand — Yukka, Raffia, Plenama, Palme, Neuseelandflachs.
 2. Weiter Kanal, oder weiter als die Faserwand — Manilahanf, Kokosnuß, Agave, Sisal, Sansevieria, Aloe.
- c) Fasern frei von Bläschen oder spiralförmigen Röhren, von inkrustierender Substanz umgeben:
1. Weiter Kanal — *Edgeworthia papyrifera*, *Broussonetia* (Maulbeer).
 2. Enger Kanal — Jute, Malve.
- Die Faserquerschnitte geben, wenn man sie mit Jod und Schwefelsäure behandelt, folgende Reaktionen:
- A. Gibt blaue Farbe:
- a) Umriß gekrümmt:
 1. Schnitt länglich und Ränder gekrümmt.
 - α) Schnitte getrennt — Baumwolle, Maulbeer, gebleichte Ramie.
 - β) Schnitte aneinander — Rohramie, Lein, Rohhanf, Sonnenhanf, Calotropis.
 2. Schnitt rundlich oder schwach oval:
 - α) Schnitte getrennt — merzerisierte Baumwolle.
 - β) Schnitte aneinander — Calotropis.
 - b) Umriß polygonal:
 1. Schnitte länglich und zusammen:
 - α) Seiten und Winkel schwach gebogen — Leinabfälle, Rohhanf.
 - β) Seiten gerade und Winkel scharf — Ginster.
 2. Schnitt rundlich:
 - α) Schnitte getrennt — gebleichter Lein.
 - β) Schnitte zusammen — Hanfabfälle, Rohflachs.
- B. Gibt blaue bis gelbe Färbungen:
- a) Umriß gekrümmt:
 1. Querschnitte länglich und einzeln — *Broussonetia*, *Kapinolis*.
 - b) Umriß polygonal:
 1. Querschnitte rundlich und zusammen — Ananas, *Stipa*, *Esparto*.
- C. Gibt gelbe Färbung:
- a) Umriß gekrümmt:
 1. Schnitt rundlich oder schwach oval:
 - α) Schnitte getrennt — Pflanzenseiden.
 - β) Schnitte eng beieinander, doch nicht befestigt — Neuseelandflachs, *Edgeworthia Papyrifera*.
 2. Schnitte verlängert, Seiten gewellt, oft isoliert, großes Lumen — *Broussonetia*.
 - b) Umriß polygonal:
 1. Schnitt rundlich:
 - α) Dicht beieinander, jedoch nicht befestigt, Lumen groß — Manilahanf.
 - β) Schnitte hängen aneinander, Lumen klein — Raffia, Palmfaser.
 2. Schnitte quadratisch und befestigt — Agave, Sansevieria, Kokos.
 3. Schnitte mit geraden Seiten und scharfen Winkeln.
 - α) Schnitte zusammen befestigt, Lumen weit — Sisal, Aloe.
 - β) Schnitte zusammen, aber Lumen klein — Yukka, Jute, Malve.

XXVI. Analyse der Textilfabrikate und Garne.

1. **Woll- und Baumwollfabrikate.** Bei der Untersuchung von fertigen Textilstoffen muß man immer bedenken, daß neben der Faser auch stets noch andere Körper, wie Beizen, Beschwerungsmittel, Appreturen usw. vorhanden sind, die bei der Analyse in Betracht zu ziehen sind. Diese Körper sowie auch Farbstoffe sollte man vorher so gut wie möglich ent-

fernen. Dies geschieht, indem man ein gewogenes Fasermuster zuerst in einer 1%igen Salzsäurelösung, dann in einer $\frac{1}{2}$ %igen Sodalösung und schließlich mit Wasser kocht. Dann wird an der Luft getrocknet und wieder gewogen. Der Gewichtsverlust gibt die Menge des löslichen Apprets.

Eine Probe des Zeuges wird dann bei 100° bis zur Gewichtskonstanz getrocknet und gewogen. Diese Wägung liefert den Betrag der Faser, der im Produkt vorhanden ist, während der Gewichtsverlust die Feuchtigkeit ergibt. Nun taucht man das Muster während zwölf Stunden in Schwefelsäure (1 : 1) und mischt dann mit 3 Volumen Alkohol und Wasser. Man filtriert von der gelösten Baumwolle ab, und wäscht die zurückbleibende Wolle mit Alkohol gut aus. Hierauf bei 100° C trocknen und wägen, wobei man die ungefähre Menge der vorhandenen Wolle erhält. Bei dieser Behandlung erleidet die Wolle einen Verlust von ungefähr $2\frac{1}{2}$ %. Folgendes Beispiel möge die Methode erläutern:

Eingewogene Probe	3,62 g
Nach Behandlung mit Säure und Alkali	<u>3,17 „</u>
Appret usw.	0,45 g
Nach dem Trocknen bei 100° C	<u>2,77 g</u>
Verlust an Wasser.	0,40 g
Zurückbleibende Wolle, nach der Behandlung mit Säure	<u>1,96 g</u>
Baumwolle als Differenz	0,81 g

Daraus folgt die Zusammensetzung dieses Musters:

Appret	12,43 %
Feuchtigkeit	11,05 „
Wolle	54,14 „
Baumwolle	<u>22,38 „</u>
	100,00%

Eine andere, vielleicht bessere Methode zur Feststellung der anwesenden Mengen von Baumwolle und Wolle in einem gemischten Fabrikat, die besonders dann günstig ist, wenn die Baumwolle überwiegt, besteht darin, daß man die Wolle durch Kochen in verdünnter Kalilauge entfernt. Die Schätzung wird folgendermaßen vorgenommen:

Das zu untersuchende Muster wird zur Entfernung des Apprets usw. wie oben mit Salzsäure und Sodalösung gekocht, gut gewaschen, bei 100° C getrocknet und gewogen. Dies gibt das Gewicht der trockenen Fasern. Das gewogene Muster wird dann während zwanzig Minuten in einer 5%igen Kalilauge gekocht. Es ist nicht vorteilhaft, Natronlauge statt Kalilauge zu verwenden, da die erhaltenen Resultate nicht befriedigend sind. Der Rückstand wird in frischem Wasser gut gewaschen und bei 100° C getrocknet und gewogen. Er besteht aus Baumwolle, da ja die Wolle in der Lauge gelöst wurde. Wenn der Rückstand zerfällt und nicht in einem Stück gewaschen und getrocknet werden kann, so kann man ihn auf ein bei 100° getrocknetes und gewogenes Filter bringen, gut mit Wasser auswaschen, bei 100° trocknen und wägen. Das Gewicht des Filters von letzterem abgezogen ergibt das Gewicht der Baumwollteilchen.

Hat man Garne zu untersuchen, so sollte die erste Behandlung in einer durchgreifenden Reinigung mit Seife bestehen. Nach dem Trocknen an der Luft kann man den Gewichtsverlust als Fett und Schmutz registrieren. Trocknet man dann bei 100° bis zur Gewichtskonstanz, so ist der Gewichtsverlust die Feuchtigkeit, und der Rückstand die trockene Faser. Diese wird dann in der oben angegebenen Weise untersucht.

Beispiele:

Gewicht der Probe	5,42 g
Nach Behandlung mit Säure und Alkali	5,10 „
Appret usw.	0,32 g
Nach dem Trocknen bei 100° C	4,26 g
Verlust an Wasser	0,84 g
Nach dem Kochen mit Lauge zurückbleibende Baum- wolle	2,82 g
Wolle als Differenz	1,44 g

Daraus folgt die Zusammensetzung dieser Probe:

Appret	5,98 %
Feuchtigkeit	15,50 „
Baumwolle	52,03 „
Wolle	26,49 „
	<u>100,00 %</u>

Da die Baumwolle bei der Behandlung mit Kalilauge einen Gewichtsverlust erleidet, ist es üblich, zu dem gefundenen Gewicht an Baumwolle 3% zuzufügen, und von der Wolle den gleichen Betrag zu subtrahieren. Einige Autoren sagen, man müsse sogar 5% zufügen, wogegen der Schreiber dieses Buches festgestellt hat, daß die Baumwolle in der Regel nie mehr als 3% ihres Gewichtes verliert. Die Prüfungsanstalt in Aachen hat diese Resultate bestätigt, und gibt für die Baumwolle einen mittleren Verlust von 3,5% an.

Wenn man diese Korrektur an dieser Analyse anbringt, verschiebt sich das Resultat wie folgt:

Appret	5,98 %
Feuchtigkeit	15,50 „
Baumwolle	53,59 „
Wolle	24,93 „
	<u>100,00 %</u>

Auf das Gewicht der trockenen Faser berechnet, beträgt die Menge der beiden Fasern in obigem Muster:

Baumwolle	68,2 %
Wolle	31,8 „
	<u>100,0 %</u>

Da man aber bei der Fabrikation gemischter Gewebe nicht mit dem Gewicht der trockenen Faser rechnet, müssen wir das Gewicht so annehmen, daß es den normalen Feuchtigkeitsgehalt der Faser in sich schließt. Da der normale Wassergehalt der Baumwolle ungefähr 8%

und derjenige der Wolle rund 16% beträgt, kommen wir nun der wahren Zusammensetzung des obigen Musters sehr nahe, wenn wir zu dem Trockengewicht der Faser deren Feuchtigkeitsgehalt addieren.

Die Mengen der anwesenden Faserstoffe sind dann:

Gefundenes Baumwollgewicht	2,82 g
Addition von 3% zur Korrektion	0,08 „
	<u>2,90 g</u>

Dies entspricht 92% lufttrockener Baumwolle.

Daraus folgt für lufttrockene Baumwolle	3,15 g
Gefundenes Wollgewicht	1,44 g
Abzüglich Korrektion für Baumwolle	0,08 „
	<u>1,36 g</u>

Dies entspricht 84% lufttrockener Wolle.

Daraus folgt für lufttrockene Wolle	1,62 g
---	--------

Daraus berechnen sich die Mengen der im Gemische vorhandenen zwei Fasern zu:

Baumwolle	66,0 %
Wolle	34,0 „

Analyse von Garn:

Gewicht des Musters	5,65 g
Mit Seife gereinigt, ausgewaschen und lufttrocken	4,97 „
Fett usw.	0,68 g
Bei 100° C getrocknet	4,32 g
Verlust an Feuchtigkeit	0,65 g
Gewicht des bei 100° getrockneten Filters	1,16 g
Gewicht des Filters und Baumwollrückstandes bei 100° getrocknet	3,66 „
Gewicht der trockenen Baumwolle	2,50 g
Zuzüglich 3% für Korrektion	2,57 „
Korrigiert für einen Feuchtigkeitsgehalt von 8%	2,68 „
Gewicht der trockenen Wolle als Differenz (mit der Korrektion)	1,75 g
Korrigiert für einen Feuchtigkeitsgehalt von 16%	2,08 „

Hieraus folgt die Zusammensetzung dieses Garns:

Fett usw.	12,00 %
Feuchtigkeit	11,50 „
Baumwolle	45,40 „
Wolle	31,10 „
	<u>100,00%</u>

Das Verhältnis der beiden Faserstoffe zueinander ist folgendes:

	Bei 100° getrocknet	Lufttrocken
Baumwolle	59,5 %	56,3 %
Wolle	40,5 „	43,7 „
		<u>100,0%</u>

Das nachfolgende Schema zur Analyse von Woll- und Baumwollgemischen stammt von Herzfeld¹:

a) Bestimmung der Feuchtigkeit. 5 g des Fabrikates werden bei 100° bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Der Gewichtsverlust entspricht dem Feuchtigkeitsgehalt.

b) Bestimmung der Baumwolle. 5 g des Fabrikates werden während einer Viertelstunde mit 100 cm³ einer 0,1%igen Natronlauge gekocht, ausgewaschen und mit lauwarmer 10%iger Kalilauge behandelt. Man läßt das Präparat so lange in der Lauge, bis die Wollfasern vollständig gelöst sind. Wenn nötig, erhitzt man zum Kochen. Der Rückstand wird mit Wasser gewaschen, dann während 15 Minuten mit verdünnter Salzsäure behandelt, wieder ausgewaschen, hierauf 15 Minuten mit destilliertem Wasser gekocht, mit Alkohol und Äther ausgewaschen und schließlich bei 100° C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Der so erhaltene Rückstand ist die Baumwolle. Das Auswaschen mit Salzsäure hat den Zweck, das überschüssige kaustische Alkali zu neutralisieren, um es leichter von der Faser entfernen zu können, da die Laugen sehr hartnäckig an der Faser haften.

c) Bestimmung der Wolle. 5 g Tuch werden in 100 cm³ einer verdünnten Sodalösung während einer Viertelstunde gekocht, mit Wasser ausgewaschen und zwei Stunden lang in eine Schwefelsäure von 68° Bé eingelegt. Besser ist es jedoch, wenn man eine Säure von maximal ein Teil konzentrierter Schwefelsäure auf 1 Teil Wasser verwendet, da die 58grädige Säure die Wolle beträchtlich zersetzt. Hierauf wird wieder mit Wasser ausgewaschen, 15 Minuten mit Wasser gekocht, schließlich mit Alkohol und Äther ausgewaschen und bei 100° getrocknet, bis Gewichtskonstanz erreicht ist. Der Rückstand ist die Wolle.

d) Appret und Farbstoff werden als Differenz gefunden.

Kapff² gibt folgende Methode für die Analyse: Man wäge 5 g des lufttrockenen Musters ab, wasche mit lauwarmer ammoniakalischer Seifenlösung, um Schmutz und Appret zu entfernen (hat man es mit stark beschwertem Material zu tun, so ist es vorteilhaft, eine heiße 2%ige Salzsäurelösung zu verwenden), wasche dann gut aus und lasse über Nacht trocknen. Die Gewichts-differenz (infolge des Faserverlustes um 2% zu vermindern, wenn man mit Salzsäure gekocht hat) entspricht den Verunreinigungen und dem Appret. Hierauf wird das Muster eine Viertelstunde lang in einer Lösung von 5 g Natronlauge in 250 cm³ Wasser (3—4° Bé) gekocht, wobei sich alle Wolle auflöst. Der Baumwollrückstand wird durch ein feines Kupfersieb filtriert, zuerst mit Wasser, dann mit verdünnter Salzsäure, hierauf wieder mit Wasser gewaschen und an der Luft 12 Stunden lang trocknen gelassen und gewogen. Zu dem so gefundenen Gewicht addiere man 3,5% als Korrektur für den beim Kochen mit Alkali entstehenden Verlust an Baumwolle, und man erhält so die Menge der anwesenden Baumwollfaser.

Will man nur eine approximative Rohanalyse ausführen, so genügt es, die Probe zu wägen, 15 Minuten in 5%iger Kalilauge zu kochen,

¹ Yarns and Textile Fabrics, S. 145.

² Textil-Z. 1900, S. 462.

mit angesäuertem Wasser zu spülen und mit reinem Wasser auszuwaschen. Wägt man nun den lufttrockenen Rückstand, so erhält man die Menge der Baumwolle, während der Gewichtsverlust der Wolle entspricht. Die so gefundenen Resultate sind gewöhnlich genau genug, um ein annäherndes Urteil über die vorhandenen Mengen an Baumwolle und Wolle in einem gemischten Gewebe zu haben.

Eine andere Methode zur quantitativen Trennung von Wolle und Baumwolle beruht auf der Behandlung des Gemisches mit ammoniakalischem Kupferoxyd, wobei sich die Baumwolle auflöst, so daß man die Wolle nach dem Waschen und Trocknen wägen kann. Dieses Verfahren ist jedoch nicht sehr befriedigend, denn erstens ist es schwierig, eine vollständige Lösung der Baumwolle zu erreichen, und zweitens wird die Wolle ziemlich stark angegriffen und mehr oder weniger zerstört. Daher sind die nach dieser Methode erhaltenen Resultate nicht sehr genau und es empfiehlt sich nicht, sie anzuwenden.

Zur Analyse von Woll- und Baumwollfabrikaten oder Garnen, in denen die Wolle nur in relativ kleinen Mengen vorhanden ist, empfiehlt Heermann folgendes Vorgehen, nach welchem die Wolle abgetrennt und direkt gewogen wird: Das Verfahren beruht auf der Löslichkeit der Baumwolle und der Unlöslichkeit der Wolle in kalter Schwefelsäure einer gewissen Konzentration. Durch eine Reihe von Versuchen wurde festgestellt, daß eine Säure von 80% H_2SO_4 Gehalt zu diesem Zwecke am geeignetsten ist. Säure von dieser Konzentration löst Baumwolle in 2—3 Stunden vollständig auf. Reine Wolle, die man während 6 Stunden mit 80%iger Schwefelsäure behandelte, verlor nur 1,5% ihres Gewichtes und war mikroskopisch vollkommen unverändert. Die Untersuchung wird folgendermaßen durchgeführt: 5—10 g des Musters werden zuerst mit Äther, dann mit 96%igem Alkohol vollständig extrahiert, hierauf in einer verschlossenen Flasche mit dem 10—20fachen ihres Gewichtes an 80%iger Schwefelsäure behandelt. Indem man von Zeit zu Zeit umschüttelt, läßt man 6 Stunden lang reagieren, in welcher Zeit die Baumwolle vollständig aufgelöst wird. Nun verdünnt man mit Wasser, bringt die Wollequantität auf ein feines Kupfersieb, wäscht gut aus, zuletzt mit sehr verdünntem Ammoniak, trocknet und wägt. Man kann entweder oberhalb 100° oder aber bei gewöhnlicher Temperatur an der Luft trocknen. In letzterem Fall enthält die Wolle ungefähr 17% Feuchtigkeit, was dem normalen Gehalt der lufttrockenen Faser entspricht.

Es wurde auch vorgeschlagen, zur Bestimmung der Wolle in Faser gemischen deren Stickstoffgehalt zu benutzen. Man stützte sich dabei auf die Tatsache, daß der Stickstoffgehalt der Wolle genügend konstant sei, um ein genaues Maß für die vorhandene Wolle zu haben¹. Die Analysen einer großen Zahl von Wollgarnen und Tuchen ergaben nach der Kjeldahlschen Methode einen Unterschied zwischen 13,81 und 14,23%, was also einem Mittel von 14% entspricht. Die Analyse wird so ausgeführt, daß man zuerst durch Waschen mit Seife den Schmutz und

¹ Ruzskowky und Schmidt, Chem. Z. 1909, S. 949.

den Appret entfernt und bei Zimmertemperatur trocknet. Dann wiegt man ungefähr 5 g ab, bestimmt den Stickstoffgehalt nach Kjeldahl und berechnet das Wollgewicht nach folgender Formel:

$$\text{Prozentgehalt an Wolle} = \frac{100 \times \text{Stickstoff in Prozenten}}{14}$$

Die in der Baumwolle enthaltene Stickstoffmenge ist so gering (Rohbaumwolle enthält nur 0,25 %), daß man sie vernachlässigen kann. Sogar der in den Farbstoffen enthaltene Stickstoff beeinflußt das Resultat nicht wesentlich.

2. Analyse von Wolle mit Stapelfasergemischen. Die Stapelfaser ist ein noch nicht sehr lange in die Textilindustrie eingeführtes Produkt und besteht aus kurzen Kunstseidestücken, die zu Garn versponnen sind. Sie wird mit Wolle zusammen in großer Menge zur Fabrikation von Modestoffen und Effektgarnen verwendet. Die Faser besteht aus Zellulose. Wegen der großen Empfindlichkeit der Stapelfaser gegen Alkali kann man sie in Kombination mit Wolle nicht auf dem gewöhnlichen Wege wie Wolle—Baumwollgemische bestimmen. Kraus und Biltz¹ geben folgende Methode für die Analyse: Mischungen von Wolle und Stapelfasern kann man nicht wie Mischungen von Wolle und Baumwolle durch Kochen in Alkali und Wägen des vegetabilischen Rückstandes quantitativ untersuchen, da bei dieser Behandlung die Stapelfaser aus Kupferseide 6 %, diejenige aus Viskose 7 % ihres Gewichtes verliert. Auch das Karbonisieren mit Säure gibt keine guten Resultate. Andererseits jedoch wird die Stapelfaser rasch und vollständig aufgelöst, wenn man das Gemisch mit ammoniakalischem Kupferoxyd behandelt. Die Lösung stellt man her, indem man eine verschlossene Glasflasche mit Kupferspänen halb füllt und dann so viel Ammoniak vom spez. Gew. 0,905 zugebt, bis die Flasche fast voll ist. Nun bläst man mehrere Tage lang Luft durch, indem man gelegentlich umschüttelt. Die entstehende tiefblaue Flüssigkeit enthält 1 % Kupferoxyd und muß ein spez. Gewicht von 0,925 haben. Man wägt nun 0,2—0,5 g des Musters ab, gibt es in eine Porzellanschale und setzt 10 cm³ Kupferlösung zu. Nachdem man eine halbe Stunde lang unter zeitweiligem Umrühren hat einwirken lassen, dekantiert man von der Flüssigkeit ab und behandelt den Rückstand während einer weiteren halben Stunde mit frischer Kupferlösung, filtriert, wäscht erst mit konzentriertem, dann mit 10 %igem Ammoniak und schließlich mit Wasser aus. Der Rückstand wird eine Stunde lang mit 10 %iger Salzsäure behandelt und mit kaltem und warmem Wasser so lange gewaschen, bis er neutral reagiert, zwischen Filterpapier gepreßt und bei 110° getrocknet. Behandelt man Wolle nach diesem Verfahren, so erleidet sie einen Gewichtsverlust von nur 0,42 %.

3. Wolle und Seide. Seide ist in starker Salzsäure löslich, wogegen Wolle von diesem Reagens kaum angegriffen wird. Daher kann man diese Methode verwenden, wenn man ein Gemisch von Wolle und Seide zu untersuchen hat.

¹ Textil-Forschung 1920, S. 24.

Das Muster wird zuerst nach der eben beschriebenen Methode mit Säure und Alkali behandelt, um Fremdkörper von der Faser zu entfernen. Hierauf wird es getrocknet und gewogen und in kalte konzentrierte Salzsäure (ungefähr 40%ig) getaucht. Die Seide löst sich fast momentan auf. Der Rückstand wird gesammelt, gut ausgewaschen, wieder getrocknet und gewogen. Der Gewichtsverlust entspricht der Seidenmenge, während das gefundene Gewicht die Menge der vorhandenen Wolle angibt.

Eine andere Methode, die sehr gut ist, besteht darin, daß man die Seide in einer ammoniakalischen Nickeloxydlösung, in welcher sie selbst in der Kälte leicht löslich ist, auflöst. Bei allen Seidenfabrikaten, ausgenommen Plüsch, ist eine Einwirkung von nur zwei Minuten genügend, um die Seide vollständig aufzulösen. Richardson¹ hat festgestellt, daß bei dieser Behandlung Baumwolle nur 0,45% und Wolle nur 0,33% ihres Gewichtes verlieren. Da die Seide in Plüsch und ähnlichen Fabrikaten sehr schwer herauszulösen ist, empfiehlt es sich, solche Materialien mit der Nickellösung 10 Minuten lang am Rückflußkühler zu kochen. Auch bei dieser Behandlung verliert Baumwolle nur 0,8% ihres Gewichtes. Die Nickellösung stellt man am besten her, indem man 25g kristallisiertes Nickelsulfat in 80 cm³ Wasser löst, 36 cm³ 20%ige Natronlauge zufügt und den Überschuß an Alkali vorsichtig mit verdünnter Schwefelsäure neutralisiert. Der Niederschlag von Nickelhydroxyd wird dann in 125 cm³ starkem Ammoniak gelöst und die Lösung mit Wasser auf 250 cm³ gestellt.

Statt dem obigen Reagens kann man zum Lösen der Seide auch eine kochende Lösung von basischem Zinkchlorid verwenden. Letztere erhält man, indem man 1000 Teile Chlorzink, 850 Teile Wasser und 40 Teile Zinkoxyd so lange erhitzt, bis vollständige Lösung eingetreten ist. Richardson empfiehlt, die zu untersuchende Probe zwei- bis dreimal in die kochende Lösung zu tauchen, wobei man achtgeben muß, daß die genannte Einwirkungsdauer eine Minute nicht überschreitet. Um gute Ergebnisse zu erhalten, ist es notwendig, daß die Chlorzinklösung genügend basisch und konzentriert sei. Unter den besten Bedingungen verliert Baumwolle ungefähr 0,5% und Wolle 1,5—2% ihres Gewichtes.

Der Hauptnachteil, der dem Chlorzinkverfahren anhaftet, besteht darin, daß man zur Entfernung aller Zinksalze von der übrigbleibenden Faser sehr lange waschen muß. Am besten ist es, wenn man mit durch Salz- oder Essigsäure angesäuertem Wasser auswäscht.

Darling empfiehlt die Verwendung von ammoniakalischem Nickeloxycarbonat zur Bestimmung der Seide in Mischungen von Baumwolle und Seide oder Baumwolle, Wolle und Seide. Das Reagens wird hergestellt, indem man das Nickeloxykarbonat aus einer Nickelsulfatlösung (5 g in 100 cm³ Wasser) mit gesättigter Sodalösung ausfällt. Man schüttelt gut durch, filtriert ab und wäscht den Niederschlag so lange mit Wasser aus, bis das abfließende Filtrat mit Bariumchlorid keine Schwefelsäurereaktion mehr gibt. Das Salz wird an der Luft getrocknet,

¹ Journ. Soc. Chem. Ind. 1893, S. 430.

gepulvert und in eine Flasche gebracht. Das Reagens erhält man durch Lösen in 20%igem Ammoniak. Die Bestimmung der Seide im Muster geht folgendermaßen vor sich: Ungefähr ein Gramm der zu untersuchenden Probe wird abgewogen, in 25 cm³ der Lösung getaucht und gut umgerührt. Nachdem man 10 Minuten an einem warmen Ort hat stehenlassen, nimmt man das Muster heraus, wäscht gut mit Wasser, trocknet und wägt. Der Gewichtsverlust entspricht der aufgelösten Seidenmenge. Die beste Methode, das Muster auszuwaschen, ist die, es in einen Goochtiiegel, dessen Boden mit Glaswolle bedeckt ist, zu bringen und Wasser durchzusaugen. Die Glaswolle ist sehr leicht vom Reagens frei zu waschen und hält es nicht so hartnäckig zurück wie Asbest. Ein weiterer Vorteil, den die Glaswolle gegenüber Asbest hat, ist der, daß keine Teilchen am Muster hängenbleiben.

Eine weitere Methode, die zur Analyse von Wolle-Seide-Fabrikaten empfohlen wird, ist folgende¹: Die Probe wird zur Entfernung des Apprets mit verdünnter Salzsäure und hierauf mit Soda behandelt, getrocknet und gewogen. Zum Lösen der Seide benutzt man nur 40%ige Salzsäure bei einer Temperatur von 50° C. Die Wolle wird gewaschen, getrocknet und gewogen. Ein anderes Verfahren besteht darin, das Muster während 5 Minuten in einer dicken ammoniakalischen Nickelhydroxydlösung zu kochen, die Wolle zu entfernen, mit Wasser und Salzsäure das Nickel fortzubringen, dann zu trocknen und zu wägen. Kochende basische Chlorzinklösung löst Seide rasch und Wolle langsamer auf. Die Wolle wird von den anhaftenden Zinksalzen durch Waschen mit 1%iger Salzsäure und Wasser befreit. Die Anwesenheit von Seide in einem Faser-gemisch läßt sich unter dem Mikroskop leicht feststellen.

4. Seide und Baumwolle. Die oben angegebenen Methoden zur Trennung von Seide und Wolle kann man auch zur quantitativen Bestimmung der ersten Faser in Fabrikaten, wo sie in Verbindung mit Baumwolle vorkommt, anwenden.

Eine weitere Methode zur Trennung von Seide-Baumwolle beruht auf der Verwendung einer alkalischen Lösung von Kupfer und Glycerin, welche ein ausgezeichnetes Lösungsmittel für Seide ist. Das Reagens wird folgendermaßen hergestellt: Man löse 16 g Kupfersulfat unter Zusatz von 10 g Glycerin in 150 cm³ Wasser, dann setzt man so lange Natronlauge zu, bis das ausgefällte Kupferhydroxyd sich eben wieder auflöst. Man sagt dieser Lösung nach, daß sie Seide rasch auflöse, ohne jedoch die Wolle oder die vegetabilischen Fasern anzugreifen. Richardson hat jedoch gefunden, daß wenn man Baumwolle während 20 Minuten mit obigem Reagens kocht (es ist dies die erforderliche Zeit, um Seide aus Plüsch herauszulösen), diese 1—1,5% ihres Gewichtes verliert und beim Trocknen brüchig und pulverig wird, während Wollfabrikate 9—16% des Gewichtes verlieren. Daraus ergibt sich, daß das Lösungsmittel für wollehaltige Seidenmischungen nicht zu verwenden ist.

5. Wolle, Baumwolle und Seide. In Shoddymustern sind oft alle drei dieser Fasern in mehr oder weniger großen Mengen vorhanden, und oft

¹ Possets Textile Journal.

ist es wünschenswert, wenigstens den ungefähren Betrag der einzelnen Fasern festzustellen. Eine sehr empfehlenswerte Methode ist die folgende: Eine gewogene Probe des zu untersuchenden Materials wird eine halbe Stunde lang in einer 1%igen Salzsäurelösung gekocht, ausgewaschen und eine weitere halbe Stunde in 0,05%iger Sodalösung gekocht. Diese vorangehende Behandlung ist ähnlich den in den vorigen Methoden beschriebenen und hat zum Zweck, die Faser so weitgehend als möglich von Fremdsubstanzen zu befreien. Nachdem man sehr gut ausgewaschen und an der Luft getrocknet hat, wägt man wieder und der Gewichtsverlust zeigt die Fremdsubstanzen an. Nun trocknet man bei 105° zur Gewichtskonstanz, und erhält durch den Gewichtsverlust die Feuchtigkeitsmenge. Die Probe wird jetzt in zwei gewogene Teile geteilt, von denen einer mit der oben beschriebenen basischen Chlorzinklösung 5 Minuten lang gekocht, mit frischem Wasser gewaschen und bei 100° getrocknet wird. Der Gewichtsverlust gibt die Menge der vorhandenen Seide an. Den anderen Teil kocht man 10 Minuten lang in einer 5%igen Kalilauge, wäscht ebenfalls gut aus, trocknet und wägt. Dieses gefundene Gewicht, zu dem man als Korrektion 5% addiert, stellt die Menge der vorhandenen Baumwolle dar. Das Wollgewicht erhält man, indem man vom Totalgewicht der gemischten Fasern die Summe der Gewichte von Seide und Baumwolle subtrahiert.

Beispiel:

Eingewogene Shoddyprobe	5,06 g
Mit Säure und Alkali behandelt und an der Luft getrocknet	<u>4,23 „</u>
Verlust an Fremdsubstanz	0,83 g
Bei 100° getrocknet	<u>3,62 g</u>
Verlust an Feuchtigkeit	0,61 g

In zwei Teile geteilt:

a) Einwage	1,95 g
b) Einwage	1,67 „
a) Mit Chlorzink behandelt	1,73 „
Gewichtsverlust an Seide	<u>0,22 „</u>
b) Mit Kalilauge behandelt, Rückstand an Baumwolle	0,34 g
Verlust an Baumwolle	1,33 „

Hieraus folgt für die Zusammensetzung der Probe auf trockene Faser berechnet:

Seide	11,3 %
Baumwolle	21,5 „
Wolle	<u>67,2 „</u>
	100,0%

Von Remont gibt folgendes Verfahren zur quantitativen Bestimmung von Fabrikaten, die eine Mischung von Seide, Wolle und Baumwolle enthalten. Man wägt viermal je 2 g der zu untersuchenden luft-trockenen Substanz ab (A, B, C, D). Die Probe A wird beiseite gelegt, und die anderen drei werden während einer Viertelstunde in 700 cm³

Wasser, das 3% Salzsäure enthält, gekocht. Die Flüssigkeit wird abgegossen und die Proben nochmals mit mehr Säure gekocht. Diese Behandlung entfernt die Beschwerungsmittel und den größten Teil der Farbstoffe. Baumwolle wird fast immer in kurzer Zeit entfärbt, Wolle etwas schwerer und Seide nur teilweise, besonders bei schwarzgefärbten Fabrikaten. Das Muster soll man dann gut auswaschen und pressen, um die saure Flüssigkeit möglichst zu entfernen. Die Probe B wird beiseite gelegt. C und D bringt man dann 2 Minuten lang in eine kochende Lösung von basischem Zinkchlorid vom spez. Gewicht 1,72, das nach vorstehender Angabe hergestellt wird, wobei sich alle vorhandene Seide auflöst. Sie werden hierauf mit Wasser, das 1% Salzsäure enthält, und nachher mit reinem Wasser so lange ausgewaschen, bis man in der Waschflüssigkeit kein Zink mehr nachweisen kann. Die Probe C wird ausgepreßt und beiseitegelegt. Probe D wird nun während 5 Minuten vorsichtig mit 60—80 cm³ Natronlauge (spez. Gewicht 1,02) gekocht, um alle Wolle wegzulösen. Hierauf mit Wasser gut auswaschen. Nun werden die vier Proben bei 100° eine Stunde lang getrocknet und dann 10 Stunden an der Luft liegengelassen, damit sie ihren normalen Feuchtigkeitsgehalt erlangen können. Man wägt nun die vier Proben, und wenn man deren Gewicht mit a, b, c und d bezeichnet, erhält man:

- a—b = Farbstoff und Appret.
- b—c = Seide.
- c—d = Wolle.
- d = Baumwolle (oder andere Pflanzenfaser).

Diese Methode ist aber nicht einwandfrei. Die Verwendung von luftgetrocknetem Material, das man bei 100° trocknet und dann vor dem Wägen wieder an der Luft liegenläßt, scheint zu fehlerhaften Resultaten zu führen. Richardson schlägt vor, man solle die Proben vor der Einwaage alle bei 100° trocknen und auch nach der Behandlung nur ein gewichtskonstantes Material wägen. Um zu verhindern, daß die trockene Faser während des Wägens Wasser aufnimmt, gibt man sie in ein verschlossenes Wägegläschen. Das noch feuchte Muster wird in ein gewogenes Wägegläschen gegeben und im Trockenschrank bei 100° getrocknet. Nach dem Trocknen gibt man den Deckel auf das Gläschen, läßt erkalten und wägt. Die Differenz zwischen diesem Gewicht und dem der leeren Flasche gibt das Gewicht der Faser.

Die Behandlung mit 3%iger Salzsäure zur Entfernung des Finish ist zu energisch, da die Säure auf die Baumwolle und Wolle einwirkt, was zu ganz beträchtlichen Fehlern führen kann. Es ist vorzuziehen, 10 Minuten lang mit einer nur 1%igen Säure zu kochen.

In folgendem wird ein praktisches Verfahren zur Feststellung, ob Shoddy Baumwolle und Seidenfasern enthält, angegeben: Man koche 10 g des zu untersuchenden Shoddy eine Stunde lang in 400 cm³ Wasser, das 0,8 g Alaun, 0,3 g Weinstein, 1 cm³ Salzsäure, 0,1 g Chrom und 0,05 g Kupfersulfat enthält. Hierauf spült man aus und färbt mit 0,3 g Campecheextrakt, wäscht und trocknet. Die angefärbten Fasern werden herausgesucht und untersucht; Baumwolle bleibt weiß, während Seide sich schmutzigrot färbt.

Die Analyse von schweren Samtfabrikaten, die aus einer Mischung verschiedener Fasern zusammengesetzt sind, ist sehr schwierig durchzuführen, wenn man das Muster nicht vorher zerfasert. Für die Analyse des Plüsches schlägt Richardson zur Bestimmung des Seidengehaltes vor, das Material mit einer kochenden Lösung von basischem Zinkchlorid, wie oben beschrieben, zu behandeln. Will man jedoch die Seide in leichten Fabrikaten bestimmen, so ist es besonders bei Gegenwart von Wolle am vorteilhaftesten, das Material mit kalter ammoniakalischer Nickeloxydlösung 3 Minuten lang zu behandeln. Er gibt folgende Vergleichsdaten, die er bei der Analyse eines Plüsches durch drei verschiedene Methoden der Auflösung der Seide erhalten hat.

	Mit ammoniakalischer Nickeloxydlösung	Mit basischer Zinkchloridlösung	Mit Kupferglyzerinreagens
Feuchtigkeit und Beschwerung . . .	11,34	11,00	10,04
Seide	45,60	45,00	47,06
Baumwolle	43,60	44,00	42,90

Plüschfabrikate mit hartem Baumwollrücken analysiert man am besten durch nacheinanderfolgendes Behandeln mit Säure und Kupferglyzerinreagens. Für andere Baumwollfabrikate ist jedoch diese Methode nicht geeignet, noch kann man sie bei Gegenwart von Wolle verwenden, da diese Faser von dem Reagens beträchtlich gelöst wird.

Folgende Tabelle von Richardson gibt einen Vergleich der drei verschiedenen Methoden zur Auflösung von Seide:

Faser	Wahrer Gehalt	Gehalt gefunden durch:		
		Ammoniakalisches Nickeloxyd	Basisches Zinkchlorid	Kupferglyzerinreagens
Seide	5,84	5,92	5,52	18,80
Wolle	76,31	76,58	80,08	64,05
Baumwolle	17,85	17,50	14,40	17,15

Es scheint, daß die ammoniakalische Nickeloxydlösung die besten Resultate gibt, daher ist es, beim Analysieren eines Produktes, das Seide, Wolle und Baumwolle enthält, am besten, die Seide mit diesem Reagens aufzulösen. Den zurückbleibenden unlöslichen Teil kocht man in 1%iger Salzsäure, wäscht gut aus und kocht dann 5—10 Minuten in 2%iger Kalilauge, was genügen wird, die Wolle vollständig zu entfernen, ohne daß die Baumwolle angegriffen wird.

Die nachfolgenden Vergleichsdaten der verschiedenen Untersuchungsmethoden von Textilstoffen stützen sich auf Experimente, die von Schülern unter Leitung des Autors durchgeführt worden sind.

a) Analyse eines Wolle-Baumwolle-Gemisches:

Faser	Wolle mit Kalilauge gelöst		Baumwolle mit Schwefelsäure gelöst	
	Theorie	Gefunden	Theorie	Gefunden
Baumwolle	56,7	55,2	63,7	64,2
Wolle	43,3	44,8	36,3	35,8

b) Analyse eines Wolle-Seide-Gemisches :

Faser	Mit Salzsäure		Mit ammoniakalischem Nickeloxyd		Mit basischem Zinkchlorid	
	Theorie	Gefunden	Theorie	Gefunden	Theorie	Gefunden
Wolle	76,6	76,24	78,5	77,3	81,7	71,5
Seide	23,4	23,76	21,5	22,7	18,3	28,5

c) Analyse einer Baumwolle-Seide-Mischung :

Faser	Mit Salzsäure		Mit ammoniakalischem Nickeloxyd		Mit basischem Zinkchlorid	
	Theorie	Gefunden	Theorie	Gefunden	Theorie	Gefunden
Baumwolle . .	70	67,5	65,12	64,42	71,01	70,13
Seide	30	32,5	34,88	35,52	28,89	29,87

d) Analyse einer Wolle-Baumwolle-Seide-Mischung :

Faser	Seide mit ammoniakalischem Nickeloxyd, Wolle mit Kalilauge		Seide mit ammoniakalischem Nickeloxyd, Baumwolle mit Schwefelsäure	
	Theorie	Gefunden	Theorie	Gefunden
Wolle	41,2	42,1	41,0	39,0
Baumwolle	42,7	41,6	48,1	49,2
Seide	16,7	17,3	10,9	11,8

Faser	Seide mit Salzsäure, Wolle mit Kalilauge		Seide mit Salzsäure, Baumwolle mit Schwefelsäure	
	Theorie	Gefunden	Theorie	Gefunden
Wolle	38,9	39,4	28,6	24,0
Baumwolle	42,2	38,0	47,7	48,8
Seide	18,9	22,6	23,7	27,2

Faser	Seide mit basischem Chlorzink, Wolle mit Kalilauge		Seide mit basischem Chlorzink, Baumwolle mit Schwefelsäure	
	Theorie	Gefunden	Theorie	Gefunden
Wolle	59,0	57,5	63,5	61,6
Baumwolle	26,3	24,4	19,7	20,0
Seide	14,7	18,1	16,8	18,4

Betrachtet man diese Resultate, so scheint es, daß zur Analyse von Wolle-Baumwolle-Gemischen die Kalilauge methode infolge der großen Schnelligkeit, mit der dieses Reagens die Wolle auflöst, der etwas langsamer vor sich gehenden Zerstörung der Baumwolle mit Schwefelsäure vorzuziehen ist. Für die Analyse von Wolle neben Seide ist die Salzsäurebehandlung um ein geringes besser als die Anwendung von ammoniakalischem Nickeloxyd. Will man jedoch die Seide neben Wolle bestimmen, so ist letzteres Reagens vorzuziehen, da die Baumwolle von konzentrierter Salzsäure zu sehr angegriffen wird. Bei der Bestimmung von Wolle-Baumwolle-Seide-Gemischen ist das einzig geeignete Reagens zum Lösen der Seide das ammoniakalische Nickeloxyd. Obschon im Vergleich zur

Säure die Reaktionsgeschwindigkeit dieses Reagens langsam ist, so ist seine Einwirkung auf Seide vollständig, und dabei greift es die beiden andern Fasern nur schwach an.

Folgende Tabelle gibt die Korrekturen, die man bei der Berechnung der Resultate infolge der Einwirkung der verschiedenen Reagenzien auf die Faser, die nicht gelöst werden soll, anbringen muß:

1. Woll-Baumwolle-Mischung:	
a) Woll mit Kalilauge gelöst; Korrektur für Verlust an Baumwolle	3,0 %
b) Baumwolle mit Schwefelsäure gelöst; Korrektur für Verlust an Woll	2,5 „
2. Woll-Seiden-Mischung:	
a) Seide mit Salzsäure gelöst; Korrektur für Verlust an Woll . .	0,5 „
b) Seide mit ammoniakalischem Nickeloxyd gelöst; Korrektur für Verlust an Woll	1,5 „
c) Seide mit basischem Zinkchlorid gelöst; Korrektur für Verlust an Woll	2,0 „
3. Baumwolle-Seiden-Mischungen:	
a) Seide mit Salzsäure gelöst; Korrektur für Verlust an Baumwolle	4,0 „
b) Seide mit ammoniakalischem Nickeloxyd gelöst; Korrektur für Verlust an Baumwolle	1,0 „
c) Seide mit basischem Chlorzink gelöst; Korrektur für Verlust an Baumwolle	1,5 „

Allen¹ empfiehlt zum Lösen der Seide in Fasergemischen ebenfalls die Verwendung von ammoniakalischer Nickellösung. Dabei geht er bei der Untersuchung eines Textilmusters folgendermaßen vor: Die zu untersuchende Probe wird mit der Schere sehr klein zerschnitten, bei 100° C vollständig getrocknet und gewogen. Ein Gramm der so vorbereiteten Substanz wird mit 40 cm³ einer kalten ammoniakalischen Nickeloxylösung 2 Minuten lang behandelt. Dann wird filtriert und der aus Woll und Baumwolle bestehende Rückstand wird während 2—3 Minuten in 1%iger Salzsäure gekocht. Hierauf wäscht man die Säure aus, trocknet bei 100° C und wägt. Um die Woll von der Baumwolle zu trennen, wird der Rückstand mit 50 cm³ 1%iger Kalilauge 10 Minuten lang gekocht und dann filtriert. Der aus Baumwolle bestehende Rückstand wird von Alkali freigewaschen, bei 100° getrocknet und gewogen.

Um den Appret und die Beschwerungsmaterialien aus seidehaltigen Geweben zu entfernen, empfiehlt Richardson, das Muster mit einer 2%igen Kalilauge in der Kälte zu behandeln. Durch diese Behandlung wird nicht nur der Gummi entfernt, sondern auch das Preußischblau, das sich oft unter der Schwarzfärbung befindet, zerstört, so daß man dann durch nachherige Behandlung mit 1%iger Salzsäure das Eisen leichter entfernen kann. Metallische Beizen sind jedoch auf diese Weise schwer wegzubringen, und im besten Falle lösen sie sich nur unvollständig auf. Am besten ist es, wenn man ihren Betrag aus der Asche einer verbrannten Probe berechnet. Obige Substanzen, wie auch gewisse Farbstoffe, entfernt man am vorteilhaftesten durch Kochen mit Alkohol und Äther. Verdampft man nachher die so erhaltene Lösung,

¹ Commer, Org. Anal., Bd. 4, S. 523.

so kann man aus dem Rückstand die Menge des Öles und Fettes direkt bestimmen.

Um eine Mischung, die Wolle, Baumwolle, Flachs, Naturseide und Tussahseide enthält, quantitativ zu trennen, empfiehlt Höhnel die Verwendung einer halbgesättigten Chromsäurelösung. Kocht man ein Gemisch der obigen Fasern während einer Minute in dieser Lösung, so werden Wolle und Naturseide vollständig aufgelöst und es bleibt als Rückstand Baumwolle, Flachs und Tussahseide.

Andere von Höhnel ausgearbeitete Methoden zur quantitativen Analyse von Gemischen der obenerwähnten Fasern sind folgende:

a) Die echte Seide wird zuerst durch Kochen in konzentrierter Salzsäure ($\frac{1}{2}$ Minute) entfernt; durch längeres Kochen löst sich auch Tussahseide (3 Minuten); der Rückstand, der noch aus einer Mischung von Wolle und vegetabilischen Fasern besteht, wird nach der üblichen Methode durch Kochen mit Kalilauge getrennt.

b) Das Produkt wird zuerst in Kalilauge gekocht, welche Wolle und Naturseide auflöst und als Rückstand A Tussahseide und Pflanzenfasern läßt. Eine zweite Probe wird während 3 Minuten mit konzentrierter Salzsäure gekocht, welche die beiden Seiden auflöst und als Rückstand B Wolle und Pflanzenfasern läßt. Rückstand A wird dann 3 Minuten lang mit konzentrierter Salzsäure gekocht, welche Tussahseide auflöst und als Endrückstand die Baumwolle läßt. Zieht man diesen Betrag vom Gewicht des Rückstandes B ab, so erhält man die Menge der Wolle.

c) Eine Probe wird in halbgesättigter Chromsäurelösung gekocht, welche Naturseide und Wolle auflöst, aber Tussahseide und Pflanzenfasern zurückläßt. Aus dem Rückstand entfernt man die Tussahseide durch dreiminütiges Kochen mit konzentrierter Salzsäure und als Endrückstand bleibt die Pflanzenfaser zurück. Eine zweite Probe wird während 3 Minuten in konzentrierter Salzsäure gekocht, wobei sich die beiden Seiden lösen und Wolle und Pflanzenfasern zurückbleiben. Daraus kann man die Wolle entweder durch Kochen mit Kalilauge oder indem man die vorher bestimmte Baumwolle davon subtrahiert, bestimmen. Schließlich findet man noch die Menge der Naturseide, indem man die Summe der andern Komponenten vom Gewicht der Probe subtrahiert.

6. Unterscheidung zwischen Baumwolle und Lein. Da es oft wünschenswert ist, zwischen diesen beiden Fasern zu unterscheiden, geben wir folgende von verschiedenen Autoren vorgeschlagene Prüfungsmethoden. Diese chemischen Prüfmethode geben jedoch nur dann befriedigende Resultate, wenn der Lein in ungebleichtem Zustande ist. Gebleichter Lein wird, da ja in beiden Fällen die chemische Zusammensetzung der beiden Zellulosen dieselbe ist, sich durch Reaktionen von der Baumwolle nicht unterscheiden. Die befriedigendsten Resultate erhält man immer noch, wenn man die beiden Fasern mikroskopisch vergleicht. Die hauptsächlichsten mikroskopischen Unterschiede, die Baumwolle und Lein aufweisen, liegen in der Glätte und der Verdrehung der Baumwollfaser, der Anwesenheit der Kutikula, der stumpfen Spitze, der Abwesenheit von Knoten und der unregelmäßigen Streifung der Faser.

1. Die Faser wird verbrannt:

Baumwolle angebranntes Ende buschig.
 Lein angebranntes Ende rundlich.

2. Die Faser wird während 2 Minuten in konzentrierte Schwefelsäure getaucht, mit Wasser und verdünntem Ammoniak gut ausgewaschen und getrocknet (Kinds und Lehnert).

Baumwolle bildet eine gelatinöse, in Wasser lösliche Masse.
 Lein die Faser ist unverändert.

3. Die Faser wird mit einer alkoholischen Krapplösung 15 Minuten lang behandelt und dann zwischen Filterpapier getrocknet:

Baumwolle nimmt eine hellgelbe Farbe an.
 Lein nimmt eine dunkel orangegelbe Farbe an.

4. Die Faser wird 15 Minuten lang mit einer alkoholischen Cochenillelösung behandelt:

Baumwolle färbt sich hellrot.
 Lein färbt sich violettrot.

5. Die Faser wird, nachdem sie in Wasser gekocht und gut getrocknet wurde, in Glycerin oder Olivenöl eingebettet:

Baumwolle bleibt undurchsichtig und weiß.
 Lein wird durchscheinend, weil das Öl infolge der Kapillarität zwischen den Geweben der Faser emporsteigt.

Bei Vornahme dieser Prüfung muß man nach der Sättigung mit Öl jeden Überschuß an Flüssigkeit durch Pressen zwischen Filterpapier entfernen. Der Wert dieser Prüfung ist zweifelhaft und sie ist auf keinen Fall als ausschlaggebend zu empfehlen. Nach Frankenstein ist dieses Verfahren von einigem Nutzen, wenn man zwischen Baumwoll- und Leinentuch zu unterscheiden hat. Die Tuchmuster werden mit dem Öl gesättigt, zwischen zwei Glasplatten gepreßt und mit dem Vergrößerungsglas beobachtet. Lein wird durchscheinend, erscheint hell im durchfallenden und dunkel im reflektierten Licht, während bei Baumwolle das Umgekehrte der Fall ist.

6. Die Faser wird mit einer alkoholischen Rosolsäurelösung und mit konzentrierter Natronlauge behandelt:

Baumwolle bleibt farblos.
 Lein färbt sich rosa.

7. Die Faser wird mit Jodschwefelsäure behandelt:

Baumwolle wird rein blau gefärbt.
 Lein wird stumpf blau gefärbt. (Diese Probe ist nur bei ungebleichtem Lein befriedigend.)

8. Eine kleine Probe wird in einer Lösung von gleichen Teilen Wasser und Ätzkali gekocht. Nach 2 Minuten nimmt man sie mit einem Glasstab heraus und gibt sie zwischen Filterpapier, um das überschüssige Wasser zu entfernen.

Baumwolle bleibt weiß, oder wird blaßgelb.
 Lein wird dunkelgelb. (Diese Prüfung läßt sich natürlich nur mit weißen Fabrikaten durchführen.)

9. Kühlmann empfiehlt die Verwendung einer kaltgesättigten Lösung von Kalilauge (spez. Gewicht 1,6). Diese bringt die ungebleichte Baumwolle zum Schrumpfen und zum Zusammenrollen, indem die Farbe gleichzeitig grau oder schmutzigweiß wird. Ungebleichter Lein hingegen schrumpft noch mehr als Baumwolle und seine Farbe wird gelblichorange.

10. Die Faser wird mit Wasser gekocht, getrocknet, in eine gesättigte Lösung von Zucker und Kochsalz getaucht und wieder getrocknet. Die einzelnen Fäden werden dann verbrannt.

Baumwolle gibt eine schwarze Asche.
Lein gibt eine graue Asche.

11. Die Fasern werden mit einer 1%igen Magentalösung (Fuchsin) behandelt und mit schwachem Ammoniakwasser ausgewaschen (siehe Abb. 374).

Baumwolle wird rosa gefärbt, von Ammoniak ausgewaschen.
Lein die Rosafärbung bleibt.

12. Zur Unterscheidung zwischen Baumwolle und Lein in gewobenen Fabrikaten empfiehlt Herzog¹ folgende Probe: Man schneidet ein kleines Stück heraus und fäsert die Ränder. Nun bringt man das Muster für fünf Minuten in eine lauwarmer alkoholische Cyaninlösung, wäscht mit Wasser aus und behandelt mit verdünnter Schwefelsäure. Bei dieser Behandlung wird die Baumwolle vollständig entfärbt, während der Lein deutlich blau bleibt. Um die blaue Farbe noch mehr hervortreten zu lassen, kann man mit Wasser säurefrei waschen und das Muster in verdünnten Ammoniak bringen. Man führt die Färbung darauf zurück, daß an der Leinfaser noch Stücke der Epidermis haften, die den Farbstoff leicht aufnehmen.

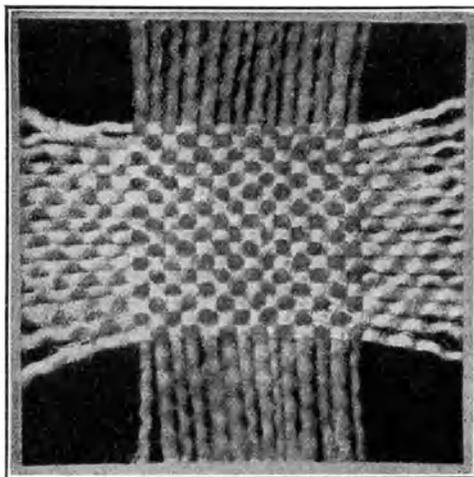


Abb. 374. Bild eines Baumwoll-Leinengewebes nach der Fuchsinprobe; Lein = rot, vertikale Fäden; Baumwolle = weiß, horizontale Fäden.

13. Nach der Methode von Behrens wird das auf Lein zu untersuchende Produkt erst gut mit Wasser, dann mit Sodalösung, um den Appret zu entfernen, gekocht. Dann erwärmt man es in einer verdünnten Methylenblaulösung, bis man einen ziemlich dunklen Farbton erhält. Man wäscht nun so lange mit Wasser, bis die Baumwolle farblos geworden ist, oder einen grünlichen Ton hat. Unter diesen Bedingungen bleibt

¹ Z. Farben- und Textil-Ind. 1905, S. 11.

der Lein dunkelblau gefärbt. Zetzsche empfiehlt diese Methode als ganz befriedigend. Man kann auch Bismarckbraun oder Safranin mit dem gleichen Erfolg verwenden. Jedoch ist das Verfahren für gebleichte Fabrikate nicht zu verwenden.

14. Folgende Methode stammt ebenfalls von Herzog: Man lege das Muster 10 Minuten in ein 10%iges Kupfersulfatbad, wasche gut

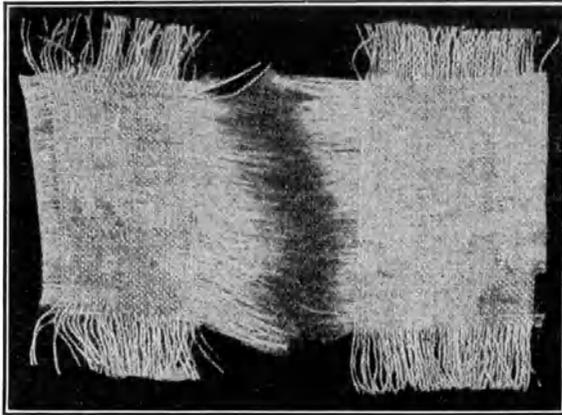


Abb. 375. Zeigt zerrissene Leinpartie eines gemischten Fabrikates.

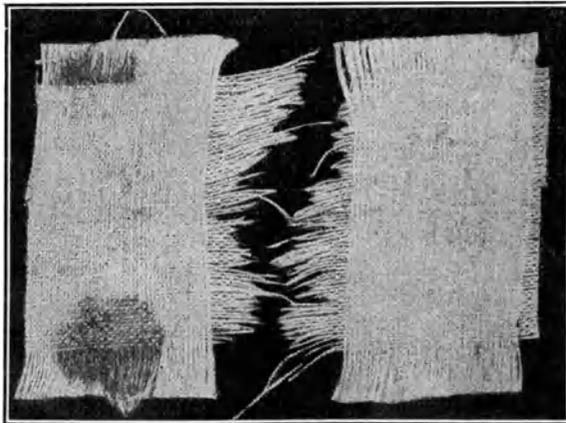


Abb. 376. Zeigt zerrissene Baumwollpartie eines gemischten Fabrikates.

aus und tauche in 10%ige Kaliumferrozyanidlösung. Lein wird dabei rot gefärbt, während Baumwolle, die das Kupfer nicht aufnimmt, weiß bleibt. Der Kontrast wird sehr gut sichtbar, wenn man nach dem Spülen in Kanadabalsam einlegt.

15. Behrens empfiehlt die folgende Verwendung von Chrysophenin in Verbindung mit Safranin. Die zu untersuchende Probe wird zuerst in einer heißen Safraninlösung tief rosa gefärbt. Dann wäscht man mit

Wasser und gibt in eine kalte Lösung von Chrysophenin, welche schwach sodaalkalisch ist. Unter diesen Bedingungen erscheint Flachs stumpfrot, Baumwolle gelb. Bei der gleichen Behandlung färben sich Wolle und Seide karminrot, Jute und Manilahanf scharlachrot und Hanf stumpfrot. Es ist am besten, wenn man die Farbstofflösungen für jede Untersuchung frisch herstellt.

Zur Erkennung der Natur der Fäden in Leinenstoffen oder in Baumwolle mit gemischten Leingeweben empfiehlt R. Dantzer folgende Methoden:

1. Reißprobe. Leinenfäden sind stärker als solche aus Baumwolle, und wenn es gleich schwer hält, das Tuch in der Richtung der Kette und des Schusses zu zerreißen, so kann man fast sicher sein, daß es reiner Lein ist. Nach einiger Praxis kann derjenige, welcher die Reißprobe ausführt, am Ton, der beim Zerreißen auftritt, beurteilen, ob man es mit Baumwolle oder Lein zu tun hat. Lein reißt mit dumpfem Ton, während derjenige der Baumwolle schärfer ist. Auch der Unterschied im Aussehen der zerrissenen Fäden ist sehr in die Augen springend. Die zerrissenen Enden des Leinenteils (Abb. 375) haben ein perliges Aussehen, die Fasern sind unregelmäßig und glänzend. Da sie sehr steif sind, sind die Enden nicht verdreht. Die Enden des Baumwollrisses zeigen einen sauberen Bruch (Abb. 376) und die Fasern haben ein stumpfes Aussehen, sind verdreht statt gerade.

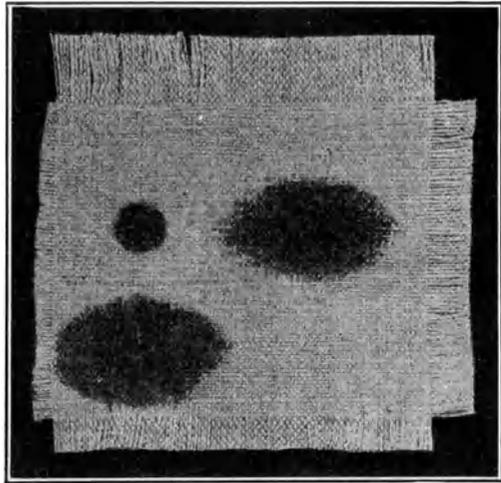


Abb. 377. Tintenflecke auf reinem Leinentuch.

2. Prüfung durch Aufdrehen der Fäden. Viele begnügen sich damit, aus Schuß und Kette einige Fäden herauszuziehen, diese aufzudrehen, um die Faser sichtbar zu machen. Die Baumwollfasern sind kürzer und zusammengeknötet, während die Leinfäden viel länger, schön parallel, glänzender und weniger geschmeidig sind.

3. Tintenprobe. Besteht darin, daß man einen kleinen Tropfen schwarze Tinte auf das Muster bringt. Abb. 377 zeigt die Form des Tintenflecks an reinem Leingewebe, während Abb. 378 die Form des Fleckes auf einem aus Baumwolle und Lein gemischten Fabrikat darstellt. Jeder Fleck hat ungefähr dieselbe Größe wie der schwarze Kreis in der oberen Ecke von Abb. 377. Auf dem reinen Leinentuch breitet sich die Tinte nach allen Richtungen gleichmäßig aus, wie ein Öltropfen auf einem Papierblatt. In den gemischten Geweben jedoch geht die Aus-

breitung in der Richtung des Leins vor sich, da er poröser ist als Baumwolle.

4. **Verbrennungsprobe.** Beide, Lein und Baumwolle, haben als brennbaren Stoff Zellulose. Jedoch machte Stockhardt auf den Unterschied, den die beiden Stoffe beim Verbrennen aufweisen, aufmerksam. Er stellte fest, daß die angebrannten Enden des Leinfadens nach dem Auslöschten der Flamme rund und platt sind, während sich die Enden des Baumwollfadens mehr oder weniger zangenförmig teilen. Diese Unterscheidung ist sehr schwierig zu machen und Dantzer schreibt ihr wenig Wert zu. Hingegen empfiehlt er folgendes: Das Fabrikat wird so entwirrt, daß sich auf der Schußseite und auf der Kettenseite je eine 2 cm lange Franse bildet. Die Flamme wirkt nun je nach der Beschaffenheit des

Materials ganz verschieden ein. Bei Ganzleinen-Material verbrennt die Flamme das Tuch an beiden Seiten, während in einem Tuch, wo die Kette aus Baumwolle und der Schuß aus Lein ist, die Flammen der Leinfranse das Tuch angreifen, die der Baumwollfranse bis zum Tuch brennen und dann auslöschten, ohne es anzugreifen.

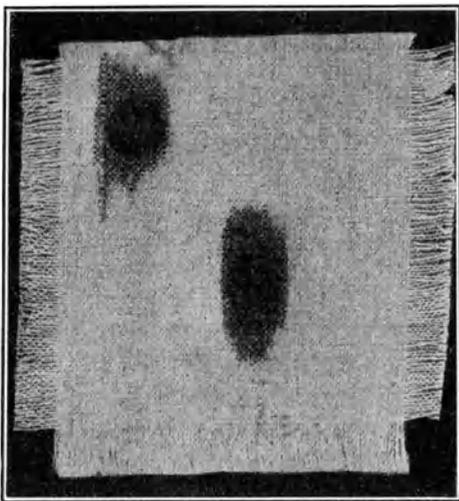


Abb. 378. Tintenflecke auf Baumwoll-Leingewebe.

5. **Ölprobe.** Diese Methode ist von Frankenstein entdeckt worden. Zuerst wird das Tuch durch Kochen in einer schwachen Sodalösung vom Appret befreit. Nach dem Trocknen wird die Probe mit Öl gesättigt und auf eine Glasplatte gebracht. Wenn alle Luftblasen verschwunden sind, wird mit einer kleineren Glasplatte bedeckt und das Öl abgepreßt. Nun beobachtet man das Material, indem man es zwischen den Beobachter und die Lichtquelle hält. Die Leinfäden werden infolge der Dicke ihrer Zellwände, die eine dem Öl gleichwertige Refraktion zeigen, durchscheinend. Beobachtet man gegen das Licht, so scheinen sie hell, im auffallenden Licht sind sie jedoch undurchsichtig. Infolge der in den Zellen eingeschlossenen Luft scheint die Baumwollfaser im durchfallenden Licht undurchsichtig, im auffallenden jedoch hell.

6. **Lein und Baumwolltuche** derselben Dicke weichen in ihrem Gewicht beträchtlich voneinander ab. Lein ist ungefähr 17% schwerer.

7. **Unterscheidung zwischen Neuseelandflachs, Jute, Hanf und Lein.** Zur Identifizierung der erwähnten Fasern empfiehlt sich folgende Reihe von Proben:

1. Das Produkt wird eine Minute lang in Chlorwasser getaucht, dann auf einem Porzellanteller ausgebreitet und einige Tropfen Ammoniak

zugefügt. Neuseelandflachs und Jute färben sich zuerst leuchtend rot, welche Farbe dann in Dunkelbraun übergeht. Lein und Hanf haben einen viel helleren Ton wie hellbraun, orange oder rehbraun. Diese Methode ist sehr gut für Garne und ungebleichte Tuche; besonders gut eignet sie sich zur Untersuchung von Segeltuch. Französischer Hanf, der in stehendem Wasser geröstet wurde, wird viel dunkler gefärbt, als solcher, den man in fließendem Wasser rösten ließ. In beiden Fällen ist die Farbe aber viel dunkler als die des Leins. Zur Prüfung von Schnüren ist diese Methode sehr geeignet, jedoch sind bei gebleichtem Material die Unterschiede der Farbtöne nicht sehr deutlich.

2. Will man gebleichtes Material prüfen, so legt man das Muster eine Stunde lang bei 36° in stickoxydhaltige Salpetersäure. Neuseelandflachs färbt sich blutrot, während Lein oder Hanf je nach der Methode des Röstens blaugelb oder rosa gefärbt werden.

3. Eine Probe des Materials wird in konzentrierter Salzsäure erwärmt. Hanf und Lein färben sich nicht, während Neuseelandflachs bei 30 bis 40° C gelb, dann rot, braun und schließlich schwarz wird.

4. Eine Probe des Materials wird mit Jodsäure behandelt. Hanf und Lein werden nicht angegriffen, aber Neuseelandflachs färbt sich rosa.

5. Jute unterscheidet man von Neuseelandflachs, indem man die Faser 2—3 Minuten mit einer Jodlösung tränkt und dann zur Entfernung des überschüssigen Jods einige Zeit mit 1%iger Schwefelsäure spült. Jute färbt sich charakteristisch rötlichbraun, Neuseelandflachs hellgelb. Hanf wird schwach gelb und Lein blau. Am besten ist es, wenn man vor der Untersuchung die einzelnen Fäden aufdreht.

6. Jute kann man von Flachs und Hanf durch Erwärmen in einer Lösung von konzentrierter Salpetersäure mit wenig Kaliumchlorat und nachherigem Waschen mit verdünnter Sodalösung und Wasser unterscheiden. Man gibt die Fasern dann auf ein Präparatenglas und fügt, wenn das Wasser verdunstet ist, einen Tropfen Glycerin zu. In kurzer Zeit wird die charakteristische Struktur der Jute sichtbar werden, und unter dem Polarisationsmikroskop erscheint die Jute im dunklen Feld einheitlich blau oder gelb, während Lein oder Hanf alle Farben des Spektrums zeigen. Auch wird Jute von Phlorogluzin und Salzsäure intensiv rot gefärbt, während Lein ungefärbt bleibt und Hanf nur einen rötlichen Ton annimmt.

8. Unterscheidung zwischen Lein und Hanf. Zur sicheren Unterscheidung von Lein und Hanf ist es am besten, wenn man zur mikroskopischen Untersuchung greift. Die Leinfasern erscheinen ganz regelmäßig und haben ein Lumen, welches oft nur noch ein Strich ist, während die Hanffasern ein sehr großes Lumen aufweisen und eine unregelmäßige Oberfläche besitzen. Mit Jodschwefelsäure färbt sich Hanf grün und Lein blau. Mit Salpetersäure bleibt Lein farblos, während Hanf schwach gelb gefärbt wird. Die Enden der Leinfasern sind spitz, die des Hanfes breit und spatelförmig. Hönel gibt folgende Unterschiede zwischen den Fasern des Leins und des Hanfes: 1. Erstere bilden keine dicken Bündel, sondern sind mehr voneinander getrennt. 2. Der Querschnitt zeigt, wenn man ihn mit Jodschwefelsäure behandelt, keine

gelbliche Schicht von äußerer Rinde. 3. Er gibt die reine Zellulosereaktion. 4. Fast immer ist ein gelbes Protoplasma vorhanden, welches die Hanffaser selten besitzt. 5. Die Fasern enden in scharfen Spitzen.

Durch eine Bestimmung des Methylwertes ist es möglich, chemisch zwischen ungebleichtem Hanf und Flachs zu unterscheiden. Auf die Phlorogluzinprobe kann man sich bei der Unterscheidung dieser beiden Fasern nicht verlassen.

Nach Hanauseck¹ kann man die mikroskopische Unterscheidung von Lein und Hanf am besten unter Verwendung von Kaliumbichromat ausführen. Die Leinfasern schwellen rascher auf als die des Hanfes und die dunklen Flecke auf der Oberfläche werden deutlicher sichtbar.

Die Frage der Unterscheidung zwischen Flachs- und Hanffasern ist in der praktischen Mikroskopie von so großer Wichtigkeit, daß es sich lohnt, an dieser Stelle die Beobachtungen von C. Cramer, der im Züricher Polytechnischen Journal 1881 eine ausgezeichnete Studie über die mikroskopische Untersuchung dieser zwei Fasern publiziert hat, einzufügen. Die Länge und Dicke der untersuchten Fasern kann man nicht als Punkte von großem Wert betrachten, da der Unterschied zwischen diesen Messungen so klein ist, daß man ihn vernachlässigen kann.

Vétyillard gab kürzlich die Dicke von Hanf zu 50 und von Flachs zu 37 Mikrons an, aber der mittlere Wert ist für beide Fasern ungefähr gleich, was mit Cramers Beobachtungen übereinstimmt. Letzterer fand eine mittlere Dicke von 46 Mikrons für Flachsfasern. Andererseits jedoch ist der Unterschied in der Form der Faserenden konstant, und dieser Unterschied genügt, um eine scharfe Unterscheidung zwischen Hanf und Flachs zu treffen. Auf diese Unterscheidung wurde von Schacht hingewiesen, und später hat sie dann Vétyillard genauer ausgearbeitet. Höhnel stellt fest, daß man zur Untersuchung der Enden jede einzelne Flachsfaser von Hanf unterscheiden könne. Führt man das Mazerieren bis zum richtigen Punkte durch, so ist es leicht, eine große Anzahl von Faserenden zu finden. In der Regel läßt man sie aber zu weit gehen, wobei die Fasern brechen. Nun ist es natürlich sehr schwierig, unter den Bruchstücken die natürlichen Faserenden zu finden. Die gegabelten Enden des Hanfes kommen auch nicht so häufig vor. Es hat sich gezeigt, daß man gewöhnlich unter 3—4 Enden ein gegabeltes findet. Bei Flachs wurde nie etwas Ähnliches bemerkt. Der Grund, warum man die Gabeln so leicht übersieht, liegt darin, daß die eine Zinke viel kürzer ist als die andere und oft über oder unter der Faser liegt. Daher ist es am besten, wenn man während der Beobachtung die Faser um ihre Achse dreht. Höhnel stimmt jedoch mit Cramer nicht überein, wenn er der Untersuchung der Enden in zweifelhaften Fällen keine Bedeutung zuschreibt. Auch in bezug auf die Vergrößerung von 150—400, wie sie Cramer nimmt, ist Höhnel nicht einverstanden. Er sucht die Faserenden mit einer Vergrößerung von 20—30 und notiert dann das Aussehen bei einer Vergrößerung von 300—400. Auch in bezug auf die Form der Querschnitte weichen seine Feststellungen von denen Cramers

¹ Z. Farben-Ind. 1908, S. 105.

ab. Er sagt, daß man, obschon Abweichungen vorkommen, immer imstande sei, die Fasern aus der Form ihrer Querschnitte zu identifizieren. Bei Flachs ist die am häufigsten auftretende Querschnittform die früher beschriebene, isodiametrische, scharfkantige, polygonale mit dem punktförmigen Lumen. Infolgedessen ist Höhnel der Meinung, daß die Form der Querschnitte zum Erkennen der Faser herangezogen werden kann. Daß nicht jede einzelne Faser die normale Form besitzt, ist ganz natürlich und zu erwarten.

Im Gegensatz zu Wiesner geht Höhnel mit Cramer darin einig, daß die Breite des Lumens von keiner Bedeutung ist, obschon man es aus voriger Beschreibung hätte glauben können. Im Hinblick auf die schichtenförmige Anordnung der Wände, welche nach den meisten Autoren bei Hanf ausgesprochen ist als bei Flachs, stimmt Höhnel auch mit Cramer überein, indem sie sagen, daß der Unterschied zu klein sei, um als Kriterium zu dienen. Es sind jedoch hier zwei Punkte zu beachten, mit denen Cramer nicht vertraut war. Bringt man das Vétillardsche Reagens auf den Querschnitt, so kann man nicht nur bei den inneren Schichten wichtige Unterschiede bemerken, sondern beim Hanf sind auch die gelben äußeren Schichten bemerkenswert, während bei Flachs gar nichts zu sehen ist. Bezüglich der Reaktionen auf Zellulose oder Holzgewebe ist zu sagen, daß man, wenn man nicht auf die Konzentration der Reagenzien achtet, z. B. mit Jodschwefelsäure alle möglichen Färbungen erhalten kann. Daher müssen die zur Verwendung kommenden Reagenzien genau nach der angegebenen Vorschrift hergestellt werden. Dann ist es immer möglich, mit Hanf und Flachs bestimmte Reaktionen zu erzielen, die die Unterschiede sei es in der Längsansicht oder im Querschnitt zeigen. Nach Höhnels Ansicht ist es daher gut möglich, zwischen reinen Flachsfasern und Hanffasern auf mikroskopischem Wege zu unterscheiden.

Das Parenchym, welches die Bastfasern des Hanfes umgibt, ist reich an sternförmigen Calciumoxalatkristallen, welche beim Flachs vollständig fehlen. Im weiteren findet man zwischen den Fasern wie auch innerhalb der Bastsubstanz zahlreiche längliche Zellen, die mit einer auffallenden rötlichbraunen Substanz gefüllt sind, die in den üblichen Lösungsmitteln, wie Kalilauge, Alkohol, Äther, Benzin, Schwefelsäure usw. unlöslich ist. Diese Zellen, die Farbstoff oder Tannin enthalten, fehlen beim Flachs. Schließlich ist die Epidermis des Hanfes von der des Flachses ganz verschieden zusammengesetzt. Die Epidermis des Hanfes besteht aus vielen kleinen Zellen, zwischen denen nur kleine Öffnungen sind (auf 1 cm² kommen ungefähr 12). Diese werden von nur 2 halbmondförmigen Zellen zusammengehalten und erscheinen auf der Epidermis als halbkugelförmige Warzen. Auf der Epidermis des Hanfes findet man auch einzellige, gebogene und sehr dicke Haare. Beim Flachs enthält die Epidermis ungefähr 3000 spaltförmige Öffnungen pro Quadratcentimeter. Die Spaltöffnungen des Leins liegen nicht auf einer Erhöhung, sondern auf demselben Niveau wie die übrigen Zellen der Epidermis. Im weiteren besitzt die Epidermis des Leins kaum ein Haar und ihre Zellen sind größer als die des Hanfes. Die Zellen des ersteren sind 140 Mikrons

lang und 30 Mikrons breit, wogegen die des letzteren 70 Mikrons lang und 20 breit sind.

Nach Behrens kann man Flachs und Hanf mit Hilfe von Benzopurpurin 10 B. in Verbindung mit Malachitgrün unterscheiden. Das Muster wird mit einem kleinen Körnchen Malachitgrün und einem Tropfen Essigsäure auf ein Objektglas gebracht und zum Sieden erhitzt. Nach dem Abkühlen entfernt man den Überschuß an Farbstoff mit Filterpapier. Man wäscht erst mit heißem, dann mit kaltem Wasser aus und bringt die grügefärbte Faser in eine schwach alkalische Lösung von Benzopurpurin. Hanf erscheint nachher vielfarbig als unreine Mischung von grünlichblau und violett, Flachs jedoch wird bis auf einige Protoplasmareste im Lumen, die grün sind, rot erscheinen.

Hodder hat beobachtet, daß die Streifungen auf den Zellwänden von Flachs und Ramie immer linksgedrehte Spiralen bilden, während sie bei Hanf und Jute stets rechts herum gerichtet sind. Ferner fand man, daß, wenn man eine nasse Faser mit dem freien Ende gegen den Beobachter richtet, sich Flachs und Ramie beim Trocknen immer in Uhrzeigerrichtung verdrehen, Hanf und Jute umgekehrt. Dieser Unterschied bildet die Grundlage für eine wertvolle mit bloßem Auge auszuführende Probe, um Hanf von Flachs zu unterscheiden. Die heutige Tendenz, aus Hanf und Lein zusammengesetzte Garne zu fabrizieren, verlangt eine sichere Prüfung zur Unterscheidung dieser beiden Fasern. Hodder ist der Ansicht, daß in dieser Drehungseigenschaft ein schnelles Mittel zur genauen Auseinanderhaltung dieser beiden Fasern in jedem Stadium der Verarbeitung gegeben ist. Um die Prüfung auszuführen, werden die Fasern erst gut aus dem Material herausgelöst und für einige Minuten in warmes Wasser gelegt. Es empfiehlt sich, eine sehr spitze Pinzette und einen dunklen Hintergrund zu verwenden. Soweit es zugänglich ist, sollte man nur einzelne Fasern nehmen und dabei aufpassen, daß die Drehung wirklich durch das Trocknen und nicht durch die Befeuchtung hervorgerufen wird. Die besten Resultate erhält man, wenn man die vollständig durchnäßte Faser über eine heiße Platte hält und die Richtung der Drehung beobachtet. Die erste Bewegung, die man beim Erwärmen einer nassen Faser beobachten kann, ist eine schwache Drehung in der Befeuchtungsrichtung, aber die richtige Drehung setzt sehr bald ein. Beim Versuch, diese Methode auf Baumwolle anzuwenden, sah man, daß die Drehung in beiden Richtungen erfolgt und daß sogar verschiedene Teile derselben Faser sich in verschiedener Richtung drehen.

9. Unterscheidung zwischen Manilahanf und Sisal. Diese beiden Fasern sind in ihren charakteristischen Eigenschaften ziemlich ähnlich, und es ist schwierig zwischen ihnen zu unterscheiden.

Mehr oder weniger genau kann man jedoch eine Entscheidung treffen, wenn man die Farbe der Aschen in Betracht zieht. Die von Manilahanf ist grauschwarz, während die von Sisal weiß ist.

Manilahanf ist die hauptsächlichste Faser, die auf bessere Qualitäten Seile verarbeitet wird, und wird daher oft verfälscht, indem man ihn mit billigeren Pflanzenfasern mischt. Als Ergebnis einer vom „National-

Bureau of Standards“ geführten Untersuchung wurde eine ausgezeichnete und befriedigende Prüfungsmethode zur Unterscheidung zwischen Manilahanf und andern zu seiner Verfälschung geeigneten Fasern ausgearbeitet.

Das Prinzip der Methode beruht darauf, daß, wenn man ein Faserbündel von einem Seil auf eine noch zu beschreibende Art behandelt, die Manilafasern rötlichbraun, die anderen Fasern kirschrot werden. Im Vorgehen sind geringe Unterschiede, je nachdem die Faser geölt war oder nicht, mit andern Worten, ob man eine Faser untersucht, die noch nicht verarbeitet ist, oder ob man ein fertiges Stück Seil in den Händen hat.

Man braucht zur Ausführung Äther, eine Bleichpulverlösung, Eisessig, starken Ammoniak und frisches Wasser zum Spülen. Man geht nun folgendermaßen vor: Zuerst stellt man eine mit einigen Tropfen Essigsäure angesäuerte Chlorkalklösung her. Die verschiedenen Reagenzien sollten in geeigneten Schalen in einer Reihe bereitstehen, nämlich: Äther, Bleichpulverlösung, Wasser, Alkohol und Ammoniak. Man tränkt die Fasern 20 Sekunden in der Bleichpulverlösung, wäscht dann schnellstens mit Wasser, hierauf mit Alkohol und hält dann das so behandelte Faserbündel 12—14 cm über die Oberfläche des Ammoniaks. Die Manilafaser wird braun, alle andern Fasern kirschrot, wie schon oben erwähnt wurde. In den meisten Fällen hält die Färbung genügend lange an, so daß ein geübter Analytiker die Trennung vornehmen kann, indem er die braunen oder die roten Fasern je nach deren Menge herauszieht. Die kirschrote Färbung ist nicht beständig, sondern verschwindet bei längerer Einwirkung der Ammoniakdämpfe. Entfernt man die Fasern, sobald die volle Färbung entwickelt ist, so bleibt sie während einer Stunde bestehen und die quantitative Bestimmung der Verfälschung ist leicht durchzuführen.

Will man ein Seilmuster untersuchen, so ist es vorteilhaft, von einem Garn auszugehen. Zur Entfernung des Öls gießt man Äther darüber. Nachdem man es 1 Minute oder 2 in der Luft geschwenkt hat, ist der Äther verdunstet und das Muster kann wie oben behandelt werden. Oft tritt die Farbänderung so schnell ein, daß ein Garnfaden zuviel ist, um gleichzeitig behandelt zu werden. In diesem Falle nimmt man am besten nur einige Fasern. Dies ermöglicht dann eine rasche Trennung und das Muster ist nachher für den folgenden Prozeß bereit. Nachdem man die Fasern in der beschriebenen Weise getrennt hat ist es vorteilhaft, die gleiche Prozedur auch mit dem andern Ende des Bündels durchzuführen. Nur daß man, statt die Fasern über den Ammoniak zu halten, diese in ihn hineintaucht. Ist die Trennung gut durchgeführt worden, so ist die Färbung der beiden Faserbündel einheitlich, das heißt, der Manilahanf wird braun und die andern Fasern rot. Der Grund, warum man sich nicht nur mit einer Prüfung begnügen soll, liegt darin, daß die rote Farbe zu schnell verschwindet, so daß es schwierig ist, in der kurzen Zeit alle Fasern herauszulesen. Zur Sicherheit macht man dann noch die zweite Prüfung.

Die Bleichpulverlösung wird folgendermaßen hergestellt: In einen großen sauberen Porzellanmörser gibt man einen Teil Chlorkalk und

gibt nach und nach unter beständigem Rühren 5 Teile Wasser zu. Nachdem man eine dünne Paste erhalten hat, bringt man diese in einen Zylinder und läßt unter Lichtabschluß einige Stunden stehen, bis sich eine klare Lösung gebildet hat. Diese Chlorkalklösung kann man in einer braunen Flasche im Dunkeln mehrere Monate lang aufbewahren. Will man die Lösung benutzen, so schüttet man 50—100 g in ein Becherglas und fügt ungefähr 1 cm³ Eisessig zu. Man soll nicht versuchen mit irgendeiner andern Säure anzusäuern. Salzsäure oder andere verursachen das Mißlingen der Probe. Die so angesäuerte Lösung hält 1 Stunde oder 2, soll jedoch jedesmal frisch hergestellt werden, wenn man eine Serie von Untersuchungen durchgeführt hat.

Man hat nach dieser Methode Manilahanf jeder Herkunft, sowohl frischen als auch alten, untersucht. Zu einer erfolgreichen Vornahme der Prüfung braucht es wenig Übung. Es braucht nur eine gewisse Geschicklichkeit beim Herauslesen der verschiedenen Fasern, und jemand, der mit den mikroskopischen Methoden vertraut ist, wird auch hier die erforderliche Geschicklichkeit besitzen.

Oft tritt die Frage auf, ob ein Seil ganz aus Manila bestehe oder nicht. Will man dies feststellen, so eignet sich die Modifikation, nach der man das Faserbündel in den Ammoniak taucht, am besten. Auf diese Weise sieht man sofort, ob man es mit einem gemischten Fabrikat zu tun hat oder nicht. Wenn alle Fasern rot werden, so ist kein Manilahanf dabei. Sind sie durchweg braun, so liegt reiner Manilahanf vor. Hat man jedoch ein Gemisch, so muß man wie oben beschrieben verfahren. Für jeden Fall sollte man eine Reihe von Versuchen vornehmen und immer reine Gefäße benutzen. Ammoniak, den man an der Luft stehenläßt, verliert an Gehalt, Alkohol nimmt Wasser aus der Luft auf usw. Das einzige, was längere Zeit erfordert, ist die Herstellung der Bleichlösung, doch ist, wie schon gesagt, die einmal hergestellte Lösung mehrere Monate lang zu gebrauchen.

Muß man den Gehalt der Fasern in einer Mischung quantitativ bestimmen, so trennt man die Komponenten nach obigem Verfahren. Nun werden Manila einerseits und die übrigen Fasern andererseits erst mit Wasser, dann mit Alkohol und schließlich mit Äther gespült. Hierauf trocknet man bei 110° C und wägt, nachdem man sie 2 Stunden hat erkalten lassen. Die gefundenen Gewichte geben die Mengen der Fasern.

Man hat sich versichert, daß alle Arten von Sisal einschließlich echtem, falschem, Pita usw. dieselbe rote Farbe wie Neuseelandflachs, Mauritiushanf und Sansevieriafaser geben. Prüfungen, die mit Gemischen bekannter Zusammensetzung vorgenommen wurden, lieferten sehr befriedigende Resultate.

10. Prüfung auf Lignin. Ligninartige Substanzen, die sich vom Holzgewebe ableiten, kann man in einer Mischung mit andern Geweben folgendermaßen feststellen:

1. Man setzt die angefeuchtete Probe der Einwirkung von Chlor oder Brom aus und behandelt dann mit einer neutralen Natriumsulfatlösung; es zeigt sich eine purpurrote Farbe.

2. Wenn man die Probe mit einer wäßrigen Anilinsulfatlösung befeuchtet, tritt eine intensive Gelbfärbung auf.

3. Befeuchtet man mit $\frac{1}{2}$ %iger Phlorogluzinlösung und dann mit Salzsäure, so bildet sich eine intensiv violettrote Farbe. Lösungen von Resorzin, Orzin und Pyrokatechin wirken in gleicher Weise.

4. Kocht man verholzte Fasern in einer Zinkchloridlösung, die einige Tropfen Pyrogallol enthält, so färbt sie sich schön purpurrot, was man mit der Lupe leicht feststellen kann.

5. Behandelt man die Probe mit einer Mischung von gleichen Teilen halbnormaler Ferrochloridlösung und halbnormaler Ferroferrizyanidlösung, so bildet sich eine blaue Färbung, deren Intensität vom Grade der Verholzung abhängt. Man darf die Reagenzien nicht in stärkerer Konzentration verwenden, da sonst sogar reine Baumwolle schwach blau gefärbt wird.

Bei der Prüfung auf Lignin erhält man die besten Resultate nach der Methode von Cross und Bevan. Man bringt die feuchten Fasern in einen Gangkolben, leitet Chlor darüber und saugt dann schweflige Säure durch das Rohr. Die Fasern werden dann zuerst mit Wasser und nachher mit einer 2%igen Natriumsulfidlösung gewaschen. Sowohl die gelbe Farbe, die durch das Chlor, als auch die rote, die auf Zusatz des Natriumsulfits hervorgerufen wird, sind sehr ausgeprägt. Baumwolle, Oxyzellulose und Hydrozellulose werden nicht gefärbt, aber verholzte Fasern werden alle mehr oder weniger je nach ihrem Ligningehalt gefärbt.

Eine andere scharf ausgeprägte Reaktion auf Lignozellulose kann man mit Hilfe von p-Nitrophenyl-Nitrosamin-Natrium¹ ausführen. Man läßt die 2%ige Lösung des Reagens 15 Minuten auf die Fasern einwirken und saugt dann den Überschuß ab. Hierauf werden die Fasern gewaschen und mit 1%iger Natronlauge gesättigt. Die Reaktion gibt helle bis dunkle Lilatöne je nach dem Grade der Verholzung. Je schwächer die Lilafärbung, um so reiner ist die Zellulose. Die Färbungen werden deutlicher, wenn man statt des Nitrosamines eine Diazolösung, die man durch Einwirkung von Salzsäure und p-Nitrodiazobenzolchlorid auf das Nitrosamin erhält, verwendet. Die Fasern werden 15 Minuten lang mit einer 2%igen Lösung des Reagens getränkt, abgesaugt und mit kaltem Wasser gewaschen. Je nach der Verholzung ist die Farbe mehr oder weniger braun, während reine Zellulose weiß bleibt.

Man kann den Grad der Verholzung auch mit einer Primulinlösung feststellen. Hierzu färbt man 0,25 g der Fasern während 1 Stunde mit 15 cm³ Primulinlösung (12 g im Liter), zu welcher man 5 cm³ einer $\frac{1}{2}$ %igen Kochsalzlösung gibt. Dann wird ausgewaschen und in saure Natriumnitritlösung gelegt (0,04%ige Natriumnitritlösung und 5 cm³ $\frac{1}{2}$ %ige Schwefelsäure). Man behandelt 15 Minuten lang in der Kälte, wäscht mit kaltem Wasser aus und färbt mit einer verdünnten β -Naphthollösung (0,014-prozentig). Mit Baumwolle entwickelt sich eine rote Farbe, bei verholzten Fasern jedoch nimmt das Rot in dem Maße ab, wie die Verholzung zunimmt.

¹ Schwalbe: Z. angew. Chem. 1902.

Keasons Reaktion auf Lignin wird folgendermaßen ausgeführt: 22 mg Faser werden in 5 cm³ konzentrierter Schwefelsäure in einem Zylinder mit Glasstopfen gelöst. Die Intensität der braunen Farbe gibt den Grad der Verholzung an.

Eine sehr gute Reaktion auf Lignin ist auch die von Maule: Die Fasern werden 15 Minuten lang mit einer 0,1%igen Kaliumpermanganatlösung getränkt, vollkommen ausgewaschen und in Salpetersäure vom spez. Gewicht 1,06 so lange behandelt, bis der Braunstein vollkommen gelöst ist. Nach dem Auswaschen leitet man Ammoniakgas über die Fasern. Verholztes Gewebe wird bei dieser Behandlung rot.

11. Bestimmung von Baumwolle in Kapok. Die Gepflogenheit einiger Fabrikanten, Baumwollabfälle unter den Kapok zu mischen, um so die Materialkosten herabzusetzen, ließ es wünschenswert erscheinen, ein einfaches Verfahren zu haben, mit welchem man feststellen kann, ob eine solche Verfälschung vorliegt. Da Kapok eine teilweise verholzte Faser ist, so gibt er bei der Behandlung mit Jod und Schwefelsäure eine gelbe bis braungelbe Färbung, während Baumwolle blau wird. Die gleiche Reaktion benutzt man auch, um die verschiedenen Arten von Bombax-Baumwolle von der gewöhnlichen Baumwolle zu unterscheiden.

Die einzige direkte Methode zur Unterscheidung von Kapok und Baumwolle ist die mikroskopische Untersuchung. Die Baumwollfaser zeigt sich als stellenweise verdrehtes, eher flaches Band. Kapok hingegen erscheint als runde glatte Faser, die einen sehr ausgeprägten Glanz besitzt. Bei genauer Betrachtung sieht man, daß diese Faser eine sehr dünne Zellwand hat und fast vollständig ohne Verdrehungen ist. Von Zeit zu Zeit kann man jedoch gelenk- oder knotenähnliche Gebilde sehen. In der Regel ist der Zellinhalt sehr schlecht ausgeprägt und weicht in dieser Beziehung sehr stark von der Baumwolle ab.

Eine chemische Methode, nach welcher man die beiden Fasern rasch und sicher auseinanderhalten könnte, existiert nicht. Der Grund liegt darin, daß beide aus fast reiner Zellulose bestehen und in gleicher Weise auf die verschiedenen Reagenzien ansprechen. Es ist möglich, einigermaßen zwischen Baumwolle und Kapok zu unterscheiden, wenn man mit einer 1%igen Anilinsulfatlösung arbeitet. Befeuchtet man eine kleine Probe Kapok mit einigen Tropfen dieser Lösung, so nimmt er in kurzer Zeit eine deutlich gelbe Färbung an, die nicht auftritt, wenn man Baumwolle analog behandelt. Der Grund liegt darin, daß die Kapokfaser eine Spur von verholztem Gewebe enthält, welche mit Anilinsulfat gelb reagiert. Am besten nimmt man die Reaktion in einer weißen Porzellanschale vor. Mit Phlorogluzin und Salzsäure färbt sich Kapok rötlichviolett, während Baumwolle nur ein blaßes Violett liefert.

Greihoff¹ macht folgende Vorschläge zur Unterscheidung zwischen Kapok und Baumwolle. a) Chlorzink und Jodlösung geben mit Baumwolle eine blauviolette Färbung, mit Kapok eine gelbe. b) Legt man die Fasern eine Stunde lang in eine alkoholische Fuchsinlösung (0,01 g Fuchsin in 30 cm³ Alkohol und 30 cm³ Wasser), so bleibt Baumwolle praktisch

¹ Chem. Zentralblatt 1908, S. 647.

ungefärbt, während Kapok hellrot wird. Eine weitere Probe ist die mit Schweitzers Reagens. Dies bringt Baumwolle unter Aufschwellen in Lösung, während Kapok nicht angegriffen wird. Nach Greihoff kann man eine quantitative Bestimmung von Baumwolle in Kapok durchführen, indem man das Material mit Salzsäure destilliert und das in Freiheit gesetzte Furfurol mit Phlorogluzin ausfällt. Kapok enthält 23—25 % Pentosome, d. h. Körper, die in Furfurol übergehen, Baumwolle aber nur 3 %.

Eine andere einfache Probe besteht darin, daß man die Muster einige Minuten in Chlorwasser bringt und dann die überschüssige Flüssigkeit abquetscht. Hierauf bringt man das Material auf einen Teller und gießt wenig Ammoniak darüber. Baumwolle bleibt weiß und Kapok nimmt einen rötlichen Ton an. Statt Chlorwasser kann man auch Hypochlorit oder Chlorkalk verwenden. Der rötliche Ton des Kapoks ist charakteristisch, jedoch bleibt er nicht lange bestehen.

Noch eine andere Methode besteht darin, die Faser für eine Minute in Salpetersäure zu tauchen, mit Wasser zu spülen und in Ammoniak zu legen. Baumwolle bleibt weiß und Kapok wird gelb. Jedoch wie die vorher erwähnte Rotfärbung bleibt auch diese Gelbfärbung nicht lange bestehen.

12. Die Identifizierung der Kunstseiden¹. In Tabelle IX sind nach Hassac die Prüfungen zusammengestellt, die erlauben, die verschiedenen Arten von Kunstseide und Formen der Lustrazellulose auseinander zu halten, sowie auch, sie von der Naturseide zu unterscheiden. Die in der Tabelle angegebenen Reagenzien werden folgendermaßen hergestellt:

a) Glycerinschwefelsäure: 10 cm³ Glycerin, 5 cm³ Wasser, 15 cm³ konzentrierte Schwefelsäure.

b) Jodkali-Jod: 0,3 g Kaliumjodid, 30 cm³ Wasser und Jod im Überschuß.

c) Zinkchlorjod: 1,75 g Chlorzink, 30 cm³ Wasser und Jod zur Sättigung.

d) Konzentrierte Schwefelsäure.

e) Chromsäure in halbgesättigter Lösung.

f) Kalilauge in 45 %iger Lösung.

g) Ammoniakalische Kupferoxydlösung, hergestellt durch Lösen von Kupferoxyd in Ammoniak bis zur Sättigung, unter gleichzeitigem Durchblasen eines durch Kalilauge von Kohlensäure befreiten Luftstroms.

h) Ammoniakalische Nickeloxydösung, hergestellt durch Auflösen von 2 g kristallisiertem Nickelsulfat in 30 cm³ Wasser. Ausfällen des Nickels mit Natronlauge, filtrieren und den Niederschlag in Ammoniakwasser auflösen.

i) Alkalische Kupferglyzerinlösung, hergestellt durch Lösen von 3 g Kupfersulfat in 30 cm³ Wasser und 1,75 g Glycerin, dann Zusetzen von ebensoviel Kalilauge, wie nötig ist, um das ausgefallte Kupferhydroxyd zu lösen.

¹ Siehe auch S. 587.

Tabelle IX.
Reaktionen der natürlichen und künstlichen Seiden.

Reagens	Naturreiseide	Kollodiumseide	Kupratseide	Viskoseseide	Azetatseide	Gelatineseide
Wasser	Keine Veränderung		Schwillt an		Schwache Schwellung	Starke Schwellung
Verbrennung	Geruch nach verbrannten Federn, schwarzer Rückstand	Kein Geruch, brennt sehr schnell, Asche gering	Kein Geruch, brennt wenig, Asche zurück	Kein Geruch, brennt weniger schnell	Unangenehmer Geruch, schwarzer Rückstand	Geruch nach verbrannten Federn
Reaktion der Verbrennungsgase mit Lackmus	Alkalisch	Sauer	Sauer	Sauer	Sauer	Alkalisch
Jodschwefelsäure	Gelb	Violettblau, starke Schwellung	Reinblau, starke Schwellung	Reinblau, starke Schwellung	Gelb	Gelblichbraun
Jod in Chlorzink	Blaßgelb	Rötlichviolett	Rötlichviolett	Rötlichviolett	Gelb	Gelblichbraun
Kalte konzentrierte Schwefelsäure	Löst schnell	Löst schnell	Löst langsam	Löst schnell	Löst langsam	Starke Schwellung ohne Lösung
Essigsäure	Keine Einwirkung	Keine Einwirkung	Keine Einwirkung	Keine Einwirkung	Löst schnell	Kalt, starke Spaltlinien; kochend, rasche Auflösung
Halbesättigte Chromsäurelösung	Löst sich langsam	Löst sich in der Kälte	Löst sich in der Kälte	Löst sich in der Kälte	Schwillt, löst sich aber nicht	Löst sich beim Erwärmen schnell
Diphenylamin und Schwefelsäure	Keine Reaktion	Blaue Farbe verschwindet nach 5 Min. langsam	Keine Reaktion	Keine Reaktion	Keine Reaktion	Keine Reaktion
Kalilauge (40 %)	Löst ohne Farbe	Schwillt, ohne sich zu lösen	Schwillt zu lösen	Flüssigkeit gelb	Schwillt stark, löst sich aber nicht	Löst sich rasch
Ammoniakalische Kupferlösung	Fibroin löst sich, Serizin unlöslich, stark zerfurcht	Schwillt rasch und löst sich langsam	Schwillt langsam und löst sich langsam	Schwillt auf und löst sich langsam	Schwache Schwellung, doch keine Lösung	Unlöslich, Flüssigkeit wird violett
Alkalische Kupfer-Glycerinlösung	Löst schnell	Unverändert	Unverändert	Unverändert	Unverändert	Löst beim Kochen

k) Saure Diphenylaminlösung: 1,57 g Diphenylamin in 25 cm³ konzentrierter Schwefelsäure.

Die Bestimmung sollte immer durch Vergleichsproben an bekannten Typen geprüft werden. Sind die zu untersuchenden Muster gefärbt, so sollte man den Farbstoff erst durch Behandeln mit Hydrosulfit entfernen, jedoch muß man dabei sehr vorsichtig sein, da diese Behandlung manchmal die Zuverlässigkeit der Reaktionen beeinträchtigen kann.

Kollodiumseide kann man von Viskose- und Kupratseide dadurch unterscheiden, daß sie immer eine Spur Stickstoff enthält und so mit Diphenylamin die blaue und mit Brucin die rote Färbung gibt. Nach Schwalbe enthält die Kollodiumseide immer etwas Oxyzellulose, die sich während der Nitrierung bildet, und kann daher von den übrigen unterschieden werden, indem sie Fehlingsche Lösung reduziert. Die Prüfung wird ausgeführt, indem man 0,2 g der Kunstseide in 2 cm³ Fehlingscher Lösung erwärmt. Mit Kollodiumseide erhält man eine grüne Farbe, während mit Kupferammonium oder Viskoseseide die Lösung blau bleibt.

Schwalbe empfiehlt auch die Verwendung einer Lösung von 20 g Chlorzink, 2 g Kaliumjodid und 0,1 g Jod in 15 cm³ Wasser als Reagens zur Unterscheidung der Viskose von Kupferammoniumseide. Behandelt man gleiche Mengen dieser Seiden mit dem Reagens und wäscht dann mit Wasser, so bleibt die Viskoseseide eine Zeitlang bläulichgrün, während die Kupferseide ihre braune Farbe verliert. Diese Prüfung ist jedoch nicht befriedigend, da es sehr schwierig ist, diese Farbreaktionen zu erhalten.

Maschner¹ ist der Ansicht, daß selbst nach langer Erfahrung die mikroskopische Untersuchung kein geeignetes Mittel zur Unterscheidung der verschiedenen Kunstseidearten sei. Die wichtigsten chemischen Prüfungen sind die von Süvern empfohlene Diphenylaminreaktion zur Identifizierung der Kollodiumseide, Schwalbes Reduktionsprobe mit Fehlingscher Lösung, die dem gleichen Zwecke dient, und die ebenfalls von Schwalbe empfohlene Reaktion mit Zinkchlorid zur Unterscheidung zwischen Kuprat- und Viskoseseide. Maschner sagt jedoch, daß von diesen 3 Reaktionen nur die erste zuverlässig sei, da die beiden andern schon mit Kunstseiden der gleichen Klasse verschiedene Resultate liefern. Aus dem gleichen Grund ist auch das Verhalten der Kunstseiden gegen Farbstofflösungen keine genügende Reaktion zu ihrer Erkennung.

Man hat jedoch in der Einwirkung von konzentrierter Schwefelsäure ein Mittel, um zwischen den verschiedenen Seiden zu unterscheiden. Die Prüfung wird folgendermaßen ausgeführt: Man gibt 0,2 g der zu untersuchenden Seide zusammen mit der gleichen Menge einer Kunstseide von bekannter Herkunft in kleine trockene Erlenmeyer-Kölbchen, die auf weißem Papier stehen, und schüttet ungefähr 10 cm³ konzentrierte Schwefelsäure darüber. Man schüttelt die Fläschchen, um die Faser vollkommen zu befeuchten, und beobachtet den sofortigen Effekt, den die Säure ausübt. Nun beobachtet man die Proben noch während 1¹/₂ Stunden. Kollodiumseide bleibt anfänglich fast farblos und erst

Tabelle X.
Mikroskopische Vergleichung der Kunstseiden.

Art	Allgemeines Aussehen Längsansicht	der Faser in bezug auf Querschnitt	Oberfläche	Bruchstellen	Regelmäßigkeit der Faserdicke	Inhomogenitäten
Kollodiumseide	Breit und bandförmig	sehr unregelmäßig, faltig	Tiefe Rinnen oder Falten	Immer gezackt	Eher unregelmäßig (25 %)	Luftblasen und kleine Körnchen
Kupratseide	Zylindrisch, oft sehr feine innere Linien	Oval bis kreisrund, manchmal quadratisch	Stellenweise fein gerillt	Scharfe Kanten	Weniger als 10 % Unregelmäßigkeiten	Luftblasen und kleine Körnchen
Viskoseseide	Zylindrisch und mehr oder weniger quadratisch	Oval bis kreisförmig, eher viereckig wie Pflastersteine	Scharfe Streifungen	Gezackt	Weniger als 15 % Unregelmäßigkeiten	Luftblasen und kleine Körnchen
Azetatseide	Zylindrisch	Oval bis kreisrund, selten quadratisch	Keine Streifungen	Scharf oder gezackt	Weniger als 5 % Unregelmäßigkeiten	Selten Luftblasen, oder Körnchen
Gelatineseide	Zylindrisch	Kreisrund	Keine Streifungen	Glatt	Weniger als 5 % Unregelmäßigkeiten	Große Luftblasen und dunkle braune Flecken

nach 40—60 Minuten nimmt die Flüssigkeit einen schwach gelblichen Ton an. Kupratseide nimmt sofort einen gelben bis braungelben Ton an und die Flüssigkeit wird nach 40—60 Minuten gelblichbraun. Die Viskoseseide wird von der Säure sofort rötlichbraun gefärbt und nach 40—60 Minuten wird die Flüssigkeit rostbraun.

Kollodiumseide kann man von Kupratseide und Viskoseseide durch Beobachtung mit dem Polarisationsmikroskop unterscheiden, jedoch ist die Methode nicht zuverlässig.

Herzog gibt in Tabelle X die mikroskopischen Charakteristika der Kunstseiden an.

Nach Beltzers Angaben ist Rutheniumrot (0,01 g in 10 cm³ Wasser) ein sehr guter mikrochemischer Farbstoff zur Identifizierung der Kunstseiden. Kollodiumseide wird von diesem Reagens tief rot gefärbt, Kupratseide wird kaum angefärbt, während Viskoseseide einen tiefen Rosaton annimmt. Jedoch ist zu beachten, daß Kunstseiden, die, um sie gegen Wasser widerstandsfähiger zu machen, mit Formaldehyd behandelt worden sind, von Rutheniumrot nicht angefärbt werden.

13. Unterscheidung zwischen echter Seide und den verschiedenen Arten von wilder Seide. Echte Seide (von Bombyx mori) löst sich sehr rasch (in $\frac{1}{2}$ Minute) in kochender konzentrierter Salzsäure. Senegalseide (von Faïdherbia) löst sich in etwas längerer Zeit, während Yama-Mai-, Tussah- und Cynthiaseiden zur vollständigen Lösung viel längere Zeit beanspruchen.

Echte Seide ist auch ziemlich leicht in starker Kalilauge löslich, die anderen Arten hingegen nicht. Silbermann¹ hat festgestellt, daß man mit Hilfe einer halbgesättigten Chromsäurelösung die echte Seide von Tussahseide unterscheiden kann. Die Chromsäurelösung stellt man her, indem man Chromsäure bis zur Sättigung in Wasser auflöst und dann das gleiche Volumen Wasser zuteilt. Die echte Seide soll sich, wenn man sie in dieser Lösung kocht, in 1 Minute vollständig auflösen, während wilde Seide unlöslich ist. Chittik hat jedoch beim Ausprobieren dieser Methode gefunden, daß sich Tussahseide unter diesen Bedingungen auch auflöst und daß man daher die Methode zur Unterscheidung zwischen den beiden Arten nicht verwenden kann. Diese Chromsäuremethode findet man fast in allen Büchern über Seidentechnologie angegeben und sie hat sich offenbar dort eingeschlichen, ohne ausprobiert worden zu sein. Süvern gibt folgende Zusammenstellung der wichtigsten Unterscheidungsmerkmale zwischen gewöhnlicher Seide, Tussahseide und Kunstseide:

Reagens	Chinesische Rohseide	Tussahseide	Kunstseide (Chardonnet)
Konzentrierte Kalilauge	Löst sich bei schwachem Erwärmen	Löst sich beim Kochen	Unverändert
40 %ige Kalilauge	Bei 65° C Einwirkung. Löst sich bei 85° C	Schwillt bei 75°. Löst sich bei 120°	Unlöslich
Chlorzink in 60 %iger Lösung	Bei 120° vollständig gelöst	Bei 135° vollständig gelöst	Löst sich bei 140—145° C
Kupfersulfat-Ammoniaklösung (CuSO ₄ , 10 g. Glycerin 10 cm ³ , 10 cm ³ 40 %iger Ammoniak)	Löst sich bei gewöhnlicher Temperatur in 30 Min.	Kaum angegriffen	Auch beim Kochen nicht angegriffen
Fehlingsche Lösung	Löst sich beim Kochen schnell	Löst sich beim Kochen	Nicht angegriffen
Cuprammonium-Lösung	Löst sich mit Ausnahme eines schleimig. Rückstandes	Unangegriffen	Selbst beim Kochen nicht angegriffen
Millons Reagens	Beim Kochen violette Färbung	Beim Kochen violette Färbung	Keine Veränderung
Jodlösung	Tiefbraune Färbung	Blaubraune Färbung	Braune Färbung, d. in Blau übergeht
Asche in Prozent Verhalten bei 200° C und Gewichtsverlust	0,95 Wird braun und brüchig; 11,15 %	1,15 Kaum verändert; 11,21 %	1,60 Blauschwarze Färbung, dann Karbonisierung. Schwer verreibbar; 43 bis 65 %
Stickstoffgehalt ‰	16,60	16,79	0,15
Wassergehalt ‰	7,99	8,26	10,37
Aufgenommenes Wasser in 48 Stunden ‰	2,24	5,00	5,24

¹ Die Seide, Bd. 2, S. 206.

Unter dem Mikroskop kann man die echte Seide leicht von wilden Seiden unterscheiden, da letztere Fasern breit und flach sind und sehr ausgeprägte Längsstreifungen zeigen, die bei der echten Seide fehlen. Eine Ausnahme macht die wilde Seide von *Saturnia spini*, die man unter dem Mikroskop kaum von echter Seide unterscheiden kann. Will man die verschiedenen wilden Seiden unter sich identifizieren, so hat man in der Messung ihres Faserdurchmessers ein gutes Mittel zur Hand. Höhnel macht folgende Angaben über die größte Dicke der verschiedenen Arten:

Echte Seide (<i>Bombyx mori</i>)	20—25 Mikrons
Senegalseide (<i>Faidherbia bauhini</i>)	30—35 „
Ailanthuseide (<i>Attacus cynthia</i>)	40—50 „
Yama-Mai-Seide (<i>Antheraea yama may</i>)	40—50 „
Tussahseide (<i>Bombyx selene</i>)	50—55 „
Tussahseide (<i>Bombyx mylitta</i>)	60—65 „

Nach Wiesner und Prasch sind die Dicken der Einzelfasern bei den verschiedenen Seiden folgende:

Ailanthuseide	7—27 meist 14 Mikrons
Yama-Mai-Seide	10—45 „ 23 „
<i>Bombyx mylitta</i>	14—75 „ 42 „
<i>Bombyx selene</i>	27—41 „ 34 „
Senegalseide	12—34 „ 22 „
Echte Seide	9—21 „ 13 „

Sowohl echte Seide als auch Ailanthuseide und Senegalseide zeigen keine Querzeichnungen, während bei Tussahseide und Yama-Mai-Seide die Querzeichnungen sehr ausgeprägt sind.

Das Aussehen der Faserenden unter dem Mikroskop ist manchmal zur Identifizierung der Art sehr geeignet. Echte Seide, Tussahseide und Yama-Mai-Seide zeigen kaum irgendeine abgeriebene Stelle am Ende, während bei Senegalseide fast jede Faser am Ende abgerieben ist und bei der Ailanthuseide ungefähr 50% der Fasern abgeriebene Spitzen aufweisen.

14. Wilde Seiden von geringerer Wichtigkeit. Neben den oben beschriebenen wilden Seiden gibt es noch einige andere von geringerer Wichtigkeit, welche der Vollständigkeit halber hier beschrieben werden:

1. *Saturnia Polyphemus*, eine nordamerikanische Varietät, besteht aus sehr flachen Fasern mit großen Luftkanälen und vielen Strukturgeweben, welche sich an der Kante der Faser trennen. Grobe Klumpen von anhängendem Serizin sind häufig, ebensogut ausgeprägte Quermarkierungen. Die Einzelfaser hat einen Durchmesser von ungefähr 33 Mikrons. Unter dem Polarisationsmikroskop ist diese Faser mit Ailanthuseide sehr ähnlich.

2. *Arryndia ricini*: Diese Fasern sind noch flacher als die vorhergehenden und gleichen einem dünnen Band; große Luftkanäle sind häufig anzutreffen. Streifung sehr gut sichtbar. Die Serizinschicht ist stellenweise sehr dünn und fehlt oft vollständig. Die Doppelfaser hat eine Breite von ungefähr 45—55 Mikrons und eine Dicke von 6 Mikrons. An den Kanten der Faser sind oft abgeschuerte Enden des Struktur-

gewebes zu beobachten. Die Quermarkierungen kommen zwar häufig vor, doch sind sie nicht sehr ausgeprägt. Die Serizinschicht ist dünn, doch gleichmäßig entwickelt.

3. *Antheraea perugi*: Hat eine sehr flache bandförmige Faser. Sie scheuert an den Enden nicht ab und zeigt selten ein Einzelgewebe. Die Doppelfaser ist 80 Mikrons breit und 8—10 Mikrons dick. Quermarkierungen selten und undeutlich. Die Serizinschicht ist sehr dünn und in der Regel schwer zu bemerken. Mäßig große Luftkanäle sind vorhanden.

4. *Saturnia cecropia*: Wird in Texas gefunden. Auch diese Faser ist flach und bandförmig. Die Doppelfaser ist 60—90 Mikrons breit und 10—15 Mikrons dick. Luftkanäle sind häufig und groß, daher erscheint die Faser unter dem Mikroskop eher dunkel. Die Quermarkierungen sind sehr deutlich und die Faser ist an den Stellen, wo sie auftreten, viel breiter. Die Faser ist im allgemeinen stark gefranst und man kann leicht Einzelgewebe feststellen. Die Serizinschicht ist sehr dünn, aber regelmäßig.

5. *Attacus lanula*: Diese Fasern sind nicht so flach wie die vorhergehenden. Die Doppelfaser ist 25—35 Mikrons breit und 12—18 Mikrons dick. Die Luftkanäle sind fein und die Faser zeigt fast keine Fransen. Die Serizinschicht ist sehr dünn und an der Oberfläche fein gekörnt. Stellenweise tritt sie in Form von unregelmäßigen Fetzen auf. Die Faser als Ganzes hat ein gelblichbraunes Aussehen, woran die ockergelbe Farbe der Serizinschicht schuld ist.

15. Aussehen der Seiden unter dem Polarisationsmikroskop. Bei der Verwendung eines Polarisationsmikroskops kann man beträchtliche Unterschiede bezüglich der Interferenzfarben der verschiedenen Seiden feststellen. Am besten nimmt man die Untersuchung mit einer Vergrößerung von 30—50 vor. Da die Fasern einen mehr oder weniger ovalen Querschnitt haben, muß man bedenken, daß die gleiche Faser einen verschiedenen Farbeffekt gibt, je nachdem man sie von der schmalen oder von der breiten Seite aus betrachtet. Daher sollte man, um glaubwürdige Resultate zu erhalten, alle Fasern von der gleichen Seite aus betrachten und vergleichen. Ebenfalls sollte man nur das Aussehen der Einzelfaser und nie von gekreuzten Fasern betrachten. Höhnel gibt folgende Beschreibung des Aussehens der verschiedenen Fasern im polarisierten Licht. Die Beobachtungen werden im dunklen Feld mit einer Vergrößerung von 30—50 gemacht.

1. Echte Seide: a) Breite Seite sehr glänzend, bläulich oder gelblich opalisierendes Weiß. Diese Farbe ist auf der gesamten Breite zu finden. b) Schmalseite genau gleich, wie vorhergehend beschrieben.

2. Yama-Mai-Seide: a) Breite Seite in der Regel rein bläulich opalisierendes Weiß, auch dunkles Blau bis Schwarz; fast alle diese Farben sind glänzend. b) Schmalseite; alle Farben sind sehr leuchtend und kontrastreich, dunklere und schwärzliche Töne kommen auch vor.

3. Tussahseide (von *Bombyx selene*): a) Breite Seite, zeigt alle Farben sehr leuchtend; Faserdicke sehr ungleich, daher verändern sich die Farben auf der ganzen Länge. Die dicken Partien sind dunkelblau

Tabelle XI.
Die mikroskopischen Charakteristika der Seiden.

Seidenart (Einzelfaser)	Allgemeine Eigenschaft der Faser Längsansicht	Querschnitt	Maximale Breite der Einzelfaser in Mikrons	Streifungen auf der Faser	Quermarkierungen auf der Faser	Aussehen des Faser- endes nach dem Bruch
Echte Seide, (Bombyx mori)	Zylindrisch, transparent	Rund, sehr wenig abgeflacht	20—25	Keine, oder nur sehr schwach entwickelt	Sehr selten	
Tussah- seide	Bombyx mylitta	Bandförmig, flach, breit und wenig transparent	60—100	Sehr deutlich	Oft unter dem gekrenzten Nikol leicht zu beobachten	Wenig oder gar keine Fransen an den Faserenden
			50—55			
Yama-Mai-Seide Antheraea yama mai		Flach, zusammen- gepreßt, oft schmal und dreieckig	40—50	Wie bei Tussah aber schwächer	Selten	Viele Fasern in Fetzen geteilt
			40—50			
Ailanthuseide, Fagaraseide, Attacus Cynthia			30—35	Besonders deutlich	Keine	Fast alle Fasern zerfetzt
			80—100			
Muschelseide (Lana penna), Penna nobilis	Abgeflacht, zylindrisch, selten verdreht, Farbe olivengraun	Elliptisch		Schwach gestreift		Keine Fransen

Wilde Seide

und rötlichviolett, während die dünneren gelb oder orange sind. b) Schmalseite zeigt hellrote und hellgrüne Farben, die jedoch oft nur schwach sichtbar sind; die Farben bilden lange Flecke, die oft nur dunkelgrau bis schwarz sind.

4. Tussahseide (von *Bombyx mylitta*). a) Breite Seite, ein bläulich opalisierendes Weiß herrscht vor, auch braune, graue und schwarze Töne. Die Farben kommen wie oben in Flecken vor, sind jedoch meist hellorange oder rot bis braun. b) Schmalseite dunkelgrau mit hellroten oder grünen Flecken; das allgemeine Aussehen ist dem der vorigen Faser sehr ähnlich.

5. Ailanthuseide: a) Breite Seite hellgelb oder gelbbraun bis graubraun. b) Schmalseite fast alle Farben, aber eher blaß und wenig Kontraste, selten sehr hell, aber meist dumpfe Töne. Kurze grüne, gelbe, violette, rote oder braune Flecken.

6. Senegalseide. a) Hellgelblich-weißgrau bis braun, selten bläulich-weiß. b) Schmalseite blau und dunkelgrau, braune bis schwärzliche Farben, selten helle Töne.

In Tabelle XI sind die mikroskopischen Charakteristika der wichtigsten Seidenarten zusammengestellt¹.

XXVII. Prüfung der Textilfabrikate.

1. **Das Konditionieren.** Bei der Besprechung der hygroskopischen Eigenschaften von Wolle und Seide wurde gesagt, daß diese Fasern imstande seien, eine beträchtliche Menge Feuchtigkeit aufzunehmen, und daß diese Menge in weiten Grenzen variieren könne, je nach der Temperatur und der Luftfeuchtigkeit, der das Material ausgesetzt wird. Aus diesem Grunde ist es leicht verständlich, daß es beim gewichtsweisen Verkauf von Woll- und Seidengütern von großer praktischer Bedeutung ist, zu wissen, wieviel Feuchtigkeit diese enthalten. In England, sowie auch auf dem europäischen Kontinent ist dieser Tatsache schon lange Rechnung getragen worden, und in den verschiedenen europäischen Textilzentren wurden öffentliche Laboratorien errichtet, wo man den Feuchtigkeitsgehalt der Textilprodukte genau feststellt und wo die Käufe und Verkäufe auf dem wirklichen Gehalt an Faserstoff basiert werden. Diese Laboratorien werden Konditionieranstalten genannt und den Prozeß zur Feststellung der Feuchtigkeit nennt man Konditionieren. Die erste öffentliche Konditionieranstalt wurde im Jahre 1805 in Lyon zur Konditionierung der Seide errichtet. Nun gibt es solche in mehreren europäischen Städten, wie auch in New York und Philadelphia, und kürzlich ist auch in Schanghai eine errichtet worden.

Beim Konditionieren der Wolle wird folgendermaßen vorgegangen. Aus dem zu untersuchenden Ballen nimmt man einige Proben und mischt sie zusammen. Nun macht man drei Proben von $\frac{1}{2}$ —1 kg und wägt sie genau. Nachher werden sie im Konditionierapparat bei 105—106° bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Das nachher gewogene Gewicht

¹ Herzog, Die Unterscheidung der natürlichen und künstlichen Seiden, S. 14.

entspricht der trockenen Wollfaser, der Gewichtsverlust der Feuchtigkeit.

Die Menge der normalen Wolle findet man, indem man zum Gewicht der trockenen Wolle diejenige Menge Feuchtigkeit addiert, die eine Wolle unter gewöhnlichen Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnissen enthalten würde.

Den addierten Betrag nennt man den *Regain*¹; er wird von der Anstalt festgelegt. Diese gestattete Feuchtigkeitsmenge variiert mit der Form der verarbeiteten Wolle. Die Trocknungsanstalt in Bradford (England) hat zum Beispiel folgende Zahlen:

	Regain %	Direkter Verlust %
Wollen	16	13,79
Tops mit Öl gekämmt	19	15,97
Tops ohne Öl gekämmt	18,25	15,43
Noils	14	12,28
Kammgarn	18,25	15,43

Nach den vom „Manchester Texting House“ gemachten Angaben ist die Trocknung als vollständig zu betrachten, wenn das Material unter gleichzeitiger Ventilation 40 Minuten lang auf 100° C erhitzt wurde. Woodmanson studierte die Geschwindigkeit der Trocknung von Wolle und macht folgende Angaben:

Abnahme nach 1stündigem Erhitzen	13,84 %
Nach weiteren 3 Std.	0,21 „
„ „ 3 „	0,12 „
„ „ 5 „	0,11 „
„ „ 10 „	0,08 „

Bei diesen Untersuchungen war die Temperatur allerdings 150° C, und es ist möglich, daß mehr als nur die hygroskopische Feuchtigkeit verdampfte.

Das in Bradford verwendete Konditioniersystem ist folgendes: Die Gewichte der Proben werden von drei verschiedenen Personen unabhängig voneinander auf empfindlichen Waagen, die jede Woche eingestellt werden, bestimmt. Diese Waagen haben eine Kapazität von $\frac{1}{2}$ Pfund bis zu 10 Tonnen. Wenn man die Feuchtigkeitsproben ausführt, so werden die Proben aus verschiedenen Teilen des Paketes genommen. Für Wolle und Noils ungefähr 2 Pfund, für Tops 3 Ballen, für Garn in Strängen ungefähr 4 Pfund auf 1200 Pfund und für Garn auf Spulen oder Rollen 20—40 Spulen oder Rollen.

Die Standard Regains sind folgende:

Wollen und Abgang, für Feuchtigkeit einen Regain von 16 %.
Tops mit Öl gekämmt, für Feuchtigkeit einen Regain von 19 %.
Tops ohne Öl gekämmt, für Feuchtigkeit einen Regain von 18,25 %.
Gewöhnliche Noils, für Feuchtigkeit einen Regain von 14 %, reine Noils 16 %.
Kammgarne, für Feuchtigkeit einen Regain von 18,25 %.
Baumwollgarne, für Feuchtigkeit einen Regain von 8,25 %.
Seidengarne, für Feuchtigkeit einen Regain von 11 %.
Tuche, gekämmt und Wollen einen Regain von 16 %.

¹ Dieser englische Ausdruck ist seiner Kürze und Deutlichkeit wegen des weitern beibehalten. Deutsche Bezeichnungen sind: Zusatz, Repräsesatz.

Die Konditionieranstalt in Roubaix hat folgende Ansätze für die Regains bei Wollmaterialien:

Wollen	14,25 %
Tops	18,25 „
Garne	17 „

Der in Bradford festgesetzte Regain ist beträchtlich höher als der in den meisten amerikanischen Textilzentren gebräuchliche.

Schreiber dieses Buches hat aus vielen in Philadelphia durchgeführten Konditionierungen festgestellt, daß Wollgarne durchschnittlich 10 %, gekämmte Tops (in Öl) und lose Wolle 12 % und gewobene Fabrikate 8—9 % Feuchtigkeit enthalten. Dem entspräche eine Addition zum Trockengewicht wie folgt:

Wollgarne	11,1 %
Gekämmte Tops und lose Wolle	13,6 „
Wollene Tuche	9,9 „

Um zu Handelszwecken geeignete Regains zu haben, möchte der Autor für Wollgarn 12, für Tops und lose Wolle 15 und für Wolltuche 11 % vorschlagen. Für Seide sollte der erlaubte Regain 11 und für Baumwolle und Pflanzenfasern 8 % betragen.

In den Regierungsverordnungen der Vereinigten Staaten ist in bezug auf wollene Decken für die Armee usw. ein Regain von 11 % erlaubt.

Hartshorne gibt folgende Tabelle für die Regains von Kammgarnen bei verschiedenen Temperaturen und Luftfeuchtigkeiten:

Tabelle für den Regain von Kammgarnen bei verschiedenen Temperaturen und Luftfeuchtigkeiten.

Luftfeuchtigkeit in %	Fahrenheit-Grade					
	50	60	70	80	90	100
40	12,8	12,4	12,0	11,5	10,9	10,4
50	14,7	14,3	13,8	13,2	12,6	12,1
60	16,7	16,1	15,6	14,9	14,4	13,8
70	18,7	18,0	17,4	16,8	16,2	15,6
80	20,9	20,2	19,4	18,7	18,2	17,7
90	23,5	22,7	21,8	21,1	20,9	20,8
100	27,1	26,2	25,4	24,8	24,7	24,6

Schloesing hat in Abb. 379 und 380 die Beziehungen zwischen Luftfeuchtigkeit und Feuchtigkeitsgehalt in lufttrockenen Materialien graphisch dargestellt.

Experimente, die von Scheurer durchgeführt wurden, um den Wassergehalt der verschiedenen Fasern bei 100° C in einer dampfgesättigten Atmosphäre festzustellen, ergaben folgende Resultate:

Faser vorher bei 100° C getrocknet	Wassergehalt in dampfgesättigter Luft
Gebleichte weiße Baumwolle	23,0
Ungebleichtes Lein	27,7
Ungebleichte Jute	28,4
Gebleichte Seide	36,5
Gebleichte und gebeizte Wolle	50,5

Nach Scheurer beweisen diese Zahlen, daß für alle Textilfasern ein bestimmter Sättigungsgrad besteht, der in der gleichen Dampfatosphäre konstant bleibt, sobald das Gleichgewicht einmal erreicht ist.

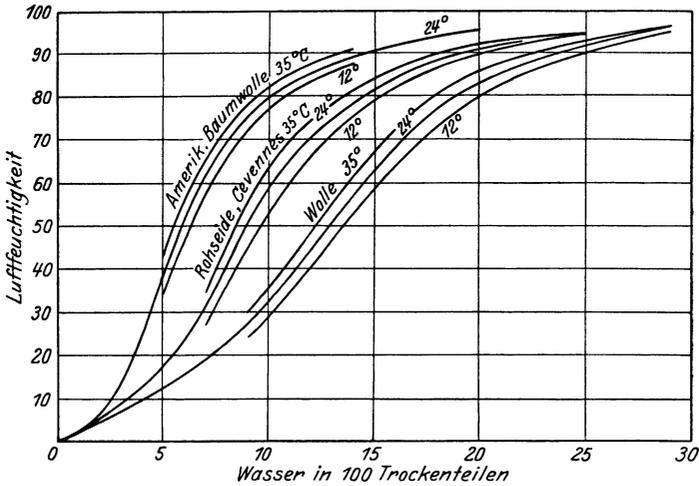


Abb. 379. Einfluß der Feuchtigkeit auf die hygroskopischen Eigenschaften der Faser. (Schloesing.)

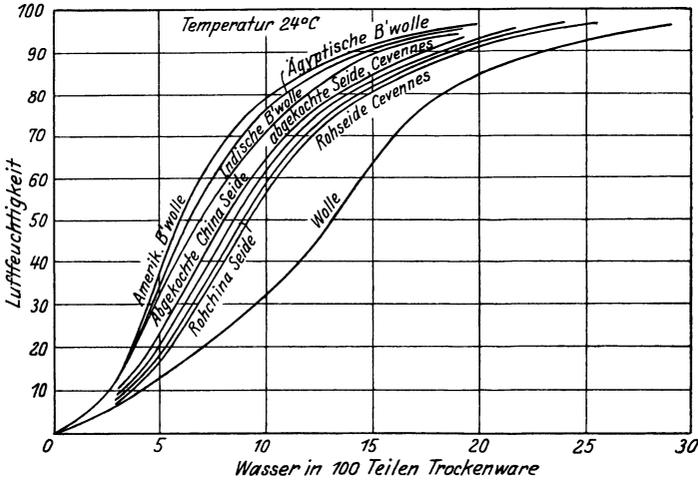


Abb. 380. Einfluß der Feuchtigkeit auf die hygroskopischen Eigenschaften bei verschiedenen Arten von Baumwolle und Seide. (Schloesing.)

Der internationale Kongreß in Turin (1870) hat den Betrag für die Regains der verschiedenen Textilfasern wie folgt festgesetzt:

Seide	11	%	Lein.	12	%
Wolle (Tops)	18,25	„	Hanf	12	„
Wolle (Garn)	17	„	Jute	13,75	„
Baumwolle	8,50	„	Neuseelandhanf	13,75	„

Nach Persoz¹ hat die Festsetzung des Regains auf 18,25% in Frankreich zur Folge gehabt, daß man die Kammwolleprodukte unmäßig anfeuchtete, bevor man sie an die Spinnereien verkaufte. Er empfiehlt eine Revision der alten Vorschriften, da er der Ansicht ist, daß der mittlere Feuchtigkeitsgehalt der Wolle 13% beträgt, und daß man daher das Gewicht bei normaler Feuchtigkeit durch Addition von 16% zum Trockengewicht erhält.

Folgende Tabelle zeigt die Menge Wasser, die von den verschiedenen Fasern unter verschiedenen Feuchtigkeitsbedingungen bei einer Temperatur von 22° C aufgenommen wird.

Relative Feuchtigkeit in %	Wassergehalt in %			Relative Feuchtigkeit in %	Wassergehalt in %		
	Baumwolle	Seide	Wolle		Baumwolle	Seide	Wolle
5	1,4	1,8	2,2	55	6,3	9,4	13,4
10	2,4	3,2	4,0	60	6,7	9,9	14,2
15	3,0	4,4	5,7	65	7,3	10,5	15,0
20	3,6	5,4	7,1	70	7,9	11,4	16,0
25	3,9	6,1	8,3	75	8,8	12,5	17,1
30	4,3	6,7	9,4	80	9,9	14,0	18,6
35	4,6	7,3	10,4	85	11,4	15,9	20,5
40	5,0	7,8	11,0	90	13,6	18,4	23,2
45	5,3	8,4	11,8	95	17,5	22,7	27,0
50	5,7	8,8	12,6				

Lewis vom National Bureau of Standards hat gezeigt, daß der Regain in Kammgarntuchen mit der Luftfeuchtigkeit variiert. Das Mittel für die verschiedenen Arten von Wolle ist bei 22° C folgendes:

Luftfeuchtigkeit %	Regain %
45	13,33
55	14,51
65	15,37
75	16,38
85	18,92

Aus diesen Angaben ist ersichtlich, daß oberhalb 75% Luftfeuchtigkeit der Regain sehr rasch ansteigt. Am selben Ort sind auch Versuche über den Einfluß des verschiedenen Feuchtigkeitsgehaltes auf die Festigkeit der Garne ausgeführt worden.

Folgende Tabelle ist das Ergebnis einer großen Anzahl Versuche mit verschiedenen Garnen:

Reißfestigkeit bei verschiedener Feuchtigkeit.	
Feuchtigkeit bei 22° F in %	Reißfestigkeit in Gramm
45	234
55	231
65	220
75	216
85	191

Wie man sieht, nimmt mit zunehmendem Wassergehalt die Reißfestigkeit der Garne ab.

¹ Rev. Gen. Mat. Col. 1900, S. 81.

Folgende Tabelle zeigt den Einfluß der Veränderung des Feuchtigkeitsgehaltes der Luft auf den Count und den Yardage von Kammgarn:

Garn	Garnnummern bei einer Luftfeuchtigkeit von			Differenz zwischen 95 und 65 % Luftfeuchtigkeit		Differenz zwischen 55 und 85 % Luftfeuchtigkeit		Differenz zwischen 45 und 85 % Luftfeuchtigkeit	
	45 %	65 %	85 %	Nummer	Yards per lb.	Nummer	Yards per lb.	Nummer	Yards per lb.
20/1	20.25	19.77	18.22	0.48	269	0.95	532	1.43	801
24/1	24.58	23.97	22.79	0.61	342	1.18	661	1.79	1002
24/1	25.51	24.94	23.80	0.57	319	1.14	638	1.71	958
36/1	34.49	33.68	31.77	0.81	454	1.91	1070	2.72	1523
36/1	35.47	34.71	32.85	0.76	426	1.86	1042	2.62	1467
40/1	39.09	38.08	36.03	1.01	566	2.05	1148	3.06	1714
28/1	27.74/2	27.18/2	25.68/2	0.56	314	1.50	840	2.06	1154
36/2	34.28/2	33.66/2	31.80/2	0.62	347	1.86	1042	2.48	1389

Folgendes Beispiel möge die Methode zur Berechnung des Gehaltes an normaler Wolle erläutern: 1000 kg lose Wolle werden zum Konditionieren gegeben. 10 Proben von je 1 kg wurden entnommen, zusammen vermischt und davon drei Proben von je 250 g konditioniert. Beim Trocknen bis zur Gewichtskonstanz verloren die drei Proben: (1) 12,25%, (2) 12,30%, (3) 12,22% Wasser, also im Mittel 12,26%. Daraus folgt, daß im gesamten Ballen von 1000 lbs. Wolle 122,6 kg Feuchtigkeit waren oder 1000 — 122,6 = 877,4 lbs. trockene Wolle. Der erlaubte Regain ist in diesem Falle 15%, daher beträgt das Gewicht der Wolle bei normaler Feuchtigkeit $(877,4 \times \frac{15}{100}) + 877,4 = 1009$ kg statt 1000.

2. Konditionierapparate. Die zum Konditionieren verwendeten Apparate haben eine zu diesem Zwecke besonders geeignete Konstruktion. Je nach der Herkunft kann die Form der Maschine in den Einzelheiten wechseln, aber die typische Beschreibung eines Konditionierofens ist folgende:

Der Apparat besteht aus einem senkrechten Ofen, der durch eine in den unteren Partien angebrachte Flamme geheizt wird. Eine gleichmäßige Temperatur wird dadurch erzielt, daß man die heißen Luftströme so führt, daß sie vollständig um den Korb herumstreichen, der das zu trocknende Material enthält (siehe Abb. 381).

Ein von oben eingeführtes Thermometer zeigt die im Ofen herrschende Temperatur an. Ihre Regulierung geschieht durch Vergrößerung oder Verkleinerung der Heizflamme. Das Material wird, welche Form es auch haben möge (lose Wolle, Garn usw.), in ein an dem einen Arme der Waage angehängtes Drahtkörbchen gebracht. Die Waage ist außerhalb über dem Ofen befestigt. Auf die andere Waagschale gibt man so viel Gewicht wie nötig ist, um das Drahtkörbchen und das darin befindliche Material im Gleichgewicht zu erhalten. Da das Gewicht des Materials in dem Maße abnimmt, wie sich das in ihm enthaltene Wasser verflüchtigt, so stellt man den Gewichtsverlust von Zeit zu Zeit fest, indem man so viel Gewicht von der Waagschale wegnimmt, als nötig ist, um das Gleichgewicht wiederherzustellen.

Wenn nach dem Erhitzen auf 110°C das Gewicht konstant geworden ist, wird der Gesamtverlust notiert, und diese Zahl entspricht der in dem untersuchten Material vorhanden gewesenen Wassermenge. Die Waage wird in der Regel in ein geeignetes Gehäuse eingeschlossen, um sie vor der Einwirkung von Wasserdämpfen, die ihre Empfindlichkeit beeinträchtigen würden, zu schützen. Eine bessere Kontrolle über den ganzen Vorgang hat man bei der Verwendung von elektrisch geheizten Konditionieröfen (Abb. 382), und die meisten modernen Laboratorien sind mit solchen ausgestattet.

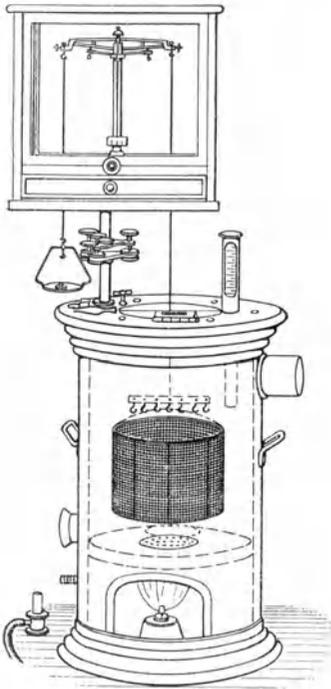


Abb. 381. Konditionsapparat.

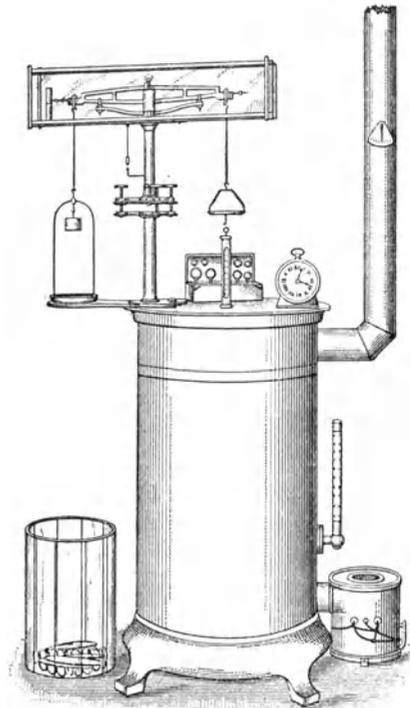


Abb. 382. Elektrisch geheizter Konditionierapparat.

Eine andere moderne Form ist der Konditionierofen von Frea (Abb. 384). Dieser Ofen ist elektrisch geheizt und mit einem speziellen Thermostaten ausgerüstet, so daß die Temperatur automatisch auf jeder gewünschten Höhe gehalten werden kann. Der Ofen hat 10 Körbchen, die an einem beweglichen Rahmen befestigt sind und so eins nach dem andern zur Waage gebracht werden können, ohne daß man sie aus dem Ofen zu nehmen braucht. Dies erlaubt, genaue Proben bei konstanter Temperatur zu machen, ohne daß man die Muster der Außenluft auszusetzen braucht; so wird vermieden, daß das trockene Material während der Wägung wieder Feuchtigkeit aus der Luft aufnimmt, was beträchtliche Fehler zur Folge haben könnte. Der Apparat ist ebenfalls mit geeigneten Gucklöchern versehen, sowie mit einem langsam laufen-

den Motor, welcher eine rasche Entfernung der heißen, dampfgesättigten Luft ermöglicht und so verhindert, daß das Material in seiner eigenen Feuchtigkeit gedämpft wird.

Der Apparat hat innen einen Kettentrieb, der erlaubt, daß die Körbchen von außen her verschoben, gewogen und frisch beladen werden können.

3. Die beim Konditionieren erforderlichen Berechnungen. Beim Konditionieren von Wolle oder irgendeinem andern Textilmaterial sind einige Berechnungen erforderlich, die hier erläutert werden

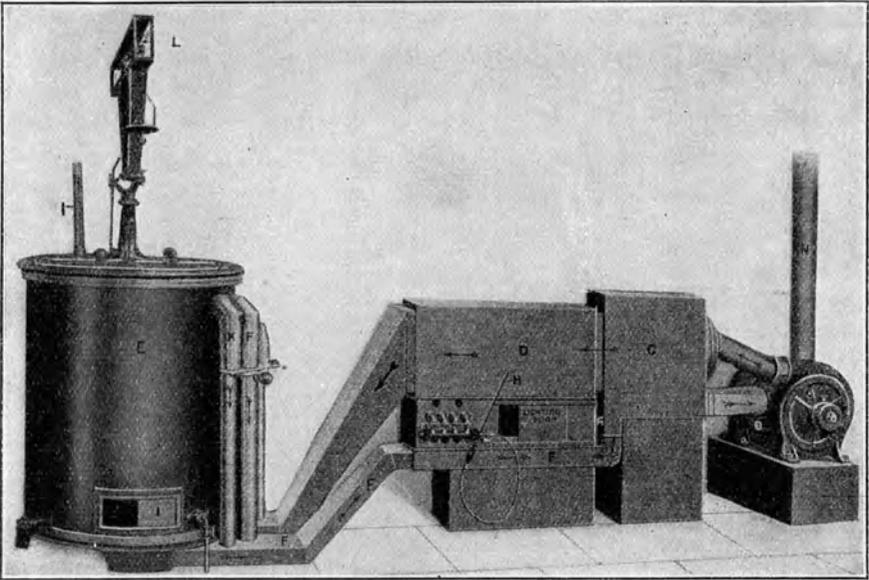


Abb. 383. Konditionierapparat von Wilson.

sollen. Die zwei wichtigsten Berechnungen basieren erstens auf der Bestimmung des Prozentgehaltes der Feuchtigkeit in den untersuchten Proben, berechnet auf das Gewicht der feuchten Faser, und dann auf der Bestimmung des konditionierten Gewichtes durch Addition eines bestimmten Prozentsatzes von Wasser zum Trockengewicht der Faser. Es werden nun die verschiedenen beim Konditionieren auftretenden Probleme mathematischer Natur betrachtet:

1. Wenn ein Material vom Gewichte ω nach dem Trocknen das Gewicht a hat, wieviel Prozent (x) Feuchtigkeit enthält es?

$\omega - a$ = Gewichtsverlust beim Trocknen = Feuchtigkeit.

$$\frac{\omega - a}{\omega} \times 100 = x\% \text{ Feuchtigkeit.}$$

2. Wie groß ist das Trockengewicht (a) eines Materials vom Gewichte ω , welches x Prozent Feuchtigkeit enthält?

$$a = \omega \left(1 - \frac{x}{100} \right)$$

3. Wenn man aus einem Ballen vom Gewichte W eine Probe vom Gewicht ω entnimmt und man dessen Trockengewicht zu a findet, wie groß wird dessen konditioniertes Gewicht C sein, wenn man einen Regain von R Prozent annimmt?

Das Trockengewicht des gesamten Materials wird

$$A = W \times \frac{a}{\omega}$$

sein.

Und daraus folgt das konditionierte Gewicht:

$$C = W \times \frac{a}{\omega} \left(1 + \frac{R}{100} \right).$$

4. Wieviel Prozent Feuchtigkeit (x) enthält ein mit einem Regain von R Prozent konditioniertes Material?

Wir haben die Proportion

$$\frac{100 + R}{R} = \frac{100}{x}.$$

Daraus folgt

$$x = \frac{100 R}{100 + R}.$$

Folgende Tabelle gibt denjenigen Feuchtigkeitsgehalt in irgendeinem Material, welches einem bestimmten Regain entspricht:

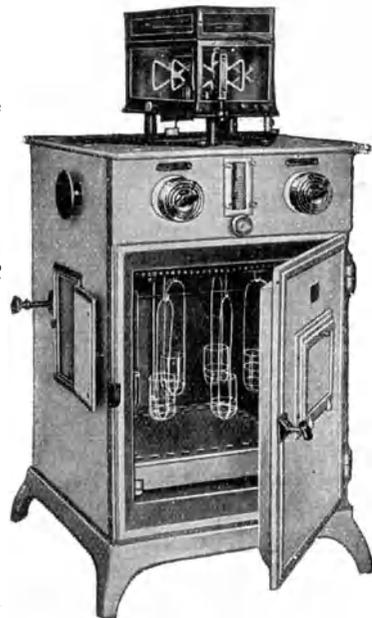


Abb. 384. Konditionierofen mit automatischer Temperaturregulierung nach F r e a.

Regain in %	Feuchtigkeit in %	Regain in %	Feuchtigkeit in %
5	4,76	12,5	11,11
6	5,66	13	11,50
7	6,54	14	12,28
7,5	6,98	15	13,04
8	7,41	16	13,79
8,5	7,83	17	14,53
9	8,26	18	15,25
10	9,09	19	15,97
11	9,91	20	16,67
12	10,17		

5. Wieviel Prozent Regain R entsprechen einem Feuchtigkeitsgehalt x ?

Es ist hier umgekehrt wie bei voriger Aufgabe. Wir haben

$$R = \frac{100 x}{100 - x}.$$

Folgende Tabelle gibt denjenigen Regain für irgendeine Faser an, welcher einem bestimmten Feuchtigkeitsgehalt entspricht:

Feuchtigkeit in %	Regain in %	Feuchtigkeit in %	Regain in %
5	5,26	13	14,94
6	6,38	14	16,28
7	7,53	15	17,65
8	8,70	16	19,05
9	9,89	17	20,48
10	11,11	18	21,95
11	12,36	19	23,46
12	13,64	20	25,00

Hartshorne¹ hat zwischen Feuchtigkeitsgehalt und Regain von Baumwolle und Kammgarn einige mathematische Beziehungen herausgefunden.

Seine hauptsächlichsten Schlüsse sind folgende: 1. Das allgemeine Gesetz für Baumwolle und Kammgarn und wahrscheinlich auch für jede andere Textilfaser wird durch die Formel

$$H K R T^3 = H (5771,44 \times 10^8)$$

ausgedrückt. Hierbei bedeutet H die relative Feuchtigkeit und R den Regain bei einer absoluten Temperatur T . K ist ein veränderlicher Koeffizient, der von H , R und T so abhängig ist, daß für $H = 1$ das Produkt $K, R T^3$ ein konstanter Wert von $5771,44 \times 10^4$ bildet. Diese Konstante 5771,44 ist das Gewicht eines Kubikfußes Wasserdampf in Grain, multipliziert mit dessen absoluter Temperatur in Fahrenheitgraden, dividiert durch die maximale Elastizität des Wassers bei dieser Temperatur ausgedrückt in Inches-Quecksilbersäule.

2. Bei irgendeiner gegebenen Temperatur sind die Berechnungen der Werte von R zu der Variablen K bei Baumwolle und Kammgarn durch eine Hyperbel gegeben, deren Form für jede Substanz verschieden ist.

3. Für jede andere Temperatur gilt das Gesetz bei Kammgarn: bei konstanter Feuchtigkeit sind die Quadrate der Regains umgekehrt proportional den Kuben der entsprechenden absoluten Temperaturen.

4. Für Baumwolle gilt das Gesetz, daß bei der gleichen Feuchtigkeit die ersten Potenzen der Regains den ersten Potenzen der entsprechenden absoluten Temperaturen umgekehrt proportional sind.

5. Wieviel Prozenten Regain muß man zum Trockengewicht (a) addieren, um ein konditioniertes Gewicht (C) zu erhalten?

Wir haben die Proportion

$$\frac{a}{C - a} = \frac{R}{100}.$$

¹ Siehe Persoz, *Essai des Matières Textiles*.

Daraus folgt

$$R = 100 \frac{C - a}{a}.$$

6. Wieviel Wasser (q) muß ein Material vom Trockengewicht a aufnehmen, um x Prozent Feuchtigkeit zu erhalten?

Wir haben die Proportion

$$\frac{100 - x}{x} = \frac{a}{q}.$$

Daraus folgt

$$q = \frac{ax}{100 - x}.$$

Nach der Aufnahme der Feuchtigkeit wäre das Gewicht

$$a + q$$

oder

$$W = \frac{100 a}{100 - x}.$$

7. Wie groß ist das konditionierte Gewicht (C) eines Materials, das ein Trockengewicht a hat, wenn man einen Regain von R Prozent festsetzt?

In diesem Falle haben wir

$$C = a \left(1 + \frac{100}{R} \right).$$

8. Wie groß ist das Trockengewicht (a) eines Materials vom konditionierten Gewicht C mit einem Regain von R Prozent?

Aus der vorhergehenden Formel folgt:

$$a = \frac{100 C}{100 + R}.$$

9. Wie groß ist das konditionierte Gewicht (C), wenn man den Feuchtigkeitsgehalt (x) kennt und einen Regain von R Prozent annimmt?

Das Trockengewicht (a) ist

$$a \left(1 - \frac{x}{100} \right),$$

daraus folgt das konditionierte Gewicht mit einem Regain von R Prozent zu

$$C = a \left(1 - \frac{x}{100} \right) \left(1 + \frac{100}{R} \right).$$

10. Wieviel Prozent Gewichts-differenz (D) ist zwischen dem ursprünglichen Gewicht und dem konditionierten Gewicht eines Materials, von dem man das ursprüngliche Gewicht (W) und das konditionierte Gewicht (C) kennt?

Wir haben die Proportion

$$\frac{W}{W - C} = \frac{100}{D};$$

daraus folgt:

$$D = \frac{100 (W - C)}{W}.$$

Je nachdem W größer oder kleiner als C ist, hat man beim Konditionieren eine Gewichtszunahme oder -abnahme.

11. Wie groß ist das ursprüngliche Gewicht (W) einer Substanz, wenn das konditionierte Gewicht (C) und die Gewichts-differenz (D) bekannt sind?

Aus vorhergehender Formel folgt:

$$W = \frac{100 C}{100 - D}.$$

12. Wie groß ist das konditionierte Gewicht (C) eines Materials, dessen ursprüngliches Gewicht (W) und die prozentuale Differenz (D) bekannt sind?

Aus der obigen Formel folgt:

$$C = \frac{W (100 - D)}{100}.$$

13. Man berechne die Differenz (d) zwischen dem ursprünglichen Gewicht (W) und dem konditionierten Gewicht (C) unter Zugrundelegung eines Regains von R Prozent, wenn ein Material x Prozent Feuchtigkeit enthält.

Die Differenz ist $d = W - C$

und aus der Formel bei 9. folgt:

$$d = W - W \left(1 - \frac{x}{100}\right) \left(1 + \frac{R}{100}\right),$$

daraus folgt:

$$d = \frac{W [(100 + R) x - 100 R]}{10000}.$$

Wenn man W in dieser Formel zu 100 annimmt, so vereinfacht sich der Ausdruck:

$$d = D = \left(1 + \frac{R}{100}\right) x - R.$$

Je nach dem Werte von x wird diese Differenz positiv oder negativ, d. h. das Material verliert oder gewinnt beim Konditionieren an Gewicht.

Wenn

$$x \text{ größer ist als } \frac{100 R}{100 + R},$$

so hat man einen Gewichtsverlust.

Wenn

$$x \text{ gleich ist wie } \frac{100 R}{100 + R},$$

so bleibt sich das Gewicht gleich, und schließlich wenn

$$x \text{ kleiner ist als } \frac{100 R}{100 + R},$$

so nimmt das Material beim Konditionieren an Gewicht zu.

14. Man berechne den Feuchtigkeitsgehalt (x) in Prozenten eines Materials, dessen ursprüngliches Gewicht (W) und dessen konditioniertes Gewicht (C) bei einem Regain von R Prozent bekannt sind.

Es ist dies das umgekehrte Problem wie voriges und wird gelöst, indem man die reziproke Formel für d benutzt:

$$x = \frac{100 (WR + 100 d)}{W (100 + R)}.$$

Wenn wir das ursprüngliche Gewicht als 100 annehmen und die entsprechende Differenz (D) nennen, so heißt die Formel:

$$x = \frac{100 (R + D)}{100 + R}.$$

Es ist notwendig, sich bei diesen Formeln daran zu erinnern, daß der Wert von d oder D nur dann positiv ist, wenn das ursprüngliche Gewicht größer ist als das konditionierte Gewicht, im umgekehrten Falle wird die Differenz negativ. Wenn z. B. ein Wollmuster bei einem Regain von 15% beim Konditionieren 2% verliert, so enthält es

$$\frac{100 (15 + 2)}{100 + 15} = 14,7\% \text{ Feuchtigkeit.}$$

Gewinnt es jedoch beim Konditionieren 2% an Gewicht, so haben wir

$$\frac{100 (15 - 2)}{100 + 15} = 11,3\% \text{ Feuchtigkeit.}$$

15. Welche Gewichts-differenz (D') hat ein Material bei einem Regain von R' Prozent, wenn die Differenz (D) bei einem Regain (R) bekannt ist?

Wenn wir das Trockengewicht a nennen, so folgt:

$$D = 100 - a \left(1 + \frac{R}{100} \right)$$

$$D' = 100 - a \left(1 + \frac{R'}{100} \right).$$

Wenn wir a eliminieren, so folgt:

$$D' = \frac{(100 + R') D - 100 (R' - R)}{100 + R}.$$

Tabelle für das konditionierte Gewicht von 100 Pfund irgendeines Materials für Regains von 7,11 und 15 % bei verschiedenem Feuchtigkeitsgehalt.

Feuchtigkeit in %	Konditioniertes Gewicht, Regain			Feuchtigkeit in %	Konditioniertes Gewicht, Regain		
	7 %	11 %	15 %		7 %	11 %	15 %
5,0	101,65	105,45	109,25	10,3	95,98	99,57	103,16
5,1	101,54	105,34	109,14	10,4	95,87	99,46	103,04
5,2	101,44	105,23	109,02	10,5	95,77	99,34	102,93
5,3	101,33	105,12	108,91	10,6	95,66	99,23	102,81
5,4	101,22	105,01	108,79	10,7	95,55	99,12	102,70
5,5	100,12	104,90	108,68	10,8	95,45	99,01	102,58
5,6	101,01	104,78	108,56	10,9	95,34	98,90	102,47
5,7	100,90	104,67	108,45	11,0	95,23	98,79	102,35
5,8	100,80	104,56	108,33	11,1	95,12	98,68	102,24
5,9	100,69	104,45	108,22	11,2	95,02	98,57	102,12
6,0	100,58	104,34	108,10	11,3	94,91	98,46	102,01
6,1	100,48	104,23	107,99	11,4	94,81	98,35	101,89
6,2	100,37	104,12	107,87	11,5	94,70	98,23	101,78
6,3	100,26	104,01	107,76	11,6	94,59	98,12	101,66
6,4	100,15	103,90	107,64	11,7	94,48	98,01	101,55
6,5	100,05	103,79	107,53	11,8	94,37	97,90	101,43
6,6	99,94	103,67	107,41	11,9	94,27	97,79	101,32
6,7	99,83	103,56	107,30	12,0	94,16	97,68	101,20
6,8	99,72	103,45	107,18	12,1	94,05	97,57	101,08
6,9	99,62	103,34	107,07	12,2	93,95	97,46	100,97
7,0	99,51	103,23	106,95	12,3	93,84	97,35	100,85
7,1	99,40	103,12	106,84	12,4	93,73	97,24	100,74
7,2	99,30	103,01	106,72	12,5	93,62	97,12	100,62
7,3	99,19	102,90	106,61	12,6	93,52	97,01	100,51
7,4	99,08	102,79	106,49	12,7	93,41	96,90	100,39
7,5	98,98	102,68	106,38	12,8	93,30	96,79	100,28
7,6	98,87	102,56	106,26	12,9	93,19	96,68	100,16
7,7	98,76	102,45	106,15	13,0	93,09	96,57	100,05
7,8	98,66	102,34	106,03	13,1	92,98	96,46	99,94
7,9	98,55	102,23	105,92	13,2	92,88	96,35	99,82
8,0	98,44	102,12	105,80	13,3	92,77	96,24	99,71
8,1	98,34	102,01	105,69	13,4	92,66	96,13	99,59
8,2	98,23	101,90	105,57	13,5	92,55	96,01	99,48
8,3	98,12	101,79	105,46	13,6	92,45	95,90	99,36
8,4	98,01	101,68	105,34	13,7	92,34	95,79	99,25
8,5	97,90	101,57	105,23	13,8	92,23	95,68	99,13
8,6	97,80	101,45	105,11	13,9	92,12	95,57	99,02
8,7	97,69	101,34	105,00	14,0	92,02	95,46	98,90
8,8	97,58	101,23	104,88	14,1	91,91	95,35	98,78
8,9	97,48	101,12	104,77	14,2	91,81	95,24	98,67
9,0	97,37	101,01	104,65	14,3	91,70	95,13	98,56
9,1	97,26	100,90	104,53	14,4	91,59	95,02	98,44
9,2	97,16	100,79	104,42	14,5	91,49	94,90	98,33
9,3	97,05	100,68	104,30	14,6	91,38	94,79	98,21
9,4	96,94	100,57	104,19	14,7	91,27	94,68	98,10
9,5	96,84	100,46	104,07	14,8	91,16	94,57	97,98
9,6	96,73	100,34	103,96	14,9	91,05	94,46	97,87
9,7	96,62	100,23	103,84	15,0	90,95	94,35	97,75
9,8	96,51	100,12	103,73	15,1	90,84	94,24	97,64
9,9	96,41	100,01	103,61	15,2	90,74	94,13	97,52
10,0	96,30	99,90	103,50	15,3	90,63	94,02	97,41
10,1	96,19	99,79	103,38	15,4	90,52	93,91	97,29
10,2	96,09	99,68	103,27	15,5	90,42	93,79	97,18

Tabelle für das konditionierte Gewicht usw. (Fortsetzung).

Feuchtig- keit in %	Konditioniertes Gewicht, Regain			Feuchtig- keit in %	Konditioniertes Gewicht, Regain		
	7 %	11 %	15 %		7 %	11 %	15 %
15,6	90,31	93,68	97,06	18,4	87,31	90,58	93,84
15,7	90,20	93,57	96,95	18,5	87,21	90,46	93,73
15,8	90,09	93,46	96,83	18,6	87,10	90,35	93,61
15,9	89,98	93,35	96,72	18,7	86,99	90,24	93,50
16,0	89,88	93,24	96,60	18,8	86,88	90,13	93,38
16,1	89,77	93,13	96,48	18,9	86,78	90,02	93,27
16,2	89,67	93,02	96,37	19,0	86,67	89,91	93,15
16,3	89,56	92,91	96,26	19,1	86,56	89,80	93,04
16,4	89,45	92,80	96,14	19,2	86,45	86,69	92,92
16,5	89,34	92,68	96,03	19,3	86,35	89,58	92,81
16,6	89,24	92,57	95,91	19,4	86,24	89,47	92,69
16,7	89,13	92,46	95,80	19,5	86,13	89,36	92,58
16,8	89,02	92,35	95,68	19,6	86,02	89,24	92,46
16,9	88,92	92,24	95,57	19,7	85,92	89,13	92,35
17,0	88,81	92,13	95,45	19,8	85,81	89,02	92,23
17,1	88,71	92,12	95,34	19,9	85,71	88,91	92,12
17,2	88,60	91,91	95,22	20,0	85,60	88,80	92,00
17,3	88,49	91,80	95,11	20,1	85,49	88,69	91,88
17,4	88,38	91,69	94,99	20,2	85,38	88,58	91,77
17,5	88,28	91,57	94,88	20,3	85,28	88,47	91,66
17,6	88,17	91,46	94,76	20,4	85,17	88,36	91,54
17,7	88,06	91,35	94,65	20,5	85,06	88,25	91,43
17,8	87,95	91,24	94,53	20,6	84,95	88,13	91,31
17,9	87,85	91,13	94,42	20,7	84,85	88,02	91,20
18,0	87,74	91,02	94,30	20,8	84,74	87,91	91,08
18,1	87,63	90,91	94,18	20,9	84,63	87,80	90,97
18,2	87,52	90,80	94,07	21,0	84,63	87,69	90,85
18,3	87,43	90,69	93,96				

Dieses Problem kommt in der Praxis oft vor, wenn zwei verschiedene Regains erlaubt sind. Z. B. wenn eine Wollprobe bei einem Regain von 15% 0,4% an Gewicht verliert, wieviel verliert sie dann bei einem Regain von 17%?

$$D' = \frac{(117 \times 0,4) - (100 \times 2)}{15} = -1,3\% .$$

Das will sagen, daß die Faser 1,3% an Gewicht zunimmt.

16. Welchen Regain R' muß man annehmen, wenn ein Material bei einem Regain R einen Gewichtsverlust von D Prozent aufweist, damit es den Gewichtsverlust D' hat?

Aus vorhergehender Formel folgt:

$$R' = \frac{100(D + R) - D'(100 + R)}{100 - D} .$$

17. Wenn man das konditionierte Gewicht C bei einem Regain von R Prozent kennt, wie groß ist das konditionierte Gewicht C' bei einem Regain R' ?

Aus der Formel bei 7. folgt:

$$\frac{C}{C'} = \frac{100 + R}{100 + R'} ,$$

daraus folgt:

$$C' = C \frac{100 + R'}{100 + R}.$$

18. Wie groß ist der mittlere Regain r und der mittlere Feuchtigkeitsgehalt (x) in einem Fasergemisch, von dem man den Prozentgehalt an konditionierter Faser als C und C' und die zugehörigen Regains als R und R' kennt?

Wenn C und C' die konditionierten Gewichte und A und A' die Trockengewichte der beiden Fasern sind, so ist:

$$A = \frac{100 C}{100 + R} \quad \text{und} \quad A' = \frac{100 C'}{100 + R'}$$

und die mittlere Feuchtigkeit wäre:

$$x = 100 - \left(\frac{100 C}{100 + R} + \frac{100 C'}{100 + R'} \right),$$

daraus folgt:

$$x = 100 \left[1 - \left(\frac{C}{100 + R} + \frac{C'}{100 + R'} \right) \right]$$

und der mittlere Regain ist:

$$r = \frac{100 x}{100 - x}.$$

Nehmen wir z. B. an, wir haben ein konditioniertes Garn zusammengesetzt aus 65% Wolle und 35% Baumwolle, mit den zugehörigen Regains von 15 und 7%, so haben wir:

$$x = 100 \left[1 - \left(\frac{65}{115} + \frac{35}{107} \right) \right]$$

$$x = 9,6\% \text{ Feuchtigkeit,}$$

$$r = 10,6\% \text{ mittlerer Regain.}$$

19. Wie groß ist das konditionierte Gewicht C eines Fasergemisches, wenn man die Mengen P und P' der beiden Fasern, bezogen auf ihr Trockengewicht A , die beim Trocknen verlorene Feuchtigkeit x und die Regains R und R' kennt?

Wir haben

$$\frac{P}{100} A = \text{Menge der ersten Faser,}$$

$$\frac{P'}{100} A = \text{Menge der zweiten Faser}$$

und

$$\left(\frac{PA}{100} \times \frac{R}{100} \right) + \frac{PA}{100} = \text{konditioniertes Gewicht der ersten Faser}$$

$$\left(\frac{P'A}{100} \times \frac{R'}{100} \right) + \frac{P'A}{100} = \text{konditioniertes Gewicht der zweiten Faser.}$$

Die Summe dieser beiden Ausdrücke gibt:

$$A \left(1 + \frac{PR + P'R}{10000} \right) = \text{konditioniertes Gewicht des gesamten Materials.}$$

Nehmen wir z. B. ein Garn, das bei einem Trockengewicht von 85 kg 60% Wolle und 40% Baumwolle enthält und die zugehörigen Regains von 15 und 7%, so folgt für das konditionierte Gewicht des Garns:

$$85 \left(1 + \frac{60 \times 15 + 40 \times 7}{10000} \right) = 85 \times 1,118 = 94,83 \text{ kg.}$$

4. Analyse des Beschwerungsmittels bei Seidenfabrikaten. Die Gefplogenheit, die Seide beim Färben und Bearbeiten zu beschweren, ist heute so allgemein, daß es oft wünschenswert ist, in einem Seidenmuster die wirkliche Menge an echter Faser, sowie auch die Menge und die Art des Beschwerungsmittels festzustellen. Lewitzki¹ macht auf die Tatsache aufmerksam, daß manchmal selbst Rohseide mit Beschwerungsmitteln verfälscht wird. Meistens sind es Seife, Fett und Glycerin und manchmal ist die Seide mit Methyloange gefärbt. Solche Seide wurde aus verschiedenen Sorten alten Kokons gesponnen und dann mit Methyloange gefärbt, um ihr ein einheitliches Aussehen zu geben.

Schwarze Seide enthält in der Regel sehr viel Beschwerungsmittel, dessen Menge oft 400% und mehr beträgt. Farbige Seiden sind gewöhnlich nicht so stark beschwert, doch kann man auch bei diesen oft eine ganz beträchtliche Menge beschwerende Substanzen nachweisen. Die schwarzgefärbten Seiden sind meist mit Preußischblau und Eisentannat beschwert. Letzteres erhält man durch Eintauchen der Seide in eine neutrale Eisenlösung und nachheriges Behandeln mit einer Tanninlösung. Farbige Seiden werden hauptsächlich mit Zinnphosphat beschwert, welches man erhält, indem man das Material mit Zinnchlorid- und Natriumphosphatlösungen behandelt. Manchmal sind hellgefärbte Seiden mit Zucker, Magnesiumchlorid usw. beschwert. Diese Substanzen sind in warmem Wasser leicht löslich und ihr Nachweis bietet keine Schwierigkeiten.

Eine rasche Prüfung zur Feststellung der Anwesenheit von Beschwerungsmitteln besteht in der Verbrennung der Seidenfaser. Wenn sie beschwert ist, so wird sie nicht entzündet, sondern glimmt nach und nach unter Zurücklassung einer zusammenhängenden Asche, welche die ursprüngliche Form der Faser beibehält, ab.

Im allgemeinen sind die anwesenden Beschwerungsmittel entweder Eisen als Ferrozyanid oder Tannat; Zinn als Tannat, Wolframat, Phosphat, Silikat oder Hydroxyd; Chromverbindungen, die Sulfate von Natrium, Magnesium oder Barium oder organische Substanzen, wie Zucker, Glukose, Tannin usw.

Folgende Methode ist für die qualitative Untersuchung der Seidenbeschwerungsmittel empfohlen worden². Leichtlösliche Substanzen, wie

¹ Färber-Ztg. 1911, S. 42.

² Silbermann, Chem. Z., Bd. 18, S. 744.

Zucker, Glukose, Glycerin, Magnesiumsalze usw. werden direkt bestimmt, indem man sie mit Wasser von der Faser ablöst und den Extrakt mit Fehlingscher Lösung usw. prüft. Fehlings Reagens ist eine alkalische Kupfersulfatlösung, welche Natriumtartrat enthält. Sie wird folgendermaßen hergestellt:

In je ungefähr 250 cm³ Wasser löst man 34,639 g reines kristallisiertes Natriumsulfat, 173 g Kaliumnatriumtartrat und 60 g Natronlauge (Ätznatron). Diese drei Lösungen mischt man zusammen und stellt die Gesamtlösung mit Wasser auf 1000 cm³.

Das Reagens wird folgendermaßen verwendet: 10 cm³ der Lösung mit 40 cm³ Wasser verdünnt und einmal aufgeköcht. Nun setzt man etwas von der auf Zucker oder Glukose zu prüfenden Lösung, welche man vorher mit wenig Salzsäure aufgeköcht hat, zu. Wenn Zucker zugegen ist, wird die Fehlingsche Lösung entfärbt unter gleichzeitiger Bildung eines hellroten Niederschlags von Kuprooxyd. Man kann diese Prüfung quantitativ durchführen, indem man eine bekannte Menge Zuckerlösung nimmt, den Niederschlag von Kuprooxyd abfiltriert, glüht und den Rückstand als Kupferoxyd (CuO) bestimmt. Um nun aus diesem Gewicht die entsprechende Menge Zucker und Glukose zu bestimmen, kann man sich der von Allihm aufgestellten Tabelle bedienen, in welcher die dem Kupferoxyd entsprechenden Mengen von Glukose und Zucker gegeben sind.

2—3 g Seide werden geglüht und die Asche auf Zinn, welches als basisches Chlorid oder Zinnsäure anwesend sein kann, Chrom usw. geprüft.

Die Prüfung der Asche auf diese Metalle geschieht folgendermaßen: Man feuchtet mit einigen Tropfen Salpetersäure an und glüht nochmals aus, um sicher zu sein, daß alle Kohle entfernt ist. Dann behandelt man den Rückstand mit 10 Tropfen konzentrierter Schwefelsäure und erhitzt schwach, bis Dämpfe entweichen. Nun läßt man erkalten, kocht mit Wasser auf, verdünnt mit Wasser auf 100 cm³ und leitet Schwefelwasserstoff durch die Lösung. Vom Niederschlag wird abfiltriert und Lösung und Rückstand werden folgendermaßen untersucht. Die wäßrige Lösung kann Zink oder Eisen enthalten. Man setzt einige Tropfen Bromwasser zu, um den überschüssigen Schwefelwasserstoff zu zerstören und um alles Eisen zu Ferrijon zu oxydieren. Man kocht wieder auf und fügt Ammoniak in schwachem Überschuß zu; wenn ein Niederschlag entsteht, so kann er Eisen enthalten. Dies ist der Fall, wenn er braun ist. Man löst ihn in wenig Salzsäure auf und fügt einige Tropfen Kaliumferrozyanid zu, eine Blaufärbung bestätigt die Anwesenheit von Eisen.

Das Filtrat, welches Zink enthalten kann, erhitzt man zum Sieden und fügt einige Tropfen Kaliumferrozyanid zu, ein weißer Niederschlag zeigt Zink an. Nun untersucht man den ersten bei der Behandlung mit Schwefelwasserstoff erhaltenen Niederschlag, er kann Blei, Zinn oder Kupfer enthalten. Er wird während 10 Minuten in einem Porzellantiegel, zusammen mit einer Mischung von wasserfreiem Kalium- und Natriumkarbonat mit 1 g Schwefel geschmolzen. Nach dem Erkalten wird die

Masse mit Wasser gekocht und filtriert. Der Rückstand kann Blei und Kupfer enthalten. Er wird mit starker Salzsäure gekocht und einige Tropfen Bromwasser zugesetzt, um etwa noch vorhandenes Kupfersulfid zu oxydieren. Wenn nötig, wird filtriert und die Lösung mit einem Überschuß an Ammoniak versetzt. Eine blaue Färbung zeigt Kupfer an. Das Filtrat wird mit Essigsäure angesäuert und die Lösung in zwei Teile geteilt. Zum ersten fügt man einige Tropfen Kaliumbichromat, ein gelber Niederschlag zeigt Blei an, zum zweiten fügt man einige Tropfen Kaliumferrozyanid, und wenn eine Braunfärbung oder ein brauner Niederschlag entsteht, so ist Kupfer vorhanden. Das Filtrat, das man nach der obigen Schmelze erhält, wird mit Essigsäure angesäuert. Ein gelber Niederschlag von Stannisulfid zeigt Zinn an. Letztere Prüfung wird dadurch bestätigt, daß man das Sulfid mit Salzsäure und Bromwasser löst, die filtrierte Lösung zur Reduktion des Zinns mit kleinen Stückchen metallischem Eisen kocht, die Lösung filtriert und einen Tropfen Mercurichloridlösung zusetzt. Wenn eine weiße oder graue Färbung entsteht, so ist Zinn vorhanden.

Fettige Substanzen, wie Wachs oder Paraffin, werden durch Extraktion mit Äther oder Benzin festgestellt.

Japanische Trameseide ist manchmal mit fettigen Substanzen beschwert. Der normale Fettgehalt der Rohseide übersteigt nie 0,06 %. Eine direkte Bestimmung der Fettsubstanzen kann man durchführen, indem man 5 g Seide in einer verschlossenen Flasche mit je ungefähr 60 cm³ reinem Benzol 3—4 mal je 2 Stunden lang unter öfterem Umschütteln extrahiert. Die Benzolextrakte werden in einer tarierten Schale vereinigt, zur Trockne verdampft und der fettige Rückstand gewogen. Nach einer andern Methode extrahiert man mit Äther im Soxhlet'schen Apparat.

Zur Feststellung von mineralischen Beschwerungsmitteln weicht man die Seide, nach dem sie vollständig entfettet worden ist, in warmer Salzsäure (1 : 2) ein. Wenn die Faser fast vollständig entfärbt wird, so daß sie nur noch einen schwach gelblichen Ton aufweist und die Lösung tief bräunlich wird, welche Farbe auf Zusatz von Kalkwasser nicht in Violett umschlägt, so kann man annehmen, daß die Seide mit Eisensalzen und Tannin beschwert war. Die gelbliche Farbe der Faser ist auf zurückbleibendes Tannin zurückzuführen, und aus der Tönung (grünlich bis bräunlichgelb) kann man auf die Art der anwesenden Substanzen schließen (Sumach, Divi-Divi usw.).

Wird die Faser entfärbt und die saure Lösung rosarot, welche Farbe auf Kalkwasserzusatz in Violett umschlägt, so ist Blauholzschwarz zugegen. Bleibt die Faser tief grün getönt und die Lösung gelb ohne Veränderung auf Kalkwasserzusatz, so ist das Schwarz auf einem Grund von Berlinerblau gefärbt. Ist letzteres erst gegen Schluß des Färbvorgangs erzeugt worden, so zeigt sich dies durch seine Löslichkeit in der Säure. Eine grüne Faser und rosa Lösung, welche mit Kalkwasser violett wird, zeigt ein Campecheholzschwarz auf Berlinerblau an. In der salzsauren Lösung kann man Metalle, wie Blei, Zinn, Eisen, Chrom und Aluminium nachweisen. Schwarzfärbungen auf einem Grund

von Eisen-Tannin oder Berlinerblau-Tannin kann man erkennen, wenn man die Farbe betrachtet, welche sie Säuren- und Sodalösungen geben. Von den schwarzen Teerfarbstoffen werden Alizarinschwarz und Anilinschwarz durch Zinnchlorür und Salzsäure nicht angegriffen, Naphthol-schwarz wird rötlichbraun und Wollschwarz wird gelblichbraun. Tannin-substanzen kann man mit Alkalien extrahieren, mit Säuren aus der Lösung ausfällen und mit Ferriazetat prüfen. Um Beschwerung und Farbstoff vollständig von der Faser zu entfernen, muß man die Seide mit saurem Kaliumoxalat kochen, mit verdünnter Salzsäure auswaschen und schließlich mit Sodalösung behandeln. Sind Eisen und Zinn gleichzeitig zugegen, so ist es am vorteilhaftesten, zuerst das Zinn durch Behandlung mit einer Natriumsulfidlösung zu extrahieren.

Persoz empfiehlt zur Feststellung von Zinnchargen auf schwarzgefärbten Seiden, die Probe wenige Minuten in konzentrierter Salzsäure zu kochen. Dann wird verdünnt und filtriert und durch das Filtrat Schwefelwasserstoff geleitet. Ein gelber Niederschlag von (SnS) zeigt Zinn an.

Vignon schlug vor, die Menge der vorhandenen Charge an Hand des spezifischen Gewichtes der Seide zu bestimmen. Diese Methode erscheint jedoch nicht sehr bequem, da man auch die spezifischen Gewichte der Beschwerungsmittel kennen müßte. Eine rasche Bestimmung des spezifischen Gewichtes der Seide kann man folgendermaßen ausführen: Eine kleine Probe wird wie üblich abgewogen, dann in Benzol suspendiert wieder gewogen. Die Differenz zwischen den beiden Wägungen gibt den Gewichtsverlust in Benzol an. Dieser Gewichtsverlust dividiert durch das ursprüngliche Gewicht in Luft, multipliziert mit der Dichte des Benzols gibt das spezifische Gewicht der Seide. Nachstehend sind die auf diesem Wege festgestellten spezifischen Gewichte von Seide und andern Fasern zusammengestellt:

Rohseide	1,20—1,37	Hanf	1,48
Seide, abgekocht	1,25	Ramie	1,51—1,52
Wolle	1,28—1,33	Lein	1,50
Baumwolle	1,50—1,55	Jute	1,48
Mohair	1,30		

Zur Untersuchung von weißer Seide empfiehlt Allen¹ folgendes Vorgehen: 1. Die löslichen Beschwerungsmittel werden bestimmt, indem man eine gewogene Probe 4—5 mal mit heißem Wasser behandelt, trocknet und wägt. Die Mailänder Kommission setzte eine Grenze von 1,5% für die löslichen Substanzen fest und gab folgendes Verfahren zu ihrer Bestimmung an: Die trockene Seide wird in einem geschlossenen Metallrohr während einer halben Stunde mit dem 10fachen ihres Gewichtes an Wasser auf 50—55° C erhitzt. Dann wird das Wasser gewechselt und nochmals 30 Minuten lang behandelt. Da die hygroskopischen Eigenschaften der Seide sehr verschieden sind, so ist es am besten, wenn man gleichzeitig einen blinden Versuch mit einer Standardseide ausführt. Man trocknet nun so lange, bis das Standardmuster

¹ *Commerc. Org. Anal.* Bd. 4, S. 527.

sein normales Gewicht hat, und wägt dann auch die untersuchte Probe. Der Gewichtsverlust gibt die wasserlöslichen Substanzen an. In dem Extrakt kann man nach der Konzentrierung Glukose direkt mit Fehling'scher Lösung nachweisen, ebenfalls Rohzucker nach der Invertierung mit verdünnter Salzsäure. Erhält man auf Zusatz einiger Tropfen Bariumchloridlösung einen weißen Niederschlag, so sind Sulfate anwesend. Chloride werden nachgewiesen, indem man eine kleine Probe der Lösung mit Salpetersäure ansäuert und dann Silbernitrat zusetzt. Ein weißer käsiger Niederschlag zeigt Chloride an. Magnesium wird nachgewiesen durch Zusatz von einigen Tropfen Ammoniak und Natriumphosphatlösung zu einer Probe des Extraktes. Ein weißer Niederschlag zeigt Magnesium an. Man kann diese Bestimmungen alle quantitativ durchführen, indem man aliquote Teile der Extraktionsflüssigkeit verwendet, die Niederschläge auf einem Filter sammelt und sie nach dem Glühen in einer Porzellanschale als Bariumsulfat BaSO_4 , Silberchlorid AgCl , und Magnesiumpyrophosphat $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$ bestimmt. Wenn die Seide mit Zinnsalzen beschwert war, so bleibt beim Glühen einer Probe in der Porzellanschale ein weißer Rückstand von Zinnoxid zurück. War viel Zinn zugegen, so verbrennt die Seide sehr schwer und die Asche behält die ursprüngliche Form der Faser. Das Gewicht der Asche kann man unter der Annahme, daß sie vollständig aus Zinnoxid (SnO_2) bestehe, auf die Form, in welcher das Zinn in der Faser vorliegt, umrechnen.

Silbermann¹ empfiehlt zur Untersuchung von weißer Seide folgendes Vorgehen: Eine gewogene Probe der Seide wird zum Zersetzen aller vollzählig vorhandenen Tanninlacke des Zinns oder anderer Metalle mit verdünnter Salzsäure gekocht. Die Lösung wird durch Zusatz von überschüssigem Natriumazetat und Ferrichlorid auf Tannin geprüft. Sind Tanninlacke zugegen, so besteht die Bestimmung der Beschwerungsmittel in: 1. Ausfällen des Tannins mit Gelatine; 2. Bestimmung des Tannins in diesem Niederschlag und von Zucker usw. in der Lösung; 3. sukzessive Behandlung der Seide mit verdünnter Salzsäure und Natriumkarbonatlösung und Ausfällen des Tannins aus beiden Extrakten mit Gelatine; 4. Verbrennung der Seide und Bestimmung der metallischen Beschwerungsmittel. Wenn die Asche in heißer, mäßig konzentrierter Salzsäure nicht löslich ist, so kann sie Bariumsulfat oder Kieselsäure enthalten. Zur Berechnung des Prozentgehaltes W an Beschwerungsmaterialien in der untersuchten Seide benützt Silbermann folgende Formel, in welcher a das Gewicht des Musters vor der Behandlung, b das Gewicht nach der Extraktion mit Wasser, p das Zinnoxid nach der Verbrennung und d den Gewichtsverlust der Faser während des Abkochens bedeutet. Man nimmt d zu 10—25 für abgekochte Seide, 5—9 für Souple-Seide und 0—2 für E cru.

$$W = \frac{a(100 - d)}{b - 1,13p} - 100.$$

¹ Chem. Z. Bd. 20. S. 472.

Die Prüfung auf Zinn oder Aluminium in der Charge kann man so ausführen, daß man eine Probe mit Alizarin in Gegenwart von Kreide färbt und dann auswäscht und seift. Unbeschwerte Seide hält nur eine Rosafärbung zurück, bei zinnbeschwerter Seide ist die Farbe orange und bei aluminiumbeschwerter rot.

Die Anwesenheit von Zinn in beschwerter Seide kann man auch nachweisen, indem man eine Probe der Seide im Porzellantiegel verbrennt und gut glüht, dann den Rückstand mit etwas Kaliumcyanid mischt und auf der Kohle vor dem Lötrohr behandelt. Wenn Zinn anwesend ist, so wird es zum Metalle reduziert, welches kleine Kügelchen bildet, deren Identität man nach den üblichen analytischen Methoden nachweisen kann.

Dunkelgefärbte oder schwarze Seiden können Hydroxyde von Eisen, Zinn und Chrom, Fettsubstanzen, Tannin, Berlinerblau und die verschiedensten Farbstoffe enthalten. Behandelt man mit Campecheholz gefärbte Seide bei 50—60° C mit Salzsäure vom spez. Gewicht 1,07, so erhält man bei Abwesenheit von Berlinerblau eine rote Färbung, hingegen eine blauschwarze, wenn dieses zugegen ist. Wenn man Berlinerblau vermutet, kann man die Seide mit verdünnter Lauge behandeln, die Lösung ansäuern und mit einigen Tropfen Ferrichloridlösung versetzen. Wenn Berlinerblau zugegen war, so entsteht ein blauer Niederschlag. Die beim Verbrennen der Seide zurückbleibenden Metalloxyde werden am besten untersucht, indem man sie mit einer Mischung von Soda und Salpeter im Platin- oder Silbertiegel schmilzt. Die Schmelze wird mit Wasser extrahiert, wobei Zinn und Chrom als Natriumstannat und Chromat in Lösung gehen, während das Eisen als unlösliches Ferrioxyd zurückbleibt. Nach dem Filtrieren und Ansäuern des Filtrates mit Salzsäure kann man das Zinn mit Schwefelwasserstoff als Sulfid ausfällen, und nachdem man davon abfiltriert hat, kann man das Chrom durch Ammoniakzusatz als Hydroxyd fällen.

Scheurer und Silbermann¹ geben folgende Methode zum Nachweis von Spuren von Zinn in beschwerter Seide oder andern gebeizten Fabrikaten. Die Probe wird mit 4%iger Salzsäure gekocht und aus der Lösung das Zinn mittels reinem Zink ausgefällt. Das ausgeschiedene Zinn wird auf einem Filter gesammelt, in wenig Salzsäure gelöst und die Natronlauge alkalisch gemacht. Nun prüft man sie mit einer Lösung von 5 Teilen Wismutnitrat in 500 Teilen verdünnter Salpetersäure (1:4). Wenn nur eine Spur Zinn zugegen ist, so erhält man eine Braunfärbung.

Zum Nachweis von Tannin kocht man eine Probe der Seide in Wasser und setzt einige Tropfen Ferriazetat zu. Eine blauschwarze Färbung zeigt Tannin an. Seine Menge kann man bestimmen, indem man es in einem alkalischen Seifenbad von der Seide ablöst und den Gewichtsverlust der Probe bestimmt. Zur Bestimmung der Gesamtmenge der Beschwerungsmittel kocht man eine bekannte Menge bei 110° gekochter Seide 1 Stunde lang in 2%iger Natronlauge, dann in verdünnter Salzsäure (250 cm³ Handelssäure in 1 Liter). Diese Behandlung wiederholt

¹ Bull. Soc. Ind. Mulhouse 1960, S. 357.

man viermal, indem man zwischen jedem Bad gut auswäscht. Die Seide muß vorsichtig behandelt werden, da sie brüchig wird. Nach dem Trocknen bei 110° C wird sie wieder gewogen und der Gewichtsverlust gibt die Menge der Chargierung an. Da die Faser bei dieser Behandlung auch angegriffen wird, so ist die gefundene Menge der Beschwerungsmittel in der Regel größer als in Wirklichkeit. Die größte Fehlerquelle beruht darauf, daß man nicht genau weiß, welche Zahl man für den Abkochverlust der Seide einsetzen soll. Für abgekochte Seide nimmt man die Zahl d zu 25, für Souplé-Seide zu 8%, für Ecu zu 0% und für Luxusseiden zu 10%. Wenn das ursprüngliche Gewicht p und D das Gewicht nach der Behandlung ist, so kann man den Prozentgehalt W an Beschwerungsmitteln nach folgender Formel berechnen:

$$W = \frac{(100 - d) \times (p - D)}{D}.$$

In Fällen, wo die behandelte Seide einen bemerkenswerten Aschenrückstand A hinterläßt, arbeitet man mit folgender Formel:

$$W = \frac{(p - D + 1,25 A) \times (100 - D)}{D - 1,25 A}.$$

Das Aschengewicht multipliziert mit dem Faktor 1,25 gibt annähernd die Menge der von der Seide zurückgehaltenen Metallhydroxyde.

Nach Ristenpart¹ bestimmt man die Beschwerungsmittel, indem man 1—3 g Seide mit 25 cm³ 4%iger Natronlauge extrahiert. Er sagt, daß das Verfahren schneller und auch für alle praktischen Zwecke genau genug auszuführen sei als die Stickstoffmethode. Für eisenbeizte Seide kann man es jedoch nicht verwenden; in diesem Falle ist es am besten, die organischen Substanzen zu extrahieren und nachher die Asche zu bestimmen.

Folgende Methode zur Anyalse von beschwerter Seide wurde von Königs in der Krefelder Seidentrocknungsanstalt ausgearbeitet: 1. Man bestimme den Feuchtigkeitsgehalt durch Trocknen bei 110° C; 2. die Fettsubstanzen durch Extraktion mit Äther; 3. den Seidenleim mit Wasser durch Abkochen; 4. löse das Berlinerblau mit verdünnter Natronlauge, fälle durch Ansäuern und Zusatz von Ferrichlorid wieder aus, glühe den Niederschlag und wäge das Ferrioxyd; 1 Teil Fe₂O₃ = 1,5 Teile Berlinerblau; 5. bestimme das Zinnoxid in der Asche der Seide und berechne es als Zinn-Katechu-Tannat (1 Teil SnO₂ = 3,33 Teile Tannat); 6. bestimme die Totalmenge des Ferrioxydes der Asche und subtrahiere die Menge des aus dem Berlinerblau stammenden, sowie des immer in der Seide anwesenden Ferrioxydes (0,4—0,7%) und berechne den Rest als Eisentannat; 1 Teil Fe₂O₃ = 7,2 Teile Eisentannat.

Persoz teilt mit, daß in vielen Lyoner Seidenwerken folgende Rechnungsmethode, die ihm aber zu sehr empirisch scheint, verwendet wird: Wenn man das Gewicht der Asche eines Seidenmusters kennt, so wird es 1. mit 1,27 multipliziert, 2. das Produkt von 100 sub-

¹ Färber-Ztg. 1909, S. 126.

trahiert, 3. die Differenz mit $\frac{3}{4}$ multipliziert, 4. die so erhaltene Zahl in 1000 geteilt und 5. 100 vom Quotienten abgezogen. Die so erhaltene Zahl stellt den Gehalt an Beschwerungsmitteln dar. Diese Methode scheint auf den Prozentgehalt auf Asche nicht empfindlich zu sein, und es scheint, daß Persoz die mathematischen Operationen nicht richtig angegeben hat.

Wohl die genaueste Methode, den Gesamtgehalt einer Seide an Beschwerungsmitteln festzustellen, hat man in der Bestimmung des als Seide anwesenden Stickstoffs nach Kjeldahl¹. Bei der Ausführung dieser Methode ist es natürlich notwendig, zuerst alle stickstoffhaltigen Fremdkörper, wie Berlinerblau, Gelatine usw., von der Seide zu entfernen. Dies erreicht man, indem man eine gewogene Menge Seide (ungefähr 2 g) 30 Minuten in einer 2%igen Sodalösung kocht. Die Seide wird dann ausgewaschen, 30 Minuten in einer 1%igen Salzsäure auf 60° C erhitzt und wieder gut ausgewaschen. Diese Behandlung mit Alkali und Säure muß man so lange fortsetzen, bis die Faser keine blaue Farbe mehr hat. Bei Souple- oder Ecruseiden sollte man Ammonkarbonatlösung statt Soda verwenden und schließlich die Seiden 1½ Stunde in einer Seifenlösung von 25 g Seife im Liter kochen. Nach diesen Vorbereitungen wird die Stickstoffbestimmung wie folgt ausgeführt: Die Probe wird in einem Kjeldahlkolben unter Zusatz von einem Tropfen Quecksilber mit 20 cm³ starker Schwefelsäure behandelt. Nun hitzt man langsam an und erhitzt bis zum kräftigen Sieden. Hierauf setzt man 10 g Kaliumsulfat zu und siedet so lange, bis die Reaktionsmasse klar und farblos geworden ist. Nun wird der Kolbeninhalt in einem Destillationskolben gespült. Man destilliert in einem geeigneten Apparat, indem man nach und nach durch einen Tropftrichter Kalilauge zusammen mit etwas Natriumsulfid, welches den Zweck hat, eventuelle Stickstoffverbindungen des Quecksilbers zu zersetzen, zufließen läßt. Zur Verhinderung des Siedeverzugs gibt man einige Körnchen granuliertes Zink zu. Das durch die Lauge freigesetzte Ammoniak destilliert mit den Wasserdämpfen ab und wird in einer bekannten Menge titrierter Säure aufgefangen. Die überschüssige Säure wird mit Lauge zurücktitriert unter Verwendung von Methylorange als Indikator. Das Verfahren beruht auf der Tatsache, daß Seide, wie auch die meisten andern stickstoffhaltigen organischen Substanzen, wenn sie mit Schwefelsäure erhitzt wird, ihren gesamten Stickstoff in Ammoniak umwandelt. Lufttrockene Seide mit 11% Feuchtigkeitsgehalt enthält 17,6% Stickstoff. Daraus ergibt sich, daß man die Seidenmenge aus dem Stickstoffgehalt in Prozenten findet, indem man diesen mit dem Faktor 5,68 multipliziert. Diese Methode gibt, wenn die Stickstoffbestimmung richtig ausgeführt wurde, sehr genaue Resultate.

Nach Gisley² beträgt der Stickstoffgehalt in trockenem Fibroin im Mittel 18,4%, wie aus dem Durchschnitt einer Anzahl von verschiedenen Autoren ausgeführten Analysen hervorgeht. Auf luft-

¹ Gnehm und Blumer, Rev. Gen. Mat. Col., April 1898.

² Rev. Gen. Mat. Col. 1907.

trockene Seide mit 11% Feuchtigkeitsgehalt umgerechnet macht das 17,4%. Der Faktor wäre also eigentlich 5,62 statt 5,68.

Gisley empfiehlt folgende Modifikation der Kjeldahlschen Methode: Ungefähr 2 g Seide werden 10 Minuten in 25%iger Essigsäure gekocht, mit Wasser gespült, 10 Minuten in eine 50° C warme 3%ige Trinatriumphosphatlösung gelegt, wieder gespült und dann zweimal je 20 Minuten in einer Lösung, die 3% Seife und 0,2% Soda enthält, gekocht. Die so gereinigte Seide wird in ein Stück Baumwolltuch gewickelt und mit 20 cm³ starker Schwefelsäure, 10 g Kaliumsulfat und 0,5 g Kupfersulfat so lange schwach erwärmt, bis die Mischung nicht mehr schäumt, worauf man kräftig kocht, bis die Lösung farblos geworden ist. Die Destillation des Ammoniaks geschieht wie üblich.

Zur Extraktion der Beschwerungsmittel aus schwarzer Seide empfiehlt Heermann¹ die Verwendung einer Mischung von gleichen Teilen Glycerin und normaler Kaliumhydroxydlösung. Die Seide wird mit diesem Reagens während 10 Minuten auf dem Wasserbad auf ca. 80° C erwärmt. Schwarze Farbstoffe sowie Berlinerblau werden von dieser Lösung rasch extrahiert, ohne daß die Seidenfaser dabei Schaden nehme. Wenn außer Berlinerblau noch Zinncharge zugegen ist, so muß man nacheinander erst mit Glycerinalkali, dann mit kalter 20%iger Salzsäure und hierauf wieder mit Glycerinalkalilösung extrahieren.

Persoz² empfiehlt folgende Methode zur Untersuchung von schwarzgefärbten Seiden: Man nimmt eine lufttrockene Probe von 4—5 g. Diese setzt man nun abwechselnd der Einwirkung von kalten Säuren und Laugen aus. Am geeignetsten sind Kolben von 250 cm³ Inhalt, da man in ihnen gleich eine Anzahl Proben auf einmal beobachten kann. Die Säure wird aus 3 Volumen Wasser und 1 Volumen Handelssalzsäure hergestellt, während die Natronlauge 6° Tw. hat. Diese Reagentien greifen in der Kälte die Faser gar nicht an, jedoch in der Hitze lösen sie das Fibroin auf. Nach dem ersten Säurebad enthält die Flüssigkeit Campeche- und Eisensalze und hat daher eine rötliche Farbe. Nach einer halben Stunde wird die Probe herausgenommen, ausgewaschen, abgepreßt und in das Alkalibad gebracht. In diesem Lösungsmittel lösen sich Campeche und andere Beizmittel. Auch das Berlinerblau, welches in großen Mengen zum Grundieren von Campecheschwarz verwendet wird, wird von der Lauge unter Zurücklassung von Eisenoxyd auf der Faser zerstört. Das Eisenoxyd wird durch die nachfolgende Behandlung mit Säure weggelöst. Es ist vorteilhaft, der alkalischen Lösung eine kleine Menge Natriumsulfid zuzusetzen, da sich dann auf der Faser Eisensulfide bilden, die im nachfolgenden Säurebad leichter löslich sind als die Oxyde. Nach halbstündiger Behandlung mit Lauge wird die Probe gewaschen, abgepreßt und in eine frische Säurelösung getan. Diese Behandlungen werden so lange wiederholt, bis die Faser den größten Teil der Farbstoffe abgegeben hat. Wenn man sieht, daß die Reagenzien nichts mehr entfernen, so kocht man die Probe noch 30 Minuten in einem 2%igen Seifenbad und wäscht nachher gut mit heißem, destilliertem

¹ Färber-Ztg. 1909, S. 75.

² Rev. Gen. Mat. Col. 1906, S. 322.

Wasser aus. Die Seide hat nun eine hellbraune oder kastanienbraune Farbe, welches beweist, daß die Seide immer noch einen beträchtlichen Teil der Charge zurückhält. Die Probe wird nun in einem Bad, welches 1 Volumen Wasserstoffsperoxyd auf 3 Volumen Wasser und eine kleine Menge Magnesiumhydrat enthält, auf 60° C erhitzt. Diese Behandlung entfernt den größten Teil der Beizenstoffe, welche auf andere Art nur sehr schwer wegzubringen sind. Nun wird die Seide gut ausgewaschen, an der Luft getrocknet und gewogen. Nachher verbrennt man sie und bestimmt die mineralischen Bestandteile an Hand der Asche.

Folgende Methode zur Analyse von beschwerter Seide wird von Moyrel empfohlen:

a) Feuchtigkeit. Sie wird am besten in einem Konditionierofen bestimmt. Ist dies nicht zugänglich, so genügt es, wenn man 10 g Seide bei 110° C bis zur Gewichtskonstanz trocknet. Wenn der Gewichtsverlust 15 % überschreitet, so ist anzunehmen, daß die Seide mit hygroskopischen Substanzen beschwert ist.

b) Lösliche Bestandteile. Das trockene Muster wird mit destilliertem Wasser ausgekocht, getrocknet und gewogen. Es gehen in Lösung Glycerin, Zucker, Kaliumsulfat, Magnesiumsulfat usw. und der Gewichtsverlust gibt die Menge der löslichen Körper an.

c) Extraktion mit Petroläther. Die Probe wird 20 Minuten lang mit Petroläther extrahiert, getrocknet und gewogen. Der Gewichtsverlust gibt die Menge der extrahierten Substanzen an. Der Extrakt wird eingedampft und der Rückstand untersucht.

d) Einwirkung von Salzsäure. Das Muster wird 15 Minuten mit verdünnter Salzsäure (1 : 2) bei 100° F behandelt. Ist Eisentannat zugegen, so wird die Seide entfärbt und die Flüssigkeit wird schmutziggelblich, welche Farbe auf Zusatz von Kalkwasser nicht in Violett umschlägt. Wenn die rötliche Farbe mit letzterem Reagens in Violett umschlägt, so ist Blauholz zugegen, während Berlinerblau vorhanden ist, wenn die Faser dunkelgrün und die Flüssigkeit gelb und von Kalkwasser nicht verändert wird. Wenn die Faser grün, die Flüssigkeit rot ist und mit Kalkwasser in Violett umschlägt, so ist Blauholzschwarz auf einem Grund von Berlinerblau zugegen. Die Lösung muß man noch auf Eisen, Chrom und Aluminiumbeizen prüfen.

e) Einwirkung von Alkalien. Die Seide wird nun in verdünnter Natronlauge gekocht, wobei sich das Tannin von der Faser löst. Das Tannin kann durch Zusatz von Eisensalzen zur alkalischen Lösung nachgewiesen werden.

f) Aschenbestimmung. Ein gewogenes Seidenmuster wird im Platintiegel verascht. Ist mehr als 1 % Asche, so ist die Seide beschwert, und die Asche muß man weiter untersuchen.

Eine andere Methode zur Bestimmung der Charge in Seide, welche sehr gute Resultate zu liefern scheint, ist die von Gnehm¹ vorgeschlagene. Sie beruht auf der Beobachtung, daß die Seidenfaser weder von Kieselfluorwasserstoffsäure noch von Fluorwasserstoffsäure angegriffen

¹ Z. Farben und Text. Chem. 1903, S. 209.

wird. Die Untersuchung wird folgendermaßen ausgeführt. Ungefähr 2 g der zu untersuchenden Seide werden unter häufigem Umrühren mit 100 cm³ einer 5%igen Kieselfluorwasserstoffsäure 1 Stunde lang bei gewöhnlicher Temperatur behandelt. Hierauf setzt man die Behandlung mit frischer Säure von derselben Konzentration fort, wäscht die Seide mit destilliertem Wasser gut aus und trocknet. Der Gewichtsverlust gibt die Menge der anorganischen Beschwerungsmittel an. Dieses Verfahren eignet sich sehr gut zur Analyse von mit Zinnphosphat und Silikat beschwerten Seiden, doch scheint es bei schwarzgefärbten eisensalzhaltigen Materialien zu versagen. Müller gibt in der Zeitschr. für Farben- und Textilchemie 1903, S. 100, an, daß man zu diesem Zweck auch Oxalsäure verwenden könne, ohne daß die Faser dabei Schaden nehme.

Zell gibt folgende Methode an: Eine Probe von 1—2 g wird während 5 Minuten in Wasser von 80—100° C gelegt und dann in einem Kupfergefäß bei 50—60° C mit einer 1½%igen Flußsäurelösung behandelt.

Das Muster wird dann zwischen Filterpapier gepreßt, 15 Minuten lang bei 50—60° C mit 5%iger Salzsäure behandelt, mit warmem Wasser gewaschen, 15 Minuten in 3%iger Seifenlösung gekocht, weitere 15 Minuten in ein warmes Sodabad gelegt und schließlich in kochendem, destilliertem Wasser ausgewaschen.

Gnehm und Dürsteler¹ geben folgende Schnellextraktionsmethoden für die Analyse von beschwerten Seiden:

a) Für weiße oder farbige Seiden. Die Seide wird zweimal während 15 Minuten mit 1—2%iger Fluorwasserstoffsäure bei 50—60° C extrahiert. In Fällen, wo das Material mit Zinnsilikat und Phosphat beschwert ist, kann man 30 Minuten lang mit verdünnter Salzsäure und Schwefelwasserstoff bei 70—80° C behandeln, dann 5 Minuten mit 4%iger Natriumsulfidlösung bei 40—50° C und schließlich mit einer 2%igen Sodalösung bei 60—70° C. Den Rückstand, den man nach dieser Behandlung erhält, kann man als reines Seidenfibroin wägen. Wenn die Charge Aluminiumsalze enthält, muß man diese Extraktion nochmals wiederholen.

b) Für schwarze Seiden. Wenn nur mit Zinnphosphat beschwert wurde, so extrahiert man mit Fluorwasserstoffsäure (1—2%ig) und läßt eine Behandlung mit 2%iger Sodalösung nachfolgen. Wenn Eisen zugegen ist, so extrahiert man am vorteilhaftesten mit 1%iger Salzsäure, dann mit 4%iger Natriumsulfidlösung und schließlich mit 2%iger Sodalösung.

Bei genauer Betrachtung scheint dem Verfasser die folgende Methode für die Handelsanalyse von zinnchargierten Seiden am geeignetsten: Eine Probe von 0,5 g wird in einem Wägegglas im Trockenschrank bei 105° C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Hierauf wird sie während 5 Minuten in 2%iger Flußsäure gekocht, mit Wasser gewaschen und weitere 5 Minuten in 2%iger Sodalösung gekocht und wieder gewaschen. Diese abwechselnde Behandlung mit Fluorwasserstoffsäure und Soda-

¹ Färber-Ztg. 1906, S. 218.

lösung wird dreimal wiederholt, wonach die Seide endgültig gewaschen, bei 105° C getrocknet und wieder gewogen wird. Der Gewichtsverlust entspricht der Charge. Die Fluorwasserstoffsäure stellt man dar, indem man 11 cm³ der Handelssäure auf 400 cm³ verdünnt, und die Sodaauflösung durch Auflösen von 2 g kalzinierter Soda in 100 cm³ Wasser. Drei sich folgende Behandlungen mit diesen Reagenzien werden in der Regel genügen, alle Beschwerungsmittel zu entfernen, ohne daß die Faser dabei zu stark angegriffen würde. Diese Methode liefert gute Resultate, wenn die Charge aus Zinnphosphatsilikat besteht. Bei schwarzen Seiden, welche stark mit Eisensalzen beschwert sind, und besonders wenn Berlinerblau in größeren Mengen zugegen ist, werden die Resultate zu tief ausfallen, und es ist am besten, hier die oben beschriebene Kjeldahlsche Methode zu benutzen.

Nach eingehender Untersuchung der Fluorwasserstoffmethode unter den verschiedensten Bedingungen hat die U. S. Texting Co. folgende Arbeitsweise zur Bestimmung der Beschwerungsmittel in zinnchargierter Seide festgelegt:

- A. 1. Wäge die Probe nach 2stündigem Trocknen bei 105° C (das Gewicht soll zwischen 1 und 2 g sein).
2. Koche die Probe während mindestens 30 Min. in destilliertem Wasser (dabei werden die wasserlöslichen Stoffe entfernt).
3. Trockne die Probe bei 105° C bis zur Gewichtskonstanz. Der Gewichtsverlust gibt die Menge der wasserlöslichen Stoffe an. (Die Behandlung muß man mit fast allen im Handel vorkommenden Seiden durchführen, da sie durchwegs 2—10 % wasserlösliche Charge aufweisen.)
- B. 1. Erwärme 100 cm³ Fluorwasserstoffsäure (ungefähr 2 %ig) auf 60° C, gib die Probe hinein und lasse sie 20 Min. unter öfterem Umrühren drin. Es ist zu beachten, daß die Temperatur 75° C nie übersteigt (am sichersten ist es, wenn man die Temperatur zwischen 60 und 70° C hält).
2. Nachdem die Probe mit Wasser gespült ist, tauche sie in ein ungefähr 2 %iges Sodabad von 60—65° C, rühre gut um und nimm nach 20 Min. wieder heraus.
3. Die Probe wird gut ausgewaschen und bei 105° C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Der Gewichtsverlust gibt die Menge der Zinncharge an.
- C. 1. Bestimme die Menge der in der Probe zurückgebliebenen mineralischen Substanzen durch Veraschung. (Diese Untersuchung sollte man der Vollständigkeit wegen immer machen.)

5. Berechnungen beim Beschweren der Seide. In der Regel wird die Charge auf der Basis von Unzen pro Pfund Rohseide berechnet und innerhalb der Grenzen von 2 Unzen angegeben. Im weiteren rechnet man damit, daß 1 lb. Rohseide 12,4 Unzen reiner abgekochter Seide entspreche. Eine mit $\frac{22}{24}$ bezeichnete Seide bedeutet, daß 22—24 Unzen dieser Seide 16 Unzen Rohseide entsprechen. Die vom Chemiker gefundene Menge an Beschwerungsmittel kann man in Prozente der

Charge %	Unzen	Charge %	Unzen
0—13	12/14	142—158	30/32
13—29	14/16	158—174	32/34
29—45	16/18	174—190	34/36
45—61	18/20	190—206	36/38
61—77	20/22	206—222	38/40
77—93	22/24	222—238	40/42
93—109	24/26	238—254	42/44
109—125	26/28	254—270	44/46
125—142	28/30	270	46/48

untersuchten Seide umrechnen und dann aus vorstehender Tabelle die entsprechenden Unzen ablesen.

Beispiel: Ein auf Gewichtskonstanz getrocknetes Seidenmuster wiegt 0,45 g. Nach der Behandlung mit Fluorwasserstoffsäure mit Sodalösung bleiben 0,31 g trockene Seide zurück. Daher haben wir:

0,45 g = beschwerte Seide,

0,31 „ = reine Seide,

0,14 g = Charge

und

$$\frac{0,14 \times 100}{0,31} = 45 \% \text{ Beschwerungsmittel,}$$

auf reine Seide berechnet. Aus obiger Tabelle ist ersichtlich, daß eine Beschwerung von 45 % 18/20 Unzen entspricht.

Berechnet man den Prozentgehalt an Beschwerungsmitteln auf Basis der beschwerten Seide, statt auf der reinen Seide, muß man folgende Tabelle benutzen:

Für die oben gegebene Probe wäre die Berechnung:

$$\frac{0,14 \times 100}{0,45} = 31 \%$$

Beschwerungsmittel

auf beschwerte Seide berechnet. Aus der

Charge %	Unzen	Charge %	Unzen
0—11	12/14	59—61	30/32
11—22	14/16	61—64	32/34
22—31	16/18	64—66	34/36
31—38	18/20	66—67,5	36/38
38—44	20/22	67,5—69	38/40
44—48	22/24	69—70,5	40/42
48—52	24/26	70,5—72	42/44
52—56	26/28	72—73	44/46
56—59	28/30	73—74	46/48

Tabelle ersieht man, daß sie 18/20 Unzen entspricht.

Da die Seidenfaser in ihrer Struktur und somit auch im Gewicht einer gegebenen Länge gleichförmig ist, so kann man folgende empirische Bestimmung der Charge durchführen: der Titer eines abgekochten Kokonfadens beträgt im Mittel $1\frac{1}{4}$ Denier, d. h. 500 m Faden wiegen 0,125 g. Will man ein Garn untersuchen, so zählt man unter dem Mikroskop die Einzelfäden, nimmt eine passende Länge, wiegt sie und berechnet daraus das Gewicht von 500 m. Da im Kokonfaden zwei Einzelfäden zusammengedreht sind, so erhalten wir das Gewicht von 500 m reiner Seide, wenn wir die Fadenzahl mit dem Faktor 0,0625 multiplizieren. Die Differenz zwischen diesem Gewicht und dem obigen gibt die Chargierung an, woraus man nun den Prozentgehalt und die Unzen nach den schon besprochenen Methoden berechnen kann.

Beispiel: Ein Einzelfaden aus einem Strang Seidengarn wurde aufgedreht und die Fasern unter dem Mikroskop gezählt. Bei 3 Zählungen erhielt man 19, 17 und 20 Fasern, also ein Mittel von 18,6. Das Gewicht von 50 m Seide betrug 0,1312 g. Es folgt:

$$0,1312 \times 10 = 1,312 \text{ g} = \text{Gewicht von 500 m beschwerter Seide,}$$

$$0,0625 \times 18,6 = 1,162 \text{ „} = \text{ „ „ 500 „ reiner Seide,}$$

$$0,150 \text{ g} = \text{Charge}$$

und

$$\frac{0,150 \times 100}{1,312} = 12,2 \% \text{ Beschwerung}$$

und dies entspricht 14/16 Unzen.

Wenn das zu untersuchende Muster ein Gewebe ist, so muß man Schuß und Kette trennen und von beiden getrennte Bestimmungen machen. Man wägt bestimmte Längen ab und macht die Berechnungen wie oben. Zum Zählen der Einzelfasern in jedem Seidenfaden muß man diesen so vorsichtig als möglich aufzwirnen, damit alle Fasern getrennt werden. Am besten geschieht dies, wenn man den Faden auf ein schwach befeuchtetes Objektglas legt und die Fasern mit einer Nadel trennt. Die Zählung nimmt man dann unter dem Mikroskop mit schwacher Vergrößerung vor. Es genügt auch schon ein gutes Vergrößerungsglas, doch ist dies schwieriger und die Genauigkeit nicht so groß, wie bei der Verwendung eines Mikroskops. Man soll mindestens drei verschiedene Zählungen mit verschiedenen Fäden machen und davon das Mittel nehmen.

Wenn die Länge der Seidenfäden in Yards und nicht in Metern gemessen wird, so ist es günstig, wenn man zur Prüfung 20 yards verwendet. Wir haben dann folgende Formeln:

Es sei:

$$A = \text{Gewicht von 500 m beschwerter Seide} = \text{Gewicht von 20 yards} \times 27,3,$$

$$B = \text{Gewicht von 500 m reiner Seide} = \text{Faserzahl} \times 0,0625$$

und

$$\frac{A - B}{A} \times 100 = \text{Prozent Beschwerungsmittel.}$$

Die obige Formel gilt für in Gramm ausgedrückte Gewichte. Wenn man mit Grains rechnet, so haben wir:

$$A = \text{Gewicht von 20 yards} \times 27,3,$$

$$B = \text{Anzahl der Einzelfasern} \times 0,956$$

und

$$\frac{A - B}{A} \times 100 = \text{Prozent Beschwerungsmittel.}$$

Die Formeln kann man folgendermaßen vereinfachen:

a) Es werden Grammgewichte verwendet:

$$\omega = \text{Gewicht von 20 yards Seide,}$$

$$N = \text{Anzahl der Einzelfasern};$$

$$\frac{436 \omega - N}{\omega} \times 100 = \text{Prozent Beschwerungsmittel.}$$

b) Es werden Graingewichte verwendet:

$$\frac{28,4 \omega - N}{\omega} \times 100 = \text{Prozent Beschwerungsmittel.}$$

Die Genauigkeit dieser Methode zur Bestimmung der Charge in Seide beruht auf der Annahme, daß die Seidenfaser in ihrer Dicke sehr gleichmäßig ist, so daß man das Gewicht einer gegebenen Länge als konstant betrachten kann. Dies trifft jedoch nur innerhalb bestimmter Grenzen und nur für gewisse Arten zu. Betrachtet man die Tabelle in Kapitel VI, so wird man sehen, daß das Gewicht einer gegebenen Länge für Seiden verschiedener Herkunft beträchtlich schwankt. Daher sollte man die

Herkunft der Seide kennen, wenn man die vorige Methode mit Erfolg anwenden will. Bei Tussahseide oder andern wilden Seiden ist die Verschiedenheit des Titers noch beträchtlicher. Daher wird die Fehlergrenze größer, und die Resultate sind nicht genau genug, um zuverlässig zu sein.

Interessante Kommentare über die Genauigkeit der verschiedenen Methoden zur Analyse von beschwerten Seiden findet man in der Mitteilung eines Ausschusses der amerikanischen Silk Association (1914).

Dieser Ausschuß stützt sich auf ein erschöpfendes Material, welches sich aus einer Reihe von Prüfungen, welche vom U. S. Bureau of Standards unter Mitwirkung eines Chemikers der Yale-Universität, der Chemiker der zwei bedeutendsten Seidenfärbereien, eines deutschen Chemikers und eines Chemikers einer führenden Seidenfabrik ausgeführt worden waren, um festzustellen, mit welchem Grade von Genauigkeit solche Untersuchungen ausgeführt werden können, ergeben hatte. Es zeigte sich nun, daß bei den verschiedenen Analysen von Seiden, deren Prozentgehalt an Beschwerungsmitteln man kannte, die von den verschiedenen Chemikern gefundenen Zahlen, besonders bei schwarzgefärbten Seiden, beträchtlich voneinander abweichen. Die Analysen von zinnbeschwerten Seiden ergaben noch ziemlich gut übereinstimmende Ergebnisse. Wenn jedoch das Beschwerungsmittel nicht metallischer Natur war, oder wenn eine Mischung von metallischem und vegetabilischem Material vorlag, so erzielte man sehr ungenaue Resultate. Ganz besonders traf letzteres bei einer Klasse von Fabrikaten zu, die im Handel als „Tailoring Dyes“ bekannt sind.

6. Öl und Fett in Garnen und Tuchen. Oft ist es notwendig, daß man den Öl- und Fettgehalt von Woll- und Kammgarntuchen, Garnen usw. bestimmt. Eine Methode, welche annähernd richtige Resultate, die für den Handel genügend genau sind, liefert, besteht darin, daß man eine Probe des zu untersuchenden Materials 20 Minuten lang in einer Lösung, die 5 g einer guten Seife im Liter enthält, bei 60° C behandelt. Sie wird dann mit warmem Wasser gespült, bis alle Seifenlösung ausgewaschen ist, und getrocknet. Vor der Wägung soll man sie eine Stunde an der Luft liegenlassen, damit man dieselbe Feuchtigkeit wie bei der ersten Gewichtsbestimmung hat. Der Gewichtsverlust gibt die Menge des Öls, Fettes und eventuellen Schmutzes in der Faser.

Ein genaueres Verfahren zur Bestimmung von Öl und Fett besteht darin, daß man 5 g des Materials abwägt und in einer verschlossenen Flasche 20 Minuten lang mit 100 cm³ Petroläther extrahiert. Alle öligen Substanzen werden gelöst und man kann die Lösungen in ein tariertes Kölbchen bringen, den Petroläther abdestillieren und so den Rückstand direkt bestimmen. Das extrahierte Material wird nochmals mit 100 cm³ Lösungsmittel gewaschen, welche man in dem gleichen Kolben wie den ersten Extrakt destilliert. Natürlich kann man auch die Faser trocknen, an der Luft liegenlassen und wägen. Der Gewichtsverlust gibt die Menge der öligen Substanzen an, welche mit dem Rückstand der Destillation übereinstimmen muß.

Da man bei beiden oben besprochenen Methoden das lufttrockene Material wiegt, muß man beachten, daß beide Wägungen unter denselben Feuchtigkeitsbedingungen stattfinden, weil man andernfalls je nach der von der Faser absorbierten Feuchtigkeitsmenge sehr verschiedene Resultate erhält. Wenn genaue Resultate verlangt werden, muß man 3 Wägungen folgendermaßen machen: a) das Gewicht des lufttrockenen Materials, b) das Gewicht nach einstündigem Trocknen bei 105°C , c) das Gewicht des extrahierten Materials nach einstündigem Trocknen bei 105°C . Auf diese Art wird der etwas unsichere Faktor der Feuchtigkeit eliminiert. Jedoch muß man den Prozentgehalt an Fettsubstanz auf die lufttrockene Faser berechnen.

Beispiel: Eine Wollgarnprobe vom Gewicht 5,026 g wurde eine Stunde bei 105°C getrocknet und hatte nachher das Gewicht 4,16 g. Nach der Extraktion mit Petroläther und Trocknen wie oben betrug das Gewicht noch 4,271 g. Der Fettgehalt betrug also in diesem Falle: $4,516 - 4,271 = 0,245$ g (oder $0,245 \times 100 \div 5,026 = 4,67\%$).

Eine noch bessere und genauere Methode zur Bestimmung des Fettgehaltes ist die Behandlung einer Probe im Soxhletschen Apparat mit Petroläther, Abdampfen des Lösungsmittels und Wägen des Fettrückstandes. Die Analyse wird folgendermaßen durchgeführt:

Der kleine Kolben des Apparates wird gewogen und ungefähr zur Hälfte mit Petroläther gefüllt ($50-75\text{ cm}^3$). Ca. 2 g des zu untersuchenden Materials werden genau gewogen und in einer Patrone in das Extraktionsrohr gebracht, worauf man den Apparat zusammensetzt und auf dem Wasserbad so lange erhitzt, bis alles Öl und Fett vom Petroläther herausgelöst worden ist. Je nach der Form des Apparates dauert es 20 Minuten bis

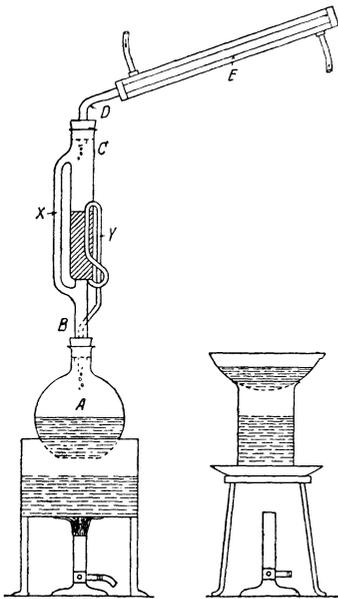


Abb. 385. Apparat zur Bestimmung von Ölen und Fetten in Textilprodukten.

$\frac{1}{2}$ Stunde. Nun wird das Kölbchen entfernt und das Lösungsmittel abdestilliert. Der Fettrückstand wird 30 Minuten auf dem Wasserbad getrocknet und nach dem Abkühlen gewogen. Die Gewichtszunahme des Kolbens entspricht der Fettmenge.

E. W. Tetley (Textile Manufacturer) macht folgende Angaben über eine Bestimmungsmethode von Öl in Kammgespinsten. Eine anerkannte Norm für den Ölgehalt von ölgekämmten Materialien ist $3\frac{1}{2}\%$, wobei 3% zugesetztes Öl und $\frac{1}{2}\%$ das in der Faser enthaltene Fett ist.

Man nimmt eine 500-cm^3 -Flasche, gibt 5 g des genau abgewogenen Materials hinein und gießt 300 cm^3 Petroläther darüber. Das Ganze läßt man einen Tag lang unter zeitweisigem Umschütteln stehen, in welcher

Zeit alle Fettsubstanz aufgelöst wird. Dann bringt man genau 100 cm^3 der Lösung in eine tarierte Schale und verdampft das Lösungsmittel auf dem Wasserbad. Die Benutzung des Wasserbades erlaubt die Verdampfung bei Wasserdampf-temperatur. Eine bequeme Anordnung ist in (Abb. 385) gezeigt, wo das Wasser in einem Becherglas kocht und die Schale obendrauf gestellt wird. Wenn das Lösungsmittel verdampft ist, gibt man die Schale 1 Stunde lang in einen Trockenschrank von 40°C . Nach dem Abkühlen wird gewogen. Die Gewichtszunahme gibt an, wieviel Fett in 100 cm^3 des Lösungsmittels waren. Multipliziert man diese Zahl mit 3, so erhält man den Fettgehalt von 300 cm^3 , d. h. die Menge des in der Probe vorhandenen Fettes. Den Prozentgehalt kann man dann folgendermaßen berechnen:

Gewicht der Schale	= 54,52 g
Gewicht der Schale und Rückstand	= 54,57 „
Gewicht des Öls in 100 cm^3	= 0,05 „
Gewicht des Öls in 300 cm^3 oder in 5 g Substanz	= 0,15 „
Prozentgehalt an Öl = $\frac{100 \times 0,15}{5}$	= 3 %

Wenn man sehr genaue Resultate haben will, so muß man unbedingt einen Soxhletschen Apparat (Abb. 385) benutzen. Ein Kolben (A) von bekanntem Gewicht wird halb mit Äther gefüllt und auf ein Wasserbad gebracht. Der Extraktionsapparat (Bc) wird mit einem Korkstopfen auf den Kolben gesetzt und oben auf dem Extraktor befestigt man den Kühler (E), wie aus der Abbildung ersichtlich ist. Mit Hilfe von Stahllösen kann man die ganze Apparatur gut befestigen. Die zu untersuchende Probe wird genau gewogen und ungefähr so hoch, wie die Schattierung angibt, in das weite Rohr des Extraktors geschichtet.

Beim Erhitzen verdampft der Äther, die Dämpfe streichen durch das Rohr (x) in den obern Teil des Extraktors und kommen in den Kühler, wo sie kondensiert werden und auf die Substanz heruntertropfen. Übersteigt die Höhe des Niveaus den oberen Bogen des Siphons (y), so wirkt dieser als Heber und die mit Fett gesättigte Flüssigkeit fließt in den Kolben zurück, wo sie wieder verdampft wird usw. Die Extraktion wird so lange fortgesetzt, bis der abfließende Äther rein ist. In der Regel ist dies nach 10maligem Abfließen des Lösungsmittels der Fall. Der Kolben wird dann weggenommen, der Äther auf dem Wasserbad abdestilliert und der Rückstand bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Die Gewichtszunahme gibt die Menge der in der Probe vorhandenen Öl- und Fettsubstanz an, aus welcher sich der Prozentgehalt errechnen läßt. Es ist zu beachten, daß keine Gummistopfen verwendet werden sollen, und daß die Korkstopfen schmutz- und fettfrei sind. Wenn nötig, muß man sie vorher mit Äther extrahieren.

7. Bestimmung der Appretur in Fabrikaten. Baumwollfabrikate sind fast immer geleimt oder anderswie appretiert, um dem Tuch einen besseren Griff oder ein größeres Gewicht zu geben. Zu diesem Zwecke sind nun eine große Anzahl von Stoffen geeignet, doch ist in fast allen Fällen Stärke der Hauptbestandteil des Apprets. Häufig trifft man

auch Seifen, Fette, Gelatine, Pflanzenschleime, Harze und chinesischen Ton an. In einigen Fällen verwendet man zur Erzielung gewisser Effekte oder zur Erhöhung des Gewichtes hygroskopische Salze, wie Chlorcalcium und Chlormagnesium oder Chlorzink. Auch Wollfabrikate werden oft auf ähnliche Weise appretiert, um das Gewicht des Materials zu erhöhen.

Thompson¹ gibt folgende typische Analysen von Baumwollfabrikaten:

	I	II	III	IV	V	VI
	%	%	%	%	%	%
Material:						
Faser	47,29	53,02	60,75	70,84	80,51	81,78
Normale Feuchtigkeit	4,11	4,61	5,28	6,16	7,02	7,11
Tuchgewicht	51,40	57,63	66,03	77,00	87,53	88,89
Appret:						
Wasser	6,01	5,02	4,65	3,07	2,01	2,89
Appret und Fette	12,77	13,36	13,33	12,43	8,30	3,33
Mineralsubstanzen	29,82	23,99	15,99	7,50	2,16	4,89
Gewicht des Apprets	48,60	42,37	33,97	23,00	12,47	11,11

Nach Hoyer besteht graues ungebleichtes Baumwolltuch aus ungefähr 83% Faser, 7% Feuchtigkeit, 8,5% Stärke und Fettsubstanz (zum Weichmachen des Garnes und zur Beschwerung des Tuches verwendet) und 1,5% Asche. Nach dem Auskochen und Bleichen bleiben aber nur 78% der Faser zurück, so daß nach Addition des Apprets das fertige Tuch aus 78% Faser, 7% Stärke und 7,5% Mineralbestandteilen besteht. Wenn der Fasergehalt in gebleichtem Kaliko unter 78% oder in grauem Kaliko viel unter 83% ist, so kann man annehmen, daß das Tuch beschwert ist.

Leinenfabrikate sollten nur ganz wenig Appret enthalten. Gewöhnlich werden die Kettenfäden mit ganz wenig Stärke beschwert, doch sollen auf keinen Fall mineralische Beschwerungsmittel zur Verwendung kommen. Leinentuch soll beim Kochen in Wasser nicht mehr als 5% an Gewicht verlieren.

Wollgüter sind oft mit Irischmoos, Gelatine, Harz, Dextrin, Albumin, Wasserglas usw. beschwert.

Für Seidenbeschwerung verwendet man außer den üblichen noch Gelatine, Tragant, Gummiarabikum, Schellack usw.

In folgendem ist eine kurze allgemeine Übersicht über die Bestimmungsmethoden der Beschwerungsmittel von Textilmaterialien gegeben:

a) **Feuchtigkeit:** Wird auf die übliche Weise bestimmt. Ist ihr Betrag groß, so kann man besonders bei Baumwolle eine starke Beschwerung vermuten, da Stärke viel mehr Wasser absorbiert als die reine Baumwollfaser.

b) **Benzolextrakt.** Das trockene Muster wird im Soxhlet mit Benzol extrahiert, Fett, Wachs, Paraffin usw. werden gelöst. Das

¹ Sizing of Cotton Goods, S. 150.

Lösungsmittel wird abdestilliert und der feste Rückstand gewogen.

c) **Wasserextrakt:** Die Probe wird eine Stunde lang in Wasser gekocht. Dextrin, Stärke, Leim, Gummiarabikum, Zucker, Irischmoos, Tragant, sowie auch unlösliche Stoffe wie Talk, chinesischer Ton usw., welche von Appret auf der Faser festgehalten werden, werden entfernt. Die Lösung wird filtriert und das Filtrat auf die einzelnen Bestandteile geprüft.

d) **Mineralische Stoffe.** Diese bestimmt man durch Veraschung einer gewogenen Probe. Die Asche kann man auf ihre Zusammensetzung prüfen.

Prior gibt folgende Methode zur Untersuchung der Asche von Textilien. Ein Teil der Asche wird mit Salpetersäure gekocht. Starkes Aufschäumen zeigt die Anwesenheit von Karbonaten an. Die Lösung wird auf dem Wasserbad zur Trockne verdampft und wieder mit Wasser und Salpetersäure aufgenommen. Von etwa ungelösten Bestandteilen wird abfiltriert und das Filtrat mit Schwefelwasserstoff behandelt. Ein schwarzer Niederschlag zeigt die Anwesenheit von Blei an. Man filtriert, löst den Rückstand in Salpetersäure und prüft die Lösung mit Schwefelsäure, Bichromat oder anderen geeigneten Reagenzien auf Blei. Das Filtrat wird auf Eisen geprüft. Man neutralisiert mit Ammoniak und setzt Ammoniumsulfid zu. Das Filtrat von diesem Niederschlag wird auf Barium, Calcium und Magnesium untersucht, indem man mit Salzsäure ansäuert, den frei gewordenen Schwefelwasserstoff auskocht, dann mit Ammoniak neutralisiert und Ammonchlorid und Carbonat zusetzt. Ein sich bildender Niederschlag wird abfiltriert, in Salzsäure gelöst und diese Lösung durch Zusatz von Kaliumsulfat geprüft. Ein sofortiger Niederschlag zeigt Barium an. Ein anderer Teil der Lösung wird mit Ammonoxalat versetzt, wobei ein Niederschlag Calcium anzeigt. In Salpetersäure unlösliche Asche kann Kieselsäure, welche aus Zersetzung von Magnesium- oder Natriumsilikat herrührt, zusammen mit Bariumsulfat, Zinnoxid, Gips oder Ton enthalten. Dieser unlösliche Rückstand wird mit Sodalösung gekocht, die Silikate auflöst und den Gips zersetzt. Nach der Filtration wird der Rückstand gewaschen, in kalter verdünnter Salzsäure gelöst und auf Eisen und Calcium wie oben geprüft. Das Filtrat wird mit Salzsäure angesäuert zur Trockne verdampft und der Rückstand mit Wasser und Salzsäure aufgenommen. Ein unlöslicher Rückstand von Silikat wird abgetrennt und das Filtrat mit Bariumchlorid auf Schwefelsäure geprüft. Der Rückstand, welcher von Soda nicht zersetzt wird oder in Salzsäure unlöslich ist, kann Bariumsulfat, Ton oder Zinnoxid (Metazinnsäure) enthalten. Er wird in einem Porzellantiegel mit 10 Teilen fester Soda geschmolzen, die Schmelze mit Wasser und Natriumbicarbonat behandelt und filtriert. Der Rückstand wird mit starker Salzsäure gekocht und die entstehende Lösung mit Schwefelwasserstoff behandelt. Ein gelber Niederschlag zeigt Zinn an. Man filtriert ab und prüft die Hälfte des Filtrats durch Ammoniakzusatz auf Aluminium, die andere Hälfte mit Schwefelsäure auf Barium.

Das Filtrat der Schmelze wird mit Salzsäure versetzt und teilweise

eingedampft, wobei die Kieselsäure ausfällt. Der lösliche Anteil wird mit Bariumchlorid auf Sulfate geprüft.

8. Analyse von gebleichter Baumwolle. Das Bleichen der Baumwolle hat den Zweck, alle Unreinigkeiten von der Faser zu entfernen und nur die reine Zellulose zurückzulassen, ohne daß dabei die Struktur der Faser verändert oder ihre Festigkeit geschwächt wird. Zum Bleichprozeß verwendet man Alkalien, Säuren und starke Oxydationsmittel. Dabei besteht natürlich die Gefahr, daß sich Oxyzellulose bildet, was man aber bei einem guten Bleichverfahren vermeiden muß. Die physikalischen Prüfungen, die man mit gebleichter Baumwolle vornehmen muß, sind:

1. **Chlor:** Zu diesem Zwecke vergleicht man eine Probe in gutem Nordlicht mit einem Typ. Es gibt allerdings für Weiß keine bestimmte Norm, und daher ist diese Farbprüfung nur eine relative.

2. **Reißfestigkeit:** Diese Prüfung muß man vor und nach dem Bleichen vornehmen und eine Verminderung der Festigkeit notieren. Die Verminderung ändert sich natürlich je nach dem Material, das gebleicht wurde. Bei Garnen wird die Festigkeit in der Regel durch das Bleichen ein wenig verringert, jedoch sollte der Verlust bei richtiger Durchführung des Prozesses 5% nicht überschreiten. Bei 2fachen Garnen ist oft gar keine Verminderung der Reißfestigkeit zu konstatieren. Tuche sollten, wenn sie es überhaupt tun, nicht mehr als 2% verlieren. In vielen Fällen wird die Festigkeit des Tuches bemerkenswert erhöht, was zweifelsohne auf eine Schrumpfung und Verfilzung der Fasern zurückzuführen ist.

3. **Elastizität:** Dieser Faktor wird in der Regel durch den Bleichprozeß verringert. Es ist dies besonders der Fall, wenn das Material während der Behandlung gestreckt und gequetscht wurde.

Im Zusammenhang damit gibt O' Neill folgende interessante Zahlen über die Bestimmung der Reißfestigkeit von Baumwollfäden vor und nach dem Bleichen:

Nr. 1.	Tuch.	Schußfäden . .	Mittleres Gewicht, das benötigt wurde, um einen Einzelfaden zu zerreißen	
			vor dem Bleichen	nach dem Bleichen
		Kettfäden . . .	1714 grains	2785 grains
„ 1.	„	„ . . .	3140 „	2020 „
„ 2.	„	„ . . .	3407 „	3708 „
„ 3.	„	„ . . .	3512 „	4025 „

Man sieht, daß in zwei Fällen von dreien die Kettenfäden stärker sind als vorher, und man kann daraus ruhig schließen, daß bei vollständigem, vorsichtigem Bleichen die Baumwollfäden nicht angegriffen werden, und daß sie vielleicht durch die Benetzung und den Druck gekräftigt werden, indem die Einzelfasern besser miteinander in Kontakt kommen, wodurch das Garn stärker wird.

Die chemischen Prüfungen, die man zur Beurteilung von gebleichter Baumwolle ausführen muß, sind folgende:

1. **Asche:** Am besten nimmt man eine Probe von 10 g, schneidet sie in kleine Stücke und verbrennt im Porzellantiegel, bis eine reine Asche

zurückbleibt. Das Aschengewicht wird in Prozenten der verbrannten Fasermenge ausgedrückt. Rohbaumwolle hat einen Aschengehalt von 1%, abgekochte 0,25–0,35% und gut gebleichte Baumwolle soll bei leicht beschwerten Fabrikaten nicht mehr als 0,1% und bei stark beschwerten Fabrikaten nicht mehr als 0,15% Asche geben. Die Art und der Grad der Bleichung haben jedoch einen großen Einfluß auf die Aschenmenge. Baumwolle, die schlecht ausgekocht und nur teilweise gebleicht wurde, wird einen höheren Aschengehalt aufweisen. Dasselbe ist der Fall bei Baumwolle, welche vollkommen gebleicht, aber nicht gut oder mit unreinem Wasser gewaschen wurde. Solche Produkte können einen Aschengehalt von 0,25–0,5% haben. Baumwolle, die mit zu starker Bleichlösung überbleicht wurde, wird auch eine größere Aschenmenge, als erlaubt ist, aufweisen. Die Aschenbestimmung ist eine ausgezeichnete Kontrolle für die Güte des Bleichprozesses. Ein häufiger Fehler beim Bleichen von Tuchen besteht darin, daß Teile des Fabrikates mit starken Lösungen der Chemikalien in Berührung kommen, die dann nachher nicht genügend gut ausgewaschen werden. Das Resultat ist eine Mißfarbe und eine Schwächung an den betreffenden Stellen, die aber erst nach monatelangem Lagern sichtbar werden. In allen diesen Fällen wird der Aschengehalt abnorm hoch sein (von 0,25–0,5%).

2. Oxyzellulose: Wenn Baumwolle mit Chlorkalklösungen gebleicht wird, so bildet sich fast immer Oxyzellulose. Dies trifft auch zu, wenn die Baumwolle vor dem Bleichen schlecht ausgekocht wurde. Die Anwesenheit von Oxyzellulose in größeren Mengen führt zu verschiedenen Fehlern der gebleichten Baumwollfabrikate, wie Zermürbung der Faser, Mißfärbung und unsaubere und unegale Aufnahme der Farbstoffe beim Färben. Zum Nachweis der Oxyzellulose hat man eine Menge von Prüfungsmethoden.

a) Da Oxyzellulose zu basischen Farbstoffen eine größere Affinität hat als gewöhnliche Baumwolle, so kann man durch Färben des Fabrikates mit verdünnter Methylenblaulösung die Anwesenheit derselben feststellen. Die Probe wird gut gewaschen, 30 Minuten lang mit kalter verdünnter Salpetersäure (7° Bé) behandelt, wieder gewaschen, 15 Minuten mit Natriumbisulfitlösung (1° Bé) behandelt, gewaschen und $\frac{1}{2}$ Stunde lang in verdünnte Salzsäure (2° Bé) gelegt und mit Wasser ausgewaschen. Die so vorbereitete Probe legt man nun während 20 Minuten in eine $\frac{1}{10}$ %ige Methylenblaulösung, spült aus und trocknet. Die oxyzellulosehaltigen Partien sind beträchtlich dunkler gefärbt.

b) Gewöhnliche Zellulose gibt mit Jodlösung eine Gelbfärbung, die auf Schwefelsäurezusatz blau wird, während Oxyzellulose sich mit Jod sofort blau färbt, welche Farbe von Schwefelsäure zerstört wird¹.

c) Eine bessere Prüfung auf Oxyzellulose besteht in 15minütigem Erhitzen einer Probe mit Fehlingscher Lösung auf dem Wasserbad. Spült man nachher mit Wasser aus, so findet man an den Stellen, wo Oxyzellulose zugegen war, rotes Kuprooxyd. Bevor man diese Probe

¹ Vétillard, Bull. Soc. Ind. Rouen 1883, S. 233.

ausführt, muß man allen Appret sowie Beschwerungsmittel von der Faser entfernen. Man kann den Versuch auch quantitativ durchführen und erhält dann den sogenannten „Kupferindex“. Man geht folgendermaßen vor: Man bringe 3 g gebleichte Baumwolle in einen 1 $\frac{1}{2}$ -Literkolben und gieße 300 cm³ kochendes Wasser und 50 cm³ Fehlingsche Lösung zu. Das Ganze kocht man 15 Minuten lang am Rückflußkühler. Hierauf wird filtriert und so lange gewaschen, bis das abfließende Waschwasser frei von Kupfersalzen ist. Auf dem Filter bleibt die Zellulose und das Kuprooxyd zurück. Man behandelt in einer Schale mit 15 cm³ Salpetersäure, wobei sich das Kupferoxyd auflöst. Nach dem Abfiltrieren und Auswaschen bestimmt man im Filtrat das Kupfer elektrolytisch oder nach sonst einer Methode. Die Kupfermenge, prozentual auf die verwendete Baumwollmenge berechnet, gibt den „Kupferindex“ und ist ein Maß für die vorhandene Oxy- und Hydrozellulose¹. Bei der Ausführung der Versuche muß man die Verwendung von Kautschuk- oder Korkstopfen vermeiden, da diese einen Niederschlag von rotem Kuprooxyd verursachen. Die verwendete Apparatur sollte eingeschlossene Verbindungsstücke haben.

d) Die Probe wird mit verdünnter Benzopurpurinlösung behandelt, mit verdünnter Schwefelsäure gespült und so lange gewaschen, bis die rote Farbe der Baumwolle wieder erscheint. Die eventuell vorhandenen Oxyzellulosepartien werden blauschwarz gefärbt.

e) Viegew macht folgende Bestimmung, die man als „Säureindex“ bezeichnet: 3,2 g der gebleichten trockenen Baumwolle werden 15 Minuten mit 50 cm³ halbnormaler Natronlauge gekocht. Die überschüssige Lauge wird nachher durch Titration mit halbnormaler Schwefelsäure unter Verwendung von Phenolphthalin als Indikator bestimmt. Die Menge der von der Baumwolle neutralisierten Natronlauge, berechnet in Prozenten, gibt den „Säureindex“ und stellt das Alkali dar, welches beim Zersetzen und Auflösen der Hydrozellulose und Oxyzellulose neutralisiert wurde. Piest² hat diese Methode mit dem Schwalbeschen Kupferindex verglichen und kam zum Schluß, daß der letztere Faktor zur genauen Bestimmung der oxydierten Zellulose in gebleichter Baumwolle vorzuziehen sei.

f) Eine andere Prüfung auf Oxyzellulose, die brauchbar sein soll, ist folgende: Einige Tropfen einer Suspension von Indanthrengeblau werden in 10%ige Natronlauge gebracht und durch das Gemisch die zu untersuchende Probe durchgezogen und leicht ausgequetscht. Das Präparat wird nun über einen Becher gehalten, in dem Wasser kräftig kocht. Im Verlaufe einer Minute wird an den Stellen, wo Oxyzellulose zugegen ist, eine tiefblaue Farbe erscheinen, während die übrigen Teile des Fabrikats während mindestens fünf Minuten keine Spur von Blau zeigen. Wäscht man nun die Baumwolle unter nachherigem Seifen, so wird der Farbstoff an den Stellen, wo reine Zellulose ist, leicht entfernt, während er auf der Oxyzellulose fest fixiert ist². Die Indanthrengeblaususpension wird hergestellt, indem man den Farb-

¹ Schwalbe, Z. angew. Chem. 1910, S. 942.

² Scholl, Ber. 1911, S. 1312.

stoff in starker Schwefelsäure löst, durch Eingießen in kaltes Wasser wieder ausfällt und neutralisiert.

Nach Nanson ist das Gelbwerden von gebleichtem Kanevas durch den Einfluß der Hitze oder der Zeit auf a) Oxyzellulose, b) Chloramine, die durch Einwirken des Chlors auf Albuminoide in unvollständig gewaschener Baumwolle entstehen, c) Chloramine, die sich in alten Bleichlösungen ansammeln, zurückzuführen.

Zur Bestimmung des Bleichgrades der Baumwolle sind folgende chemischen Methoden vorgeschlagen worden. Diese analytischen Verfahren, dienen als Grundlage für die Beurteilung des chemischen Zustandes der gebleichten Faser und sind oft ein wertvolles Mittel zur Feststellung von Überbleichung und der Anwesenheit zersetzer Zellulose.

1. Der sogenannte „Woodgumwert“. Er stellt die Menge der in 5%iger Natronlauge löslichen Substanzen dar, wenn man diese bei gewöhnlicher Temperatur längere Zeit auf die Baumwolle einwirken läßt. Dieser Wert setzt sich aus verschiedenen Komponenten zusammen. Er umfaßt Fette und Fettsäuren, Harze und einen Teil der beim Überbleichen sich bildenden Produkte. Letztere kann man als Oxyzellulose bezeichnen. Die Heterogenität dieses Faktors bewirkt, daß er nicht eine eigentliche analytische Zahl ist, doch gibt er ein Maß für die Reinheit der gebleichten Zellulose. Bei normal gereinigter Zellulose liegt dieser Wert zwischen 0,5 und 1,1 Prozent.

2. Der „Kupferwert“ wurde von Schwalbe als Norm vorgeschlagen, und er ist vielleicht das genaueste Maß für die Feststellung von chemischen Veränderungen der Zellulose, und besonders zeigt er Überbleichung an. Normal gereinigte Zellulose hat einen Kupferwert, der beträchtlich unter 2 liegt, und in der Regel sollte er den Wert 1 nicht überschreiten. Stark überbleichte Baumwolle kann Werte bis zu 16 aufweisen. Auch Hydrozellulose zeigt einen erhöhten Kupferwert, wenn schon nicht in dem Maße wie Oxyzellulose.

3. Der „Kupferhydratwert“. Er stellt die Menge des Kupferhydroxyds dar, die Baumwolle in der Kälte aus einer Fehlingschen Lösung adsorbiert. Er gibt den Grad der Hydrierung der Zellulose an und ist besonders ausgeprägt bei merzerisierter Baumwolle. Der normale Wert beträgt 0,5%.

4. Der „Säurewert“, von Vieweg beschrieben, stellt die Menge Natronlauge dar, die nach halbstündigem Kochen von der gebleichten Zellulose neutralisiert wird. Auch hier haben wir eine komplexe Zahl, die von der Menge der Oxy- und Hydrozellulose und der Empfindlichkeit der Zellulose selbst gegen alkalische Hydrolyse abhängig ist. Dieser Wert ist bei Zellulose, die mit starken Laugen behandelt war, wie das beim Merzerisieren der Fall ist, niedrig. Vorhergehende Behandlung der Faser mit starken Oxydationsmitteln oder Säuren erhöht die Neigung der Zellulose, sich zu hydrolisieren.

5. Der „Kupfersulfatwert“ ist die Menge des von der gebleichten Faser aus einer Kupfersulfatlösung adsorbierten Kupferhydroxyds. Dieser Wert hat keine große Bedeutung. Er ist niedrig bei oxydierter

Zellulose, doch ist die Differenz zwischen diesem Werte und demjenigen für normale Zellulose zu gering, um praktisch verwendet werden zu können.

6. Die „Viskositätsprüfung“ von Ost ist ein wertvolles Mittel zur Bestimmung des chemischen Zustandes der gebleichten Faser. Ist jedoch die Faser chemisch verändert, so zeigt sie keinen Unterschied zwischen den verschiedenen Ursachen der Veränderung. Die Prüfung wird ausgeführt, indem man die Zellulose mit einer Kupferammoniumhydratlösung, zu deren Herstellung Ost die Vorschrift gibt, behandelt. Die Baumwolle löst sich auf, worauf man auf eine bestimmte Weise mit Wasser verdünnt und 5 Tage stehenläßt. Wenn die Baumwolle normal behandelt wurde, so sollte die Viskosität 10 betragen. Auch merzerisierte Baumwolle hat eine normale Viskosität, eine längere Einwirkung der Merzerisierlauge wird die Zellulose stark verändern, wie dies auch Oxydationsmittel und Säuren tun, was dann in einer Veränderung der Viskositätszahl zum Ausdruck kommt.

Am büh¹ gibt folgende Methode zur Bestimmung, ob genügend gebleicht und ob so gearbeitet wurde, daß das Produkt beim Lagern nicht gelb wird: 1. Das freie Fett wird bestimmt, indem man 15—18 g des Materials mit Äther im Soxhletschen Apparat extrahiert und den Rückstand wägt. Gebleichte Produkte, die mehr als 0,4% Ätherextrakt geben, sind zu beanstanden. 2. Man bestimmt in dem eben extrahierten Produkt die Kalkseifen (kombinierte Fettsäuren), indem man es 30 Minuten lang in 5%ige Salzsäure legt, wäscht, trocknet und wieder mit Äther extrahiert. Die so erhaltenen Fettsäuren werden getrocknet, in warmem Alkohol gelöst und mit $n/_{20}$ -Natronlauge titriert, unter Zusatz von Phenolphthalein als Indikator. Gut gebleichte Baumwolle soll nicht mehr als 0,08% Fettsäuren enthalten. 3. Die Asche wird auf die übliche Weise bestimmt, und ein gutgebleichtes Tuch soll nicht mehr als 0,05% Aschengehalt haben. In den meisten Fällen entspricht der Aschengehalt der Menge der vorhandenen Kalkseifen. Natürlich ist für diese Prüfungen vorausgesetzt, daß das Material nicht mit Beschwerungs- oder Appreturmitteln behandelt worden ist.

Folgende Beispiele zeigen die Resultate solcher Analysen:

	Freies Fett %	Fettsäuren %	Asche %
Graues Tuch	1,0448	0,1359	1,6294
Nach Auskochen mit Lauge und Sodalösung .	0,1761	0,4923	0,2230
Gebleicht	0,021	0,0433	0,0571

Knecht² hat die längere Einwirkung der Hitze auf gebleichte Baumwolle studiert. Das gebleichte Baumwollmaterial wurde in einem Dampftrockenschrank bei 80—100° C. bis zu 530 Stunden lang erhitzt. Das lufttrockene Material wurde entweder in geschlossenen Röhren oder auf Uhrgläsern der Hitze ausgesetzt. Es zeigte sich nun, daß gebleichtes Baumwollgarn auf den Uhrgläsern zuerst unverändert blieb,

¹ Chem. Z. 1902.

² Journ. Soc. Dyers and Col. Bd. 36, S. 195.

dann aber rasch graubraun wurde. Nach 336 Stunden hatte die Festigkeit um 33 % abgenommen und vorgenommene Prüfungen ergaben die Anwesenheit von Oxyzellulose. Die in Röhren der Hitze ausgesetzte Baumwolle veränderte sich nach 336 Stunden rascher. Wenn man die Röhren unter Quecksilber öffnete, so war ein kleines Vakuum von ungefähr $\frac{1}{5}$ des Rohrinhalts festzustellen, ein Beweis, daß Sauerstoff absorbiert wurde. Die Festigkeit des Garns nahm dabei um 50 % ab.

9. Prüfung von wasserdichten Fabrikaten. Für die Prüfung von Wasserdichtigkeit von Fabrikaten ist die allgemeine Methode, eine Quantität Wasser in einen aus dem Material geformten Beutel zu gießen. Man soll das Tuch von unten reiben können und wenn man das Wasser ablaufen läßt, soll keine Spur Feuchtigkeit zurückbleiben. Diese Prüfung ist wertlos, wenn es sich darum handelt, verschiedene Imprägnierungsmethoden miteinander zu vergleichen, oder wenn man die Wirksamkeit eines neuen Verfahrens, welches noch im experimentellen Zustand ist, wobei man nur kleine Tuchstücke zur Verfügung hat, ausprobieren will.

Vor der eigentlichen Prüfung wird das Material noch einer Voruntersuchung unterworfen, die man am besten so vornimmt, daß man das Tuchstück zwischen den Beobachter und ein helles Fenster hält. Bei einer überraschend großen Anzahl Proben von vermeintlich hochwertigem Material wird man Nadellöcher, unbedeckte Stellen usw. feststellen können. Wie die Prüfungen zeigten, hat solches Tuch in keinem Falle dem Wasser genügend Widerstand geleistet. Es wurde jedoch behauptet, daß die Imprägnierung die Dichtigkeit des Tuches so vergrößere, daß das Wasser durch kleine Löcher nicht hindurchgeht. Dies gilt jedoch nicht für Löcher, welche man auf diese Weise sehen kann. Das fertige Tuch soll weder einen nicht einwandfreien Geruch haben, noch soll es fettig oder sehr steif sein. Die Imprägnierung soll sich nicht abreiben lassen und beim Zerknüllen nicht knirschen. Die Färbung muß gleichmäßig und gefällig sein.

Bei der Benetzungssprobe soll das Tuch auch nach 2—3 Tagen auf der unteren Seite keine Feuchtigkeit aufweisen. Eine andere gute Methode ist die, ein Stück Tuch zu nehmen, es wie einen Filter zu falten und in einen Glastrichter zu stecken. In die so gebildete Tasche gibt man ein bestimmtes Volumen Wasser und nach 24 Stunden sollen auf der Unterseite höchstens einige gleichmäßig verteilte Tröpfchen zu bemerken sein. Ein gutes Tuch wird überhaupt tagelang keine Feuchtigkeit auf der unteren Seite zeigen.

In Deutschland ist für Segeltuch folgende Prüfung vorgeschrieben: Ein Tuchstück von 25 cm Seitenlänge wird wie ein Filter gefaltet und in einen passenden Glastrichter gegeben, worauf man 300 cm³ Wasser hineingießt und 24 Stunden stehenläßt. Nach dieser Zeit sollen an der unteren Fläche nur wenige Wassertropfchen zu bemerken sein und das Fabrikat darf nicht vollständig feucht sein.

Das U.S.-Kriegsdepartement gibt folgende Vorschriften zur quantitativen Prüfung von wasserdichten Tuchen:

1. Die Tropfprüfung. Diese Prüfung liefert einen zahlenmäßigen Wert für die Wasserdichtigkeit. Die Bedingungen sind dabei denjenigen

angepaßt, wie sie vorkommen, wenn das Material dem Regen ausgesetzt wird. Das Tuch wird auf eine unter einen Winkel von 45° stehende Glasplatte gelegt. Zwischen Platte und Material befindet sich eine Schicht Filterpapier. Unterhalb der Platte ist ein horizontaler Spiegel angebracht. Man läßt nun aus einer Bürette aus 5 Fuß Höhe Wasser mit einer Geschwindigkeit von 20 Tropfen pro Minute so lange auf das Tuch tropfen, bis es durchdringt und das Filterpapier benetzt, was man im Spiegel beobachten kann, und bestimmt die Anzahl der verbrauchten Tropfen. Es ergeben sich beträchtliche Schwankungen zwischen der größten und kleinsten Tropfenzahl, und daher nimmt man als Endresultat das Mittel von 20 Versuchen.

Bei einem Tuche, das für die meisten Zwecke genügend imprägniert ist, erhält man einen Durchschnitt von 64 Tropfen, während bei guten Qualitäten die Tropfenzahl noch 15 Tropfen beträgt.

Um jedoch die Kriegsdepartementsprüfung zu bestehen, muß ein Tuch 60 Tropfen aushalten können. Die Probe wird nochmals wiederholt, nachdem das Tuch mit Wasser gespült und getrocknet wurde, oder wenn man noch strenger prüfen will, läßt man das Muster 24 Stunden in Wasser liegen und trocknet, um nachher die Prüfung nochmals vorzunehmen. Auch sollte man das Tuch bügeln, indem man es dämpft, und nachher wieder prüfen. Viele Firmen benützen zur Prüfung ihrer Fabrikate einen Tropfhahn. Ein Reservoir ist mit dem Tropfhahn versehen und das Wasser tropft in regelmäßigen Intervallen aus. Ein Holzrahmen ist mit einer Heizung von 45° darunter angebracht. Das eine Ende des Tuches wird an der oberen Kante des Rahmens befestigt, während man das andere Ende lose über den unteren Rand hängen läßt. Die Tropfen läßt man auf die Mitte des Tuches fallen, von wo sie im Anfang ablaufen. Aber nach 1—5 Stunden, je nach der Qualität des Tuches, gehen sie durch. Die Zeit, die verstreicht, bis dieses stattfindet, betrachtet man als den Wert der Wasserdichtigkeit. Je nach der Fallhöhe der Tropfen werden schon bald winzige Tröpfchen durchschlagen, doch das Wasser wird sich noch eine ganze Zeitlang nicht zu einem Tropfen an der Unterseite ansammeln.

Man kann die Tropfprüfung auch folgendermaßen durchführen: Man bringt einen Teil des Tuches auf einem Filterpapier unter den Tropfhahn und läßt aus 5 Fuß Höhe 60 Tropfen darauf fallen. Wenn das Papier nachher nicht feucht ist, so ist das Tuch genügend gut imprägniert.

2. Die Spritzprobe. Man gießt Wasser auf das Tuch, welches unterdessen horizontal gehalten wird. Diese Prüfung hat keinen besonderen Wert.

3. Die Sickerprobe. Das Tuch wird an seinen vier Ecken befestigt und 500 cm^3 Wasser hineingeschüttet. Sie ist infolge der langen Zeit, die sie beansprucht, mit Ausnahme zur Prüfung auf Löcher, von geringer Nützlichkeit.

4. Die Filterprobe wird im Handel häufig verwendet, ist jedoch nicht so gut wie die Tropfprüfung, jedoch geeignet zur Feststellung von Nadellöchern. Ein quadratisches Stück von 25 cm Seitenlänge wird wie ein

Filter gefaltet in einen Glasrichter gebracht und 300 cm³ Wasser hineingeschüttet. Nach 24 Stunden sollte das Wasser noch nicht durchbeschlagen haben. Eine gute Modifikation ist, das Tuch über einen Trichter zu spannen, ihn umzukehren, mit kaltem Wasser zu füllen und 10 Stunden über einen graduierten Zylinder zu halten. Tuch, welches in 10 Stunden kein Wasser durchläßt, muß als ausgezeichnet gewertet werden.

Diese Methode ist ein ausgezeichnetes Mittel zur vergleichenden Prüfung von wasserdichten Fabrikaten. Das Tuch wird fest über den Trichter gespannt und dieser mittels einer Klammer verkehrt befestigt. Mit Hilfe einer Waschflasche füllt man den konischen Teil mit Wasser, was einem Druck von ungefähr 2,5 cm entspricht. Jedes imprägnierte Tuch wird diesem Druck widerstehen. Mit einer Pipette gibt man nun nach und nach immer mehr Wasser zu, und der Druck wächst in dem Maße, wie die Flüssigkeit im Rohr ansteigt. Man muß den Druck so weit steigern, bis Tropfen durch das Tuch gepreßt werden. In diesem Moment sinkt die Oberfläche im Rohr ein wenig, bleibt aber dann tagelang auf gleicher Höhe. Die Höhe der Wassersäule wird nun gemessen und sie ist ein Maß für die Widerstandsfähigkeit des Materials. Die untere Seite des Tuches darf nicht naß werden, und das Wasser soll in fein verteilten Tröpfchen durchgepreßt werden. Alle Tuche, die eine Wasserhöhe von über 5 cm aushalten, sind als ganz gut zu bezeichnen. Ein moderner Prüfungsapparat beruht auf einem dem eben beschriebenen sehr ähnlichen Prinzip. Man läßt eine Wassersäule auf die zu untersuchende Probe einwirken und mißt das Wasser, das in einer bestimmten Zeit durchgeht. In einem dieser Apparate hat eine graduierte Bürette unten einen Ansatz wie ein Polarisationsrohr, doch statt der in solchen Ansätzen üblichen Glasscheiben setzt man den zugeschnittenen Stoff hinein. Die Bürette wird dann bis zur Nullmarke mit Wasser gefüllt und das Wasser, das in 24 Stunden durchfällt, wird gesammelt.

Gawalowski beschreibt folgenden Apparat zur Bestimmung der Wasserundurchlässigkeit von Fabrikaten. Das zu untersuchende Muster wird am offenen Ende eines graduierten Rohres befestigt, das man dann 30 cm hoch mit Wasser füllt. Nach 24 Stunden liest man ab, wieviel Wasser durch das Tuch gegangen ist. Zu diesem Zwecke läßt sich sehr gut eine Bürette verwenden, über deren weiteres Ende man das Tuch spannt.

Eine andere Methode, die besonders geeignet ist, um zwischen gutem und wertlosem Material zu unterscheiden, besteht darin, daß man aus dem Tuch eine Tasche formt, in die man schwere Körper bringt. Das Ganze taucht man nun so tief wie möglich in Wasser. Ein gutes Fabrikat soll nach 24 Stunden inwendig noch vollständig trocken sein.

Tüll und ähnliche Fabrikate kann man so behandeln, daß sie vom Regen nicht verdorben werden und mit einem nassen Schwamm gewaschen werden können. Dies geschieht, indem man das Material mit

¹ (Anmerk. zu Borks auf folg. Seite:) D.R.P. 275659.

gewöhnlichem Kollodium imprägniert, dem man, damit es langsamer trocknet, Amylazetat zusetzt. Nach dieser Behandlung hat der Tüll einen glatten Griff und einen hohen Glanz. Der Überzug splittert nicht ab.

W. Borks¹ benützt zum Imprägnieren eine Mischung von Zeresin, Terpentin, Paraffin und Rohkautschuk. Das Rezept ist folgendes: Man schmelze 375 kg Zeresin, 400 kg Terpentin und 150 kg Paraffinwachs zusammen, und rühre dann eine dicke Lösung von 3 kg rohem Kautschuk hinein. Der Kautschuk hat mit der eigentlichen Wasserdichtigkeit nichts zu tun. Er dient lediglich dazu, die andern Bestandteile auf der Faser zu befestigen. Diese Mischung eignet sich besonders für gröbere Gewebe, und man behauptet, daß sie nicht nur ausgezeichnet wasserdicht mache, sondern auch den Widerstand der Stoffe beim Tragen vergrößere.

Wosnessensky¹ beschreibt einen Apparat, den er zur Prüfung von wasserdichten Fabrikaten empfiehlt. Er besteht aus einer zylindrischen Kupferbüchse, an der ein Wasserrohr aus Glas und ein Kautschukballon befestigt sind (siehe Abb. 386). Am oberen Rande der Büchse sind mit zwei Schrauben ein Kupfer- und ein Kautschukring befestigt.

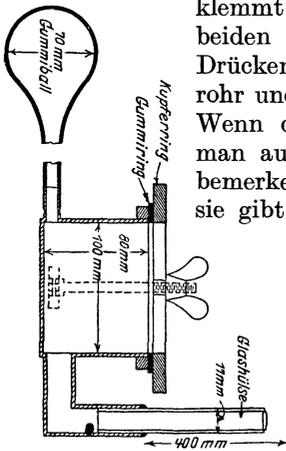


Abb. 386. Apparat von Wosnessensky zur Prüfung von wasserdichten Stoffen.

Zum Beginn der Untersuchung füllt man die Büchse mit Wasser und klemmt das zu untersuchende Tuch so zwischen die beiden Ringe, daß es die Büchse abschließt. Durch Drücken des Gummiballs steigt das Wasser im Glasrohr und gibt den Druck an, der im System herrscht. Wenn dieser genügend groß geworden ist, so kann man auf der Oberfläche des Tuches Wassertröpfchen bemerken. Die Höhe der Wassersäule wird abgelesen; sie gibt den Grad der Impermeabilität an.

Heermann beschrieb folgende verschiedene Methoden zur Prüfung von wasserdichten Fabrikaten:

1. Beutelprobe. Ein quadratisches Stück des Fabrikates von 50 oder 100 cm Seitenlänge wird mit den vier Ecken so an einem Rahmen befestigt, daß sich ein Beutel bildet. Der Beutel wird dann zu einer bestimmten Höhe mit Wasser von Zimmertemperatur gefüllt. Die Höhe der Wassersäule ändert sich mit der Verwendungsart des Fabrikates. Ein Durchtropfen oder Durchsickern soll während 24 Stunden nicht stattfinden, doch ist es erlaubt, daß das Wasser durchschwitzt. Uniformtuche, Zelttuche, Rucksack- und Brotsacktüche werden nach dieser Methode geprüft, indem man Stücke von 50 cm Seitenlänge nimmt und das Wasser 75 mm hoch einfüllt. Nach 24 Stunden darf das Wasser durchschwitzen, doch soll es nicht abtropfen. Die Bestimmungen für Waggondecken der preußischen Staatsbahnen schreiben vor, daß zur Prüfung Stücke von 100 cm Seitenlänge genommen werden und daß das Wasser 10 cm

¹ Journ. Soc. Dyers u. Col. 1915. S. 50.

hoch eingefüllt wird. Nach 24 Stunden soll kein Durchtropfen zu bemerken sein. Heermann ist der Ansicht, daß eine Prüfung vollkommen genüge. In gewissen Fällen wird jedoch das Stück getrocknet und ein zweites und drittes Mal geprüft, um festzustellen, wie es beim Gebrauch wird.

2. **Berieselungsprobe.** Ein quadratisches Stück Tuch von 50 cm Seitenlänge wird, nachdem man es mehrere Stunden lang einer Luftfeuchtigkeit von 65% ausgesetzt hat, gewogen. Es wird dann glatt auf einen Rahmen gespannt und im Freien schief aufgestellt. Ein Berieselungsapparat, der aus dem Leitungsnetz gespeist wird, wird in einer Entfernung von 6—10 m so aufgestellt, daß die feinen Wassertröpfchen aus 2—3 m Höhe auf das Tuch fallen. Die untere Tuchfläche wird von Zeit zu Zeit auf durchgesickertes Wasser geprüft. Ist sie noch trocken, so setzt man die Berieselung fort. Man notiert sich, nach wie langer Behandlung das Wasser an der unteren Tuchseite erscheint. Nach einstündiger Bewässerung stellt man ab, läßt das Material 5 Minuten trocknen und wägt. Man behauptet, daß, je kleiner die Menge der absorbierten Feuchtigkeit, um so besser die Imprägnierung. Es werden zwei oder drei Prüfungen vorgenommen.

Villa vecchia beschreibt eine Rieselprobe, bei welcher das Fabrikat unter einem Winkel von 25° aufgestellt wird. Man läßt aus 2 m Höhe Wasser mit einer Geschwindigkeit von 31 Tropfen pro Minute so auf die Mitte der Probe spritzen, daß ein Kreis von 3 cm Umfang den Strahlen ausgesetzt ist. Am Schluß der Prüfung soll kein Wasser oder nur ein Minimum den Stoff durchdrungen haben.

Veitch und Jarrel empfehlen nach eingehender Prüfung und Vergleichung der verschiedenen Verfahren zur Untersuchung von wasserdichten Fabrikaten die folgenden Methoden:

Modifizierte Trichterprobe. Man schneide ein quadratisches Stück von 1 Fuß Seitenlänge, wäge, knülle es in der Hand zusammen, gebe die Probe in ein Becherglas von 800 cm^3 und weiche sie 24 Stunden in destilliertem Wasser, aus dem man sie 4—5 mal herausnimmt und zerknüllt. Dann wird sie gestreckt, im Trockenschrank bei 45°C 24 Stunden getrocknet und über Nacht im Laboratorium aufgehängt.

Nun wird wieder zerknüllt, geglättet und mit einem Stück Filtrierpapier von derselben Größe zu einem Kegel zusammengefaltet. Den Kegel bringt man in einen Glastrichter, welchen man über einen graduieren 500-cm³-Zylinder befestigt. Man füllt nun den Trichter genau 10 cm hoch mit Wasser, was einer Flüssigkeitsmenge von 500 cm^3 entspricht. Der Glastrichter hat einen Durchmesser von 15 cm und einen Öffnungswinkel von 60° . Man erhält im Trichter ein konstantes Niveau, indem man einen mit Gummistopfen, durch welchen ein am Ende um 45° abgobogenes Glasrohr geht, mit Wasser füllt und umgekehrt darüber befestigt.

Es werden folgende Beobachtungen gemacht:

1. Die Zeit, die verstreicht, bis das Papier beginnt naß zu werden.
2. Die Zeit, die verstreicht, bis das Papier vollständig benetzt ist.
3. Die Zeit, die verstreicht, bis der erste Tropfen in den Zylinder fällt.

4. Die Wassermenge nach 1, 3, 6 und 24 Stunden.

5. Die Zeit, die es braucht, bis das Fabrikat über dem Wasserspiegel naß wird, und die Stärke der Benetzung.

Wenn nach 24 Stunden noch kein Wasser durchgesickert ist, so wird der mit Wasser gefüllte Trichter 5 cm gehoben und auf die Unterlage zurückfallen gelassen. Dies wiederholt man viermal und mißt die Wassermenge, die dann im Verlauf von evtl. 3 Stunden durchtropft.

Nun nimmt man den Trichter aus seinem Halter, schüttelt das Wasser vorsichtig aus, nimmt Stoff und Papier heraus und trennt sie. Der Stoff wird glatt gestrichen und beobachtet, ob

1. das Papier trocken, feucht oder naß ist;
2. das Tuch an seiner Außenseite trocken, feucht oder naß ist oder ob das Wasser nur durchschwitzte.

Der nach dieser Methode bestimmte Wasserwiderstand der Fabrikate wird nach folgender Skala bewertet:

Sehr hoch, 10. Das Muster wird im Verlauf von 24 Stunden oberhalb des Wasserspiegels nicht naß. Es tropft kein Wasser durch und auch kein Durchschwitzen ist zu bemerken. Das Filterpapier unter der Probe bleibt trocken und wird höchstens an den Faltstellen schwach befeuchtet.

Hoch, 9. Das Fabrikat wird über dem Wasserspiegel im Verlauf von 24 Stunden nicht naß. Das Durchschwitzen ist genügend rasch, um das ganze Stoffstück mit Tröpfchen zu überziehen, und dies tritt besonders an den Faltstellen ein. Das Filterpapier wird naß.

Hohes Mittel 7 und 8. Das in 6 Stunden durchtropfende Wasser beträgt 1—5 cm³. In 24 Stunden 1—25 cm³.

Mittel 5 und 6. Die in 6 Stunden durchtropfende Wassermenge beträgt 5—25 cm³. In 24 Stunden 25—50 cm³.

Tiefes Mittel 3 und 4. Das in 6 Stunden durchtropfende Wasser beträgt 25—75 cm³. In 24 Stunden 50—150 cm³.

Tief 1 und 2. Das Fabrikat wird über dem Wasserspiegel schnell naß. Das in 6 Stunden durchtropfende Wasser beträgt 75—100 cm³. In 24 Stunden 150—300 cm³.

Zu vernachlässigen 0. Das in 24 Stunden durchtropfende Wasser überschreitet 300 cm³.

Modifizierte Berieselungsmethode. Man trockne die bei der Trichterprüfung verwendete Probe 24 Stunden lang bei 45°, lasse sie über Nacht im Laboratorium hängen und spanne sie dann lose in einen Rahmen. Der Rahmen wird unter einem Winkel von 45° aufgestellt. Man läßt nun 24 Stunden lang reines Wasser aus 6 Fuß Höhe so auf die Mitte des Tuches fallen, daß eine Fläche von ungefähr 20 cm² Umfang getroffen wird. Man verwendet hierzu eine Brause, die 25 Löcher von 1,9 mm Durchmesser hat. Der Austritt des Wassers wird so reguliert, daß ungefähr 1 l pro Minute durchfließt.

Man beobachte die Unterseite des Fabrikats nach 5 Minuten, einer halben Stunde, 1, 3, 7 und 24 Stunden. Man notiere bei jeder Beobachtung, ob die untere Fläche trocken, feucht oder naß ist und gleichzeitig Wasser abtropft.

Auch hier beurteilt man die Güte des Fabrikates nach folgender Zehnerskala:

10. Die untere Fläche der Probe bleibt 24 Stunden lang trocken.
9. Die untere Fläche bleibt 7 Stunden lang trocken, wird aber in 24 Stunden feucht oder naß, ohne daß jedoch ein Tropfen eintritt.
8. Die untere Fläche bleibt 7 Stunden lang trocken, wird aber in 24 Stunden feucht oder naß, das Wasser tropft ab.
7. Die untere Fläche bleibt 3 Stunden trocken, wird aber in 7 Stunden feucht oder naß. Das Wasser tropft ab.
6. Die untere Fläche bleibt eine Stunde trocken, wird aber nach 3 Stunden feucht oder naß. Kein Tropfen.
5. Die untere Fläche bleibt 1 Stunde trocken, wird aber nach 3 Stunden feucht oder naß. Das Wasser tropft ab.
4. Die untere Fläche bleibt $\frac{1}{2}$ Stunde trocken, wird aber in 1 Stunde feucht oder naß. Kein Tropfen.
3. Die untere Fläche bleibt $\frac{1}{2}$ Stunde trocken, wird aber in 1 Stunde feucht oder naß. Das Wasser tropft ab.

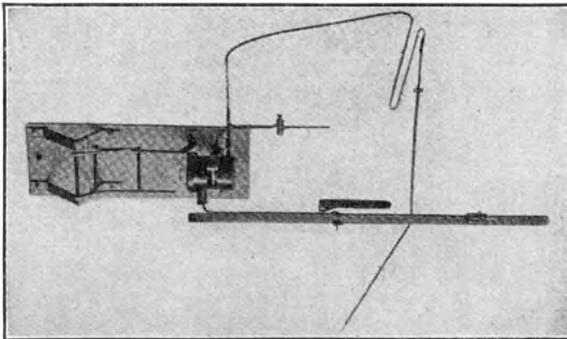


Abb. 387. Apparat von MacIntosh zur Prüfung von wasserdichten Fabrikaten.

2. Die untere Fläche bleibt 5 Minuten trocken, wird aber in $\frac{1}{2}$ Stunde feucht oder naß. Kein Tropfen.
1. Die untere Fläche bleibt 5 Minuten trocken, wird aber in $\frac{1}{2}$ Stunde feucht oder naß. Das Wasser tropft ab.
0. Die untere Fläche ist schon nach 5 Minuten feucht und das Wasser tropft ab.

Es scheint, daß die Verhältnisse bei der Berieselungsprobe denjenigen eines wirklichen Regens besser angepaßt sind als bei der Trichterprobe.

Abb. 387 zeigt den Apparat von MacIntosh zur Prüfung von wasserdichten Materialien. Das zu untersuchende Tuch wird in quadratische Form geschnitten und so im Apparat befestigt, daß es kräftig gegen die Unterseite des kleinen Druckzylinders gepreßt wird. Man läßt nun durch Zufließen von Wasser den Druck allmählich steigen und liest am Manometer ab. Vermittels eines Spiegels beobachtet man das Verhalten des Fabrikates. Die maximale Widerstandsfähigkeit des Stoffes

wird bestimmt, indem man den Druck abliest, der beim Erscheinen des ersten Wassertropfens herrscht. Zum Vergleich sei gesagt, daß der stärkste Regen einen Druck von 30 cm Wassersäule nicht übersteigt.

10. Prüfung der imprägnierten Stoffe auf ihre Neigung, spontan zu verbrennen. Die zur Imprägnierung verwendeten Materialien haben oft die Eigenschaft, den Stoff sehr leicht entzündlich zu machen. Öle, die leicht Sauerstoff aufnehmen, können, wenn sie in größeren Mengen verwendet werden, so starke Hitze entwickeln, daß der Stoff in Brand gerät. Bei Mineralölen ist dies allerdings nicht der Fall, aber sie bilden einen geeigneten Brennstoff und ihre Dämpfe sind sehr leicht entzündlich. Die hauptsächlichste Gefahr bei der Zusammensetzung von Imprägnierungsmitteln besteht in der Verwendung von Leinöl, welches schon an und für sich leicht Sauerstoff unter Erwärmung aufnimmt, was in Gegenwart von Substanzen, die die Sauerstoffaufnahme begünstigen, noch in vermehrtem Maße der Fall ist. So entsteht in Anwesenheit von Oxydationsmitteln, Katalyten und hauptsächlich durch die Porosität des geölten Materials die größte Gefahr einer vollständigen Zerstörung des Stoffes. Es tritt dies meist schon während der Imprägnierung oder kurz nachher auf.

Obschon man, um die Fabrikate vor der Entzündung zu schützen, bei der Imprägnierung mit Ölen, von denen man weiß, daß sie oxydierbar sind, immer von Zeit zu Zeit gewisse rohe Prüfungen vornimmt, so fehlt es doch an einer Norm, aus der man mit Sicherheit feststellen kann, ob das Produkt wirklich sicher ist oder nicht. Zu diesem Zwecke kennt man keinen besseren Apparat als den von Mackey zur Prüfung der Endzündlichkeit von Ölen konstruierten¹. Man hat durch viele Versuche festgestellt, daß dieser allen andern zum gleichen Zwecke vorgeschlagenen Konstruktionen überlegen ist.

Der Apparat besteht aus einem zylindrischen mit Wassermantel versehenen Ofen von folgenden Dimensionen: Außenseite 20 cm hoch, 15 cm Durchmesser; Innenseite $17\frac{1}{2}$ cm hoch und 10 cm Durchmesser. Oben wird der Apparat mit einem Deckel, der am Rande isoliert ist und 3 Löcher hat, verschlossen. In das zentrale Loch kommt ein Thermometer und in den beiden anderen Löchern werden Kupferröhren von 1,25 cm Durchmesser so angebracht, daß die eine 15 cm in den Ofen hineinreicht, während die andere sich gleichhoch darüber erhebt. Diese Röhren haben den Zweck, im Apparat einen konstanten Luftstrom aufrechtzuerhalten. Im Innern des Apparates ist ein Zylinder aus Drahtnetz von 15 cm Länge und 3 cm Durchmesser angebracht. Die Probe wird fein zerschnitzelt in den oberen Teil des Drahtzylinders gebracht und das Thermometer so hineingesteckt, daß die Quecksilberkugel sich in der Mitte der Masse befindet. Das Wasser wird zum Sieden erhitzt und Zylinder und Thermometer werden in den Apparat gebracht. Das Kochen wird fortgesetzt und nach einer Stunde liest man die Temperatur ab, was man nun jede Viertelstunde wiederholt. Man kann sich den Zylinder auch ersparen, wenn man ein Tuchstück von ungefähr

¹ Journ. Soc. Chem. Ind. 1896, S. 90, und 1907, S. 185.

10 zu 100 cm direkt um das Thermometer wickelt. Wenn das geprüfte Fabrikat in 1 Stunde die Temperatur 100°C oder in $1\frac{1}{2}$ Stunde 120°C erreicht, so ist es als gefährlich zu betrachten.

11. Prüfung der wasserdichten Fabrikate auf ihr Verhalten gegen extreme klimatische Einflüsse. Diese Prüfung ist von besonderer Wichtigkeit. Einem guten Material soll man Temperaturschwankungen von -20°C bis $+50^{\circ}\text{C}$ zumuten können. Die Einwirkung der Hitze kann man leicht mit Hilfe eines Ofens feststellen. Clark stellt eine Kältemischung aus Kochsalz und feinem Eis her und erreicht damit ungefähr -20°C . Paraffinierte Tuche sind oft bei tiefen Temperaturen sehr brüchig, während einige der verwendeten Substanzen bei höheren Temperaturen sehr klebrig und sogar flüchtig werden. Man muß mindestens 8 Stunden lang erhitzen und nachher den Widerstandswert gegen Wasser bestimmen. Auch muß man die Einwirkung des Sonnenlichtes in Betracht ziehen. Und wenn es angängig ist, sollte man das Produkt 48—72 Stunden dem Lichte einer Quecksilber- oder Bogenlampe aussetzen. Bei dieser Behandlung werden einige Fabrikate ihre Wasserdichte vollständig verlieren.

12. Prüfung der Fabrikate auf Dauerhaftigkeit. In der Regel ist es üblich, daß man von Fabrikaten die Reißfestigkeit von Schuß und Kette bestimmt. Jedoch liefert diese Methode keine Maße für die Dauerhaftigkeit des Produktes beim Tragen. Zu diesem Zwecke gibt Kertes z folgende Methode an: Tuchstücke, in der Kettenrichtung 23 cm lang und in der Schußrichtung 32 cm breit, werden $\frac{3}{4}$ Stunde bei 94°C mit der 40fachen Menge des Tuchgewichtes und 10%iger Salzsäure behandelt. Das Stück darf während der Behandlung nicht zusammengelegt werden. Es wird mit destilliertem Wasser gespült, bis es neutral ist, abgepreßt und im Soxhlet $4\frac{1}{2}$ Stunden mit Alkohol extrahiert. Dann preßt man aus, spült, preßt wieder aus und trocknet schließlich 2 Stunden lang bei 70°C . Nach dem Trocknen gibt man die Probe noch $\frac{1}{2}$ Stunde in einen Ofen von 25°C , bevor man die Reißfestigkeit prüft. Die Stücke werden in 6 Streifen von je 5 cm Breite geschnitten und diese in einer Streckmaschine geprüft. Die Prüfungen vergleicht man mit einem Normaltuch, indem man die Anzahl Umdrehungen vergleicht, die nötig sind, um den Stoff zum Reißen zu bringen.

13. Prüfung der Dichte von Ballontuchen. Ein Verfahren zur Ausführung dieser Probe wird von Edwards und Pickering¹ folgendermaßen beschrieben: Das zu prüfende Fabrikat wird zwischen die zwei Hälften einer runden Metallzelle geklemmt, so daß es diese in zwei Räume trennt. Durch den einen dieser Räume leitet man einen reinen trockenen Wasserstoffstrom, so daß die eine Seite des Tuches unter einem Wasserstoffdruck steht, der 30 mm Wassersäule höher ist als auf der andern Seite, wo man trockenes Kohlensäuregas durchleitet. Das ganze System wird in ein Bad gebracht, in welchem es auf einer konstanten Temperatur von 25°C gehalten wird. Der Wasserstoff, der das Fabrikat durchdringt, wird vom Kohlensäurestrom mitgerissen; dieser über Kali-

¹ Jour. Ind. Eng. Chem. 1919, S. 966.

lauge aufgefangen. Das im Zylinder aufgefangene Gas besteht aus Wasserstoff und Spuren von Luft, die im Kohlendioxyd zugegen war. Der Wasserstoffgehalt wird in einer Explosionsbürette bestimmt.

14. Prüfung der Wärmeleitfähigkeit von Fabrikaten. Eine Menge von Verfahren sind zu diesem Zwecke vorgeschlagen worden und das Zentrale Prüfungsbureau empfiehlt die folgende Methode: Eine Kupferflasche mit flachem Boden von 5,5 cm Durchmesser wird mit Baumwolle und einem isolierenden Futteral überzogen. Das Ganze stellt man auf einem Stück Filz auf einen Holzblock. In die Flasche bringt man 200 cm³ heißes Wasser und heizt so lange mit Dampf, bis die Temperatur 100° beträgt. In diesem Moment bringt man ein Thermoelement zwischen Flasche und Filz und notiert während 90 Minuten alle 2 Minuten die Temperatur. Nun wiederholt man den Vorgang, indem man zwischen Flaschenboden und Filz ein Stück des zu untersuchenden Materials bringt. Die Prüfungen zeigten keine Beziehungen zwischen den hitzeschützenden Eigenschaften des Materials und seiner Art, Dicke, Dichte usw. Daher ist die Bedeutung dieser Untersuchung nur eine relative.

XXVIII. Analyse von Fasern und Garnen in Fabrikaten.

1. Die mikroskopische Untersuchung der Fabrikate. Höhnel beschreibt die folgende, für die mikroskopische Untersuchung von Textilmaterialien zu verwendende Methode, nach welcher die Fasern nicht nur qualitativ, sondern auch quantitativ bestimmt werden. Im Hinblick auf die qualitative Voruntersuchung braucht man in der Regel nur wenige Fasern in Betracht zu ziehen, da in ein und demselben Fabrikat selten mehr als 1—4 verschiedene Textilstoffe vorkommen. In der Regel wird man nur Baumwolle, Lein, Hanf, Jute, Ramie, Schafwolle, Ziegenhaar, Kuhhaar, Angora, Alpaka, Kaschmir, Lama, Seide und Tussahseide finden. In Wollmaterialien sind noch Kosmos und Shoddy in Betracht zu ziehen.

Zur Untersuchung schneide man sich aus dem Gewebe ein Muster von 2—3 cm² heraus und trenne es in seine Einzelfasern. Das Muster muß groß genug sein, um alle in dem Gewebe enthaltenen Garnarten aufzuweisen, daher muß es bei großen Zeichnungen ziemlich groß genommen werden. Die beim Zertrennen erhaltenen Fäden legt man so zusammen, daß Schuß und Kette getrennt sind, und nimmt nun von jedem Häufchen eine Faser zur Untersuchung. Im einfachsten Falle ist für Schuß und Kette nur je eine Faserart verwendet worden, so daß nur die Untersuchung von 2 verschiedenen Garnen nötig ist. In komplizierten Fällen können aber 10 und mehr verschiedene Garne vorliegen. In Wollfabrikaten findet man oft Garne, welche aus 2—3 verschiedenen Fäden zusammengedreht sind. Diese muß man aufdrehen und jeden Faden für sich untersuchen.

Um gute Resultate zu erzielen, muß der Untersuchende eine genügend große Geschicklichkeit in der Fasermikroskopie besitzen, um bei schwachen Vergrößerungen die in Betracht kommenden Fasern mit Sicherheit

identifizieren zu können. Unter schwacher Vergrößerung ist eine 50—60fache gemeint. Eine viel stärkere Vergrößerung kommt in diesem Falle, wo man Hunderte, ja Tausende von Fasern zu betrachten hat, nicht in Betracht. Man muß 10—20 Fasern oder mehr auf einmal im Gesichtsfeld haben, und es ist nun notwendig, die verschiedenen vorhandenen Arten sofort zu sehen.

Es ist klar, daß man bei einer stärkeren Vergrößerung die Einzelfaser besser herausfindet, aber man verliert dabei den allgemeinen Überblick und es tritt die Gefahr ein, daß man ganze Faserbündel übersieht. Wenn man dann eine Faser findet, die man bei so schwacher Vergrößerung nicht identifizieren kann, so ist es leicht, das Objektiv so zu drehen, daß man eine stärkere Vergrößerung erhält. Nach erfolgter Identifizierung der Faser setzt man die Untersuchung wieder mit der schwachen Vergrößerung fort.

Dunkelgefärbte Materialien bestehen oft größtenteils aus undurchscheinenden Fäden, die daher fast schwarz und strukturlos aussehen. Hier ist es nun notwendig, den Farbstoff wenigstens teilweise zu entfernen. Dies geschieht gewöhnlich durch Kochen in Essigsäure, Salzsäure, verdünnten Laugen, Kaliumkarbonat usw., bis der Ton genügend hell ist.

Will man sehr genaue Untersuchungen anstellen, so muß man jede Fadenart sowie die Fasern, aus denen sie sich zusammensetzen, einzeln untersuchen. Um die Einzelheiten einer solchen Untersuchung zu zeigen, sei folgendes Beispiel gegeben: Beim Zertrennen einer Probe hat man vier verschiedene Kettenfäden und einen Schußfaden gefunden. Der eine der Kettenfäden war aus zwei Komponenten zusammengesetzt, von denen die eine schwarz (K_1a) und die andere weiß (K_1b) war. Zwei Kettenfäden waren dunkelblau (K_2 und K_3) und der vierte war ein graues Gemisch (K_4). Der Schußfaden war blau (E). Bei der Untersuchung erhielt man folgende Resultate:

K_1a enthielt 85 Shoddyfasern (meist schwarz, einige gelb und rot, hie und da grüne Wollfasern und 13 Baumwollfasern).

K_1b enthielt 31 reine, weiße Wollfasern.

K_2 und K_3 enthielten je 46 und 53 reinblaue Wollfasern.

K_4 enthielt 60 Shoddyfasern, von denen 32 meist graue oder schwarze Wollfasern und 28 graue Baumwollfasern waren.

E enthielt 60 blaue Wollfasern.

Danach waren in dieser Probe $85 + 31 + 46 + 53 + 60 = 275$ einzelne Kettenfasern und $60 \times 4 = 240$ Schußfasern oder insgesamt 515 Einzelfasern. Von diesen sind 31 Baumwolle, welche man im Shoddy fand, 145 Shoddy. Daraus folgt, daß in einem Muster dieses Fabrikates, in dem die Längen von Schuß und Kette gleich sind, 41 Baumwollfasern, 104 Shoddywollfasern und 370 reine Wollfasern sind, die sich prozentual folgendermaßen verteilen:

Baumwolle.	8,0 %
Shoddywolle.	20,2 „
Reine Wolle.	71,8 „
	<hr/>
	100,0 %

Dies ist natürlich nur der relative Prozentgehalt in bezug auf die Anzahl der Fasern. Will man einen ungefähren Überblick über die Gewichtsverhältnisse haben, so muß man die Woll- und Baumwollfasern mikrometrisch messen. Wenn man in Betracht zieht, daß Wolle ungefähr den doppelten Querschnitt der Baumwolle hat, so ist es ziemlich leicht, das Verhältnis zwischen den beiden Fasern zu berechnen, woraus man dann die Gewichtsverhältnisse unter der Annahme, daß die spezifischen Gewichte von Wolle und Baumwolle ungefähr gleich sind, bestimmen kann.

2. Analyse von Garnen in Tuch. Dale (Textile World) gibt folgendes Schema für die Analyse der Garnmengen in Tuchen: Ein Tuchmuster von der Oberfläche von $\frac{1}{300}$ □ yard (4,32 □ inches) wird in Grains abgewogen. Man kann dieses Muster in jeder beliebigen Form schneiden, doch ist ein Rechteck von $1,8 \times 24$ inches am zweckmäßigsten. Bei großer Musterung nimmt man eine größere Probe und rechnet dann das Gewicht auf $\frac{1}{300}$ □ yard um.

Hat man das Gewicht von $\frac{1}{300}$ □ yard und die Anzahl der Schuß- und Kettenfäden bestimmt, so werden die „straight line“-Berechnungen folgendermaßen durchgeführt:

1. Mittlere Baumwollgarnzahl = Fäden pro inch \div Grains pro $\frac{1}{300}$ □ yard. Die Baumwollgarnzahl jeder einzelnen Fadengruppe kann nach derselben Methode bestimmt werden, nachdem man separat gezählt und gewogen hat.

2. Mittlere Baumwollgarnzahl = (Faden pro inch \times □ yards pro Pfund) \div $23\frac{1}{2}$.

3. Mittlere Baumwollgarnzahl = (Faden pro inch \times 24) \div (Ohmes pro □ yard \times 35).

4. Unzen pro laufendes yard $52\frac{1}{2}$ inches dick = Grains pro $\frac{1}{300}$ □ yard, keine Rechnung nötig.

5. Unzen per laufendes yard = (Grains per $\frac{1}{300}$ □ yard \times Durchmesser in inches) \div $52\frac{1}{2}$.

6. Unzen per □ yard = (Grains per $\frac{1}{300}$ □ yard \times 36) \div $52\frac{1}{2}$.

7. Unzen per □ yard = (Grains per $\frac{1}{300}$ □ yard \times 300) \div $437\frac{1}{2}$.

8. Grains per □ yard = 7000 \div □ yards pro Pfund.

9. □ yard pro Pfund = 16 \div Unzen pro □ yard.

10. □ yard pro Pfund = 840 \div (36 \times Grains pro $\frac{1}{300}$ □ yard).

11. □ yard pro Pfund = 7000 \div (300 \times Grains pro $\frac{1}{300}$ □ yard).

12. Laufende Yards pro Pfund = 840 \div (Durchmesser in inches \times Grains per $\frac{1}{300}$ □ yard).

13. Wollgarnzahl = Baumwollgarnzahl \times $0,52\frac{1}{2}$.

14. Kammgarnzahl = Baumwollgarnzahl \times $1\frac{1}{2}$.

15. Lein- oder Wollcut = Baumwollgarnzahl \times 2,8.

Die Garnzahl wird für gesponnene Baumwolle, Wolle, Kammgarne und Lein aus der Zahl für fertiges Garn berechnet, indem man die Längen und Gewichtsveränderungen in Betracht zieht. In folgenden Formeln werden diese Veränderungen durch das Eingehen des fertigen Tuches in Prozenten ausgedrückt.

Wenn das gesponnene Garn beim Weben um 10 % eingeht oder an Gewicht verliert, so ist das des fertigen Tuches 90 %.

16. Nummer des gesponnenen Garns = Nummer des beschwerten Garns ÷ Eingehen in Prozent.

17. Nummer des gesponnenen Garns = Nummer des beschwerten Garns × Gewichtszunahme in Prozent.

18. Nummer des gesponnenen Garns = Nummer des beschwerten Garns × Gewichtszunahme in Prozent ÷ Eingehen in Prozent.

3. Bestimmung der Nummern von Garnen. Garne werden als grob oder fein bezeichnet, je nach ihrer relativen Dicke oder dem Gewicht pro gegebene Länge. Man nennt dies die Nummer oder den Count des Garns. Je nach dem Charakter der Faser (Wolle, Seide, Baumwolle, Lein usw.) und dem Orte, wo das Garn versponnen wurde, verwendet man eine große Anzahl verschiedener Standards zur Bestimmung der Garnzahlen. Zur Numerierung von Woll-, Kamm- und Baumwollgarn ist wohl auf der ganzen Welt das englische System am gebräuchlichsten. Während Seidengarne auf dem europäischen Kontinent hauptsächlich nach dem französischen System bewertet werden.

Die Bestimmung der Garnnummer beruht auf zwei Methoden: a) Man nimmt das Gewicht einer festgesetzten Garnlänge und nennt in diesem Falle das Gewicht einer Standardlänge die Nummer des Garns. Diese Methode wird besonders bei Seide angewendet. b) Die Längen eines bestimmten Gewichtes, in diesem Falle die Garnnummern, sind abhängig von gewissen angenommenen Gewichten. Das englische System verwendet die englischen und das metrische System die metrischen Gewichte. Diese Methode findet Verwendung für Garne aus Wolle, Baumwolle, Lein usw.

Nach dem englischen Standard hat ein Garn Nr. 1 folgende Längen in yards per Pfund:

Baumwolle	840 yards
Lein	300 „
Wolle	1600 „
Kammgarn	560 „
Gesponnene Seide	840 „

Folgende Tabelle gibt die äquivalenten Nummern verschiedener Garne für das gleiche Gewicht pro yard:

Baumwolle (Stränge zu 840 yards)	Lein (Cuts zu 300 yards)	Wolle (Runs zu 1600 yards)	Kammgarn (Stränge zu 560 yards)	Seide (yards pro Unze)
1	2,8	0,525	1,5	52,5
0,357	1	0,187	0,54	18,7
1,9	5,3	1	2,85	100,0
0,66	1,85	0,346	1	34,6
0,019	0,053	0,01	0,029	1

Um das Gewicht einer vorgeschriebenen Garnlänge zu bestimmen, kann man sich einer gewöhnlichen Waage bedienen. Es werden jedoch spezielle Garnwaagen hergestellt, die je nach dem System verschieden graduert sind und so erlauben, die Nummern des Garns direkt abzulesen.

Es ist sehr zu bedauern, daß man für die Numerierung der Garne kein einheitliches System hat. So wie die Sache heute liegt, ist der Zustand eher chaotisch, denn jede Faser hat ihr eigenes System und dieses ist wieder je nach dem Herkunftsorte verschieden. In letzter Zeit sind viele Versuche gemacht worden, das metrische System, welches am geeignetsten und logischsten ist, einzuführen, jedoch war der Erfolg nicht der gewünschte. Es wurde auch vorgeschlagen, einen einheitlichen englischen Standard festzusetzen, in welchem die Längeneinheit 1000 yards und die Gewichtseinheit 1 Pfund betragen sollte, so daß dann die Nummer des Garns angäbe, wieviel 1000 Yardeinheiten in einem Pfund enthalten sind. Dieses System würde die gegenwärtig sehr komplizierten Methoden bedeutend vereinfachen. Da aber die Apparaturen in Übereinstimmung mit den gegenwärtigen Standardzahlen konstruiert sind und die Preise für Garne ebenfalls darauf basieren, so würde eine jede radikale Änderung der Umnummerierung eine vollständige Umwälzung der genannten Textilindustrie zur Folge haben und daher ist jeder diesbezügliche Vorschlag von vornherein erfolglos.

Man hat festgestellt, daß Prüfungen von Garn zur Feststellung der Nummer verschiedene Resultate geben, die durch den Feuchtigkeitsgehalt der Probe und der Luft bedingt sind. So wurde gefunden, daß bei einem Muster von normaler grauer Baumwolle, welches während 3 Monaten periodisch beobachtet wurde, die Feuchtigkeit von 6—10% variierte. Nimmt man nun an, es sei ein 40er Garn gewesen, so entspricht dies einer Veränderung zwischen den Nummern 40 und 39.

Bei der Besprechung des Einflusses der Feuchtigkeit auf die Festigkeitsprüfungen von Woll-, Baumwoll- und Leinentuchen wurde gezeigt, daß die Festigkeit in beträchtlichem Maße von den atmosphärischen Bedingungen, denen das Tuch vor der Prüfung ausgesetzt wurde, abhängt. Stücke wurden längs der Kette in 6 Streifen auf ihre Festigkeit geprüft. Ein gewöhnlicher grauer Baumwoll-drill zeigte eine Zunahme oder Abnahme der Festigkeit, je nachdem der Feuchtigkeitsgehalt der Luft größer oder kleiner war. Die Festigkeit variierte um 12—18%. Ein Wollmuster zeigte eine Abnahme oder Zunahme der Festigkeit, je nachdem die Luftfeuchtigkeit zu- oder abnahm, die um 14% variierte. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, bei diesen Prüfungen einheitliche Feuchtigkeitsbedingungen und wahrscheinlich auch Temperaturen anzuwenden, und man kann von einem Material nicht sagen, es entspreche den Angaben nicht, bevor man es unter den genau gleichen Bedingungen untersucht hat, wie sie bei der Feststellung der Angaben zugegen waren.

Das allgemeine Prinzip für die Bestimmung der Garnnummer besteht darin, daß man eine bestimmte Anzahl Meter (beim metrischen System) oder Yards (beim englischen System) Garn aufhaspelt und das Gewicht des so erhaltenen Stranges bestimmt. Die Anzahl solcher Stränge, die nötig sind, um das Standardgewicht zu bilden, geben die Nummer des Garnes.

Die Anzahl Yards verschiedener Garne, welche folgende Gewichte in Grains haben, ist die englische Nummer der Garne:

Baumwollfasern . . .	8,330 Grains	Kammgarn	12,500 Grains
Wollgarn	4,375 „	Leinengarn	23,330 „

4. Die Nummern des Baumwollgarns. Die Nummer des Baumwollgarns ist bestimmt durch die Anzahl Stränge von 840 yards Länge, die in einem englischen Pfund enthalten sind. Es ist dies die Grundlage des englischen Systems, welches in England, Amerika, Deutschland, Indien und der Schweiz durchweg in Gebrauch ist. Die französische Nummerierung beruht auf dem metrischen System, und man rechnet, wieviel Stränge von 1000 m Länge in 500 g enthalten sind. Zur Umrechnung vom französischen ins englische System und umgekehrt dienen folgende Faktoren:

$$\begin{aligned} \text{Englische Nummern} &= \text{Französische Nummern} \times 1,18 \\ \text{Französische Nummern} &= \text{Englische Nummern} \times 0,847 \end{aligned}$$

In Belgien berechnet man die Anzahl 840 Yardstränge in 500 g, in Österreich die Anzahl 950 Ellenstränge in 500 g. Doppelte oder gewirnte Garne werden in derselben Weise angegeben wie einzelne Fäden, nur gibt man bei ihnen noch die Fadenzahl an. Z. B.: Wenn 2 Einzelfäden mit der Nummer 20 zusammengedreht sind, so bezeichnet man das Garn als 2—20 oder $2^{20/20}$ oder $2^{20/2}$, ein dreifaches Garn wäre 3—20 oder $3^{20/20}$ oder $3^{20/3}$ usw. Je nach der Nummer der Fäden verlieren die Garne beim Zusammendrehen von 2 Fäden 2,5—6% an Länge, werden dafür aber entsprechend dicker. Garne, welche mehr als 2 Einzelfäden besitzen, nennt man Nähfäden oder Cord.

Um nicht 840 yards aufwickeln zu müssen, teilt man den Strang in 7 „leas“ von je 120 yards. Der dazu verwendete Haspel hat einen Umfang von $1\frac{1}{2}$ yard (54 inches), daher entspricht ein Lea (oder lay) 80 Umdrehungen der Winde. Wir haben folgende Beziehungen:

$$\begin{aligned} 1 \text{ Faden} &= 1\frac{1}{2} \text{ yard,} & 7 \text{ leas} &= 1 \text{ Strang } 840 \text{ yards.} \\ 80 \text{ Faden} &= 1 \text{ lea} = 120 \text{ yards,} \end{aligned}$$

Vergleichende Tabelle der französischen und englischen Garnnummern.

Franz.	Engl.	Franz.	Engl.	Franz.	Engl.	Franz.	Engl.
1	1,18	11	12,1	21	24,8	32	37,8
2	2,23	12	14,2	22	26,0	34	40,1
3	3,54	13	15,3	23	27,2	36	42,5
4	4,72	14	16,5	24	28,3	38	44,8
5	5,90	15	17,7	25	29,5	40	47,2
6	7,80	16	18,9	26	30,7	45	52,1
7	8,26	17	20,1	27	31,8	50	59,0
8	9,44	18	21,2	28	33,0	55	64,9
9	10,62	19	22,4	29	34,2	60	70,8
10	11,80	20	23,6	30	35,4		

Die feinste Nummer Baumwollgarn, die man im Handel antrifft, ist 240. Nummern, welche höher sind als diese, werden kaum in größeren Mengen gesponnen. Bis zu 20 bezeichnet man die Nummern mit fortlaufenden Zahlen wie 1, 2, 3, 4, 5 usw., während man oberhalb 20 nur gerade Zahlen wie 22, 26, 30 verwendet. Oberhalb 60 nehmen die Nummern von 5 zu 5,

¹ Lies: zwanzig dreifach.

also 65, 70, 75 usw., und oberhalb 100 von 10 zu 10 zu. Die dicksten in der Weberei verwendeten Garne sind Nr. 6 und 8, noch dickere benutzt man für Seilereizwecke, Lampendochte usw.

Folgende Schwankungen über und unter die vorgeschriebenen Zahlen, welche die Nummern der verschiedenen Garne ausmachen, sind erlaubt:

1. Baumwollgarne Nr. 1—10, englische	2,5 %
Abfallgarn inklusive sog. „Imitationsgarne“ bis zu Nr. 6	4,0 „
Baumwollgarne Nr. 11—20	2,0 „
„ „ 21—40	2,5 „
„ „ über Nr. 40	3,0 „
2. Kammgarn	1,5 „
3. Gekrämpelte Garne	2,5 „
Shoddy aus Wolle	4,0 „
4. Gemischtes Woll- und Baumwollgarn	2,5 „
„ „ „ Seidengarn	1,5 „
5. Leinengarn	2,5 „
6. Jutegarn	3,0 „

Die folgende Tabelle gibt die Nummern von Baumwollgarnen aus dem Gewichts in Grains von 120 yards.

Gewicht von 120 yards in Grains	Nr. des Garns	Gewicht von 120 yards in Grains	Nr. des Garns	Gewicht von 120 yards in Grains	Nr. des Garns	Gewicht von 120 yards in Grains	Nr. des Garns
1	1000	15	67	27	37	50	20
2	500	15,5	65	27	36,5	52	19
3	333	16	63	28	36	54	18,5
4	250	16,5	61	28,5	35	56	18
5	200	17	59	29	34,5	58	17
5,5	181	17,5	57	29,5	34	62	16
6	167	18	56	30	33,5	66	15
6,5	154	18,5	54	30,5	33	70	14
7	143	19	53	31	32,5	74	13,5
7,5	133	19,5	51	31,5	32	78	13
8	125	20	50	32	31	83	12
8,5	118	20,5	49	33	30	91	11
9	111	21	48	34	29,5	100	10
9,5	105	21,5	47	35	29	111	9
10	100	22	45	36	28	125	8
10,5	95	22,5	44	37	27	143	7
11	91	23	43	38	26	167	6
11,5	87	23,5	42,5	39	25,5	200	5
12	83	24	42	40	25	250	4
12,5	80	24,5	41	41	24,5	334	3
13	77	25	40	42	24	500	2
13,5	74	25,5	39	44	23	1000	1
14	71	26	38	46	22		
14,5	69	26,5	37,5	48	21		

Eine kurze Methode, um die Nummer eines Baumwollgarns zu bestimmen, wenn man nur wenig Material zur Verfügung hat, besteht darin, 12 yards des Garns abzuwägen und das Gewicht in 100 zu teilen. So ist z. B., wenn 12 yards 5 grains wiegen, die Nummer $100 : 5 = 20$.

Die nächste Tabelle vergleicht die Nummern der verschiedenen Baumwollgarne.

Nr.	Yards per Pfund	Gewicht von 1000 yards in Unzen	Nr.	Yards per Pfund	Gewicht von 1000 yards in Unzen	Nr.	Yards per Pfund	Gewicht von 1000 yards in Unzen
4	3360	4,76	16	13440	1,19	36	30240	0,517
6	5040	3,18	18	15120	1,065	40	33600	0,476
8	6720	2,38	20	16800	0,952	44	36960	0,433
10	8400	1,90	24	20160	0,795	50	42000	0,380
12	10080	1,59	28	23520	0,695	60	50440	0,317
14	11760	1,39	32	26880	0,595	80	67200	0,238

Um für irgendein Baumwollgarn die Anzahl Yards pro Unze zu erhalten, multipliziert man die Nummer mit dem Faktor $52\frac{1}{2}$; z. B. 30er Baumwollfaden entspricht $30 \times 52\frac{1}{2} = 1575$ yards pro Unze. Die Rechnung kann abgekürzt werden, indem man zu der halben Garnnummer 5% addiert und mit 100 multipliziert, z. B. 30er Faden entspricht $15 + 0,75 = 15,75 \times 100 = 1575$ yards pro Unze.

5. Wollgarne. Die englische Numerierung des Wollgarns basiert auf der Anzahl „Runs“ im Pfund. Ein Run ist 1600 yards. Da dieses nun gleichwertig ist der Anzahl 100-Yardlängen in einer Unze, so ist das Runsystem zur Berechnung des Garngewichtes in Unzen sehr praktisch. So entspricht $1\frac{1}{4}$ Run 125 yards pro Unze. Nachfolgende Tabelle gibt die „Runs“ oder Nummern von Wollgarnen in bezug auf das Gewicht von 20 yards in Grains.

20 yards Gewicht in Grains	Runs								
1	87,5	21	4,2	41	2,13	61	1,43	81	1,08
2	43,7	22	4,0	42	2,08	62	1,41	82	1,07
3	29,2	23	3,8	43	2,03	63	1,38	83	1,05
4	21,9	24	3,6	44	1,99	64	1,37	84	1,04
5	17,5	25	3,5	45	1,94	65	1,35	85	1,03
6	14,6	26	3,4	46	1,90	66	1,33	86	1,02
7	12,5	27	3,2	47	1,86	67	1,31	87	1,01
8	10,9	28	3,1	48	1,82	68	1,29	88	0,99
9	9,7	29	3,0	49	1,79	69	1,27	89	0,98
10	8,7	30	2,9	50	1,75	70	1,25	90	0,97
11	7,9	31	2,8	51	1,72	71	1,23	91	0,96
12	7,3	32	2,7	52	1,68	72	1,22	92	0,95
13	6,7	33	2,6	53	1,65	73	1,20	93	0,94
14	6,2	34	2,6	54	1,62	74	1,18	94	0,93
15	5,8	35	2,5	55	1,59	75	1,17	95	0,92
16	5,5	36	2,4	56	1,56	76	1,15	96	0,91
17	5,2	37	2,36	57	1,54	77	1,14	97	0,90
18	4,9	38	2,30	58	1,51	78	1,12	98	0,89
19	4,6	39	2,24	59	1,48	79	1,11	99	0,88
20	4,4	40	2,19	60	1,46	80	1,09	100	0,87

Im metrischen oder internationalen System ist der „Count“ des Wollgarns gleich der Anzahl Stränge von 1000 m, die 1 kg wiegen.

In Amerika benutzt man häufig den „Cut“ zur Numerierung des Wollgarns. Die Nummer gibt dann an, wieviel „Cuts“ je 300 yards in einem Pfund enthalten sind. Im Grainsystem wird der „Count“ durch das Gewicht von 20 yards, ausgedrückt in Grains, bestimmt.

6. Kammgarne. Die Numerierung von Kammgarnen beruht im englischen System auf der Anzahl Stränge von 560 yards Länge pro 1 Pfund. Folgende Tabelle gibt den Count von Kammgarnen in bezug auf das Gewicht in Grains von 20 yards:

Gewicht von 20 yards in Grains	Nr. des Garns	Gewicht von 20 yards in Grains	Nr. des Garns	Gewicht von 20 yards in Grains	Nr. des Garns	Gewicht von 20 yards in Grains	Nr. des Garns	Gewicht von 20 yards in Grains	Nr. des Garns
1	250	23	10,87	45	5,56	67	3,73	89	2,81
2	125	24	10,42	46	5,43	68	3,68	90	2,78
3	83,33	25	10	47	5,32	69	3,62	91	2,75
4	62,50	26	9,62	48	5,21	70	3,57	92	2,72
5	50	27	9,26	49	5,10	71	3,52	93	2,69
6	41,67	28	8,93	50	5,00	72	3,47	94	2,66
7	35,71	29	8,62	51	4,90	73	3,42	95	2,63
8	31,25	30	8,33	52	4,81	74	3,38	96	2,60
9	27,78	31	8,06	53	4,72	75	3,33	97	2,58
10	25	32	7,81	54	4,63	76	3,29	98	2,55
11	22,73	33	7,58	55	4,55	77	3,25	99	2,52
12	20,83	34	7,35	56	4,46	78	3,21	100	2,50
13	19,23	35	7,14	57	4,39	79	3,17	105	2,38
14	17,86	36	6,94	58	4,31	80	3,12	110	2,27
15	16,67	37	6,76	59	4,24	81	3,09	115	2,17
16	15,62	38	6,58	60	4,17	82	3,05	120	2,08
17	14,71	39	6,41	61	4,10	83	3,01	125	2,00
18	13,89	40	6,25	62	4,03	84	2,98	150	1,67
19	13,16	41	6,10	63	3,97	85	2,94	175	1,43
20	12,50	42	5,95	64	3,91	86	2,91	200	1,25
21	11,90	43	5,81	65	3,85	87	2,87		
22	11,36	44	5,68	66	3,79	88	2,84		

Den Count von Kammgarnen kann man, wenn nur kurze Stücke zur Verfügung stehen, berechnen, indem man 150 durch das Gewicht in Grains von 12 yards dividiert. Z. B.: Wenn 12 yards 5 Grains wiegen, so wäre der Count $150 : 5 = 30$. Man kann auch die Formel,

$$\text{Nummer} = \frac{\text{Anzahl der gewogenen Yards}}{0,08 \text{ Gewicht in Grains}} \text{ anwenden.}$$

In Frankreich hat man zur Numerierung von Kammgarn 5 verschiedene Systeme.

Roubaix, alt	708 yards per Pfund
Roubaix, neu	354 „ „ „
Fourmies	352 „ „ „
Reims	347 „ „ „
Metrisch	496 „ „ „

Die 4 ersten werden in den französischen Spinnereien verwendet, während das Garn nach dem metrischen System numeriert wird, wenn man es ins Ausland verkauft. Zur Umwandlung der metrischen Nummer

in die Kammgarnummer, welche auf 560 yards pro Pfund basiert, muß man die metrische mit 0,886 multiplizieren. Um die Kammgarnummer (560 yards pro Pfund) in die metrische zu verwandeln, muß man diese mit 1,129 multiplizieren.

7. Seidengarne. Die Feinheit des Rohseidenfadens wird ausgedrückt durch eine Zahl, die man in Frankreich „Titre“, in Italien „Titolo“ nennt. Diese gibt die Anzahl Einheiten eines gewissen Gewichtes (Denier = 53,13 mg), welche ein Strang von bestimmter Länge wiegt. In Europa sind gegenwärtig mehrere Normalien gebräuchlich, unter denen sich folgende befinden:

	Gewicht in Gramm	Länge in Metern
Denier (italienisch, gesetzlich)	0,05	450
Denier (Mailand)	0,051	476
Denier (Turin)	0,0534	476
Alter Denier (Lyon)	0,0531	476
Neuer Denier (Lyon)	0,0531	500
Denier (international)	0,05	500

Der Titer wird gewöhnlich durch einen Bruch ausgedrückt, welcher da nicht alle Stränge von genau der gleichen Größe sein können, die Grenzen der Abweichungen festlegt. Eine Seide, die mit 18 bezeichnet ist, kann von 18—20 Deniers variieren.

Man glaubt, daß sich der Denier vom Gewichte einer römischen Münze von geringem Werte, die „denarius“ hieß, ableitet. Auch die englische Abkürzung d für Pence leitet sich von diesem Worte ab. Der Ursprung und die Geschichte des Deniers ist ganz interessant. Der Denier war ein kleines Geldstück, ursprünglich eine Silbermünze und wurde vermutlich zur Zeit der gallischen Kriege Cäsars in Gallien eingeführt. Der Wert betrug ungefähr 16 Cents. Später nannte man auch Gold- und Kupfermünzen Denier. Man vermutet, daß man letztere als Gewicht verwendet hat, doch ist dies ziemlich unsicher. Auf alle Fälle wog der Denier, welcher es auch gewesen sein mag, 24 Grains Poids de marc. Die alte Methode zur Bestimmung des Titers der Seide bestand darin, daß man 80 Stränge je 120 „Annes“ nahm und deren Gewicht in Deniers bestimmte. Gegen Ende des 18. Jahrhunderts beobachtete ein Mann, namens Mathey, daß das Grain $\frac{1}{24}$ Denier sei, und kam dadurch auf den Gedanken, Stränge von 400 „Annes“ zu nehmen und diese in Grains zu wägen und so das Verhältnis beizubehalten. Er konstruierte auch eine Maschine, die es erlaubte, diese Stränge von 400 „Annes“ abzumessen. Der Handel nahm diese Änderung an, konnte sich aber von dem alten Ausdruck Denier nicht trennen, welchen man nun auf das neue Graingewicht bezog, so daß das Deniergewicht, wie wir es heute kennen, in Wirklichkeit 1 Grain Poids de marc und $\frac{1}{24}$ seines ursprünglichen Wertes ist. Der heutige Denier hat einen Wert von 0,0531 g = 0,833 Grain und der 400 Anne-Strang entspricht 476 m = 520 yards und 20 inches.

Den internationalen Denier, welcher vom „Internationalen Garnnumerierungskongreß“ im Jahre 1873 in Wien festgesetzt wurde, kann

man am besten durch die Bezeichnung „Gewicht von 10 000 m in Gramm“ definieren. In England und Amerika hat man als Grundlage das Gewicht von 1000 yards in „Drams“¹. Um dieses Gewicht in Deniers zu verwandeln, muß man es mit dem Faktor 33,36 multiplizieren. Wenn z. B. 1000 yards Seide 3 Drams wiegen, so entspricht dies $33,36 \times 3 = 100,08$ Deniers. In Frankreich wird die Seide gewöhnlich nach dem alten Deniersystem, welches das Gewicht von 400 Ellen (französisch) in Deniers als Grundlage hat, bezeichnet. Letztere Länge entspricht 476 m, und der Denier wiegt 0,05313 g. Um daher die Deniers nach diesem System zu erhalten, multipliziert man das Grammgewicht von 476 m mit dem Faktor 18,82 ($= 1 \div 0,05313$). Wenn z. B. 476 m Seide 5 g wiegen, so entspricht das $5 \times 18,82 = 94,1$ Deniers. Um die Deniers nach dem neuen Maß zu erhalten, wird das Grammgewicht von 500 m mit dem Faktor 18,82 multipliziert. In Frankreich wird das gesetzliche Maß für die Seide durch das Grammgewicht von 500 m ausgedrückt, doch ist es üblicher, den Titer in Deniers anzugeben. Zur Umwandlung des neuen in den alten Denier muß man mit dem Faktor $0,952 \left(= \frac{476}{500} \right)$ multiplizieren. Den Denier nach dem alten System kann man in das internationale Maß, welches auf dem Gewicht von 0,05 g für eine Länge von 500 m basiert, verwandeln, indem man mit dem Faktor 1,116 multipliziert, und umgekehrt kann man den internationalen in den alten Denier durch Multiplikation mit dem Faktor 0,896 verwandeln.

Um die Länge pro Pfund einer Seide von gegebenem Denier zu erhalten, dividiere man 4,465 000 yards durch die Anzahl Deniers und erhält als Resultat Yards pro Pfund.

Zur Numerierung von Seidengarnen benutzt man in Amerika für Rohseide das Deniersystem, für gezwirnte Seide das Dramsystem. Eine 1-Denierseide mißt 4,464 528 yards pro Pfund, und ein Pfund 14-Denierseide (mittel 15) mißt $\frac{1}{15}$ davon usw. Eine 1-Dramseide mißt 256,000 yards pro Pfund, 2-Dramseide $\frac{1}{2}$ davon usw. Um Deniers in Drams zu verwandeln, muß man die Deniers durch den Faktor 17,44 teilen.

Die folgenden Tabellen zeigen die Beziehungen zwischen den verschiedenen Mäßen der französischen Skala:

Gesetzl. Titer	Neuer Denier	Alter Denier	Internat. Denier	Gesetzl. Titer	Neuer Denier	Alter Denier	Internat. Denier
Gramm- gewicht von 500 m	Denier- gewicht von 500 m	Denier- gewicht von 476 m	Gramm- gewicht von 10000 m	Gramm- gewicht von 500 m	Denier- gewicht von 500 m	Denier- gewicht von 476 m	Gramm- gewicht von 10000 m
0,1	1,88	1,78	2	1,1	20,70	19,70	22
0,2	3,76	3,58	4	1,2	22,58	21,49	24
0,3	5,64	5,36	6	1,3	24,46	23,28	26
0,4	7,52	7,16	8	1,4	26,35	25,08	28
0,5	9,41	8,95	10	1,5	28,23	27,87	30
0,6	11,29	10,73	12	1,6	30,11	28,66	32
0,7	13,17	12,53	14	1,7	31,99	30,45	34
0,8	15,05	14,32	16	1,8	33,87	32,24	36
0,9	16,93	16,11	18	1,9	35,76	34,04	38
1,0	18,82	17,91	20	2,0	37,64	35,83	40

¹ 1 Dram = 1,77 g

Gesetzl. Titer	Neuer Denier	Alter Denier	Internat. Denier	Gesetzl. Titer	Neuer Denier	Alter Denier	Internat. Denier
Gramm- gewicht von 500 m	Denier- gewicht von 500 m	Denier- gewicht von 476 m	Gramm- gewicht von 10 000 m	Gramm- gewicht von 500 m	Denier- gewicht von 500 m	Denier- gewicht von 476 m	Gramm- gewicht von 10 000 m
2,1	39,52	37,62	42	7,1	133,63	127,21	142
2,2	41,40	39,41	44	7,2	135,51	129,00	144
2,3	43,29	41,20	46	7,3	137,39	130,80	146
2,4	45,17	43,00	48	7,4	139,28	132,59	148
2,5	47,05	44,78	50	7,5	141,16	134,39	150
2,6	48,93	46,57	52	7,6	143,04	136,17	152
2,7	50,81	48,57	54	7,7	144,92	137,96	154
2,8	52,70	50,16	56	7,8	146,80	139,70	156
2,9	54,58	51,95	58	7,9	148,69	141,56	158
3,0	56,46	53,74	60	8,0	150,57	143,34	160
3,1	58,34	55,54	62	8,1	152,45	145,13	162
3,2	60,22	57,33	64	8,2	154,33	146,92	164
3,3	62,11	59,12	66	8,3	156,22	148,71	166
3,4	63,99	60,91	68	8,4	158,10	150,50	168
3,5	65,87	62,70	70	8,5	159,98	152,30	170
3,6	67,75	64,49	72	8,6	161,86	154,08	172
3,7	69,64	66,29	74	8,7	163,74	155,88	174
3,8	71,52	68,08	76	8,8	165,63	157,67	176
3,9	73,40	69,87	78	8,9	167,51	159,46	178
4,0	75,28	71,66	80	9,0	169,39	161,25	180
4,1	77,16	73,45	82	9,1	171,27	163,04	182
4,2	79,05	75,25	84	9,2	173,16	164,84	184
4,3	80,93	77,04	86	9,3	175,04	166,63	186
4,4	82,81	78,83	88	9,4	176,92	168,42	188
4,5	84,69	80,62	90	9,5	178,80	170,21	190
4,6	86,58	82,42	92	9,6	180,68	172,00	192
4,7	88,46	84,21	94	9,7	182,57	173,80	194
4,8	90,34	86,00	96	9,8	184,45	175,59	196
4,9	92,22	87,79	98	9,9	186,33	177,38	198
5,0	94,10	89,58	100	10,0	188,21	179,17	200
5,1	95,99	91,38	102	10,1	190,09	180,97	202
5,2	97,87	93,17	104	10,2	191,98	182,76	204
5,3	99,75	94,96	106	10,3	193,86	184,55	206
5,4	101,63	96,75	108	10,4	195,74	186,35	208
5,5	103,51	98,54	110	10,5	197,62	188,14	210
5,6	105,40	100,33	112	10,6	199,51	189,93	212
5,7	107,28	102,12	114	10,7	201,39	191,72	214
5,8	109,16	103,92	116	10,8	203,27	193,51	216
5,9	111,04	105,71	118	10,9	205,15	195,30	218
6,0	112,93	107,50	120	11,0	207,03	197,10	220
6,1	114,81	109,29	122	11,1	208,92	198,09	222
6,2	116,69	111,08	124	11,2	210,80	200,68	224
6,3	118,57	112,87	126	11,3	212,68	202,74	226
6,4	120,45	114,66	128	11,4	214,56	204,26	228
6,5	122,34	116,46	130	11,5	216,45	206,06	230
6,6	124,22	118,25	132	11,6	218,33	207,85	232
6,7	126,10	120,04	134	11,7	220,21	209,64	234
6,8	127,98	121,83	136	11,8	222,09	211,43	236
6,9	129,87	123,63	138	11,9	223,97	213,22	238
7,0	131,75	125,42	140	12,0	225,86	215,01	240

Dorgin (American Silk Journal) gibt folgende Tabellen für Japanseide, Tsatleeseide und Tussahseide:

Japanseidengarn.

Diese Tabelle basiert auf der üblichen $13/15$ -Denierrohseide oder der 15-Denier vollgezwrinten Seide. Der angenommene Abkochverlust beträgt 25 %.

Faden	Japanische Trame roh		Japanische Trame abgekocht	
	Denier	Yards pro Pfund	Denier	Yards pro Pfund
2	30	148,818	22,50	198,423
3	45	99,212	33,75	132,282
4	60	74,409	45,00	99,212
5	75	59,527	56,25	79,369
6	90	49,606	67,50	66,141
7	105	42,512	78,75	56,922
8	120	37,204	90,00	49,606
9	135	33,071	101,25	44,094
10	150	29,764	112,50	39,685
11	165	27,058	123,75	36,077
12	180	24,803	135,00	33,071
13	195	22,895	146,25	30,217
14	210	21,260	157,50	28,346
15	225	19,842	168,75	26,456

Tsatleeseidengarn.

Diese Tabelle ist auf 25 Denier vollgezwrinter Seide basiert; der Abkochverlust ist zu 25 % angenommen.

Faden	Tsatlee-Trame roh		Tsatlee-Trame abgekocht	
	Denier	Yards pro Pfund	Denier	Yards pro Pfund
2	50	89,291	37,50	119,054
3	75	59,527	56,25	79,369
4	100	44,645	75,00	59,527
5	125	35,716	93,75	47,622
6	150	29,764	112,50	39,685
7	175	25,512	131,25	34,015
8	200	22,323	150,00	29,764
9	225	19,842	168,75	26,456
10	250	17,858	187,50	23,811

Tussahseidengarn.

Diese Tabelle basiert auf 40 Denier vollgezwrinter Seide; der Abkochverlust ist zu 25 % angenommen.

Faden	Tussah-Trame		Tussah-Trame abgekocht	
	Denier	Yards pro Pfund	Denier	Yards pro Pfund
2	80	55,807	60	74,409
3	120	37,204	90	49,606
4	160	27,903	120	37,204
5	200	22,323	150	29,764
6	240	18,602	180	24,803
7	280	15,045	210	21,260
8	320	13,952	240	18,602
9	360	12,401	270	16,535
10	400	11,161	300	14,882

Die nächste Tabelle gibt die Vergleiche zwischen Dram, Gramm und Denier:

Dram	Gramm	Denier	Dram	Gramm	Denier
0,0299	0,05313	1,0	2,50	4,43	83,4
0,25	0,44	8,3	2,75	4,87	91,6
0,50	0,88	16,5	3,00	5,31	100,0
0,568	1,00	18,82	4,00	7,09	133,0
0,75	1,33	25,0	5,00	8,86	166,0
1,00	1,771875	33,36	6,00	10,63	199,0
1,25	2,21	41,6	7,00	12,40	233,0
1,50	2,65	50,0	8,00	14,17	265,0
1,75	3,10	58,3	9,00	15,95	299,0
2,00	3,54	66,6	10,00	17,72	333,0
2,25	3,98	75,0			

Um den neuen internationalen Titer in die älteren Normen einzurechnen, muß man mit folgenden Faktoren multiplizieren:

In den Turiner Titer	× 0,8931
In den Mailänder Titer	× 0,9315
In den französischen Titer	× 0,8964
In den gesetzlichen italienischen und Schweizer Titer	× 0,9000

Will man umgekehrt einen der obigen Titer in den entsprechenden neuen internationalen verwandeln, so dividiert man durch die angegebenen Faktoren.

Umrechnungsfaktoren, die bei der Numerierung der Seide gebraucht werden:

2776 ÷ Deniers	= Runs ¹
5289 ÷ Deniers	= Baumwollnummer
7932 ÷ Deniers	= Kammgarnnummer
160 ÷ Drams	= Runs
305 ÷ Drams	= Baumwollnummer
457 ÷ Drams	= Kammgarnnummer
2776 ÷ Runs	= Deniers
5289 ÷ Baumwollnummer	= Denier
7932 ÷ Kammgarnnummer	= Denier
160 ÷ Runs	= Drams
305 ÷ Baumwollnummer	= Drams
457 ÷ Kammgarnnummer	= Drams
Deniers × 0,0576	= Drams
Drams × 17,352	= Deniers

Für die Numerierung von gesponnener Seide in englischem System ist die Einheit ein Strang von 840 Yard Länge und die Anzahl solcher Stränge, die auf 1 Pfund geht, gibt die Nummer des Garns an. Beim Bezeichnen von doppelt gesponnenen Seidenfäden ist gegenüber Baumwolle der Unterschied, daß man unter einem mit 2—40er Baumwollgarn ein solches versteht, das aus 2 40iger Fäden zu einem 20iger zusammengedreht wurde, während 1 Seidengarn als 2—40er bezeichnet wird, wenn zwei 80er Fäden zu einem 40er zusammengedreht werden. Ein 3—40er Garn ist aus drei 120er Fäden gebildet usw.

¹ ÷ dividiert durch.

In Frankreich und der Schweiz gibt die Nummer der gesponnenen Seidenfäden an, wieviel Stränge von 1000 m Länge auf 1 kg gehen. Um die englische Nummer in die metrische zu verwandeln, multipliziert man mit dem Faktor 0,59.

Dorgin gibt im „American Silk Journal“ folgende Tabelle zur Numerierung von Garnen aus gesponnener Seide:

Count	2 oder mehrfache Yards pro Lb. in Gray	Count	2 oder mehrfach Yards pro Lb. in Gray
2	1680	24	20160
3	2520	26	21840
4	3360	28	23520
6	5040	30	25200
8	6720	32	26880
9	7560	34	28560
10	8400	36	30240
12	10080	40	33600
14	11760	42	35280
15	12600	48	40320
16	13440	54	45360
18	15120	60	50400
20	16800	72	60480
21	17640	75	63000
22	18480	80	67200

Bei gefärbten Spinnseiden muß man einen Verlust von ca. 5% auf obige Längen abrechnen, da sie beim Färbeprozess eingehen.

Nähseide wird unregelmäßig mit Buchstaben bezeichnet: 000, 00, 0, A, B, C, D, E, EE, F, FF, G. Die für die entsprechenden Buchstaben in einer Unze enthaltene Garnlänge beträgt in Yards: 2000, 1600, 1300, 1000, 850, 650, 550, 400, 330, 262, 212 und 125.

Gezwirnte Seide wird in Europa gleich wie die Rohseide bezeichnet. In England und Amerika ist es jedoch Sitte, die Rohseide durch das Gewicht in Drams eines Stranges von 1000 Yard Länge zu bezeichnen. Wenn also so ein Strang 5 Drams wiegt, so nennt man ihn technisch eine 5-Dramseide. Die Garnnummer wird immer für das Rohgewicht gegeben, das heißt, man konditioniert vor dem Abkochen. Bei letzterem Prozeß verliert das Garn 15—30% an Gewicht, je nach der Art der Rohseide. Chinesische Seiden verlieren am meisten, japanische und europäische am wenigsten.

Eine weitere Methode, die manchmal zur Bestimmung des Titers von Seidengarnen verwendet wird, ist das Unzensystem. Es kommt hauptsächlich bei dicken Garnen, weniger bei Web- und Strickgarnen in Betracht. Die Methode beruht auf dem in Stufen ausgedrückten Gewicht eines 1000 Yardstranges.

Wir haben also drei Methoden, die Nummern von gezwirnten Seidengarnen anzugeben:

1. Das Deniersystem. 2. Das Dramsystem. 3. Das Unzensystem.

Folgende Tabelle zeigt die Anzahl Yards pro Pfund für verschiedene Dramnummern. Die Zahlen von Yards pro Pfund basieren auf unabgekochter Seide:

Längen von unabgekochten Seidengarnen pro Pfund
und pro Unze.

Drams pro 1000 yards	Yards pro Pfund	Yards pro Unze	Drams pro 1000 yards	Yards pro Pfund	Yards pro Unze
1	256000	16000	9	28444	1778
1 ¹ / ₄	204800	12800	9 ¹ / ₂	26947	1684
1 ¹ / ₂	170666	10667	10	25600	1600
1 ³ / ₄	146286	9143	11	23273	1455
2	128000	8000	12	21333	1333
2 ¹ / ₄	113777	7111	13	19692	1231
2 ¹ / ₂	102400	6400	14	18286	1143
2 ³ / ₄	93091	5818	15	17067	1067
3	85333	5333	16	16000	1000
3 ¹ / ₄	78769	4923	17	15058	941
3 ¹ / ₂	73143	4571	18	14222	889
3 ³ / ₄	68267	4267	19	13474	842
4	64000	4000	20	12800	800
4 ¹ / ₄	60235	3765	21	12190	762
4 ¹ / ₂	56889	3556	22	11636	727
4 ³ / ₄	53368	3368	23	11130	696
5	51200	3200	24	10667	666
5 ¹ / ₂	46545	2909	25	10240	640
6	42667	2667	26	9846	615
6 ¹ / ₂	39385	2462	27	9481	592
7	36571	2286	28	9143	571
7 ¹ / ₂	34133	2133	29	8827	551
8	32000	2000	30	8533	533
8 ¹ / ₂	30118	1882			

Um den Count in einem gegebenen Garn in irgendeines von den drei Systemen umzurechnen, geht man folgendermaßen vor:

- a) Denier in Dram $\times 0,058$ d) Dram in Unzen $\times 0,0625$
 b) Denier in Unzen $\times 0,0036$ e) Unzen in Denier $\times 277\frac{1}{3}$
 c) Dram in Denier $\times 17\frac{1}{3}$ f) Unzen in Dram $\times 16$

Umrechnung des Titers von Rohseide in den entsprechenden für gesponnene Seide:

a) Denier in Nummer der gesponnenen Seide: $5282 \div$ Denier-
nummer der gesponnenen Seide und $5282 \div$ Nummer der gesponnenen
Seidedenier.

b) Dramsystem in Nummer der gesponnenen Seide: $304.7 \div$ Dram-
nummer der gesponnenen Seide und $304.7 \div$ gesponnenen Seidedrams.

c) Unzensystem in Nummer der gesponnenen Seide: $19.4 \div$ Unzen-
nummer der gesponnenen Seide und $19.4 \div$ Nummer der gesponnenen
Seideunzen.

Die mittleren Grenzen, innerhalb welchen die Titer schwanken, sind
folgende:

Rohseide	9— 30 Deniers
Organzin	18— 34 „
Trame	24— 60 „
Wilde Seide	100—300 „

In folgender Tabelle werden die Titer der Seidengarne in Deniers
mit den Nummern der Baumwollgarne (engl. System) verglichen.

Vergleichende Tabelle der Zahlen für Baumwoll- und Seidengarne mit gleichwertigen Nummern.

Baumwolle			Seide	
Einzeln	Doppelt	Yards per Pfund	Drams	Deniers
16—1	32—2	13440	17,04	296,83
18—1	36—2	15120	16,89	294,22
20—1	40—2	16800	15,24	265,48
22—1	44—2	18480	13,86	241,44
24—1	48—2	20160	12,69	221,00
26—1	52—2	21840	11,72	204,16
28—1	56—2	23520	10,88	189,52
30—1	60—2	25200	10,20	177,68
32—1	64—2	26880	9,52	165,83
34—1	68—2	28560	8,96	156,08
36—1	72—2	30240	8,46	147,37
38—1	76—2	31920	8,02	139,70
40—1	80—2	33600	7,62	132,75
42—1	84—2	35280	7,26	126,46
44—1	88—2	36960	6,92	120,54
46—1	92—2	38640	6,62	115,32
48—1	96—2	40320	6,34	110,44
50—1	100—2	42000	6,08	105,91
52—1	104—2	43680	5,86	102,08
54—1	108—2	45360	5,64	98,24
56—1	112—2	47040	5,44	94,76
58—1	116—2	48720	5,25	91,45
60—1	120—2	50400	5,08	88,48
62—1	124—2	52080	4,92	85,90
64—1	128—2	53760	4,76	82,91
66—1	132—2	55440	4,62	80,48
68—1	136—2	57120	4,48	78,04
70—1	140—2	58800	4,35	75,77
72—1	144—2	60480	4,23	73,68
74—1	148—2	62160	4,12	71,77
76—1	152—2	63840	4,01	69,85
78—1	156—2	65520	3,91	68,11
80—1	160—2	67200	3,81	66,37
82—1	164—2	68880	3,72	64,80
84—1	168—2	70560	3,63	63,23
96—1	172—2	72240	3,55	61,84
88—1	176—2	73920	3,46	60,27
90—1	180—2	75600	3,39	58,95
92—1	184—2	77280	3,31	57,65
94—1	188—2	78960	3,24	56,44
86—1	192—2	80640	3,18	55,39
98—1	196—2	82320	3,11	54,17
100—1	200—2	84000	3,05	53,13
102—1	204—2	85680	2,90	52,08
104—1	208—2	87360	2,93	51,04
106—1	212—2	89040	2,88	50,16
108—1	216—2	90720	2,82	49,12
110—1	220—2	92400	2,77	48,25
112—1	224—2	94080	2,72	47,48
114—1	228—2	95760	2,67	46,51
116—1	232—2	97440	2,63	45,81
118—1	236—2	99120	2,58	44,94
120—1	240—2	100800	2,54	44,24

Während des Abwickelns des Kokons kann ein Faden reißen oder ein Kokon fertig abgewickelt sein, bevor ein neuer zur Hand ist. Daraus wird leicht verständlich, daß es unmöglich ist einen Strang zu spinnen, dessen Faden auf der ganzen Länge gleichmäßig dick ist. Auf Grund dieser Veränderlichkeit der Faserdicke ist es nun notwendig, daß man, um einen genauen Titer zu erhalten, das Mittel aus verschiedenen Bestimmungen nimmt, die man aus Strängen, welche aus allen Teilen des Ballens entnommen wurden, vorgenommen hat. Diese Unregelmäßigkeiten in der Fabrikation der Seidengarne führen zwangsläufig dazu, daß man im Handel Schwankungen bis 2 Deniers zuläßt.

8. Kunstseidengarne. Der Titer der Kunstseiden wird entsprechend dem Gewicht von 9000 m in g als Denier angegeben. Dies entspricht fast genau dem Lyoner Denier.

Dorgin gibt im „American Silk Journal“ folgende Tabelle für die Zahlen der Kunstseiden:

Kunstseide.

Denier	Yards pro Pfund	Denier	Yards pro Pfund	Denier	Yards pro Pfund	Denier	Yards pro Pfund
50	89201	150	29764	250	17858	350	12756
60	74409	160	27903	260	17171	360	12401
70	63779	170	26262	270	16535	370	12066
80	55807	180	24803	280	15945	380	11749
90	49606	190	23497	290	15395	390	11447
100	44645	200	22323	300	14882	400	11161
110	40587	210	21260	310	14402	450	9921
120	37204	220	20293	320	13952	500	8929
130	34342	230	19411	330	13529	550	8118
140	31889	240	18602	340	13131	600	7441

Die Kunstseide schließt die Frage des spezifischen Gewichtes in sich, welches man mit dem der echten Seide nicht vergleichen kann. Wie man weiß, wird eine gegebene Einheit von Kunstseide weniger decken als dasselbe Gewicht an Naturseide, und aus diesem Grunde muß man dieser Eigenschaft Rechnung tragen.

Die nachfolgende Tabelle gibt die entsprechenden Zahlen für Garne aus Kunstseide, Zwirnseide, Baumwolle und gesponnener Seide von derselben Nummer (Yards pro Pfund):

2facher, 3facher und 4facher Baumwollfaden hat $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$ und $\frac{1}{4}$ der angegebenen Zahlen pro Pfund. Z. B. ist $\frac{2}{10} = 4200$ yards $\frac{3}{10} = 2800$ Yards pro Pfund.

2- und 3fache Spinnseide hat die angegebene Länge pro Pfund. So z. B. hat $\frac{10}{1}$ Seide = 8400 yards pro Pfund, $\frac{10}{2}$ Seide ebenfalls usw.

Gezwirnte Seide verliert beim Färben ungefähr 25%. Somit geben 1 Pfund oder 16 Unzen ungefärbtes Produkt 12 Unzen gefärbtes Produkt. Der Färbevorgang hat also zur Folge, daß man zu den Rohyards $33\frac{1}{3}\%$ addieren muß, um die Yardlänge per Pfund je 16 Unzen für das gefärbte Garn zu erhalten.

Kunstseide		Zwirnseide			Baumwolle u. gesponnene Seide 850 yards pro Strang	
Deniers	Yards pro Pfund	Drams	Yards pro Pfund roh	Yards pro Pfund abgekocht	Nr.	Yards pro Pfund
60	74409	4 ¹ / ₂	56889	75852	90	75600
70	63779	5 ³ / ₈	47628	63504	76	63840
80	55806	6 ¹ / ₈	41796	55728	66	55440
90	49606	6 ⁷ / ₈	37236	49648	60	50400
100	44645	7 ⁵ / ₈	33572	44762	54	45360
110	40587	8 ³ / ₈	30568	40757	48	40320
120	37204	9 ¹ / ₈	28055	37407	46	38640
130	34342	9 ⁷ / ₈	25924	34565	41	34440
140	31890	10 ³ / ₄	23814	31752	38	31920
150	29764	11 ¹ / ₂	22260	29680	35	29400
160	27903	12 ¹ / ₄	20898	27864	33	27720
170	26662	13	19692	26256	31	26040
180	24803	13 ³ / ₄	18618	24824	29	24360
190	23497	14 ¹ / ₂	17655	23540	28	23520
200	22323	15 ¹ / ₄	16786	22381	27	22680
210	21260	16	16000	21333	26	21840
220	20293	16 ³ / ₄	15284	20378	24	20160
230	19411	17 ¹ / ₂	14628	19504	23	19320
240	18602	18 ¹ / ₄	14028	18704	22	18480
250	17858	19	13474	17965	21	17640
260	17171	20	12800	17067	20	16800
270	16535	20 ³ / ₄	12337	16449		
280	15945	21 ¹ / ₂	11907	15876	19	15960
290	15395	22	11636	15515	18	15120
300	14882	23	11130	14840		
310	14401	23 ¹ / ₂	10894	14525	17	14280
320	13951	24 ¹ / ₂	10449	13932	16	13440
330	13529	25	10240	13653		
340	13131	26	9846	13128		
350	12756	26 ¹ / ₂	9663	12883	15	12600
360	12401	27 ¹ / ₂	9309	12412		
370	12066	28 ¹ / ₂	8983	11977		
380	11749	29	8827	11769	14	11760
390	11447	30	8533	11378		
400	11161	30 ¹ / ₂	8393	11191	13	10920
450	9921	34 ¹ / ₂	7421	9894	12	10080
500	8929	38	6737	8983	11	9240
550	8117	42	6095	8127	10	8400
600	7441	46	5565	7420	9	7560

9. Lein, Jute usw. Der Count des Leinengarns basiert auf der Anzahl „Cuts“ zu 300 Yard, die im Pfund enthalten sind.

Bei der Bestimmung des Counts für gebleichtes Leinengarn berechnet man folgende Bleichverluste: vollständig gebleicht 20%; dreiviertel gebleicht 18% und halbgebleicht 15%.

Die Leinengarne werden in handgesponnene und maschinengesponnene sowie in trocken- oder naßgesponnene eingeteilt. Trockengesponnene Garne sind stärker, jedoch erhält man beim Naßspinnen ein feineres Produkt. Werggarne werden aus den Abfällen der Flachsspinnerei hergestellt und können von Leinengarnen leicht durch ihre vielen Knoten unterschieden werden. Leinengarne werden aus gehecheltem Flachs

Seide, unabgekocht, 1000 yards pro Strang		Seide, abgekocht, halbe Stränge, 500 yards,		Baumwolle (Einzelfäden) u. gesp. Seide, 840 yards pro Strang		Yards	Kammgarn (Einzelfäden), 560 yards pro Strang		Wollgarn (Einzelfäden), 1200 yards pro Run		Lein (Einzelfäden), 300 yards p. Lea (oder Wolle in Cuts)	
Drams	Yards per Pound	Drams	Yards per Pound	Nr.	Yards per Pound		Nr.	Yards per Pound	Runs	Yards per Pound	Leas od. Cuts	Yards per Pound
—	—	—	—	—	—	300	—	—	—	—	1	300
—	—	—	—	—	—	560	1	560	—	—	2	600
—	—	—	—	1	840	840	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	1000	2	1120	—	—	3	900
—	—	—	—	2	1680	1600	3	1680	1	1600	5	1500
—	—	64	2000	3	2520	2000	4	2240	1 1/4	2000	7	2100
—	—	42 3/4	2994	4	3360	3000	5	2800	2	3200	10	3000
—	—	32	4000	5	4200	4000	7	3920	2 1/2	4000	13	3900
—	—	25 1/2	5019	6	5040	5000	9	5040	3	4800	17	5100
—	—	21 1/4	6024	7	5880	6000	11	6160	3 3/4	6000	20	6000
—	—	18 1/4	7014	8	6720	7000	12	6720	4 1/2	7200	23	6900
—	—	16	8000	10	8400	8000	14	7840	5	8000	27	8100
—	—	14 3/4	8678	11	9240	9000	16	8960	5 1/2	8800	30	9000
—	—	12 3/4	10039	12	10080	10000	18	10080	6 1/4	10000	33	9900
—	—	11 3/4	10894	13	10920	11000	20	11200	7	11200	37	11100
—	—	10 1/2	12190	14	11760	12000	21	11760	7 1/2	12000	40	12000
—	—	9 3/4	13128	16	13440	13000	23	12880	8	12800	43	12900
—	—	9 1/4	13838	17	14280	14000	25	14000	8 3/4	14000	47	14100
—	—	8 1/2	15059	18	15120	15000	27	15120	9 1/2	15200	50	15000
—	—	8	16000	19	15960	16000	29	16240	10	16000	53	15900
—	—	7 3/4	17067	20	16800	17000	30	16800	10 1/2	16800	57	17100
—	—	7	18286	21	17640	18000	32	17920	11 1/4	18000	60	18000
—	—	6 3/4	18963	23	19320	19000	34	19040	12	19200	63	18900
—	—	6 1/2	19692	24	20160	20000	36	20160	12 1/2	20000	67	20100
—	—	5 3/4	22261	26	21840	22000	40	22400	14	22400	74	22200
—	—	5 1/4	24381	28	23520	24000	42	23520	15	24000	80	24000
10 1/2	24381	5	25600	30	25200	26000	46	25760	16	25600	86	25800
9 3/4	26256	4 1/2	28444	34	28560	28000	50	28000	18	28800	94	28200
9 1/4	27676	4 1/2	30118	36	30240	30000	54	30240	19	30400	100	30000
8 1/2	30118	4	32000	38	31920	32000	58	32480	20	32000	106	31800
8	32000	3 3/4	34133	40	33600	34000	60	33600	21	33600	114	34200
7 3/4	34133	3 1/2	36571	42	35280	36000	64	35840	22	35200	120	36000
7 1/2	36571	—	—	46	38640	38000	68	38080	24	38400	126	37800
6 3/4	37926	—	—	48	40330	40000	72	40320	25	40000	134	40200
6 1/2	39385	3 1/4	39385	50	42000	42000	76	42560	26	41600	140	42000
6	42667	3	42667	52	43680	44000	78	43680	28	44800	146	43800
5 3/4	44522	—	—	54	45360	46000	82	45920	29	46400	154	46200
5 1/2	46545	2 3/4	46545	58	48720	48000	86	48160	30	48000	160	48000
5 1/4	48762	—	—	60	50400	50000	90	50400	31	49600	166	49800
5	51200	2 1/2	51200	62	52080	52000	92	51520	32	51200	174	52200
4 7/8	52512	—	—	64	53760	54000	96	53760	34	54400	180	54000
4 3/4	53895	—	—	66	55440	56000	100	56000	35	56000	186	55800
4 5/8	55351	2 1/4	56889	70	58800	58000	104	58240	36	57600	194	58200
4 3/8	58514	—	—	72	60480	60000	108	60480	38	60800	200	60000
4 1/4	60235	—	—	74	62160	62000	110	61600	39	62400	206	61800
4 1/8	62060	—	—	76	63840	64000	114	63840	40	64000	214	64200
4	64000	2	64000	78	65520	66000	118	66080	41	65600	220	66000
3 7/8	66065	—	—	80	67200	68000	122	68320	42	67200	226	67800
3 3/4	68267	—	—	84	70560	70000	126	70560	44	70400	234	70200
3 3/8	70621	—	—	86	72240	72000	128	71680	45	72000	240	72000
3 3/8	73142	—	—	88	73920	74000	132	73920	46	73600	246	73800
3 1/2	75852	—	—	90	75600	76000	136	76160	48	76800	254	76200
3 1/4	78769	—	—	92	77280	78000	140	78400	49	78400	260	78000
—	—	54/56	79125	96	80640	80000	142	79520	50	80000	266	79800
—	—	52/54	82125	98	82320	82000	146	81760	51	81600	274	82200
—	—	—	—	100	84000	84000	150	84000	52	83200	280	84000
3	85333	50/52	85333	102	85680	86000	154	86240	54	86400	286	85800
—	—	48/50	88750	104	87360	88000	158	88480	55	88000	294	88200
2 7/8	89043	—	—	108	90720	90000	160	89600	56	89600	300	90000
2 3/4	93091	46/48	92666	110	92400	92000	164	91840	58	92800	306	91800
2 3/4	97524	44/66	96750	114	95760	96000	172	96320	60	96000	320	96000
2 1/2	102400	42/44	101250	120	100800	100000	180	100800	62	99200	330	99000
2 1/2	107789	40/42	106125	130	109200	110000	200	110000	69	110400	370	111000
2 1/8	120471	36/38	117625	142	119280	120000	210	117600	75	120000	400	120000
2	128000	32/34	132000	154	129360	130000	230	128800	80	128000	430	129000
1 7/8	136533	30/32	140000	166	139440	140000	250	140000	90	144000	470	141000
1 3/4	146286	28/30	150000	178	149520	150000	—	—	—	—	—	—
1 3/4	170667	24/26	174000	200	168000	170000	—	—	—	—	—	—
1 3/8	186182	22/24	189250	230	193200	190000	—	—	—	—	—	—
1 1/2	204800	20/22	207250	240	201600	200000	—	—	—	—	—	—
1 1/8	227556	18/20	229000	270	226800	225000	—	—	—	—	—	—
1	256000	16/18	256000	300	252000	250000	—	—	—	—	—	—
7/8	292571	14/16	290000	—	—	300000	—	—	—	—	—	—
3/4	341333	12/14	334750	—	—	350000	—	—	—	—	—	—
3/4	409600	10/12	395666	—	—	400000	—	—	—	—	—	—
1/2	512000	8/10	483500	—	—	500000	—	—	—	—	—	—
3/8	682667	6/8	621750	—	—	600000	—	—	—	—	—	—
—	—	4/6	870500	—	—	800000	—	—	—	—	—	—
1/4	1024000	—	—	—	—	1000000	—	—	—	—	—	—

2-, 3- und 4fache Baumwoll-, Kamm-, Woll- und Leinengarne haben 1/2, 1/3 und 1/4 der Anzahl der in der Tabelle angegebenen Stränge und Längen in Yards per Pound.

2-, 3- usw. fach gesponnene Seidengarne jedoch haben immer die in der Tabelle angegebenen Zahlen und werden berechnet als 20/2, 30/2, 20/3, 30/3 usw.

Die übereinstimmenden Nummern und Längen pro Paar befinden sich auf derselben Linie, quer durch die Tabelle.

gemacht, die Werggarne jedoch aus den beim Hecheln entstehenden Abfällen. In Deutschland haben die trockengesponnenen Garne Nummern von 10—30 und die naßgesponnenen bis zu 80 hinauf. In Belgien und Schottland werden Fäden von der Feinheit 200 gesponnen. Werggarne haben, wenn trockengesponnen, die Nummern 6—20, wenn naßgesponnen bis zu 35.

Folgende Tabelle gibt Nummern von Leinengarn in bezug auf das Gewicht in Grains von 300 yards.

Gewicht von 300 yards in Grains	Nr. des Garns	Gewicht von 300 yards in Grains	Nr. des Garns	Gewicht von 300 yards in Grains	Nr. des Garns	Gewicht von 300 yards in Grains	Nr. des Garns	Gewicht von 300 yards in Grains	Nr. des Garns
100	70,00	300	23,33	490	14,29	680	10,29	1250	5,60
110	63,64	310	22,58	500	14,00	690	10,14	1300	5,38
120	58,33	320	21,87	510	13,73	700	10,00	1400	5,00
130	53,85	330	21,21	520	13,46	725	9,66	1500	4,67
140	50,00	340	20,59	530	13,21	750	9,33	1600	4,37
150	46,67	350	20,00	540	12,96	775	9,03	1700	4,12
160	43,75	360	19,44	550	12,73	800	8,75	1800	3,89
170	41,18	370	18,92	560	12,50	825	8,48	1900	3,68
180	38,89	380	18,42	570	12,28	850	8,24	2000	3,50
190	36,84	390	17,95	580	12,07	875	8,00	2250	3,11
200	35,00	400	17,50	590	11,86	900	7,78	2500	2,80
210	33,33	410	17,07	600	11,67	925	7,57	2750	2,55
220	31,82	420	16,67	610	11,48	950	7,37	3000	2,33
230	30,43	430	16,28	620	11,29	975	7,18	3250	2,15
240	29,17	440	15,91	630	11,11	1000	7,00	3500	2,00
250	28,00	450	15,56	640	10,94	1050	6,67	4000	1,75
260	26,92	460	15,22	650	10,77	1100	6,36	5000	1,40
270	25,93	470	14,89	660	10,61	1150	6,09	6000	1,17
280	25,00	480	14,58	670	10,45	1200	5,83	7000	1,00
290	24,14								

Den Count von Leinengarn kann man auch aus folgender Formel erhalten:

$$\text{Count} = \frac{\text{Gewogene Yards}}{0,043 \times \text{Gewicht in Grains}}$$

In England ist ein Unterschied in der Numerierung von trocken- und naßgesponnenen Flachsgarnen. Bei letzteren ist die Grundlage 1 „Lea“ zu 300 yards und die Nummer entspricht der Anzahl Leas, die auf 1 lb. gehen. Bei trockengesponnenem Flachs, auch bei Jute, wird auf eine Spindel zu 14400 yards (48 Cuts zu 300 yards) basiert und die Nummer oder der „Grain“ ist das Gewicht einer Spindel in Pfund ausgedrückt. In anderen Worten heißt das, daß bei naßgesponnenem Flachs der Count in dem Maße zunimmt, als das Garn feiner wird, da ja das Gewicht von 1 lb. eine Konstante ist, während bei trockengesponnenem Flachs der Count mit der Garndicke zunimmt, weil die Konstante in diesem Falle

die Länge von 14400 yards ist. Die Garntabelle ist für naßgesponnenen Flachs:

- 90 ins. (eine Umdrehung des Haspels) = 1 Faden = $2\frac{1}{2}$ yards.
- 120 Faden = 1 Lea = 300 yards.
- 10 Leas = 1 Strang = 3000 yards (engl.).
- 12 Leas = 1 Strang = 3600 yards (schottisch oder irisch).
- 20 engl. Stränge = 1 Bündel = 60000 yards.
- $16\frac{2}{3}$ schottische oder irische Stränge = 1 Bündel = 60000 yards.

Für trocken gesponnenen Flachs oder Jute:

- 90 ins. (eine Umdrehung des Haspels) = 1 Faden = $2\frac{1}{2}$ yards.
- 120 Faden = 1 Cut (Lea) = 300 yards.
- 2 Cuts = 1 Hear = 600 yards.
- 12 Cuts = 1 Strang = 3600 yards.
- 48 Cuts = 4 Stränge = 1 Spindel = 14400 yards.

Englische Maße, Gewichte usw.

Da es üblich ist Originalarbeiten unverändert zu zitieren, sind öfters englische bzw. amerikanische Maße usw. in die deutsche Ausgabe mit hinein genommen worden. Die nachfolgende Zusammenstellung erleichtert ein rasches Umrechnen.

A. Englische Maße.

- a)
- 1 Foot = 12 Inches . . . = 30,47 cm
 - 1 Inch = 2,539 cm
 - 1 Half = $\frac{1}{2}$ Inch
 - 1 Yard = 3 Feet = 91,43 cm

- b) Tuchmaße:
- 1 Yard = 4 Quarters . . = 91,43 cm
 - 1 Quarter = 22,85 cm
 - 1 Elle, Flämische . . . = 68,57 cm
 - 1 „ Schottische . . . = 94,48 cm
 - 1 „ Englische = 114,29 cm
 - 1 „ Französische . . = 137,15 cm

- c) Garnmaße für Baumwolle:
- 1 Thread = 137,15 m
 - 1 Hauk = 768,08 m
 - 1 Spindle = 13825,60 m
 - 1 Lea = 80 Thread.

- d) Garnmaße für Wolle:
- 1 Thread¹ = 91,43 cm
 - 1 Lea = 80 Thread¹ . . = 73,15 m
 - 1 Hauk¹ = 512,05 m
 - 1 Thread² = 182,87 cm
 - 1 Lea² = 73,15 m
 - 1 Hauk² = 512,05 m

- e) Lein- und Hanfgarne:
- 1 Thread = 228,5 cm
 - 1 Lea = 274,31 m
 - 1 Heer = 548,63 m
 - 1 Slip = 1645,90 m
 - 1 Hauk = 3291,80 m

- f) Maschinengarne:
- 1 Bundle = 54863,5 m
 - 1 Pack = 3 oder 6 Bundles.

- g) Seidenzwirne:
- 1 Thread = 121,91 cm
 - 1 Hauk = 3043,09 m

B. Englische Hohlmaße.

- 1 Tun = 1144,98 l
- 1 Gallon = 4,54 l
- 1 Quart } = $\frac{1}{8}$ Gallon . = 0,56 l
- 1 Pint } = $\frac{1}{8}$ Gallon . = 0,56 l
- 1 Pint = 20 Ounces

C. Englische Flüssigkeitsmaße.

- 1 Tun = 2 Pipes = 953,89 l
- 1 Gill = 0,118 l

D. Englische Gewichte.

Handel:

- 1 Pound = 16 Ounces . . = 453,59 g
- 1 Ounce = 28,34 g
- 1 Grain = 59,06 mg

Wollgewichte:

- 1 Last = 1981,29 kg
- 1 Soe = 165,10 kg

E. Vergleichung der Thermometergrade (Fahrenheit, Celsius, Réaumur).

F.	C.	R.	F.	C.	R.	F.	C.	R.
212	100	80	122	50	40	23	5	4
176	80	64	95	35	28	5	15	12
158	70	56	50	10	8	0	17,78	14,22
140	60	48	32	0	0	4	20	16

9° Fahrenheit = 5° Cels. = 4° Réaumur.

F. Amerikanische Maße, Gewichte usw.

- 1 Mile = 1609,32 m
- 1 Rod = 4,57 m
- 1 Gallon = 3,78 l
- 1 Bushel (Winchester) . . = 35,23 l
- 1 Hundredweight = 45,35 kg
- 1 Quarter = 11,33 kg
- 1 Ton = 907,18 kg
- 1 Bale (Baumwolle) . . . = 164,20 kg

¹ Kurzer Haspel. ² Langer Haspel.

Literatur.

- Adam: Le cocotier en Afrique. Paris 1910.
Adams: Rapport sur la sériculture au Japon.
Alcan: Études sur les arts textiles a l'Exposition de 1867.
— Traité complet de la filature du coton. Paris 1875.
Allen: Commercial Organic Analysis. Bd. 1 u. 3, Teil 3. Philadelphia 1898.
Allievo: Le fibre tessile di applicazione industriale. 1908.
Alliotta: Revista critica del genre Gossypium. Portici 1903.
Allard: The Fibers of Long Staple Uplands Cottons. U. S. Bulletin 111. 1907.
— Crossing in Cotton. Americ. Breeders' Mag. Nr. 4, S. 147.
Alworden: Studien über die Einwirkung von Chlor auf Schafwolle. Berlin 1913.
Amott: Silk production in China, India and Europe from the Earliest Times.
London 1865.
Anzoux: Ver à soie. Paris 1849.
Arloz: La culture du coton à la côte française des Somalis. Marseilles 1906.
Arnaudon: Sur les soies végétales. Mon. Scient. 1893.
Arthus: Pen pictures of Standard Cotton Grades. 1919.
Asbestos Industry: Library of Congress. Div. of Bibliography. 1920.
Auer: Über die Bastfasern der Moraceen. Oesterr. botan. Zeitschr. 1913, S. 353.
— Annuaire de l'industrie linière. Lille.
Aufray: Expériences sur le rouissage du jute. Paris 1904.

Baine: History of the Cotton Manufacture in Great Britain. London 1835.
Baker: Cloth Made from Seaweed. Cons. Resp. 1910, Nr. 125.
Balls: Botanical Notes on Cotton. Cairo Scient. Journ. 1909, S. 139.
— The Cotton Crop of Egypt. Cairo Scient. Journ. 1908, S. 247.
Barba: El Hennequen en Yucatan. Mexico City 1895.
Barham: Essay upon the Silkworm. London 1719.
Barillé: Étude sur les Fibres Textiles. Straßburg 1868.
Barker und Priestley: Wool Carding and Combing. London 1919.
Barret: L'industrie Cotonière de Bombay. 1906.
Bastoe und Appleyard: Chemie der Tussah. Chem.-Zeit. Bd. 12, S. 209.
Baudoin: Sur le coton au Cambodge. 1905.
Bavier: Japans Seidenzucht. Zürich 1874.
Beaumont: Wool Substitutes. London 1922.
Beauverie: Les Textiles Végétaux. Paris 1913.
Becker: Die Kunstseide. Halle 1912.
Beech: Dyeing of Cotton Fabrics, S. 1—22. London 1901.
— Dyeing of Woolen Fabrics, S. 1—14. London 1902.
Behrens: Anleitung zur mikrochemischen Analyse der wichtigsten organischen Faserstoffe. Hamburg 1908.
Beltzer: Industrie des Poils et Fourrures Cheveux. Paris 1912.
— und Persoz: Les Matières Cellulosiques. Paris 1911.
Benedict und Ulzer: Analyse der Fette und Wachsarten. Berlin 1903.
Benoit: Étude sur la ramie. Paris 1901.
Berard: Le Chanvre de Manille. Paris 1902.
Bernardin: Nomenclature nouvelle des 550 fibres textiles. Ghent 1872.
Berthold: Über die mikroskop. Merkmale der wichtigsten Pflanzenfasern. 1888.
Berthollet: Éléments de l'art de la teinture. Paris 1804.
Betti: Dissertazione istorica la seta. Verona 1765.

- Biesiadecky: Artikel Haut, Haare und Nagel in Strickers Handbuch der Lehre von den Geweben. Leipzig 1871.
- Bischoff: Geschichte der Färberei.
- Blair: Rußlands Seidenbau. St. Petersburg 1886.
- Blanc: Étude sur la sécrétion de la soie. Bulletin Laboratory. Lyon 1890.
- Boeken: Fibers and Fiber production. New Zealand Dept. of Agric., Bull. 45.
- Bohm: Die Schafzucht.
- Bolley: Beiträge zur Theorie der Färberei.
- Elastizität der Seide. Zentralbl. Textilindustrie 1884, S. 495.
- Mikroskopische und chemische Untersuchungen der Tussah. Zentralbl. Textilindustrie 1885, S. 829.
- Untersuchung über die Yamamayseide. Polyt. Zeitschr. 1869, S. 142.
- Zur Genesis der Seide. Dingl. Polyt. Journ. 1865.
- und Schosh: Über die Seiden. Dingl. Polyt. Journ. 1870, S. 196.
- Bonnetat: Les plantes textiles. Hachette 1917.
- Borain: La culture du coton. Brüssel 1875.
- Bothier: La ramie. Paris 1902.
- Bottler: Die animalischen Faserstoffe. Leipzig 1902.
- Die vegetabilischen Faserstoffe. Leipzig 1900.
- Bouce und Grothe: Ramie, Chinagras und Nesselfaser. Berlin 1884.
- Bowman: The Structure of the Cotton Fiber. London 1908.
- The Structure of the Wool Fiber. London 1908.
- Boyé: Suppression du rouissage, du lin et du chanvre. Paris 1862.
- Bradbury: Calculations in Yarns and Fabrics. Belfast 1906.
- Bray: La ramie. Paris 1879.
- Brenier: La culture du cotonnier dans les colonies françaises 1903.
- Brinkmeier: Der Hanf. Ilmenau 1886.
- Brooks: Cotton Manufacturing. Blackburn 1888.
- Handbook for Cotton Manufacturing Students. London 1889.
- Browne: Trichologia Mammalium. Philadelphia 1853.
- Bruck: TROPENPFLANZEN Bd. 13, S. 387.
- Brunel: Le coton en Algérie. 1910.
- Buchoz: Dissertation sur le lin de Sibirie. 1789.
- Burgenstein: Über Pflanzenfasern (Ver. zur Verbreit. Naturw. Kenntnisse Bd. 19, S. 245).
- Burkett: Cotton. New York 1907.
- und Hamilton: Die Baumwolle.
- Butterworth: Cotton and its Treatment. Manchester 1881.
- Cadoret: Die künstliche Seide. Krefeld 1894.
- Campbell: A Treatise on the Cultivation of Flax and Hemp. Sidney 1868.
- Capus: Le cotonnier en Indo-Chine. 1906.
- Carter: The Bleaching, Dyeing and Finishing of Flax, Hemp and Jute. London 1911.
- Ramie and China Grass. London 1910.
- Cordage Fibers. London 1909.
- Champion: Industrie de l'empire Chinois. Paris 1809.
- Chaplet und Rousset. Les succédanés de la soie. Paris 1909.
- Charles Roux: La production du coton en Egypte. Paris 1909.
- Charpentier: Les textiles; Ency. Chimique. Paris 1890.
- Chérot: Études sur la culture du lin. 1845.
- Cheney Brothers: The Story of Silk. New York 1916.
- Christy: New Commercial Plants and Drugs. 1882.
- Cirkel: Asbestos. Ottawa 1905.
- Chrysotile Asbestos. Ottawa 1910.
- Clark: Practical Methods in Microscopy. Boston 1900.
- Claveries: Anatomie des plantes textiles exotiques. Marseilles 1909.
- Cobb: Tests on Cotton. U. S. Dept. of Agric., Bulletin 62.
- Manufacturing Industries, Silk.
- Colerus: De Bombyce. Gießen 1665.

- Combe: Summary of the Origin and Processes of Linen Manufacture. Belfast 1868.
 Comstock: A Practical Treatise on the Culture of Silk in the United States. Hartford 1836.
 Conquist: Das Ganze der Asbestverarbeitung. Berlin 1913.
 Conter: Cultivation of Sisal in Hawaii. Honolulu 1902.
 Cook: Origin of Hindi Cotton. Bur. Plant Ind., Circular 42.
 Corda: Die webbaren Fasern organischen Ursprungs, mikroskop. untersucht.
 Cordemoy: Le coton en Egypte. 1897.
 Cornalia: Bombyce del selso. Mem. Inst. Lombardo 1856.
 Correa: Plantas fibrosas da restinga do estado do Rio de Janeiro 1910.
 Cramer: Die Bestandteile der Rohseide. Dingl. Polyt. Journ. 1865.
 — Drei gerichtliche mikroskopische Expertisen betreffend Textilfasern. Zürich 1881.
 — Untersuchung der Seide. Journ. Prakt. Chem. Bd. 96.
 Crawford: Irish Linen 1910.
 Cross and Bevan: Cellulose. London 1895.
 — Researches on Cellulose, 1895 to 1900. London 1901.
 — Researches on Cellulose, 1900 to 1905. London 1906.
 — Researches on Cellulose, 1905 to 1910. London 1912.
 — Paper Making, S. 1—110. London 1900.
 — Bevan and King: Report on Indian Fibers. London 1887.
 Crum: On the Cotton Fiber. 1853.
 Cuniasso und Zwilling: Essais du commerce; matières textiles, S. 225—232. Paris 1901.
- Dahl: Seidenspinne und Spinnenseide.
 Dana: Cotton from Seed to Loom. New York 1878.
 Dangers: Neue Gespinnstpflanzen. Landw. Zeitschr. Nr. 4, 1880.
 Dannerth: Methods of Textile Chemistry. New York 1908.
 Danzer: Les industries textiles a l'Exposition de 1889. Paris 1889.
 David: Handbuch der Seidenfärberei. Aarau 1885.
 Davidson: La ramie à Formose. Paris 1903.
 — La fibre d'ananas de Formose. Paris 1903.
 Davis, Dreyfus und Holland: Sizing and Mildew in Cotton Goods. Manchester 1883.
 Delamer: Flax and Hemp. London 1854.
 Delden: Studien über die indische Juteindustrie. Leipzig 1915.
 Demoor: Traité de la culture du lin et des differents modes de rouissage. Brüssel 1855.
 Dennet: Vegetable Fibers. Brighton 1875.
 Deschamps: Le coton. Paris 1885.
 Desieyez: L'abaca aux îles Philippines. Paris 1902.
 Deutscher Färber Kalender: Wittenberg 1912—1918.
 Dewey: Cultivation of Hemp in the United States. U. S. Dept. of Agric., Cir. 57.
 — The Hemp Industry in the United States. U. S. Dept. of Agric., Year Book 1910.
 — Principal Commercial Plant Fibers. U. S. Dept. of Agric., Year Book 1903.
 Dewhurst: A Familiar Treatise on the Natural History and Management of the Common Silk-Worm. London 1839.
 Devilliers: Manuel de la soierie. Paris 1839.
 D'Homergue: The Silk Culturist's Manual. Philadelphia 1839.
 Dickson: Fiber Plants of India 1865.
 Dodge: Report on Flax, Hemp, Ramie and Jute. U. S. Dept. of Agric., Report Nr. 1.
 — Report on Sisal Hemp Culture. U. S. Dept. of Agric., Report Nr. 3.
 — Flax Culture for Fiber in the United States. U. S. Dept. of Agric., Report Nr. 4.
 — Report on Leaf Fibers. U. S. Dept. of Agric., Report Nr. 5.
 — Report on Cultivation of Ramie in the U. S. Dept. of Agric., Report Nr. 7.
 — Descriptive Catalogue of the Useful Fiber Plants of the World. U. S. Dept. of Agric., Report Nr. 9, 1897.
 — Report on Flax Culture. U. S. Dept. of Agric., Report Nr. 10. 1898.

- Donath und Margoscher: Das Wollfett. Stuttgart 1901.
 Donnell: History of Cotton. New York 1872.
 Drabble: African Fibrous Plants. Journ. Inst. Commercial Research in Tropics S. 133. 1907.
 Draper Co: Textile Tests for Cotton Manufacturers. Milford 1917.
 Dubois: Die Absonderung der Seidensubstanz. Cpt. rend. Bd. 111, S. 482.
 — Über den natürlichen Faserstoff der Seide. Comptes rend. Bd. 111, S. 434.
 Duhamel du Monceau: Traité de la Corderie 1769.
 Dupont: La filature du coton. Paris 1881.
 Duran: Raw Silk: a Practical Handbook for the Buyer. New York 1913.
 Durand: Étude sur le chanvre et de lin. Paris 1893.
 Duseigneur Kleber: Le Cocon de soie. Paris 1875.
 Dunstan: Le coton en Asie Mineure. 1908.
- Earle und Dean: Classification and Grading of Cotton. U. S. Dept. of Agric., Bull. 591.
 Ebert: Deutscher Faserstoff-Kalender.
 Eble: Die Lehre von den Haaren; 2 Bde. Wien 1831.
 Editors of the "Dyer and Calico Printer"; Mercerisation. London 1903.
 Edmondson: Universal Tables of Textile Structure. London 1886.
 Einöhr: Textile Handelskunde. 1906.
 Ellison: Handbuch der Baumwollenkultur. Bremen 1881.
 Engle: Über das Wachsen abgeschnittener Haare. 1856.
 Erdl: Vergleichende Darstellung des inneren Baues der Haare. 1841.
- Farmer: La culture du cotonnier. Paris 1901.
 Favier: Note industrielle sur la ramie. Avignon 1882.
 — Nouvelle histoire de la ramie. Paris 1886.
 — The Textile Nettles. London 1882.
 Favre: La ramie. Tunis 1884.
 Ferrage: Culture du lin Toulouse. 1887.
 Fiedler: Die Materialien der Textilindustrie. Hannover 1909.
 Flatters: The Cotton Plant. London 1906.
 Fleming: Manufacture of Jute. Sciences annales, S. 3928.
 Fletcher: Origin of Egyptian Cotton. Kairo 1908.
 Focke: Mikroskop. Untersuch. der bekannteren Gespinnstfasern der Shoddywolle usw. Archiv. du Pharmciens. 1886.
 Foltzer: Fabrication de la soie artificielle. Paris 1903—1905.
 de Francheville. Le Bombyx. Berlin 1754.
 Francke: Die neueste Entwicklung der Textilindustrie in Deutschland. 1885.
 Fremey: La ramie. Paris 1884.
 Frey: Das Mikroskop für Ärzte usw.
 Fritsch: Culture des plantes oleagineuses et textiles. Paris 1902.
 Frost: Flachsbaud und -industrie in Holland, Belgien und Frankreich. Berlin 1909.
- Gaidukov: Über die Anwendung des Ultramikroskops nach Seidentopf. Zeitschr. f. angew. Chem., S. 393. 1908,
 Gammie: The Indian Cottons. Mem. Bot. Series Bd. 2, Nr. 2.
 Ganeval: Le coton. Lyons 1881.
 Ganswindt: Die Technologie der Appretur. Wien 1907.
 Gard: Le crin végétal. Bordeaux 1903.
 Gardner: Mercerisation und Appretur. Berlin 1912.
 Gardner, W.: Wool Dyeing; Teil 1, S. 7—19. Philadelphia 1896.
 de Gasparin: Histoire de l'introduction du ver a soie.
 Geldard: Handbook on Cotton Manufacture. New York 1867.
 Geohagan. Silk in India. Kalkutta.
 Georgievics: Chemische Technologie der Gespinnstfasern, 2 Bde. Leipzig 1907 und 1908.
 — Chemical Technology of the Textile Fibers. Trans. Salter. London 1902.
 Gibbs: New Zealand Flax. London 1865.

- Gilson: La soie. La Cellule Bd. 6. 1890.
 Giraud: Les origines de la soie. Lyon 1883.
 Girola: Las plantas textiles de la Republica Argentina. Buenos Aires 1903.
 Glafey: Die Rohstoffe der Textilindustrie. Leipzig 1910.
 Gliddon: Memoir of the Cotton of Egypt. London 1841.
 Gnehm: Taschenbuch für die Färberei und Farbenfabriken: „Gespinnstfasern“ S. 1—17. Berlin 1902.
 Gotthard: Die Seidenraupe. Erfurt.
 Goulding: Cotton and other Vegetable Fibers. London 1917.
 Graugnard: La ramie. Marseilles 1878.
 Greef: Mitt. über die Lage der Halbseidenindustrie. Wien 1885.
 Green: Notes on Certain Silkweeds. Coulter's Bot. Gaz. S. 64. 1880.
 Greengrass: Fibres d'aloës. Paris 1903.
 Greshoff: La pretendue fibre d'ananas de Java. Paris 1906.
 Grothé: Gespinnstfasern aus Agaven. Dingl. Polyt. Journ. S. 157. 1880.
 — „Textile Industrie“ in Muspratt's Chemie Bd. 5.
 — Technologie der Gespinnstfasern; Vollständiges Handbuch der Spinnerei. Berlin 1876 und 1882.
 Guerin Meneville: The Ailanthus Silkworm. London 1862.
 Gurlt: Vergleichende Untersuchungen über die Haut. Berlin 1884.
 Gürtler: Textilindustrie, 2 Bde. Leipzig 1908.
- Haberlandt: Die Seidenspinnen. Wien 1871.
 Habler: Mikroskopische Diagnostik der Baumwollarten.
 Halphen: La pratique des essais commerciaux et industriels, matières organiques; textiles et tissus, S. 326—342. Paris 1893.
 Hamon: Culture de lin en Bretagne.
 Hanausek: Lehrbuch der technischen Mikroskopie. Stuttgart 1900.
 — Die Raphiafaser. Berichte, S. 152. 1885.
 — Über Merzerisierung. Dingl. Polyt. Journ. S. 180. 1898.
 — und Neberki: Mikroskopie von Pelzhaaren. Jahresbericht der Wiener Handelsakademie 1884.
 Hanmann: Das Ganze des Seidenbaues. Ilmenau 1829.
 Hannan: Textile Fibres of Commerce. London 1902.
 Hassack: Beitrag zur Kenntnis der künstlichen Seiden. Oesterr. Chem.-Zeit. 1900, Nr. 10—12.
 — Ramie. Wien 1890.
 — Die Unterscheidung der Gewebefasern. Verbreitung naturw. Kenntnisse in Wien Bd. 2, S. 55.
 — Über Herstellung und Eigenschaften der künstlichen Seiden. Oesterr. Chem.-Zeit. 1900, Nr. 1.
 Haussner: Vorlesungen über mechanische Technologie der Faserstoffe.
 Hautefeuille: Étude sur jute dans l'Inde. Paris 1904.
 — Fibres de bananier. Paris 1908.
 — L'agave textile. Paris 1907.
 Havick: Résistance des fibres. Jaart Dept. Landt. Nederland. Indie 1908.
 Hazzi: A Treatise on the Culture of Silk in Germany. Washington 1928.
 — Lehrbuch des Seidenbaues. München 1826.
 Hector: Le Phormium 1889.
 Heermann: Dyer's Materials, „Textile Fibers“, S. 16—24. Trans. Wright. London 1900.
 — Mechanisch- und physikalisch-technische Textiluntersuchungen. Berlin 1912.
 — Untersuchungsmethoden der Textilchemie. Berlin 1902.
 Hehn: Kulturpflanzen und Haustiere aus Asien. Berlin 1874.
 Heinde und Rasser: Handbuch der Papier-Textilindustrie.
 Heizmann: Die Baumwolle.
 Hellot: Théorie chimique de la teinture de l'étoffe, in Mem. de l'Acad. Française 1740.
 Helm: Entstehung der Seide. Zeit. Zoologie. S. 434. 1876.
 Henri: Die Seide. Dresden 1897.

- Henry: Determination de la valeur commerciale des fibres de coton. 1902.
- Horzer: Gesammelte Nachrichten und Selbsterfahrung durch Aussuchung deutscher Seiden und Wollgewäsche. Regensburg 1795.
- Herzfeld: Die technische Prüfung der Garne und Gewebe. Wien 1896.
— Das Färben und Bleichen usw., 2 Bde. Berlin 1890 und 1905.
— Technical Testing of Yarns and Fabrics. London 1898.
- Herzinger: Die Technik der Merzerisation. Reuß 1911.
- Herzog: Die Flachsfaser in mikroskopischer und chemischer Beziehung.
— Mikrophotographischer Atlas der technisch wichtigen Faserstoffe. München 1908.
— Über das optische Verhalten der Gelatineseide. Oesterr. Chem. Zeit. 1906, Nr. 12.
— Die Unterscheidung von Baumwolle und Leinen 1908.
— Beiträge zur Kenntnis der Flachsfaser. Chem.-Zeit. 1898, S. 310.
— Zur Kenntnis der Doppelbrechung der Baumwollfaser. Koll.-Zeit. Bd. 5, Nr. 5.
— Zur Kenntnis der neueren Azetatseide. Chem.-Zeit. 1910, Nr. 40.
— Die Unterscheidung der natürlichen und künstlichen Seiden. Dresden 1910.
- Higgins: On the Microscopic Character of Cotton. Proc. Lib. and Phil. Soc. of Liverpool 1872.
- Hilgard: La ramie en California. Paris 1903.
- Hitier: Les plantes industrielles. Encycl. Wery.
- Hofmann: Traité pratique de la fabrication du papier. 1876.
— Handbuch der Fränkischen Seidenerzeugung. Würzburg 1839.
— Observationes circa Bombyces. Tübingen 1757.
- Höhnel: Die Unterscheidung der pflanzlichen Textilfasern. Dingl. Polyt. Journ. Bd. 246, S. 465.
— Über die Bildung der Seide. Warenkunde u. Technologie Teil 3 und 5.
— Beiträge zur technischen Rohstofflehre. Dingl. Polyt. Journ. Bd. 252.
— Über den Bau und die Abstammung der Tillandsiafaser. Dingl. Polyt. Journ. Bd. 234, S. 407.
— Die Mikroskopie der technisch verwendeten Faserstoffe. Leipzig 1887 und 1905.
— Über die Kollodiumseide. Tech. Gew.-Mus. in Wien 1890.
- Hooker: Jute. Pharm. Journ. 1850, S. 359.
- Hooper: Silk, its Production and Manufacture. London 1911.
- Hort: Deutsche Seidenkultur. Wollengewerbe Bd. 20, S. 209.
- Howard: Studies in Indian Fiber Plants. Dept. of Agric. India 1911.
- Hoyer: Das Papier, seine Beschaffenheit und deren Prüfung. München 1881.
— L'extraction du coir. Paris 1907.
- Hübner: Bleaching and Dyeing of Vegetable Fibrous Substances. London 1912.
- Hülse: Die Technik der Baumwollspinnerei. Stuttgart 1863.
- Hummel: Dyeing of the Textile Fibres. London 1896.
- Hyde: The Science of Cotton Spinning. Manchester.
- Ichenhauser: Kunstseide.
Imperial Institute. Fibers. Report Nr. 58.
International Textbook Co: Burring and Carbonising. Scranton 1910.
- Janke: Wool Production 1864.
- Jackson: Ramie. Agric. Gaz. Wales Bd. 18, S. 744.
- de Janville: Atlas des plantes utiles des pays chauds. 1902.
- Jeziarski: Jedwabnictwo polskie. Warschau 1838.
- Joclét: Chemische Bearbeitung der Schafwolle. Leipzig 1902.
- Johannsen: Die Faserstoffe.
— Faserstoffe. Die Technik im 20. Jahrhundert Bd. 1, S. 353—397.
- Jones: Asbestos. London 1897.
- Joseph: Asbestos. Tucson 1916.
- Kappf: Über Wolle, Baumwolle usw. Leipzig 1860.
- Karmarsh: Technisches Wörterbuch, Artikel „Baumwoll- und Gespinnstfasern“. 1876.

- Karpeles: La ramie en Indo-Chine. Paris 1906.
 Keer: Report on Cultivation and Trade of Jute. Kalkutta 1877.
 Kenrick: The American Silk-growers Guide. Boston 1835.
 Kérébel: De l'examen des fibres textiles végétales dans la marine 1890.
 Kestner: Die Yamaseide. Dtsch. Gewerbezeit. 1866, S. 1260.
 Kew Bulletin. Vegetable Fibers. Series 2.
 Kiehmeyer: Die Entwicklung der Färberei, Bleicherei, Druckerei. Dingl. Polyt. Journ. Bd. 234, S. 63.
 — Der Färberlehrling im Chemie-Examen. Wittenburg 1910.
 Kirkwood: Some Mexican Fiber Plants. Plant World 1909, S. 25.
 Knecht, Rawson und Loewenthal: Manual of Dyeing. London 1910.
 Knidt: Industrie linière. Brüssel 1852.
 Kodolanyi: Die Kultur und Zubereitung des Flachses.
 Kolliker: Handbuch der Gewerbelehre.
 Krutzsch: Beiträge zur Forderung des Seidenbaues. Leipzig 1838.
 Kuhn: Die Baumwolle. Leipzig 1892.
 Kuhnert: Der Flachs. Berlin 1898.
 Kuhnnow: Flachs-anbau und -zubereitung.
 Kurrer: Geschichte der Zeugdruckerei. Nürnberg 1844.
- Labrousche: Le chanvre de Manille. Paris 1906.
 Lacroix: Grand dictionnaire industriel. Paris 1888.
 Ladureau: Culture du lin. Lille 1878.
 Lafar: Technical Mycology Bd. 1. London 1898.
 Laliers: Lecoton 1908.
 Langer: Flachs-bau und Flachs-bereitung. Wien 1893.
 Lardner: Cabinet Cyclopaedia, Silk Manufacture. London 1831
 Lasteyrie: Du cotonnier et de sa cultur. Paris 1808.
 Lauber: Praktisches Handbuch des Zeugdrucks, 3 Bde. Leipzig 1901.
 Laurent de l'Arbousset: On Silk and the Silkworm. Leek 1905.
 Leavitt: The Culture and Manufacture of Flax and Hemp. Rep. Com. Pats. Washington 1862.
 Leblanc: Le ouatire du Cambodge. Paris 1903.
 Le Blanc: Système complet de la filature du coton. Paris 1828.
 Lecointre: Traité de l'analyse étoffes. Paris 1905.
 Lecomte: Culture du jute. Paris 1897.
 — La ramie (Rev. gen. sciences). Paris 1890.
 — Textiles vegetaux. Paris
 Lederlin: Blanchiment, teinture, impression, apprêts. Paris 1923.
 Lee: The Vegetable Lamb of Tartary. London 1887.
 Lefroy und Ghosh: Eri Silk. Dept. of Agric. India, Entomological Series Bd. 4, Nr. 1.
 Legatt: Theory and Practice of Jute. Dundee 1893.
 Leger: La ramie. Lyon 1881.
 Leigh: The Science of Modern Cotton Spinnig. Manchester 1877.
 Lenz: Chemische Analyse der Seidenraupen. Ann. Landwirtschaftl. Wochenbl. 1868.
 — Zur Unterscheidung der Jutefaser. Zeitschr. f. anal. Chem. 1890, S. 133.
 Lewis: Physical Testing of Cotton Yarns. U. S. Bur. Standards, paper 19.
 Leydig: Lehrbuch der Histologie.
 L'Homme: Laine et coton. Paris 1881.
 Linsbauer: Mikroskopisch-technische Untersuchungen über Torffaser und deren Produkte. Dingl. Polyt. Journ. Bd. 315, S. 437.
 Löbner (H): Studien und Forschungen über Wolle. Grünberg 1898.
 Löhner (O): Karbonisation der Wolle. Grünberg 1891.
 Locke: Observations on the Produktion of Silk. London 1766.
 Luccock: The Nature and Properties of Wool. Leeds 1805.
 Lunge: Chemisch-technische Untersuchungsmethoden Bd. 3, S. 1026—1056. Berlin 1900.
 Lyman: Cotton culture. New York 1865.

- McBride: Chemistry of Cotton. U. S. Dept. of Agric., Bull. Nr. 33.
 McMurtrie: Report upon the Examination of Wool Fibers. U. S. Dept. of Agric. 1886.
 Macquer: Art de la teinture. Paris 1763.
 Maireaux: Les agaves textiles du Mexique. Paris 1904.
 Mallet: Cotton: the Chemical usw. Conditions of its Culture. London 1862.
 Malpighi: Discutatio epistolica de Bombyce. London 1669.
 Manget: Tableaux synoptiques pour l'examen des tissus. 1902.
 Marcandier: Traité du chanvre. Paris 1795.
 Marchadier: Le rouissage du chanvre. Le Mans 1911.
 Margosches: Die Viskose. Leipzig 1906.
 Marquart: Der Hanfbau. Berlin 1919.
 Marsden: Cotton Spinning. London 1888.
 Massot: Zur Kenntnis einiger Erzeugnisse der Kunstseidenindustrie. Chem.-Zeit. 1906.
 — Zur Kenntnis neuer Textilfaserstoffe. Färber-Zeit. 1907, Nr. 10—13.
 — Appretur und Schlichteanalyse. Berlin 1911.
 Masters: On a new Species of *Gossypium*. Journ. Linn. Soc. London 1882.
 Matthews: Application of Dyestuffs. New York 1920.
 — Bleaching and Related Processes. New York 1921.
 — Laboratory Manual of Dyeing and Textile Chemistry. New York 1908.
 — The Textile Fibers. New York 1913, 1923.
 Mène: Analysen gelber Rohseiden. Cpt. rend. 1869, S. 69.
 Merrill: The Non-Metallic Minerals (for Asbestos). New York 1904.
 Meyer: Über die Verarbeitung des Hanfes und Flachses in ungerottetem Zustande durch Maschinen. Hannover 1877.
 Michotte: Traité scientifique et industriel des plantes textiles.
 Miller: Alte und neue Farbstoffe. Augsburger Allgem. Zeit. 1885.
 Mercandier: Traité du chanvre. Paris 1795.
 Mitchell und Prideaux: Fibres Used in Textile and Allied Industries. London 1910.
 Moerman: La Ramie. Gent 1871.
 Möller: Warenkunde. Wien 1879.
 Mölisch: Neue Methode zur Untersuchung der Tierfasern und Pflanzenfasern. Dingl. Polyt. Journ. Bd. 261, S. 135.
 Monie: The Cotton Fibre. Manchester 1800.
 Moore, A. S.: Linen from the Raw Material to the Finished Product. London 1914.
 — Synopsis of Asiatic Silk Moths. London 1859.
 Morand: La fabrique Lyonnaise de soieries 1789, 1889.
 Moreau: La ramie. Libr. Horticole, Paris.
 Morris: Commercial Fibers. Cantor Lectures Bd. 5.
 — Fiber Plants of Jamaica. Inst. of Jamaica.
 — The Sisal Industry. Colonial Reports Nr. 5.
 Moyret: Microscopical Examination of Dyed Silk. The Chemical Review 1882.
 Mucke: Der Baumwollenbaum, Kapok. Der Pflanzler Bd. 4, S. 19.
 Mulder: Analyse der Seide. Poggendorffs Annalen Bd. 37, S. 594.
 Müller, E.: Anleitung zur Ausführung textil-chemischer Untersuchungen. Wien 1904.
 — Handbuch der Spinnerei.
 Müller, H.: Die Pflanzenfaser in Hofmanns Berichte. Braunschweig 1877.
 Mundorf: Die Appretur der Woll- und Halbwollgewebe. Leipzig 1912.
 Murray: The Natural History of the Silkworm. London 1838.
 Nathusiun-Königsborn: Das Wollhaar des Schafes in histologischen und technischen Beziehungen. Berlin 1866.
 Netz: Anleitung zur Kultur der Seidenraupen. Darmstadt 1840.
 Niers: Die Baumwollspinnerei. Weimar 1885.
 Nunn: Zapupa Fiber Plant. Kew Bull. London 1907.
 Oelsner: Die Webmaterialienkunde. Altona 1881.
 Oesterreichs: Wollen- und Leinenindustrie.

- Oger: *Traité élémentaire de la filature du coton*. Mühlhausen 1839.
- O'Neill: *A Dictionary of Calico Printing and Dyeing*. London 1862.
- *Experiments and Observations on Cotton*. London 1865.
- *On an Apparatus for Measuring Tensile Strength of Fibers*. London 1865.
- Onekaki-Morikuni: *L'art d'élever les vers à soie au Japon*.
- Oppel: *Die Baumwolle*. Leipzig 1902.
- Orschatz: *Traité sur la constitutions des fibres textiles et microscopique de la teinture*.
- *Über den Bau der wichtigsten verwendbaren Faserstoffe*. *Polyt. Zentralbl.* 1848, S. 1279.
- Ott: *Historisches über die Seidenzucht in Amerika*. *Wiecks Gewerbezeit.* 1870.
- Parent-Duchatelet: *Le rouissage du chanvre*. Paris 1832.
- Pariset: *Les industries de la soie*. Lyon 1890.
- *Histoire de la soie*. Paris 1862.
- Parlatore: *Le specie dei cotoni*. Florenz 1866.
- Passon: *Die Kultur der Baumwollstaude*. Stuttgart 1910.
- Pearsall: *On the Chemical Preparation of Flax*. Leeds 1853.
- Pellet-Jovilet: *Die Theorie des Färbeprozesses*. Dresden 1910.
- Peligot: *Chemische und physiologische Betrachtungen der Seidenraupen*. *Cpt. rend.* Bd. 34, S. 33.
- Pelouze: *Exposé complet de la culture du coton aux Antilles*. Paris 1838.
- Perrot: *Des produits utiles des Bombax*. Paris 1911.
- Persoz: *Le conditionnement de la soie*. Paris 1887.
- *Essai des matières textiles*. Paris 1899.
- *Chemische Untersuchung der Seide*. *Moniteur scient.* Bd. 1, S. 597.
- *Traité théorique et pratique de l'impression des tissus*. Paris 1846:
- Pfuhl: *Die Jute und ihre Verarbeitung*. Dresden 1888.
- *Fortschritte in der Flachsgewinnung*.
- *Physikalische Eigenschaften der Jute*. Berlin 1888.
- *Papierstoffgarne*. Riga 1904.
- Piest: *Die Zellulose*. Stuttgart 1910.
- Pinagel: *Die Mikrophotographische Messung und Untersuchung des Wollhaares*. Aachen 1899.
- Polleyn: *Dressings and Finishings for Textile Fabrics*. *Trans. Salter.* London 1911.
- Porter: *A Treatise on Silk Manufacture*. London 1830.
- Posselt: *Structure of Fibers, Yarns and Fabrics*. Philadelphia 1891.
- Pray: *The Cotton Fiber*. *Journ. Franklin Inst.* Bd. 1, Nr. 7.
- Pullein: *The Culture of Silk*. London 1758.
- Quatrefages: *Essai sur l'histoire de la sériculture*. Paris 1860.
- Quatremere-Disjoulval: *Essais sur les caractères qui distinguent les cotons de diverses parties du monde*. Paris 1784.
- Raulin: *Chemie der Maulbeer- und Eichenseide*. *Moniteur des soies* 1890, S. 1445.
- Rawson, Gardner und Laycock: *Dictionary of Dyes, Mordants etc., articles relating to Textile Fibers*. London 1901.
- Reichenbach: *Über Seidenraupenzucht in China*.
- Reiser und Spennrath: *Handbuch der Weberei*. Berlin 1885.
- Reisseck: *Die Fasergewebe des Leines usw.* Wien 1852.
- Remec: *Über die spezifische Doppelbrechung der Pflanzenfaser*. Wien 1901.
- Renouard: *Études de la culture, le rouissage du lin*. Paris 1880.
- *Distinction du lin et du chanvre*. Lille 1875.
- *Études sur le travail des lins, chanvres, jutes*. Lille 1876.
- *Les arts textiles*.
- *Les fibres textiles des pays tropicaux*. Lille 1882.
- *Histoire de l'industrie linière*. Paris 1879.
- Reybaud: *Le coton*. Paris 1863.
- Reynaud: *Les vers à soie*. Paris 1812.

- Richard: Die Gewinnung der Gespinnstfasern. Braunschweig 1881.
 Riviere: L'Eriodendron anfractuosum. Algeria 1875.
 — La ramie. Algeria 1888.
 Robinet: La sécrétion de la soie, Amer. Soc. Agric. 1844.
 Roell: Der Asbest. Breslau 1914.
 Roeßler-Lade: Die Nessel eine Gespinnstpflanze. Ilmenau 1878.
 Rohde: Beiträge zur Kenntnis der Wollhaare. Eldenaer Archiv 1856, 1857.
 Romen: Die Bleicherei, Färberei und Appretur der Baumwollwaren usw. Berlin 1879.
 Rondot: L'art de la soie. Paris 1885.
 — L'industrie de la soie en France. Lyon 1894.
 Rosa: Histoire de la culture des vers a soie. Journ. de l'agric. 1870.
 Rostaing und Fleury. Precis du sert. vegetaux propres a la fabrication de la cellulose et du papier. Paris 1904.
 — Indian Fibers for Textile Fabrics. London 1854.
 Runge: Farbenchemie. Berlin 1834.
- Sadtler: Handbook of Industrial Organic Chemistry. Philadelphia 1922.
 Saito: Plant-fibers used in the Arts and Manufactures. Tokio 1903.
 Saladin: La filature du coton. Paris.
 Sansome: Dyeing Wool, Silk, Cotton usw. Bd. 1, S. 18—32. London 1888.
 — Printing of Cotton Fabrics S. 53—73. London 1901.
 Savorgnan: Cultivazione ed industrie delle piante tessili. Milan 1890.
 Sawyer: Culture d'ananas pour le fibre. Paris 1904.
 Schacorow: Gewinnung, Verarbeitung und Absatz der Seide. St. Petersburg 1890.
 Schacht: Die Prüfung der im Handel vorkommenden Gewebe. Berlin 1853.
 — Mikroskopische Untersuchungen der Textilstoffe. Berlin 1885.
 Schatz: Der Torf als Spinn- und Webstoff. Leipzig 1911.
 Schick: Der Textilchemiker. Reuß 1910.
 Schiller: Optische Untersuchung von Bastfasern. Wien 1906.
 Schlesinger: Examen microscopique et microchimique des fibre stextiles. Paris 1875.
 — Mikroskopische Untersuchungen der Gespinnstfasern. Zürich 1873, 1882.
 Schmidt: Schafzucht und Wollkunde. 1852.
 Schneider und Kunzl: Spinnfasern und Färbungen im Ultramikroskop. Zeitschr. f. wiss. Mikroskopie Bd. 23, Nr. 4.
 Schubert: Die Zellulosefabrikation. Berlin 1906.
 Schwick: On the Color of Nanking Cotton. London 1873.
 — On some Constituents of the Cotton Fiber. London 1868.
 Schwalbe: Neuere Farbetheorien. Stuttgart 1907.
 — Der Abbau der Baumwollzellulose. Berichte 1910, S. 913.
 — Die Chemie der Zellulose. Berlin 1911.
 Schwarz: Merzerisation. Muspratts Handb. der Chemie Bd. 2, S. 915.
 — Textilfasern. Muspratts Handb. der Chem. Bd. 2, S. 849.
 Schwerdener: Über die Verschiebung der Bastfasern. Berichte Botan. Gesellsch. 1894.
 Scrive: Sur la rouissage et la culture du lin. Lille 1867.
 Seabrook: Memoir on Origin, Cultivation and Uses of Cotton. Charleston 1844.
 Serre: La fibre d'ananas de Java. Paris 1907.
 Settgast: Bildliche Darstellung des Baues und der Eigenschaften der Merinowolle. Berlin 1869.
 Shepperson: Cotton Facts. New York.
 Sicard: Guide pratique de la culture du coton. Paris 1866.
 Siegfried: Sur le coton de l'Algérie.
 Silberbach: Handbook of Vegetable and Mineral Products. Liverpool 1887.
 Silbermann: Die Seide, 2 Bde. Dresden 1897.
 — Fortschritte der chemischen Technologie der Gespinnstfasern 1885—1900. Dresden 1902.
 Silk Culture in America: Manufacturers Rev. 1884, S. 301.
 Singer: Apprêt et blanchiment du jute.

- Simmonds: *Fibers and Cordage in British Manufacturing Industries* Bd. 9, S. 148.
 Sison: *Leinbau und Flachsbereitung*.
 Solaro: *Studio microscopico e chemico delle Fibre*. Mailand 1914.
 Spennrath: *Das gefahrlose Karbonisieren der Wolle*. Aachen 1900.
 — *Materiallehre für die Textilindustrie* 1907.
 Squier: *Tropical Fibers*. New York 1863.
 Stanwood: *Flax, Hemp and Jute Products*. U. S. Census Reports Bd. 9, S. 235. 1900.
 Stellamonth: *Katechismus des Seidenbaues*. Leipzig 1827.
 Stenckart: *Die Baumwolle*.
 Steven: *Unterricht über den Seidenbau*.
 Storck und Martin: *L'industrie de la soie à travers des âges*. Paris 1890.
 Summers: *Asbestos*. London 1919.
 Suvern: *Die künstliche Seide*. Berlin 1912.
 Swayne: *Silk Culture in England*. Technical Report Bd. 7.
 Swab: *Fibrous Substances Indigenous and Exotic*. London 1864.
- Tariff Commission: *Flax, Hemp and Jute Industries* 1905.
 Terwague: *Rouissage des plants textile*. Lille 1853.
 — *Du lin, du chanvre etc.* Lille 1852.
 Thomson: *The Sizing of Cotton Goods*. Manchester 1875.
 Thorpe: *Dictionary of Applied Chemistry, Articles Relating to Textile Fibers*. New York 1895.
 Tichonieroff: *L'embryologie du B. Mori*. Lyon 1891.
 — *Die Entwicklungsgeschichte der Seidenraupe*. Moskau 1892.
 Tobler-Wolff: *Anleitung zur mikroskopischen Untersuchung von Pflanzenfasern*. Berlin 1912.
 Todaro: *Relazioni sulla cultura dei cotonei in Italia*. Rom 1878.
 Trotman und Thorpe: *The Principles of Bleaching and Finishing of Cotton*. London 1911.
- U. S. Bureau of Standards: *Testing and Properties of Textile Materials*, Circular 41.
 U. S. Dept. of Agriculture: *Fiber Investigations* 1892—1898.
 — *Yearbook* 1903. *Silk Culture Bulletin*.
 U. S. Dept. of Commerce: *Linen, Jute and Hemp Industries in the United Kingdom*. Washington 1913.
 U. S. Dept. of Agriculture. *The Cotton Plant*. Bulletin Nr. 33, 1898.
 Ure: *On the Cotton Manufacture of Great Britain*. London 1861.
 — *The Philosophy of Manufacture*. London 1835.
- Valentin: *Untersuchung der Pflanzen- und Tiergewebe im polarisierten Licht*. 1861.
 Van der Ploeg: *Fibres de Bananiers*. Paris 1903.
 Vautier: *L'art de la filature du coton*. Paris 1821.
 Venerand: *Asbest*. Wien 1920.
 Veret: *Le lin et sa culture*. Paris 1866.
 Vétillart: *Études sur les fibres végétales textiles*. Paris 1876.
 Vignon: *La soie*. Paris 1890.
 — *Thermochemie der Seide*. Bull. Soc. Chem. Bd. 3, S. 405.
 Vinson: *Über die Seidenraupen Madagaskars*. Cpt. rend. Bd. 56.
- Wagner: *Chemical Technology "Fibers"*, S. 798—871. Trans. Crookes. New York 1897.
 — *Handbuch der Physiologie*, Artikel „Die Haut“.
 Wailley: *Wild Silks*. Journ., Soc. Arts. 1883.
 Waldeyer: *Atlas der menschlichen und tierischen Haare*.
 Walmsley: *Cotton Spinning*. London 1883.
 Walton: *The Story of Textiles*. Boston 1912.
 Ward: *Flax, Its Cultivation and Preparation*. London 1854.
 Warden: *The Linen Trade, Ancient and Modern*. London 1864.
 Wardle: *An Examination into the Divisibility of the Silk Fiber*. Manchester 1908.

- Wardle: Silk: Its Entomology, History and Manufacture. London 1887.
 — Handbook of Wild Silks of India. London 1881.
 — Descriptive Catalogue of Wild Silks. London 1886.
 — Chemistry of Tussah Silk. Text. Mfr. 1891.
 Watson, J. F.: Fiber Yielding Plants of India. 1870.
 — Preparation and Use of Rhea Fiber. London 1875.
 Watson, H. K.: Textiles and Clothing. Chicago 1916.
 Watt: Cotton. London 1877.
 — Economic Products of India 1889.
 Weddel: Monographie des Urticées. Paris 1866.
 Wegscheider: Merzerisation der Baumwolle.
 Weiß: Textiltechnik und Handel. 1907.
 Wiesner: Beiträge zur Kenntnis der indischen Faserpflanzen 1870.
 — Die Rohstoffe des Pflanzenreiches, Bd. 2 „Fasern“. Leipzig 1903.
 — Einleitung in die technische Mikroskopie. 1867.
 — Mikroskopische Untersuchungen. Stuttgart 1872.
 Wiesner und Prasnch: Über die Sieden. Mikroskop. Untersuchungen 1872, S. 45 und Dingl. Polyt. Journ. 1868, S. 190.
 Wertheim: Über den Bau des Haarbalsges. Wien 1864.
 Weyl: Zur Kenntnis der Seide. Berichte Bd. 21, S. 1529.
 Wheeler: A Handbook of Cotton Cultivation in Madras. Madras 1862.
 Willems: La soie artificielle. Paris.
 Winterbottom: Marine Fiber. So. Australia Dept. Chem., Bull. Nr. 4.
 Wissett: A Treatise on Hemp. London 1808.
 Witt: Chemische Technologie der Gespinnstfasern, Teil I. Braunschweig 1891.
 Teil II 1911, Teil III 1915.
 — Die wilden Seiden. Moniteur Scient. 1887, S. 1366.
 Woldd: Die Jute. Berlin 1913.
 Wolowski: Sur l'introduction de l'industrie de la soie. Cpt. rend. Bd. 34, S. 33.
 Worden: Nitrocellulose Industry, 2 Bde. New York 1911.
 Wranitzky: Anleitung zur praktischen Seidenketten. Frankfurt 1840.
 Zetzsche: Faserstoffe. Leipzig 1905.
 Zieten: Anweisung zum Seidenbau. Stuttgart 1831.
 Zimmermann: Über Pflanzenseiden. Der Pflanzler Bd. 8, S. 177.
 Zinken: Anweisung zum Seidenbau. Braunschweig 1829.
 Zipser: Textile Raw Materials (Trans. Salter). London 1901.
 Zolla: Les fibres textiles, d'origine animale. Paris 1910.

Nachtrag.

- Eggert, J.: Herstellung und Verarbeitung der Viskose. Berlin: Julius Springer.
 Heermann und Durst: Betriebseinrichtungen der Textilveredelung.
 Herzog: Technologie der Textilfasern. 10 Bände. Berlin: Julius Springer.
 Hölbing, V.: Fabrikation der Bleichmaterialien.
 Horsfall, R. S. and Lawrie: The Dyeing of Textile Fibres.
 Walland, H.: Wasch-, Bleich- und Appreturmittel. Berlin: Julius Springer.
 Wuth, B.: Die Praxis der Färberei.
 Yarsley, V.: Über die Herstellung und physikalischen Eigenschaften der Zelloseazetate.

Sachverzeichnis.

- Abaka 652.
Abfallseide 169.
Absorptionsgesetze für Seide 102.
Azetylzellulose 581.
Azetatseide 583.
— Spinnen der 583.
— Färben der 584.
Äquivalentgewicht der Wolle 124.
Affinität der Metallsalze zu Wolle 117.
Affinität von Farbstoffen zu Wolle 106.
Agaven, ihre Fasern 653.
Alkali-Zellulose 445.
Alkalischäden an Wolle 108.
Alkalien u. Wolle 97, 104.
Alpakawolle 40.
Alpaka 145.
Aloefaser 656.
Aluminiumchlorid zum Karbonisieren 132.
Ambarihanf 642.
Amidierte Baumwolle 586.
Amingarn 586.
Amphotherer Charakter der Wolle 97.
Amyloid 368.
Analyse von Kunstseidenfaser 587.
— von Seidenbeschwerung 773.
Analysen der Textilfasern (quantitative) 722.
— quantitative, der Tier- u. Pflanzenfasern 697.
Anatomische Struktur der Baumwollfaser 313.
Ananasfaser 659.
Animalisierte Baumwolle 573.
Angoraziege 140.
Antiphlogin 521.
Apret in Textilien 789.
Arabi-, Awassi-Wollen 42.
Arghan 660.
Asbest-Vorkommen 21.
— Arten 21.
— Garnfabrikation 24.
— Taschentücher aus 26.
— blauer 21.
Asclepiasseide 513.
Asche der Baumwolle 355.
Azetatseide 549.
Azidität von Wolle, Seide 98.
Ballontuche 805.
Baumwolle, gebleichte, Analyse von 791.
— und Lein, Analyse, quantit. 735.
— Bestimmung neben Seide 729.
— merzerisierte 442.
— Verhalten gegen Schimmelpilze 418.
— — gegen Tannin 398.
— — gegen verdünntes Alkali 399.
— — gegen konzentriertes Alkali 402.
— — gegen Fermente 417.
— — gegen Oxydationsmittel 403.
— — gegen Metallsalze 408.
— — gegen Farbstoffe 414.
— — gegen Salpetersäure 389.
— — gegen Fluorwasserstoffsäure 394.
— — gegen organische Säuren 394.
— Wasserdichtmachen von 422.
— Feuerfestmachen von 434.
— Stickstoffhaltige Substanzen in 358.
— Chemische Eigenschaften 378.
— Einwirkung der Wärme auf 378.
— — von Licht auf 380.
— — von Wasser auf 380.
— — von Kupferoxydammoniak auf 382.
— Farbstoffe darin 352.
— Pektinverbindungen der 354.
— Mineralische Stoffe in 355.
— Asche in 355.
— Feuchtigkeit der 335.
— Einwirkung von Säuren auf 383.
— Elastizität von 329.
— Hygroskopizität 336.
— mikrochemische Reaktionen 321.
— Spinnqualitäten 322.
— Zugfestigkeit 323.
— Apparat zur Bestimmung der 330.
— Klassifizierung der 259.
— Verarbeitung derselben 292.
— Industrie der 292.
— Produktion 294.
— physikalische Eigenschaften 294, 311.
— anatomische Struktur der 313.
— Handelsorten der 304, 308.
— Statistik 291.
— Bewertung der 284.
— indische 277.

- Baumwolle, amerikanische 278.
 — brasilianische 281.
 — peruanische 281.
 — chinesische 284.
 — Handelsmarken der 270.
 — ägyptische 273.
 — afrikanische 276.
 — Geschichte der 240.
 — Herkunft des Namens 245.
 — Egrenierung 251.
 — Nachweis im Asbest 29.
 — in Kapok 748.
 Basinetto 169.
 Baykogarn 10.
 Baumwollfaser, Lumen der 297.
 — Dimensionen der 297.
 Baumwollfasern, unreife 289, 295.
 Baumwollfaser, Physiologie der 256.
 — Mikroskopie der 318.
 Baumwoll-Linters 255.
 Baumwollgarn, Beschwerung von 413.
 Baumwollstapel 306.
 — Messung des 299.
 Beaumontiafasern 514.
 Beizen auf Wolle 116.
 Beschwerung der Seide, Analyse der 773.
 — Berechnungen 784.
 — von Baumwollgarn 413.
 Beschweren der Seide 207.
 — der Wolle 118.
 Bewertung der Baumwolle 284.
 Biuretreaktion der Wollfärbebäder 99.
 Bleichen der Seide 207.
 Bleichen der Wolle 109.
 Bombax-Baumwolle 502.
 Borsäure zum Chloren der Wolle 113.
 Bromeliafaser 670.
 Brom und Wolle 121.
 Bruchfestigkeit der Baumwolle 325.
 Byssus-Seide 212.

 Chromieren der Wolle 108.
 Chromen der Wolle 116.
 Creppeffekte auf Wolle 119.
 Couratarifasern 674.
 Cattine 174.
 Cholesterol 84.
 Chlorwasser und Wolle 108.
 Chloren der Wolle 111.
 — der Wolle u. Farbstoffaffinität 121.
 — — Farbstoffaffinität beim 113.
 — — mit Borsäurezusatz 113.
 Chinagras 621.
 Chemische Konstitution der Zellulose 364.
 Chargierte Seide, s. unter Beschwerung.
 Chardonnetseide 520.
 Celanese-Seide 549.
 Cashmere-Wollen 144.
 Cantofaser 503.

 Calotropisfaser 508.
 Calcino 174.

 Dampfbehandlung der Wolle 97.
 Dekatur der Wolle 109.
 Deniergrad 815.
 Diazotieren von Wolle 88.
 Duplexfabrikate, wasserdichte 431.

 Egrenierung 251.
 Elairerin 85.
 Elastikumreaktion 109.
 Elastizität von Baumwolle 329.
 Entbasten der Seide 193.
 Espartogras, Spartgras 227.
 Ester der Zellulose 376.
 Eulan 118.
 Extraktwolle 129, 130.

 Färben der Wolle 99, 114, 124.
 Färbevergänge bei der Wolle 120, 123.
 Farbstoffe auf Kunstwolle 139.
 — in der Baumwolle 352.
 — für Azetylzellulose 584.
 — Verhalten zur Wolle 120.
 — aus Wolle 103.
 Farbe der Wolle 86.
 Faserprüfungsapparat für Baumwolle 326.
 Faseruntersuchung in Fertigwaren 806.
 Fayal 659.
 Festigkeiten der Kunstseiden 559.
 Fette in Textilien 787.
 Fettsucht der Seidenraupe 174.
 Feuchtigkeitsgehalte der Textilien 758.
 Feuchtigkeit der Baumwolle 335.
 Feuchtigkeitswirkung bei Wolle 93.
 Feuersicherheit von Stoffen 803.
 Feuerfeste Baumwollgewebe 434.
 Fibro 567.
 Fibroin 195.
 — Spaltprodukte des 198.
 Fil de Florence 166.
 Filzen der Wolle 51.
 Fischwolle 213.
 Flacherie 173.
 Flachs-Krankheiten 593.
 — Rotte 594.
 — — in Belgien 597.
 — Aufbau, Chemiesmus 599, 606.
 — Unterscheidung von Baumwolle 602.
 — im Schweitzers-Reagens 603.
 — Bleiche 604.
 — Garnfabrikation 607.
 — chirurgischer 609.
 — Allgemeines 590.
 Flecken, weiße, bei Wolle 127.
 Flockwolle 129, 136.
 Florettseide 169.
 Formaldehyd und Wolle 108, 114.

- Galette, Galettame 169.
 Gambohanf 642.
 Garnprüfungsapparat für Baumwolle 331.
 Garnbestimmungen 808.
 Garnnummern 809.
 — Seide 817.
 — Kunstseide 823.
 — Lein, Jute 824.
 Gauffer-Finish 492.
 Gelatinewolle 98.
 Gelatineseide 518, 552.
 Gerberwolle 72.
 Glanz der Kunstseiden 556.
 — von merzerisierter Baumwolle 450.
 Glas, gesponnenes 9.
 Glaswolle 9.
 Glycerin und Wolle 106.
 Gossypiumarten 259.
 Grege, Definition 189.
 Grugrfasern 669.
 Grünkalken der Wolle 72.
 Guanaco 147.

Handelssorten der Baumwolle 304, 308.
 Hanf, Arten des 633.
 — Aufbereitung 635.
 — Mikroskopie 636.
 — Verwendung 638.
 — Unterscheidung von Flachs 638.
 — Merzerisieren von 638.
 — Festigkeiten 640.
 — Bestimmung neben Lein 741.
 Hanfsorten, Festigkeiten 641, 644, 652, 655.
 Hasenhaare 155.
 Hechuguilla 657.
 Henequen 657.
 Henequenfaser 658.
 Hopfenfaser 226.
 Holzzellstoff 675.
 Hydralzellulose 372.
 Hydrazellulose 487.
 Hydrolyse von Wolle 98.
 Hydrozellulose 369.
 — Reaktionen der 371.
 Hygroskopizität der Baumwolle 335.
 Hypochlorite und Wolle 112.

 Izylfarben 520.
 Immunisierte Wolle 104.
 Immungarn 586.
 Industrie der Baumwolle 292.
 Infektionen durch Wolle 147.
 Istlefasern 658, 663.

Jixtle 657.
 Jodschwefelsäure als Reagens 717.
 Jonamine 585.
 Jonamine 554.

 Jubulporehanf 641.
 Jute 610.
 — Name 610.
 — Isolierung der Faser 611.
 — Arten der 612.
 — Rotte der 612.
 — Mikroskopie 613.
 — chemische Eigenschaften 614.
 — Verwendung von 617.
 — Analysen 616.
 — Statistiken 618.

Kalandrieren 490.
 Kalander-Finish 490.
 Kaliumbichromat 116.
 Kamelwollen 139.
 Kamelhaar 152.
 Kapwollen 143.
 Kapafaser 672.
 Kapok 504.
 — Reinheit von 748.
 Karadaghwolle 41.
 Karrodiwollen 42.
 Karbonisieren 130, 372.
 — mit Schwefelsäure 130.
 — mit HCl-Gas 132.
 — mit Aluminiumchlorid 132.
 Kaschmirwollen 144.
 Kasein, Fäden aus 12.
 Katzenhaare 154.
 Keratin 87.
 Khoiwolle 41.
 Kokon 166.
 — Fäden, dicke 167.
 Kokosfaser 660.
 Kollodiumseide 520.
 Konditionieren der Seide 191.
 Konditionierung 757.
 — Berechnungen 764.
 Konditionierapparate 762.
 Kosmosfaser 136.
 Krabben der Wolle 93.
 Krankheiten von Flachs 593.
 Kreppeffekte beim Merzerisieren 494.
 — auf Wolle 119.
 Kubahanf 639.
 Kuhhaar 140, 153.
 Kunstwolle 127.
 Kunstseiden, Wasserechtheit 553 ff.
 — Färben der 554.
 — analytisches 558.
 — Glanz 556.
 — Doppelbrechung 556.
 — Fluoreszenz der gefärbten 556.
 — Festigkeiten 559.
 — mikroskopisches 561.
 — Querschnitte 562.
 — Ultramikroskopie 563.
 — Chemismus 577.
 — Identifizierung 587, 695.

- Kunstseiden, Analysen 749.
 Künstliche Seiden 12.
 Kupferseide 530.
 Kupferindex von Baumwolle 793, 795.
- Lama, Wolle von 139.
 Lanuginsäure 89.
 Laugenregeneration bei der Merzerisierung 478.
 — Apparate zur 477, 478, 479.
 — Bermbergsches Verfahren zur 479.
 Lehnerseide 528.
 Lein, Bestimmung neben Baumwolle 735.
 — s. Flachs.
 — Bestimmung neben Lein 741.
 — Herkunft usw. 590.
 Licelle 678.
 Lichteinflüsse auf Wolle 108.
 Liguin 236.
 — quantit. Bestimmung 621.
 Lignon 620.
 Ligno-Zellulose 620.
 Linters 255.
 Llamawollen (Lama) 150.
 Löweseide 552.
 Lumen der Baumwollfaser 297.
- Magnesiumchlorid zum Beschweren der Wolle 119.
 Manilahanf 647.
 — neben Sisalhanf 744.
 Marinefaser 646.
 Masifaser 672.
 Matamoroshanf 658.
 Mauritiushanf 656, 658.
 Merzerisierung 442.
 — der Baumwolle 442.
 — Qualität der Faser für die 471.
 — Methoden der 473.
 — Regenerierung der Lauge 478.
 — Theorie der 454.
 — Bedingungen zur 455.
 — Chemikalien für die 455.
 — Temperatur während der 460.
 — Dauer der 462.
 — mit Säure 495.
 — mit Schwefelsäure 495.
 Merzerisierte Baumwolle, Prüfung der 484.
 — — Ultramikroskopie der 487.
 — — Mikroskopie der 489.
 — — Glanz der 450.
 — — Streckung beim Merzerisieren 453, 463.
 — — Eigenschaften der 481.
 — — Färben von 483.
 Merzerisiermaschinen für Garne 465, 466.
 Metallsalze und Wolle 115.
- Metallfäden 10.
 Mikrochemische Reaktionen der Baumwolle 321.
 Mikroskopie 13.
 — Hilfsmittel dazu 14—16.
 — Zeichenapparate 17.
 — der Baumwollfaser 318.
 Millons Reagens 686.
 Mineralische Stoffe in der Baumwolle 355.
 Mischgewebe, Färben von 114.
 Mohairwollen 140.
 Moiré auf Seide 187.
 Mottenschutzmittel 118.
 Mungo 127.
- Nesselfasern 622.
 Nesselfaser 664.
 Neolanfarben 99.
 Neuseelandflachs 643.
 Nickeloxyd, ammoniakalisches 687.
 Noppen 289.
 Nummern von Garnen 809.
- Okra 642.
 Ölnachweis in Textilien 787.
 Oregonwollen 141.
 Organdie 499.
 Organzin 169.
 Oxydationsmittel und Wolle 110.
 Oxyzellulose 403.
 — Nachweis von 793.
- Papier als Textilfaser 678.
 — Fäden aus 13.
 Papiermaulbeerbaum 671.
 Pebrine 173.
 Pektinverbindungen in der Baumwolle 354.
 Pektinkörper im Flachs 598.
 Pelzfaser, verschiedene 156.
 Pelze, Verfälschungen 158.
 — Haltbarkeit 159.
 Permanent-Finish 499.
 Permanganate und Wolle 110.
 Perinifaser 673.
 Perserteppiche, Wollen für 113.
 Pferdehaare 154.
 Pferdehaar, künstliches 547, 550, 567.
 — vegetabiles 668.
 Pflanzendaunen 510.
 Pflanzenfasern, Reaktionen der 699.
 — Reaktion mit Jodschwefelsäure 717.
 Pflanzenseide 511.
 Pflanzenwolle 517.
 Physiologie der Baumwollfaser 256.
 Physikalische Eigenschaften der Baumwollfaser 294, 311.
 Piassave 225.
 Piassavefaser 670.

- Pinnatuch 659.
 Pinna(-Seide) 212.
 Pitafaser 656, 658.
 Pauly-Seide 531.
 Posidoniefaser 647.
 Protectol 107.
 Pülpe 675.

 Radiumbehandlung der Wolle 120.
 Raffiafaser 669.
 Ramie 621.
 — Aufbereitung 625.
 — Geschichte 625.
 — Analysen 627.
 — Verwendung 628.
 — Mikroskopie 630.
 — Handel 631.
 — Festigkeiten 640.
 — wollähnliche 624.
 Raphia s. Raffia 669.
 Raufwolle 72.
 Reagenzien zur Textiluntersuchung 685.
 Reduktionsmittel und Wolle 109.
 Regain 758.
 Regenerierte Wolle 127.
 Reprisesatz 758.
 Restfasern 255.
 Ricotte 169.
 Rotwildhaare 155.
 Rotte des Flachses 594.
 — künstliche 595.
 Rutheniumrot als Reagens auf Fasern 693.

 Sakizwolle 41.
 Salpetrige Säure und Wolle 102.
 Salmaswolle 41.
 Salzsäure und Wolle 100.
 Salzsäuregas zum Karbonisieren 132.
 Sansevieriafaser 667.
 Sansevieria, Festigkeit 655.
 Säureindex 794, 795.
 Säure und Wolle 99.
 See gras 669.
 Seeseide 212.
 Segeltuch, wasserdichtes 429.
 Seiden, unter polarisiertem Licht 755.
 Seide, Stickstoffgehalt zur Analyse von Fabrikaten 780.
 — Analyse der Beschwerung 773.
 — Bestimmung neben Baumwolle 729.
 Seiden, versch., Unterscheidung der 561.
 Seidenarten, Analyse der 752.
 Seide, Alkaliwirkung 203.
 — Beitzen 204.
 — Färben der 205.
 — Beschwerden 206.
 — Bleichen 207.
 — Entbasten 193.
 — Chargieren 194.

 Seide, Eigenfarbstoff der 200.
 — Temperatureinflüsse 201.
 — Kochsalzwirkung 201, 204.
 — Säurewirkung 201.
 — Krachen der 188.
 — Haspeln von 188.
 — Trame 190.
 — Grège 189.
 — Bourette 191.
 — Konditionieren 191.
 — Konstitution 192.
 — aus Spinnweben 178.
 — Statistiken 179.
 — als Isolator 186.
 — Glanz 186.
 — Festigkeit 187.
 — Dichte 187.
 — wilde 174.
 — Tussah- 175.
 — Geschichtliches 161.
 — in U. S. A. 162.
 — Namen der 162.
 — Raupe 163.
 — Eigenschaften 166.
 — Japanische 169.
 — Shoddy 172.
 Seidendarm 165.
 Seidenabfälle 170.
 Seide-Azidität 98.
 Seidenraupe, Krankheiten 173.
 Seidenraupe 164.
 — Fettsucht der 174.
 Serizin 199.
 Sericose 552.
 Schafrassen 32.
 — Stammbaum 35.
 Schlackenwolle 11.
 Schimmeln der Wolle 127.
 Schulzes Reagens 696.
 Schwefelsäure und Wolle 100.
 Schwefel in der Wolle 90.
 Schweißstäbe mit Asbest 22.
 Schweitzers Reagens 686.
 Shoddy 127.
 — von Seide 172.
 — Untersuchung von 137.
 Silvalin 678.
 Sisalhanf 653.
 — neben Manilahanf 744.
 Solidoniafaser 668.
 Sonnenhanf 639.
 Spartgras 227.
 Spinnenseide 178.
 Spinnstoffaggregat 578.
 Spinnqualitäten der Baumwolle 322.
 Spritzdrucke mit Zellulosesirup 572.
 Stapelseide 567.
 Stapelfaser, Analyse der 727.
 Statistik der Kunstseiden 573.
 — der Baumwolle 291.

- Stearerin 85.
 Sterblingswolle 72.
 Sthenosage 546.
 Stickstoffhaltige Substanzen in der
 Baumwolle 358.
 Stickstoff der Seide als analytische Zahl
 780.
 Stoffprüfungsapparat für Baumwolle
 330.
 Streichgarn 75.
 Strussa, Strusi 169.
 Superoxyd und Wolle 107.
 Swiss-Finish 495.
- T**
 Tampikohanf 653, 658.
 Tampikofaser 663.
 Teppichwolle 47.
 Textilindustrie, Statistisches 19.
 Theorie der Merzerisierung 450.
 Tillandsiafaser 668.
 Titer, Umrechnungen 816.
 — der Seide 815.
 Topafaser 672.
 Torfwolle 674.
 Touaryfaser 674.
 Tülle, künstliche 569.
 Tussahseide 175.
 — Unterschiede, chemische, gegen Seide
 209.
 Trame 169.
- Unreife Baumwollfasern 289, 295.
 Urumiawolle 41.
 Urena sinuata 667.
- V**
 Vanduraseide 552.
 Viscellingarn 547.
 Viskosid 568.
 Viskolit 546.
 Viskositätsmessung 545.
 Viskositätswert von Baumwolle 796.
 Viskose 375.
 — Analytisches 545.
 — Reifen der 580.
 Viskoseseiden 540.
 Vegetabile Fasern, Herkunft 213.
 — — Dimensionen 216, 217.
 — — Klassifizierung 218.
 — Wollen 671.
 Vicuña wollen 148.
- W**
 Wärmeeinfluß auf Wolle 94.
 Wärmetönung beim Neutralisieren der
 Wolle 99.
 Wärmeleitfähigkeit von Stoffen 805.
 Wasserstoffsperoxyd und Wolle 110.
 Wasserdichte Wollen 114.
 — Baumwollgewebe 422.
 — Fabrikate, Analyse von 797.
 — Stoffe, Temperatureinflüsse 805.
- Weichmachungsmittel für Kunstseide
 584.
 Widerstandsfähigkeit der Baumwolle
 gegen Schimmelpilze 421.
 — Prüfung auf 421.
 Wildseidekokons, Wickeln der 177.
 Wilde Seide 174.
 Wilde Seiden, Analyse der 754.
 Wolframsäure als Wollbeize 118.
 Wolle und Formaldehyd 114.
 — und Metallsalze 115.
 — reduzierende Wirkung 115.
 — immunisierte 104.
 — mit Alkalien 105.
 — und Chlorwasser 109.
 — Elastikumreaktion 109.
 — und Reduktionsmittel 109.
 — Bleichen der 109.
 — und Oxydationsmittel 110.
 — Chloren der 111.
 — Azidität 98.
 — Gelatinieren der 98.
 — Färbevorgänge 99.
 — Säurebehandlung 99.
 — Diazotieren von 102.
 — und Salpetersäure 103.
 — Kochen der 95.
 — Chromieren der 95.
 — Wärmeeinfluß 95.
 — Schwefelgehalt 90.
 — Wasser 90, 94.
 — Farbe der 86.
 — Elementaranalyse 87.
 — Stickstoffgehalt 89.
 — Abbaustoffe der 79.
 — Diazotieren von 88.
 — Bleiflecken 90.
 — Reduktion durch 88.
 — Änderungen durch Veredelungspro-
 zesse 80.
 — Festigkeit 73.
 — Elastizität 73.
 — Mischen der 76.
 — abnormale Enden 79.
 — Verfilzen von 65.
 — Kräuselung 66.
 — Masse 68.
 — natürliche Färbung 69.
 — wilde, kranke 71.
 — Statistisches 48.
 — Mikroskopie 57.
 — kranke 59, 80.
 — Querschnitte 60.
 — Reaktionen auf 63.
 — im Vließ 42.
 — britische 44.
 — asiatische 44.
 — englische 45.
 — Teppichwolle 47.
 — Allgemeines 30—40.

- Wolle, Alpaka 41.
 — Urumiah 41.
 — Sakiz 41.
 — Karadagh 41.
 — Arabi und Awassi 42.
 — Kanradi 42.
 Wolldruck 104, 121.
 Wollfett 84.
 Wollgarne-Nummern 813.
 Wollstoffe, wasserdichte 114.
 Wollschweiß 54, 85.
 Woodgumwert 795.
- Zellulose, Bestimmung in Lignozellulose** 620.
 — chemische Eigenschaften 361, 368.
 — Herstellung von reiner 363.
 — chemische Konstitution der 364.
 — **Einwirkung von Zinkchlorid auf** 373.
 — — von Alkali auf 375.
 — — von Viskose 375.
- Zellulose, Einwirkung von Metallsalzen auf** 378.
 — Gemischte 378.
 — Nitrierung der 389.
Zelluloseester 376.
Zelluloseazetate 376.
Zellulosebenzoat 376.
Zellulosesulfoazetat 377.
Zellulosehydrat 487.
Zelluloselösungen 565.
Zellulosenitrate 393.
Zelluloseperoxyd 407.
Zellulosepräparate 568.
Zellulosexanthogenat 580.
Zeidlitzscher Apparat zur Prüfung von Garnen 330.
Ziegenhaare 139, 145.
Zweitoneffekte auf Wolle 122.
Zugfestigkeit der Baumwolle 323.
 — Bestimmung der, von Fasern 326.
 — — von Garnen und Fertigwaren 329.
-

Technologie der Textilfasern

Herausgegeben von Dr. R. O. Herzog

Professor, Direktor des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Faserstoffchemie, Berlin-Dahlem

Bisher erschienen:

Band II, Erster Teil:

Die Spinnerei. Von Geh. Hofrat Prof. Dr.-Ing. e. h. A. Lüdicke. Mit 440 Textabbildungen. VI, 268 Seiten. 1927. Gebunden RM 28.—

Band II, Zweiter Teil:

Die Weberei. Von Geh. Hofrat Prof. Dr.-Ing. e. h. A. Lüdicke.

Die Maschinen zur Band- und Posamentenweberei. Von Prof. K. Fiedler.

Die Bindungslehre. Von Johann Gorke. Mit insgesamt 854 Abbildungen im Text und auf 30 Tafeln. VII, 319 Seiten. 1927. Gebunden RM 36.—

Band II, Dritter Teil:

Wirkerei und Strickerei, Netzen und Filetstrickerei. Von Fachschulrat Carl Aberle.

Maschinenflechten und Maschinenklöppeln. Von Walter Krumme.

Flecht- und Klöppelmaschinen. Von Geh. Regierungsrat Dipl.-Ing. Prof. H. Glafey.

Samt, Plüsch, künstliche Pelze. Von Geh. Regierungsrat Dipl.-Ing. Prof. H. Glafey.

Die Herstellung der Teppiche. Von H. Sautter.

Stickmaschinen. Von Regierungsrat Dipl.-Ing. R. Glafey. Mit insgesamt 824 Textabbildungen. VIII, 615 Seiten. 1927. Gebunden RM 57.—

Band III:

Künstliche organische Farbstoffe. Von Prof. Dr. H. E. Fierz-David. Mit 18 Textabbildungen, 12 einfarbigen und 8 mehrfarbigen Tafeln. XVI, 719 Seiten. 1926. Gebunden RM 63.—

Band IV, Erster Teil:

Botanik und Kultur der Baumwolle. Von Geh. Regierungsrat Prof. Dr. L. Wittmack. Mit einem Abschnitt: Chemie der Baumwollpflanze. Von Dr. St. Fraenkel. Mit 92 Textabbildungen. VIII, 352 Seiten. 1928. Gebunden RM 36.—

Band IV, Dritter Teil:

Chemische Technologie der Baumwolle. Von Professor Dr. R. Haller.

Mechanische Hilfsmittel zur Veredlung der Baumwolltextilien. Von Geh. Regierungsrat Dipl.-Ing. Prof. H. Glafey. Mit 266 Textabbildungen. XIV, 711 Seiten. 1928. Gebunden RM 67.50

Band V, Zweiter Teil: Hanf und Hartfasern.

Die Hanfpflanze. Von Prof. Dr. O. Heuser.

Die Hanfwirtschaft. Von Direktor Dr. P. Koenig.

Mechanische Technologie des Hanfes. Von Obergeringenieur O. Wagner.

Chemische Technologie des Hanfes. Von Dr. G. v. Frank.

Weltwirtschaft und Landwirtschaft der Hartfasern und anderer Fasern. Von Direktor Dr. P. Koenig.

Verarbeitung der ausländischen Fasern zu Seilerwaren. Von Hermann Oertel und Dr.-Ing. Fr. Oertel. Mit insgesamt 105 Textabbildungen. VII, 266 Seiten. 1927. Gebunden RM 24.—

Band VII: Kunstseide.

Zur Kolloidchemie der Kunstseide. Von Prof. Dr. R. O. Herzog.

Die Nitrokunstseide. Von Oberregierungsrat Prof. Dr. A. v. Vajdaffy.

Über Kupferoxyd-Ammoniak-Zellulose. Von Prof. Dr. W. Traube.

Kupferseide. Von Dr. H. Hoffmann.

Die Viskosekunstseide. Von Dr. R. Gaebel.

Über Azetatseide. Von Dr. A. Eichengrün.

Die Färberei der Kunstseide. Von Dr. A. Oppé.

Mechanische Technologie der Kunstseidenverarbeitung. Von Prof. Dipl.-Ing. E. A. Anke.

Wirtschaftliches. Von Dr. Fritz Loewy. Mit insgesamt 203 Textabbildungen. VIII, 354 Seiten. 1927. Gebunden RM 33.—

Handbuch der Appretur. Von Ing. **Josef Bergmann †**, o. ö. Professor an der Technischen Hochschule in Brünn. Nach dem Tode des Verfassers ergänzt und herausgegeben von Dr.-Ing. **Chr Marschik**, Professor, Leipzig. Mit 286 Textabbildungen. VI, 321 Seiten. Erscheint im August 1928.

Handbuch der Spinnerei. Von Ing. **Josef Bergmann †**, o. ö. Professor an der Technischen Hochschule in Brünn. Nach dem Tode des Verfassers ergänzt und herausgegeben von Dr.-Ing. e. h. **A. Lüdicke**, Geh. Hofrat, o. Professor emer., Braunschweig. Mit 1097 Textabbildungen. VII, 962 Seiten. 1927. Gebunden RM 84.—

Die Unterscheidung der Flachs- und Hanffaser. Von o. Prof. Dr. **Alois Herzog**, Dresden. Mit 106 Abbildungen im Text und auf einer farbigen Tafel. VII, 109 Seiten. 1926. RM 12.—; gebunden RM 13.20

Der Flachs als Faser- und Ölpflanze. Unter Mitarbeit von G. Bredemann, K. Opitz, J. J. Rjaboff und E. Schilling herausgegeben von Prof. Dr. **Fr. Tobler**. Mit 71 Abbildungen im Text. VI, 273 Seiten. 1928. Gebunden RM 19.50

Ein ausführlicher Prospekt steht auf Wunsch zur Verfügung.

Neue mechanische Technologie der Textilindustrie. Ein Hand- und Hilfsbuch für den Unterricht an Textilschulen und technischen Lehranstalten, sowie zur Selbstausbildung in der Faserstoff-Technologie. Von Dr.-Ing. e. h. **G. Rohn** in Schönau bei Chemnitz. In drei Bänden nebst Ergänzungsband.

Erster Band: **Die Spinnerei.** Zweite, neubearbeitete Auflage. Von Prof. Dr.-Ing. **Edwin Meister**, Dresden. In Vorbereitung.

Zweiter Band: **Die Garnverarbeitung.** Die Fadenverbindungen, ihre Entwicklung und Herstellung für die Erzeugung der textilen Waren. Mit 221 Textfiguren. XVI, 168 Seiten. 1917. Gebunden RM 5.—

Dritter Band: **Die Ausrüstung der textilen Waren.** Mit einem Anhang: Die Filz- und Wattenherstellung. Mit 196 Textfiguren. XX, 240 Seiten. 1918. Gebunden RM 7.—

Ergänzungsband: **Textilfaserkunde** mit Berücksichtigung der Ersatzfasern und des Faserstoffersatzes. Mit 87 Textfiguren. X, 94 Seiten. 1920. Gebunden RM 3.—

Technik und Praxis der Kammgarnspinnerei. Ein Lehrbuch, Hilfs- und Nachschlagewerk. Von Direktor **Oskar Meyer**, Spinnerei-Ingenieur zu Gera-Reuß, und **Josef Zehetner**, Spinnerei-Ingenieur, Betriebsleiter in Teichwolframsdorf bei Werdau i. Sa. Mit 235 Abbildungen im Text und auf einer Tafel sowie 64 Tabellen. XI, 420 Seiten. 1923. Gebunden RM 20.—

Die Mercerisierungsverfahren. Von Dr. **Erwin Sedlacek**, Oberregierungsrat. VII, 269 Seiten. 1928. Gebunden RM 18.—

Ein ausführlicher Prospekt steht auf Wunsch zur Verfügung.

Die künstliche Seide, ihre Herstellung und Verwendung. Mit besonderer Berücksichtigung der Patent-Literatur bearbeitet von Dr. **K. Süvern**, Geh. Regierungsrat. Fünfte, stark vermehrte Auflage. Unter Mitarbeit von Dr. H. Frederking. Mit 634 Textfiguren. XIX, 1108 Seiten. 1926. Gebunden RM 64.50

Die Kunstseide und andere seidenglanzende Fasern. Von Dr. techn. **Franz Reinthaler**, a. o. Professor an der Hochschule für Welt-handel, Wien. Mit 102 Abbildungen im Text. V, 165 Seiten. 1926. Gebunden RM 14.40

Die Herstellung und Verarbeitung der Viskose unter besonderer Berücksichtigung der Kunstseidenfabrikation. Von Ing.-Chemiker **Johann Eggert**. Mit 13 Textabbildungen. V, 92 Seiten. 1926. RM 6.60

Die Kunstseide auf dem Weltmarkt. Von Dr. **Martin Hölken jr.**, Geschäftsführer der Hölken-Seide G. m. b. H. in Barmen. Mit 1 Diagramm im Text. IV, 82 Seiten. 1926. RM 3.90

Die neuzeitliche Seidenfärberei. Handbuch für Seidenfärbereien, Färbereischulen und Färbereilaboratorien. Von Dr. **Hermann Ley**, Färberei-chemiker. Mit 13 Textabbildungen. VI, 160 Seiten. 1921. RM 6.—

Betriebseinrichtungen der Textilveredelung. Von Prof. Dr. **Paul Heermann**, Berlin-Dahlem, und Ingenieur **Gustav Durst**, Fabrikdirektor, Konstanz a. B. Zweite Auflage von „Anlage, Ausbau und Einrichtungen von Färberei-, Bleicherei- und Appretur-Betrieben“ von Dr. Paul Heermann. Mit 91 Textabbildungen. VI, 164 Seiten. 1922. Gebunden RM 7.50

Technologie der Textilveredelung. Von Prof. Dr. **Paul Heermann**, früherer Abteilungsvorsteher der Textilabteilung am Staatl. Materialprüfungsamt in Berlin-Dahlem. Zweite, erweiterte Auflage. Mit 204 Textabbildungen und einer Farbentafel. XII, 656 Seiten. 1926. Gebunden RM 33.—

Mechanisch- und physikalisch - technische Textiluntersuchungen. Von Prof. Dr. **Paul Heermann**, Abteilungsvorsteher der Textilabteilung am Staatl. Materialprüfungsamt in Berlin-Dahlem. Zweite, vollständig umgearbeitete Auflage. Mit 175 Abbildungen im Text. VIII, 270 Seiten. 1923. Gebunden RM 12.—

Färberei- und textilchemische Untersuchungen. Anleitung zur chemischen Untersuchung und Bewertung der Rohstoffe, Hilfsmittel und Erzeugnisse der Textilveredelungsindustrie. Von Prof. Dr. **Paul Heermann**, Abteilungsvorsteher der Textilabteilung am Staatl. Materialprüfungsamt in Berlin-Dahlem. Vereinigte vierte Auflage der „Färberei-chemischen Untersuchungen“ und der „Koloristischen und textilchemischen Untersuchungen“. Mit 8 Textabbildungen. X, 370 Seiten. 1923. Gebunden RM 15.—

Taschenbuch für die Färberei mit Berücksichtigung der Druckerei. Von **R. Gnehm**. Zweite Auflage, vollständig umgearbeitet und herausgegeben von **Dr. R. v. Muralt**, dipl. Ing.-Chemiker, Zürich. Mit 50 Abbildungen im Text und auf 16 Tafeln. VII, 220 Seiten. 1924. Gebunden RM 13.50

Praktikum der Färberei und Druckerei. Für die chemisch-technischen Laboratorien der Technischen Hochschulen und Universitäten, für die chemischen Laboratorien höherer Textil-Fachschulen und zum Gebrauch im Hörsaal bei Ausführung von Vorlesungsversuchen. Von Prof. **Dr. Kurt Braß**, Stuttgart. Mit 4 Textabbildungen. VI, 86 Seiten. 1924. RM 3.30

Grundlegende Operationen der Farbenchemie. Von **Dr. Hans Eduard Fierz-David**, Professor an der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich. Dritte, verbesserte Auflage. Mit 46 Textabbildungen und einer Tafel. XIII, 270 Seiten. 1924. Gebunden RM 16.—

Chemie der organischen Farbstoffe. Von **Dr. Fritz Mayer**, a. o. Hon.-Professor an der Universität Frankfurt a. M. Zweite, verbesserte Auflage. Mit 5 Textabbildungen. VII, 265 Seiten. 1924. Gebunden RM 13.—

Enzyklopädie der Küpenfarbstoffe. Ihre Literatur, Darstellungsweisen, Zusammensetzung, Eigenschaften in Substanz und auf der Faser. Von **Dr.-Ing. Hans Truttwin**, Wien. Unter Mitwirkung von **Dr. R. Hauschka**, Wien. XX, 868 Seiten. 1920. RM 42.—

Die Apparatfärberei der Baumwolle und Wolle unter Berücksichtigung der Wasserreinigung und der Apparatbleiche der Baumwolle. Von **E. J. Heuser**. Mit 191 in den Text gedruckten Figuren. VII, 301 Seiten. 1913. Gebunden RM 8.40

Betriebspraxis der Baumwollstrangfärberei. Eine Einführung von **Fr. Eppendahl**, Chemiker. Mit 8 Textfiguren. VIII, 117 Seiten. 1920. RM 4.—

Kenntnis der Wasch-, Bleich- und Appreturmittel. Ein Lehr- und Hilfsbuch für Technische Lehranstalten und die Praxis von Ing.-Chemiker **Heinrich Walland**, Professor an der Technisch-Gewerblichen Bundeslehranstalt Wien I. Zweite, verbesserte Auflage. Mit 59 Textabbildungen. X, 337 Seiten. 1925. Gebunden RM 16.50