

Papierprüfung

Von

Wilhelm Herzberg



Vierte Auflage

Papierprüfung

Eine Anleitung zum Untersuchen von Papier

Von

Wilhelm Herzberg

Professor, Vorsteher der Abteilung für papier- und textiltechnische Untersuchungen
am Königlichen Materialprüfungsamt zu Groß-Lichterfelde

Vierte, vermehrte und verbesserte Auflage

Mit 98 Textfiguren und 23 Tafeln



Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH

1915

Alle Rechte,
insbesondere das der Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten.

ISBN 978-3-662-23208-8 ISBN 978-3-662-25212-3 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-662-25212-3

Softcover reprint of the hardcover 4th edition 1915

Additional material to this book can be downloaded from <http://extras.springer.com>

Vorwort zur vierten Auflage.

Die Erkenntnis von der Bedeutung der Papierprüfung gewinnt sowohl in Erzeuger- wie in Handels- und Verbraucherkreisen von Jahr zu Jahr mehr an Boden. Zuerst als Eindringling von den Fachkreisen teilweise nicht besonders sympathisch aufgenommen, teilweise sogar scheel angesehen und bekämpft, gilt sie heute der Papierindustrie als treue Bundesgenossin in dem Streben, die Güte ihrer Erzeugnisse stetig zu verbessern, Arbeitsverfahren auf ihre Zweckmäßigkeit zu prüfen und die Kenntnisse und Erfahrungen des Papiermachers zu vertiefen. Die Ausgestaltung der Papierprüfungsverfahren von ihren einfachen Grundlagen zu Anfang der 80er Jahre des vorigen Jahrhunderts an bis zu ihrer heutigen Vielseitigkeit hat wesentlich mit zur Verbesserung der Erzeugnisse unserer Papierindustrie beigetragen und letztere in dem Wettbewerb auf dem Weltmarkt erfolgreich unterstützt, eine Tatsache, die heute von unseren Papierindustriellen rückhaltlos anerkannt wird.

Die Vorteile, die die Papierfachkreise aus dieser jungen Hilfswissenschaft ziehen, werden in dem Maße wachsen, wie sie weiter ausgebaut und allen Sondererzeugnissen der Papierindustrie angepaßt wird. In wissenschaftlichen und praktischen Arbeitsstätten wird hieran ständig gearbeitet, und die Fachschriften bringen in jedem Jahre Beweise von dem Fortschritt dieser Arbeiten. Die Ergebnisse sind bei Abfassung der vorliegenden vierten Auflage selbstverständlich nach Möglichkeit berücksichtigt worden, und demgemäß stellt diese Auflage eine wesentliche Erweiterung der dritten dar.

Berlin-Lichterfelde, Juni 1915.

Der Verfasser.

Aus dem Vorwort zur ersten Auflage.

Der stetig wachsende Papierverbrauch, eine natürliche Folge der fortschreitenden Zivilisation, führte bald zu der Erkenntnis, daß das Rohmaterial, aus welchem unsere Vorfahren allein ihr Papier herstellten, die Lumpen, sich nicht in dem Maße vermehrte, um dem gesteigerten Papierbedarf zu genügen. Bei dem Forschen nach Lumpenersatzstoffen erkannte man bald, daß Holz und Stroh in unserem Vaterlande die einzigen Materialien seien, die mit Vorteil in der Papierfabrikation in großem Maßstabe Verwendung finden können, weil nur sie in sehr großen Mengen vorhanden sind und auf verhältnismäßig leichte und billige Weise zu Papier verarbeitet werden können.

Erklärlicherweise stellten sich Papiere mit diesen Ersatzstoffen versetzt, oder gar ganz aus ihnen bereitet, billiger als Lumpenpapiere, wurden deshalb auch mehr verlangt und bald in großen Massen hergestellt. Und da der Fortschritt in der Technik gute Herstellungsweise immer mehr gestattete, so wurde gerade auf diese viel verlangten Papiere besondere Aufmerksamkeit verwendet, indem man eifrig bestrebt war, ihnen schöne Gleichmäßigkeit und hohe Glätte zu geben. Sie gewannen demgemäß den Lumpenpapieren gegenüber ein bestechendes Aussehen, und allmählich gewöhnte sich das kaufende Publikum daran, alle Papiere nach dem Aussehen abzuschätzen. Daher legte man auch in Fabrikantenkreisen immer mehr Wert auf die äußere Erscheinung; man bleichte kräftig, um sehr weißes Papier zu erzielen; man satinierte stark, um ein recht glattes Papier zu erhalten; man zerkleinerte die Rohstoffe im Holländer bis zur äußersten Feinheit, um eine schöne und gleichmäßige Durchsicht beim Papier zu erzielen, — kurz, man tat alles, um der Neigung des Käufers entgegenzukommen, und ertötete sehr bald nicht bloß bei diesem, sondern auch teilweise in den fabrizierenden Kreisen das Gefühl für die wahre Güte des Papiers. Die Folgen dieses Vorgehens stellten sich nur zu bald ein.

Das Aktenmaterial der Behörden, um hier nur von diesem zu sprechen, geriet mehr und mehr in einen kläglichen Zustand, welcher das Schlimmste befürchten ließ; es sind in der amtlichen Prüfungsanstalt im Laufe des Jahres 1884 Papiere untersucht worden, die zum größten Teil aus Holzschliff mit einem Füllstoffgehalt bis zu 20% hergestellt waren, bei deren Anblick man sich fragen mußte, wie es überhaupt möglich war, auf einem solchen Machwerk Notizen von dauerndem Wert niederzuschreiben.

Wie diese Verhältnisse den Staat dazu drängten, sich ernstlich mit der Papierprüfungsfrage zu befassen, und wie aus dem zu diesem Zweck gepflogenen Verhandlungen am 1. Mai 1884 die „Abteilung für Papierprüfung“ an der Königlichen mechanisch-technischen Versuchsanstalt zu Charlottenburg entstand, dürfte zur Genüge bekannt sein.

Die Vorschriften nun, welche die preußische Regierung bezüglich des Papierverbrauches erlassen hat und welche am Schluß dieses Werkchens zu finden sind, drängen sowohl den Fabrikanten als auch den Händler immer mehr dazu, sich mit den Methoden der Papierprüfung möglichst vertraut zu machen, um im Notfall selbst eine Untersuchung vornehmen zu können. Denn nicht immer wird Zeit genug vorhanden sein, das Urteil eines Sachverständigen einzuholen, und deshalb werden alle Papierinteressenten, welche mit Behörden in Geschäftsverbindung stehen, schon von selbst dazu gedrängt, sich dem Studium der Papierprüfung zu widmen, soweit es eben angeht.

Es liegt selbstverständlich im Interesse des Prüfenden, sich bei seinen Arbeiten so eng wie möglich an die Arbeitsweise der amtlichen Anstalt anzuschließen, dieselben Apparate zu gebrauchen und dieselben Methoden innezuhalten; nur so darf er hoffen, übereinstimmende Resultate zu erzielen. Das vorliegende Buch schildert die Versuchungsverfahren so wie sie zurzeit in der Anstalt angewendet werden. Es ist hierbei manches Veraltete, das allenfalls noch historisches Interesse hat, fortgefallen und nur das Material zusammengestellt, auf dem die heutige Papierprüfung beruht.

Charlottenburg, Januar 1888.

Der Verfasser.

Aus dem Vorwort zur zweiten Auflage.

Seit dem Erscheinen der ersten Auflage der „Papierprüfung“ ist an vielen Stellen für die Vervollkommnung und Ausgestaltung der Versuchungsverfahren mit Erfolg gearbeitet worden. Die Fachpresse hat über die jeweiligen Fortschritte berichtet, in der vorliegenden zweiten Auflage sollen sie den Fachkreisen im Zusammenhang unterbreitet werden. Bei der Bearbeitung handelte es sich nicht um eine bloße Ergänzung der einzelnen Abschnitte der ersten Auflage, die meisten Abschnitte mußten vielmehr gänzlich umgearbeitet, neue hinzugefügt werden.

Das Interesse für die Papierprüfung und die Erkenntnis ihrer Bedeutung für die Industrie ist in den beteiligten Kreisen von Jahr zu Jahr gewachsen. Unmittelbar nach dem Erscheinen der ersten Auflage des vorliegenden Werkes wurde diese ins Englische, Französische und Italienische übersetzt, ein Beweis, daß auch das Ausland die Bedeutung dieses Sondergebietes der Materialprüfung anerkannte und seine Entwicklung auf der von Hartig und Hoyer geschaffenen Grundlage mit Interesse verfolgte.

Die Einrichtung verschiedener Papierprüfungsstellen im In- und Auslande ist ein weiteres Zeugnis für das Bestreben, das auf diesem Gebiete Geschaffene für die beteiligten Kreise nutzbringend zu gestalten.

Über den Wert der Papierprüfung hat sich der Verein Deutscher Papierfabrikanten im Jahre 1900 in einem an das preußische Kultusministerium gerichteten Schreiben wie folgt geäußert.

„Die Deutsche Papier-Industrie hat seit Errichtung der Königlichen mechanisch-technischen Versuchsanstalt in Charlottenburg den Arbeiten derselben das lebhafteste Interesse entgegengebracht. War es ihr auch im Anfang nicht immer bequem, in der zu gleicher Zeit geschaffenen Abteilung für Papierprüfung einen strengen Richter über sich zu haben, so hat sie doch nie mit dem Bekenntnis zurückgehalten, daß sie in dieser Papierprüfung einen mächtigen Faktor für die Förderung ihrer Bedeutung, ihres Wohles und ihres Ruhmes gegenüber dem Auslande sieht.“

Diese Anerkennung wird alle diejenigen mit Genugtuung erfüllen, die sich um die Begründung und Entwicklung der Abteilung verdient gemacht haben, in erster Linie die Herren Geheimer Regierungsrat Carl Hofmann und Geheimer Regierungsrat Professor A. Martens.

Charlottenburg, Juli 1902.

Der Verfasser.

Aus dem Vorwort zur dritten Auflage.

In der dritten Auflage haben fast alle Kapitel eine wesentliche Ergänzung gemäß den Fortschritten auf dem Gebiete der Papierprüfung erfahren; eine Reihe von Abschnitten ist, wie schon ein kurzer Blick auf das Inhaltsverzeichnis ergibt, ganz neu hinzugekommen.

Wie bei der Bearbeitung der zweiten Auflage, so konnte auch bei der Herausgabe der vorliegenden nicht alles Berücksichtigung finden, was in der Fachpresse an neuen Prüfungsverfahren von verschiedenen Seiten im Laufe der Jahre vorgeschlagen worden ist, weil die Vorschläge nicht immer einen Fortschritt in der Prüfungstechnik bedeuteten. Wer mit neuen Vorschlägen für die Ausführung von Prüfungen, für Prüfungsapparate usw. an die Öffentlichkeit tritt, sollte zunächst stets erwägen, ob das Neue eine Vereinfachung oder Verbesserung des Vorhandenen darstellt, denn nur dann kann er auf Anerkennung der beteiligten Kreise rechnen. Diese Selbstkritik lassen manche der gemachten Vorschläge vermissen.

Die Erkenntnis von der Bedeutung der Papiernormalien und der Papierprüfung ist in den letzten Jahren unaufhaltsam weitergedrungen. Dem Beispiele Preußens sind jetzt auch Württemberg und Hessen durch Erlaß von Normalien für Behördenpapiere gefolgt, die sich ganz eng an die preußischen anlehnen.

Die Prüfungsverfahren für die Rohstoffe und Erzeugnisse der Papierindustrie finden immer mehr Anerkennung; man erkennt in ihnen von Jahr zu Jahr mehr einen wichtigen Faktor in dem Wettbewerb auf dem Weltmarkt, und da die Kenntnis der Prüfungsverfahren in der deutschen Papierindustrie weiter verbreitet ist als in der irgend eines anderen Landes, so hat sie die Möglichkeit, Vorteile hieraus zu ziehen. Möge sie diesen Vorsprung nach besten Kräften ausnützen.

Groß-Lichterfelde-West, Oktober 1907.

Der Verfasser.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Bestimmung der Festigkeitseigenschaften von Papier	1
Festigkeit und Dehnung	1
Lebensdauer der Papiere	1
Verschiedenheit der Festigkeit und Dehnung von Papier in den beiden Hauptrichtungen	2
Bestimmung der Maschinenrichtung	5
Länge und Breite der Versuchsstreifen	7
Entnahme der Versuchsstreifen	9
Einfluß höherer Wärmegrade auf die Festigkeitseigenschaften von Papier	11
Feuchtigkeitsgehalt von Halb- und Zellstoffen	14
Einfluß der Luftfeuchtigkeit auf Festigkeit und Dehnung	15
Regelung der Luftfeuchtigkeit	15
Messung der Luftfeuchtigkeit	16
Daléns Umrechnungsfaktoren für Reißlänge und Dehnung bei ab- weichender Luftfeuchtigkeit	18
Auslegen der Probestreifen vor dem Versuch	18
Schoppers Festigkeitsprüfer für Papier	19
Schoppers Festigkeitsprüfer für Papier mit selbsttätigem Schaulinien- zeichner	23
Schoppers Festigkeitsprüfer für Seidenpapier, Pflanzenhaare usw.	24
Schoppers Festigkeitsprüfer für Pappe, Stoffe usw.	25
Wendlers Festigkeitsprüfer	26
Festigkeitsprüfer Hartig - Reusch	29
Le uners Festigkeitsprüfer	30
Schoppers Schnellpapierprüfer	33
Berechnung der Reißlänge	35
Tabelle zur Bestimmung der Reißlänge nach Hoyer	38
Tabelle zur Bestimmung der Feinheitnummer	39
Berechnung des Arbeitsmoduls	40
Rehses Papierprüfer	40
Amerikanische Festigkeitsprüfer (Durchdrückapparate)	42
Instandhalten von Papierprüfungsapparaten	44
Widerstand gegen Zerknittern (Handversuch) und Falzen (Apparate)	45
Kirchners Kniffrolle	50
Pfuhs Knitterer	51
Schoppers Falzer	53
Beziehungen zwischen Reißlänge, Dehnung und Falzzahl	57
Einteilung der Papiere nach dem Falzwiderstand (Falzklassen 0—7)	58
Anzahl der Probestreifen für die Bestimmung des Falzwiderstandes	58
Mittel-, Höchst- und Mindestwerte der Falzzahlen bei Papieren der Ver- wendungsklassen 1—8c	60

	Seite
Einfluß der Streifenbreite auf die Falzzahl	61
Abweichungen der Falzzahlen bei nebeneinander entnommenen Streifen	62
Zuverlässigkeit des Schopperschen Falzers	62
Prüfung des Schopperschen Falzers	64
Bestimmung des Quadratmetergewichtes	67
Ermittlung durch Wägung und Messung	67
Wagen zur Bestimmung des Quadratmetergewichtes	67
Bestimmung der Dicke	68
Schoppers Dickenmesser	68
Rehses Dickenmesser	69
Fischers Piknometer	70
Dickenmesser nach Teclu	70
Dickenmessung ohne besondere Apparate	71
Bestimmung des Raumbgewichtes	71
Bestimmung des Aschengehaltes	71
Aschengehalt verschiedener Roh- und Halbstoffe	72
Füllstoffe für Papier	74
Postsche Aschenwage	75
Gestell für die Veraschung im Platinnetz	77
Asche farbiger Papiere	78
Fehlerquellen beim Arbeiten mit der Postschen Wage	78
Schoppers Aschenwage	79
Reimanns Aschenwage	80
Schoppers Veraschungsvorrichtung	81
Heyses Veraschungsvorrichtung	82
Elektrische Veraschungsvorrichtung	83
Chemische Veränderungen der Füllstoffe beim Veraschen von Papier	84
Kurzer Analysengang für die gebräuchlichsten Füllstoffe	84
Nachweis von Chrom, Blei und Eisen in Quittungskarten-Karton	86
Einfluß der Füllstoffe auf die Dauerhaftigkeit von Papier	87
Mikroskopische Untersuchung	90
Aufgabe der mikroskopischen Papierprüfung	90
Vorbereitung des Papiers	91
Vorbereitung von Pergamentpapier	93
Herstellung der Präparate	94
Gruppenteilung der Fasern durch Färbung mit Jodlösungen	95
Auswahl der Vergrößerung	97
Einfache mikroskopische Ausrüstung nach Schopper	98
Herstellung von Dünnschnitten	98
Verholzte Fasern	99
Weißer Holzschliff	99
Brauner Holzschliff	101
Jute	101
Zellstoffe	102
Nadelholzzellstoff	102
Birkenholzzellstoff	104
Pappelholzzellstoff	105
Strohzellstoff	107
Alfa- (Esparto-) Zellstoff	109

	Seite
Jutezellstoff	110
Manilazellstoff	111
Adansoniazellstoff	112
Hauptunterscheidungsmerkmale für Jute-, Manila- und Adansoniazellstoff	112
Beurteilung des Verholzungsgrades von Zellstoffasern in Papier	114
Verfahren Klemm	115
Verfahren Behrens	115
Lumpenfasern	116
Baumwolle	116
Leinen	117
Hanf	119
Wolle	120
Seltener vorkommende Fasern (Ramié, Bambus, Zuckerrohr, Fasern japanischen Ursprungs, Torf)	122
Mikroskopische Vergleichspräparate	122
Verschiedene Mahlungszustände von Papierfasern	123
Feststellung der Mengenverhältnisse von Papierfasern	126
Fabrikationsbücher und Stoffzettel	128
Länge und Breite von Papierfasern	130
Nachweis verholzter Fasern	132
Reaktion mit Anilinsulfat	133
Reaktion mit salzsaurem Phloroglucin	133
Reaktion mit Wursters Di-Lösung	134
Art der verholzten Fasern	135
Erkennung von Splintern in Holzschliff	135
Bestimmung der in einem Papier vorhandenen Holzschliffmenge	136
Fehlerquellen der kolorimetrischen Verfahren zur Bestimmung der Holzschliffmenge	140
„Holzfreie“ Papiere	141
Trockengehaltsbestimmung von Holzschliff usw.	144
Schoppers Trockenapparat für Holzschliff, Zellstoff usw.	145
Zellstoffprüfungen	146
Bestimmung des Lignins in Sulfitzellstoff	146
Unterscheidung von Sulfit- und Natronzellstoff	147
Äther-Auszug-Verfahren	147
Mikroskopische Prüfung auf Harz nach Klemm	148
Cholesterinreaktion (Vorschlag Schwalbe)	148
Unterscheidung von Sulfit- und Natronzellstoff in Papier nach Schwalbe	149
Beurteilung der Reinheit von Zellstoffen	150
Flecke in Papier	153
Bronzeflecke	155
Faserflecke	157
Pilzflecke	157
Bestimmung der Art der Leimung	159
Tierleim	159
Kasein	163
Harzleim	164

	Seite
Ätherreaktion bei harzgeleimten Papieren	166
Nachweis von Tierleim und Harzleim auf mechanischem Wege	167
Papierleimung und Ausdauerfähigkeit	169
Stärke	169
Viskose	169
Wachs, Paraffin, Stearin, Fett, Öl usw.	170
Bestimmung der Leimfestigkeit	170
Verfahren Leonhardi	171
Verfahren Post	171
Verfahren Schluttig - Neumann	172
Prüfung mit Tinte	174
Durchlässige Stellen in Papier	176
Klemms Schwimmverfahren	178
Verfahren Kollmann	178
Verfahren Teclu	180
Einfluß der Luftfeuchtigkeit auf die Leimfestigkeit	180
Leimfestigkeit bedruckter Schreibpapiere	181
Leimfestigkeit einseitig glatter Papiere	184
Radierbarkeit	184
Prüfung auf Fettdichtigkeit	186
Blasenprobe	187
Versuch mit Terpentinöl	187
Versuch mit Schweineschmalz	188
Unterscheidung zwischen echtem und unechtem Pergamentpapier	188
Kauprobe	188
Verhalten beim Kochen in dünner Natronlauge	189
Beurteilung nach dem Riß	189
Nachweis von freiem Chlor und freier Säure	190
Freies Chlor	191
Chloride	191
Freie Säure	191
Schweflige Säure und Verbindungen derselben	192
Gesamtsäurewirkung	193
Metallschädliche Bestandteile	193
Verfahren Stockmeier	196
Prüfung auf Vergilbungsneigung	198
Direkte Belichtung	199
Verfahren Klemm	199
Erhitzen auf 95° C nach Schoeller und Zschokke	202
Bestimmung der Saugfähigkeit von Löschpapier	203
Saughöhe	203
Löschpapierprüfer nach Klemm	203
Saughöhen von Löschpapieren des Handels	204
Einteilung der Löschpapiere nach Klemm	205
Verfahren Favier	205
Verfahren Fromm	206
Randzone	207
Beziehungen zwischen Saughöhe und Randzone	208
Beziehungen zwischen Saughöhe und Festigkeit	211

	Seite
Filterpapierprüfung	212
Durchlässigkeit	212
Herzbergs Filterpapierprüfer	213
Filtergeschwindigkeiten von Filterpapieren des Handels	214
Scheidungs-fähigkeit	214
Bestimmung der Lichtdurchlässigkeit	215
Verfahren nach Dr. Klemm	215
Verfahren nach Dr. Schmidt	217
Verfahren nach Böhm	218
Verfahren nach Maximowitsch	218
Verfahren nach Sammet	219
Bestimmung der Luftdurchlässigkeit	220
Verfahren nach Sindall	220
Verfahren nach Winkler-Karstens	221
Verfahren nach Dalén	222
Luftdurchlässigkeit verschiedener Papiersorten	223
Bestimmung des Mahlungszustandes von Papierfasern	224
Mahlungsgradprüfer nach Klemm	225
Mahlungsgradprüfer nach Schopper-Riegler	226
Verschiedenes	228
Faserfestigkeit von Halbstoffen	228
Festigkeitseigenschaften von Pergamentpapier	229
Farbreinheit von Füllstoffen	230
Haftfestigkeit des Aufstriches gestrichener Papiere	230
Unterscheidung handgeschöpfter Papiere von maschinengeschöpften	231
Unterscheidung natürlicher und künstlicher Wasserzeichen	233
Beurteilung von Kopierpapier	234
Ausdauerfähigkeit moderner Papiere	235
Warum muß es immer das Papier sein?	237
Anhang	239
Bestimmungen über das von den Staatsbehörden zu verwendende Papier (28. Januar 1904)	239
Dienstanweisung zur Ausführung der „Bestimmungen“	245
Normen für Rohdachpappe	247
Normen für Bucheinbände	249
Papiernormalien in den deutschen Bundesstaaten	251
Liste der Fabriken, die Normalpapier herstellen	252
Auszug aus den Vorschriften für Frachtbriefe (13. Oktober 1892)	255
Vorschriften der Reichsdruckerei für verschiedene im Postverkehr be- nützte Papier- und Kartonsorten (Oktober 1914)	256
Auszug aus den Vorschriften für Quittungskartenkarton	256
Auszug aus den Vorschriften für Stadesregisterpapier	257
Auszug aus der Gebührenordnung des Königl. Materialprüfungsamtes zu Berlin-Lichterfelde	257
Literatur über Papierprüfung	260
Die aus dem Materialprüfungsamt in den Jahren 1885—1914 heraus- gegangenen Arbeiten über Papierprüfung	261

Festigkeitseigenschaften¹⁾.

Festigkeit und Dehnung.

Die absolute Festigkeit eines Papiers wird bei seiner Benutzung als Schriftstück, Drucksache o. a. nur zum kleinen Teil in Anspruch genommen. Trotzdem wird man von einem Papier, das lange aufbewahrt und viel benutzt werden soll, aus zwei Gründen eine nicht zu geringe Festigkeit verlangen müssen. Einmal zeigt jeder organische Körper im Laufe der Zeit eine Abnahme seiner Festigkeit, und ferner gewährleisten hohe Festigkeitseigenschaften sorgfältige Herstellung des Papiers und Verwendung guter Rohstoffe.

Von diesem Gesichtspunkt aus betrachtet, wird man die Forderung hoher Festigkeitswerte für Papiere, die wichtigen Zwecken dienen sollen, als gerechtfertigt anerkennen und den oft erhobenen Einwand fallen lassen müssen, „Papier sei kein Strick“, brauche daher nicht besonders fest zu sein.

Die Lebensdauer eines Papiers hängt von dem Widerstand ab, den es mechanischen und chemisch-physikalischen Einwirkungen entgegenzusetzen vermag. Ersteren (Biegen, Falzen, Kniffen, Rollen usw.) wird es in um so höherem Maße widerstehen, je fester und elastischer es ist, und letzteren (Einfluß von Luft, Licht, Wärme, Feuchtigkeit usw.) um so mehr, je besser und ausdauerfähiger das verarbeitete Rohmaterial ist. Unter sonst gleichen Verhältnissen wird also bei gleichwertiger Stoffzusammensetzung dasjenige Papier das höchste Lebensalter erwarten lassen, das die besten Festigkeitseigenschaften aufweist, und bei gleichen Festigkeitswerten dasjenige, dessen Stoffzusammensetzung die größte Ausdauerfähigkeit gewährleistet.

¹⁾ Abkürzungen für die häufiger als Quellen zu erwähnenden Fachschriften:

Mitt. = Mitteilungen aus dem Königlichen Materialprüfungsamt Berlin-Lichterfelde. (Verlag Julius Springer-Berlin.)

P.F. = Papierfabrikant. (Verlag Otto Elsner-Berlin.)

P.Z. = Papier-Zeitung. (Verlag Carl Hofmann-Berlin.)

W.B. = Wochenblatt für Papierfabrikation. (Verlag Güntter-Staib in Biberach [Württ.].)

Z. = Zentralblatt für die österreich-ungarische Papierindustrie. (Wien.)

Man kann also die Lebensdauer eines Papiers, abgesehen natürlich von Sonderfällen, gewissermaßen durch folgenden Quotienten zum Ausdruck bringen:

Festigkeitseigenschaften + Stoffgüte

Mechanische Beanspruchung + atmosphärischer Einwirkung.

Die Festigkeit eines Papiers, d. h. der Widerstand, den es dem Zerreißen entgegensetzt, gibt nun an sich noch kein Mittel an die Hand, die Güte des Papiers ohne weiteres zu beurteilen, da sie abhängt von der Dicke des Papiers und der Breite des Probestreifens; mit zunehmender Dicke des Papiers oder Breite des Probestreifens wächst auch die Kraft, die zum Zerreißen erforderlich ist; wir erhalten somit schwankende Werte, die uns kein klares Bild von der Festigkeit des Papiers geben. Wir werden jedoch später sehen, wie die mit Hilfe von Zerreißmaschinen ermittelten Festigkeitswerte unabhängig von diesen beiden Einflüssen zur Beurteilung der Güte von Papier herangezogen werden.

Die Festigkeit eines Papiers ist nicht nach allen Richtungen gleich groß. Maschinenpapier hat in der Richtung des Maschinenlaufes seine größte, in der Richtung senkrecht hierzu seine geringste Festigkeit. Dieser Unterschied findet seine Erklärung in der überwiegenden Lagerung der Fasern in der Richtung des Maschinenlaufes und in der Beeinflussung der Festigkeitswerte durch die Arbeit auf der Papiermaschine. Das Verhältnis der kleinsten Festigkeit zur größten schwankt zwar, hält sich aber meist zwischen den Grenzen 60 : 100 bis 75 : 100; jedoch kommen auch Fälle vor, in denen die Festigkeitswerte in der Längs- und Querrichtung wesentlich mehr, und andere, in denen sie wesentlich weniger voneinander abweichen, wie nachfolgende Zusammenstellung an einigen Beispielen zeigt.

Laufende Nr.	Art des Papiers	Reißlänge ¹⁾		Verhältnis der Querrichtung zur Längs- richtung	Bruch- dehnung		Verhältnis der Querrichtung zur Längs- richtung
		Quer- richtung km	Längs- richtung km		Quer- richtung %	Längs- richtung %	
1	Schreibpapier	1,57	4,73	33 : 100	1,7	1,5	113 : 100
2	„	2,21	5,46	39 : 100	2,4	1,9	126 : 100
3	Packpapier	3,76	9,76	39 : 100	4,6	2,1	219 : 100
4	„	4,25	9,06	47 : 100	6,7	2,8	239 : 100
5	Konzeptpapier	3,57	7,01	51 : 100	4,1	1,4	293 : 100
6	Schreibpapier	4,06	4,79	85 : 100	4,5	3,3	136 : 100
7	„	4,22	4,80	88 : 100	3,2	2,0	160 : 100
8	Urkundenpapier	6,05	6,76	90 : 100	6,4	4,9	131 : 100
9	Schreibpapier	4,22	4,69	90 : 100	3,0	2,0	150 : 100
10	Kanzleipapier	4,05	4,44	91 : 100	4,6	3,2	144 : 100
11	Schreibpapier	4,37	4,60	95 : 100	6,3	3,3	191 : 100
12	„	4,11	4,17	99 : 100	4,1	2,4	171 : 100

¹⁾ Vgl. S. 35.

Bei der Prüfung einiger Sorten Manilapackpapier¹⁾ zeigten sich noch stärkere Abweichungen. Das Verhältnis der Festigkeitswerte ging herunter bis auf 18 : 100 und das der Dehnungswerte herauf bis zu 435 : 100.

Fünf Papiere waren in der Längsrichtung rund fünfmal so fest wie in der Querrichtung, und bei zwei Proben war die Dehnung quer zum Maschinenlauf mehr als viermal so groß als längs. Das sind Unterschiede, wie sie bisher wohl kaum beobachtet worden sind.

Ebenso wie die Festigkeit ist auch die Dehnung des Papiers in den beiden Hauptrichtungen verschieden; das Verhältnis ist aber hier umgekehrt; die Maschinenrichtung hat die kleinste, die Querrichtung die größte Dehnung.

Verschiedenheiten in der Festigkeit und Dehnung sind ferner zu beobachten bei Streifen, die an den beiden Seiten und aus der Mitte der Papierbahn entnommen sind.

Schubert²⁾ fand, daß die Mittelbahn etwas größere Festigkeit besitzt als die beiden Seitenbahnen, aber geringere Dehnung als diese.

Diese Beobachtungen hat Fotieff³⁾ bestätigt. Er untersuchte zehn Papiere, teils aus Holzzellstoff allein, teils unter Zusatz von Holzschliff auf verschiedenen Maschinen hergestellt. Das Gesamtergebnis seiner Prüfungen war kurz folgendes.

Das Papier, das auf modernen Papiermaschinen hergestellt wird, ist nicht gleichmäßig fest in der ganzen Breite der Papierbahn. Papiere mit Holzschliff sind gleichmäßiger als reine Zellulosepapiere. Die Ungleichmäßigkeit tritt mehr in der Querrichtung als in der Längsrichtung hervor. Im allgemeinen nimmt die Reißlänge ziemlich regelmäßig von den Seiten der Papierbahn zur Mitte zu; mit der Dehnung ist es umgekehrt. Regelmäßigkeit der Abweichungen der Reißlänge und der Dehnung tritt bei den Zellulosepapieren mehr hervor als bei den holzhaltigen.

Die Ursache der Verschiedenheit vermutet Fotieff in den gesamten Verhältnissen bei der Entstehung der Papierbahn: Der flüssige Papierstoff wird vom Sieb mitgenommen und die Fasern versuchen sich in die Laufrichtung zu legen. Die seitliche Schüttelbewegung des Siebes begünstigt die Verschlingung der Fasern und erhöht dadurch die Festigkeit des Papiers, sie drängt die Fasern wieder aus der Längsrichtung und gleicht die Unterschiede der Festigkeit des Papiers in den zwei Hauptrichtungen aus. Aber die Erscheinung wird durch die Wirkung der Deckelriemen verwickelt. Der Papierstoff stößt bei der Schüttelbewegung an die Deckelriemen; die von diesen zurückgeworfene Welle

¹⁾ Mitt. 1909. S. 172.

²⁾ Die Praxis der Papierfabrikation 1898, S. 220.

³⁾ Verschiedenheiten in der Festigkeit und Dehnung des Papiers in der Breite der Bahn. W.B. 1910, S. 4521.

läuft der Grundwelle entgegen und unterbricht sie, es entstehen Ruhepunkte, etwa wie stehende Knoten in der Wellenbewegung. Diese die regelmäßige Verfilzung der Fasern störende Wirkung der Deckelriemen ist an den Deckelriemen am stärksten, gegen die Mitte des Siebes wird die zurückgeworfene Welle fast unbemerkbar, ihre schädliche Wirkung kleiner und die Verfilzung der Fasern besser.

Auch bei geschöpftem Papier (Handpapier) treten, wenn auch nicht in dem Maße wie beim Maschinenpapier, Verschiedenheiten in der Festigkeit und Dehnung in verschiedenen Richtungen auf¹⁾. Da die Ansicht, daß beim Handpapier Festigkeit und Dehnung nach allen Richtungen gleich groß sind, immer noch ziemlich verbreitet ist, so mag nachfolgend eine Zusammenstellung einiger bei der Prüfung von geschöpften Papieren gewonnenen Ergebnisse folgen.

Laufende Nr.	Art des Papiers	Reißlänge		Verhältnis der schwachen Richtung zur starken	Bruchdehnung		Verhältnis der schwachen Richtung zur starken
		Schwache Richtung km	Starke Richtung km		Schwache Richtung %	Starke Richtung %	
1	Urkundenpapier (handgeschöpft)	3,68	4,93	74 : 100	4,6	3,8	121 : 100
2		3,81	4,97	77 : 100	4,2	3,5	120 : 100
3		4,20	5,30	79 : 100	4,4	3,9	113 : 100
4		4,28	5,45	79 : 100	5,9	4,7	125 : 100
5		3,89	4,64	84 : 100	4,4	4,2	(105 : 100)
6		3,26	3,63	(90 : 100) ²⁾	4,3	3,4	126 : 100
7	Aktendeckel (handgeschöpft)	2,82	4,12	68 : 100	4,6	4,2	(110 : 100)
8		2,62	3,84	70 : 100	4,0	3,7	(108 : 100)
9		2,16	2,98	72 : 100	4,8	4,1	117 : 100
10		2,61	3,53	74 : 100	3,9	3,4	114 : 100
11		2,74	3,04	(90 : 100)	3,7	3,6	(101 : 100)
12		2,56	2,84	(90 : 100)	4,0	3,0	133 : 100

Bei der Bestimmung der Festigkeitswerte einer Papiersorte wird Längsrichtung und Querrichtung gesondert geprüft und aus den erhaltenen Werten das Mittel gebildet. Dieses ist für die Beurteilung des Papiers und seine Einreihung in eine der sechs Festigkeitsklassen³⁾ maßgebend.

Da die Maschinenpapiere im allgemeinen parallel und senkrecht

¹⁾ Hoyer hat schon in seinem 1882 erschienen Werk „Das Papier“ hierauf hingewiesen.

²⁾ Da die Ungleichmäßigkeiten des Papierblattes an sich Abweichungen in den Werten für Reißlänge und Bruchdehnung bedingen, so sind die Fälle, in denen der Unterschied zwischen den beiden Richtungen 10% und weniger beträgt, in Klammer gesetzt, weil Unterschiede, die kleiner als 10% sind, sehr wohl Zufall sein können.

³⁾ Siehe Anhang. Bestimmungen über das von den Staatsbehörden zu verwendende Papier.

zum Maschinenlauf geschnitten werden, so entnimmt man die Probe-streifen in der später zu besprechenden Anzahl und Art zunächst parallel zu einer beliebigen Kante des Bogens und darauf parallel zu der hierauf senkrecht stehenden. Welches dann die Längsrichtung und welches die Querrichtung ist, ergibt sich aus den ermittelten Werten ohne weiteres.

Beim Handpapier verfährt man in derselben Weise.

Hat man Veranlassung, die Längsrichtung vorher zu bestimmen, entweder weil man nur diese prüfen will, oder weil die beiden Rich-

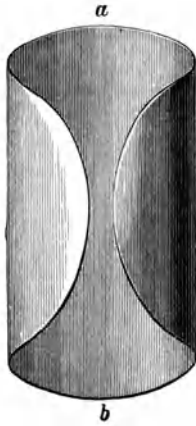


Fig. 1x.

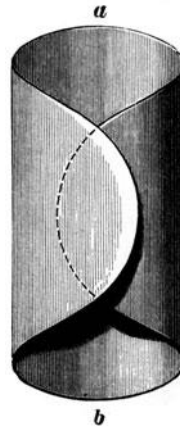


Fig. 1y.

Bestimmung der Maschinenrichtung im Papier.

tungen nicht mit Sicherheit zu erkennen sind, so verfährt man in folgender Weise¹⁾.

Man schneidet aus dem in Frage kommenden Material ein kreisförmiges Stück von ungefähr 10 cm Durchmesser heraus und läßt dies wenige Sekunden auf Wasser schwimmen; nimmt man es dann heraus und legt es vorsichtig auf die flache Hand, wobei man zu verhindern hat, daß es sich fest an die Handfläche schmiegt, so krümmen sich die Ränder nach oben (Fig. 1x) und zwar schließlich so stark, daß sie übereinandergreifen, wie es Fig. 1y darstellt.

Der nicht gekrümmte Durchmesser ab liegt in der Längsrichtung.

¹⁾ Zuweilen kann man schon ohne besondere Prüfung die Längsrichtung erkennen. Betrachtet man das Papier im schräg auffallenden Licht, so sieht man oft schon ohne weiteres die Parallellagerung der Fasern in der Längsrichtung deutlich ausgeprägt. Bei Papieren mit deutlicher Siebmarkierung geben die rhombischen Siebeindrücke einen Anhalt; die spitzen Winkel zeigen die Laufrichtung, die stumpfen die Querrichtung an.

Ungeleimte Papiere kann man natürlich auf diese Weise nicht prüfen, da diese vom Wasser sofort durchdrungen werden. In solchen Fällen muß man zu einem der später erwähnten Verfahren greifen. Zur Erklärung des Krümmens diene folgendes.

Die untere Seite des Papiers saugt, während sie mit dem Wasser in Berührung ist, Feuchtigkeit auf, und die Fasern quellen; nun legen sich die Fasern, wie schon erwähnt, auf dem Siebe vorzugsweise parallel zur Richtung des Maschinenlaufes, und da die einzelne Faser quer zu ihrer Längsachse die größte Quellungsfähigkeit besitzt, so wird das Bestreben der unteren Faserschicht, sich auszudehnen, quer zur Längsrichtung mehr zum Ausdruck kommen als in der Längsrichtung selbst.

Ein noch einfacheres Verfahren zur Bestimmung der Längsrichtung ist von Nickel vorgeschlagen worden und besteht darin, daß

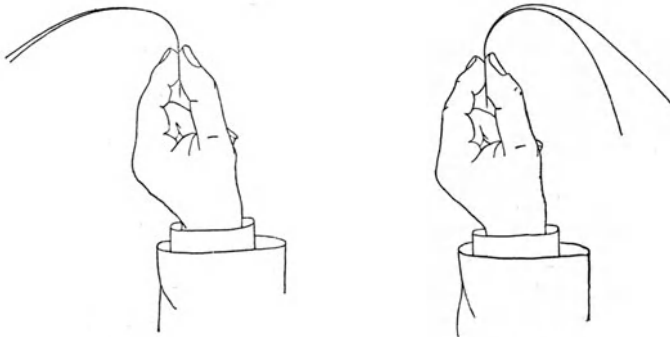


Fig. 2a.

Fig. 2b.

Bestimmung der Längsrichtung im Papier.

man zwei Papierstreifen von gleichen Abmessungen aus den beiden Hauptrichtungen so aufeinanderlegt, daß sie sich decken. Faßt man sie dann an dem einen Ende mit Daumen und Zeigefinger und läßt das andere Ende frei herunterhängen, so werden die Streifen entweder aufeinanderliegen (Fig. 2a) oder auseinanderklaffen (Fig. 2b). Im ersten Fall ist der untere, im zweiten der obere Streifen der aus der Längsrichtung.

Die Erklärung dieses Verhaltens ist auch hier durch die Lagerung der Fasern gegeben; bei dem aus der Längsrichtung herrührenden Streifen liegen mehr Fasern mit ihrer Längsachse parallel zum Streifen als bei dem Streifen aus der Querrichtung; die Folge davon ist, daß sich ersterer beim Überhängen weniger durchbiegt als letzterer.

Ein weiteres, ebenfalls sehr einfaches Verfahren zur Bestimmung der Längsrichtung rührt von Révész her¹⁾; es hat überdies den Vor-

¹⁾ Z. 1909, S. 213.

teil, daß das zu prüfende Material durch Herausschneiden von Probestücken nicht beschädigt wird. Man taucht irgend eine Seite des Bogens kurze Zeit (bei dicken und stark geleimten Papieren etwas länger als bei dünnen und weniger geleimten) so in Wasser, daß die untere Kante etwa 1 cm unter dem Wasserspiegel ist; bleibt der nasse Streifen nach dem Herausnehmen des Papiers glatt, so liegt er in der Längsrichtung, wird er wellig, in der Querrichtung.

Dieses Verfahren dürfte von allen das einfachste und am leichtesten ausführbare sein. Das verschiedene Verhalten der beiden Richtungen bei diesem Versuch ist auch hier auf die verschiedene Lagerung der Fasern und die verschiedene Quellbarkeit in beiden Richtungen (Querrichtung quellbarer als Längsrichtung) zurückzuführen.

Die Frage der bequemen Bestimmung der Längsrichtung kann außer in den oben erwähnten Fällen noch verschiedentlich von praktischer Bedeutung sein. Beim Kniffen von Aktendeckeln, Kartons usw. ist es nicht gleichgültig, ob der Kniff in der Längsrichtung oder Querrichtung liegt; bei der Herstellung von Büchern, besonders von großen und dicken Geschäftsbüchern, ist es von Wert zu wissen, ob alle Lagen in gleicher Weise gefalzt sind, weil sich sonst infolge verschiedener Dehnung unscharfe Ränder zeigen. Beim Schneiden von Zigarettenpapier muß man darauf achten, daß die lange Kante des Blattes in der Richtung des Maschinenlaufes liegt, da man sonst die Zigarette nicht oder nur mangelhaft schließen kann. Diesen Umständen hat man, wie es scheint, bisher nicht die nötige Beachtung geschenkt.

Nachdem man so auf die eine oder andere Weise die beiden Hauptrichtungen im Papier, nach welchen die Entnahme der Probestreifen zu erfolgen hat, bestimmt hat, fragt es sich, wie lang und wie breit diese zu wählen sind.

Martens¹⁾ hat sich mit dieser Frage eingehend beschäftigt und nachgewiesen, daß die Breite des Probestreifens auf das Ergebnis für Reißlänge und Buchdehnung keinen nennenswerten Einfluß ausübt; die Bequemlichkeit und Sicherheit des Arbeitens indessen sowie der mit zunehmender Breite wachsende Widerstand gegen Zerreißen legt bei der Wahl der Abmessungen der Streifen einige Beschränkung auf. Die Breite von 15 mm hat sich als sehr praktisch erwiesen und sie wird im Materialprüfungsamt und wohl auch an allen anderen Papierprüfungsstellen, die Streifen als Versuchsstücke verwenden, ausschließlich angewendet, wenn nicht etwa das zu prüfende Material, wie es beispielsweise bei den in der Telegraphie, der Kabelfabrikation usw. benutzten Papierstreifen vorkommt, schon an und für sich schmaler ist als 15 mm.

In der Praxis wird man auch in den Fällen schmalere Streifen verwenden müssen, in denen die gewöhnlichen Festigkeitsprüfer zum

¹⁾ Mitt. 1885, S. 3, 47 und 103.

Zerreißen eines 15 mm breiten Streifens nicht ausreichen, wie es z. B. beim Prüfen von Quittungskarten-Kartons, Preßspänen, Aktendeckeln, Pappen usw. vorkommen kann.

Bedenken hiergegen liegen nicht vor, da man auch bei Verwendung schmalere Streifen zuverlässige Werte erhält, wie nachstehend an einem Beispiel gezeigt werden soll.

Von einem Packpapier mit sehr stark wolkiger Durchsicht wurden Streifen von 50, 15 und 5 mm Breite zerrissen und zwar je 5 von jeder Breite und Richtung.

Ergebnisse der Prüfung eines Packpapiers bei verschiedenen breiten Versuchsstreifen.

Streifenbreite	Längsrichtung			Querrichtung			Mittel	
	Dehnung %	Bruchlast kg	Reißlänge m	Dehnung %	Bruchlast kg	Reißlänge m	Dehnung %	Reißlänge m
50 mm	1,6	51,85	7400	6,8	29,68	3750	4,2	5575
15 „	1,8	16,07	7750	6,0	8,48	3650	3,9	5700
5 „	1,7	5,35	7600	5,0	2,65	3350	3,8	5575

Vergleicht man die Mittelwerte, welche bei den drei verschiedenen Streifenbreiten gewonnen wurden, so ist ohne weiteres ersichtlich, daß im Hinblick auf die große Ungleichmäßigkeit des Papiers wesentliche, durch die verschiedene Breite bedingte Unterschiede nicht vorhanden sind.

Bei der Länge der Probestreifen liegen die Verhältnisse, soweit es sich um die Dehnung, ausgedrückt in Prozenten der ursprünglichen Länge, handelt, anders; die Dehnungsprozente sind nahezu dieselben bei Streifenlängen von 180 mm an aufwärts; mit abnehmender Länge aber wächst die Dehnung. Deshalb ist aus praktischen Gründen die Länge von 180 mm als Normallänge angenommen worden; dies geschah namentlich auch deshalb, weil diese Länge in beiden Richtungen aus dem einmal gekniffen Bogen der Reichsbogengröße (33 × 42 cm) bequem entnommen werden kann, und in diesem Zustand dürften wohl die meisten Papiere zur Untersuchung gelangen. Es kann im Interesse der Einheitlichkeit und der Vergleichbarkeit der Versuchsergebnisse nur geraten werden, diese Länge allgemein zugrunde zu legen. Soweit bekannt geworden ist, ist dies auch an allen Stellen, welche sich in größerem Maßstabe mit Papieruntersuchungen befassen, geschehen.

Stehen von dem zu prüfenden Material nur kleine Bogen zur Verfügung, aus denen die Normalstreifen nicht entnommen werden können, so darf man nicht außer acht lassen, daß die Dehnungsprozente etwas höher ausfallen als bei Verwendung eines Streifens von 180 mm Länge;

auf die Festigkeit ist die geringere Länge der Probestreifen ohne Einfluß, wenn nicht gar zu kurze Streifen angewendet werden.

Das Ergebnis der Prüfung wird im allgemeinen um so wertvoller sein, je mehr Streifen beim Versuch Verwendung gefunden haben; nimmt man fünf Streifen aus jeder Richtung, so kann man sicher sein, gute Durchschnittswerte zu erhalten, wenn man bei der Probeentnahme zweckmäßig zu Werke geht.

Bei Prüfung eines größeren Postens Papier tut man gut, aus verschiedenen Paketen Bogen zu entnehmen und dann aus jedem Bogen je einen Längs- und Querstreifen.

Steht nur wenig Material zur Verfügung, so verfolge man doch immer den Grundsatz, die Streifen an verschiedenen Stellen zu entnehmen und unmittelbar nebeneinander nur dann, wenn es anders nicht möglich ist.

Die Entnahme der Streifen geschieht bei den Prüfungen im Materialprüfungs-Amt in folgender Weise. Von den zehn meist in einmal gekniffem Zustand eingeschickten Probefolien werden zunächst fünf für die Festigkeitsprüfung ausgewählt, welche äußerlich keine fehlerhaften Stellen zeigen. Aus jedem dieser fünf Bogen wird je ein Streifen aus der Längs- und Querrichtung entnommen, wie es Fig. 3 veranschaulicht. Der Vorteil dieser Art der Probeentnahme liegt, abgesehen davon, daß sie ein gutes Durchschnittsmaterial liefert, noch in folgendem.

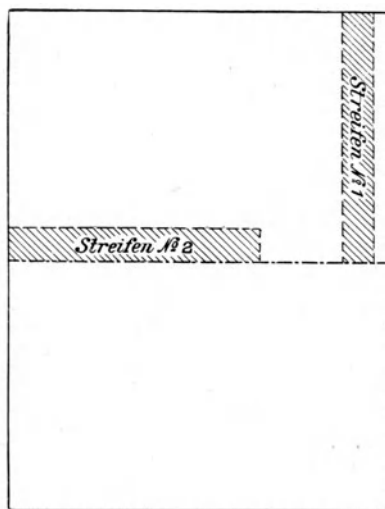


Fig. 3. Entnahme der Probestreifen.

Zerrißt beim Versuch ein Streifen an der Einspannstelle, oder ist er von vornherein infolge eines erkennbaren Fehlers zu verwerfen, oder liefert er Werte, die von denen der anderen in auffälliger Weise abweichen, so daß ein Irrtum vermutet werden kann, so kann man unmittelbar neben dem ersten Streifen immer noch einige Ersatzstreifen zur weiteren Prüfung und Klarstellung entnehmen.

Auf das Schneiden der Streifen ist große Sorgfalt zu verwenden, da die geringste Beschädigung, namentlich an den Rändern, den Versuch ungünstig beeinflussen kann. Fig. 4 zeigt eine der im Amt in Gebrauch befindlichen Scheren zum Schneiden der Streifen¹⁾.

¹⁾ Solche Schneidevorrichtungen sowie alle übrigen Apparate, Instrumente, Fasern, Lösungen usw. für die Zwecke der Papierprüfung können von der Fabrik

An der Holzplatte P ist ein Messer S_2 fest angeschraubt, während ein zweites S_1 , welches in Verbindung mit S_2 den Schnitt des Papiers bewirkt, mit Hilfe des Handgriffes H auf und nieder geführt werden kann. Eine Holzleiste Lst ist so angebracht, daß sie parallel der Schneide S_2 liegt und von dieser in einem Abstand von 15 mm festgestellt werden kann. Unter der Leiste Lst befindet sich ein Kasten K , in welchen die abgeschnittenen Streifen fallen. Auf dem Brett P ist noch eine scharf gezeichnete Linie L angebracht, die senkrecht zu S_2 verläuft. Sie dient als Anlegezeichen, um zunächst den ersten Schnitt genau senkrecht zu einer Bogenkante zu führen; die Streifen werden dann beim Anlegen der ersten Schnittkante gegen die Leiste Lst ohne weiteres parallel und von 15 mm Breite geschnitten.

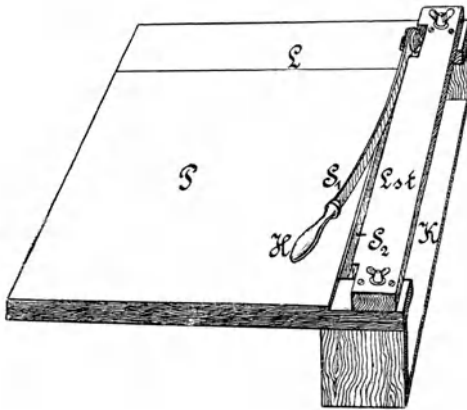


Fig. 4. Vorrichtung zum Schneiden der Streifen.

Bevor man die Streifen in Gebrauch nimmt, überzeugt man sich, ob ihre Ränder glatt sind und parallel verlaufen; das sieht man am besten, wenn man die beiden Enden aufeinanderlegt, die zwei Hälften müssen sich dann decken.

Beim Zerreißen der Streifen ist auf die Feuchtigkeit der Luft im Versuchsraum besonders zu achten, da sie auf die Festigkeits- und Dehnungswerte von großem Einfluß ist.

Der Einfluß wechselnder Zimmerwärme auf die Festigkeitseigenschaften von Papier ist noch nicht planmäßig untersucht worden, aber so viel hat die Erfahrung gezeigt, daß er innerhalb der Grenzen, mit denen wir rechnen müssen, also etwa von 15 bis 25° C, keine praktische Bedeutung hat und daher bei Prüfungen gewöhnlicher Art vernachlässigt werden kann.

Daß höhere Temperaturen nachteilig auf die Festigkeitseigenschaften von Papier einwirken, ist allgemein bekannt; ich verweise hier nur auf die wohl vielseitig beobachtete Erscheinung, daß Lampenschirme aus Papier bei längerem Gebrauch, namentlich in ihrem oberen, dem Zylinder naheliegenden Teil, bald sehr brüchig und spröde werden.

Im nachfolgenden sind die bei der Prüfung von vier verschiedenen

wissenschaftlich-technischer Apparate von Louis Schopper in Leipzig, Arndtstraße 27, bezogen werden. Im Materialprüfungsamt werden für die Papierprüfungen ausschließlich Schoppersche Apparate benützt.

Papieren, welche längere Zeit (teils 622 Stunden, teils 862 Stunden) der Einwirkung einer Temperatur von etwa 98° C ausgesetzt waren, ermittelten Versuchsergebnisse wiedergegeben¹⁾. Stoffzusammensetzung, Art der Leimung und Menge der Füllstoffe sind aus der nachfolgenden Tabelle ersichtlich. Die Versuchsausführung war folgende. Von jedem Papier wurde aus beiden Richtungen eine Anzahl Versuchsstreifen entnommen, ein Teil sofort geprüft (je fünf Streifen jeder Richtung) und die übrigen in einem Trockenapparat täglich sechs Stunden auf etwa 98° C erhitzt. Von Zeit zu Zeit wurden dann wieder Streifen entnommen, mehrere Stunden in einem Raum von 65% Luftfeuchtigkeit ausgelegt und dann geprüft. Die hierbei ermittelten Ergebnisse sind nachstehend zusammengestellt.

Einfluß des Trocknens bei 98° C auf die Festigkeitseigenschaften von Papier.

Zustand	Längsrichtung		Quer- richtung		Mittel			Feuchtigkeit des Papiers %
	Reiß- länge km	Deh- nung %	Reiß- länge km	Deh- nung %	Reiß- länge km	Verhält- nisszahl	Deh- nung %		Verhält- nisszahl

I. Tierisch geleimtes Urkundenpapier aus dem Jahre 1839.

(Stoff: Leinen, Zusatz Baumwolle; Asche 4,0 %.)

Vor dem Trocknen . . .	3,84	4,2	2,57	4,2	3,21	100,00	4,2	100,00	6,5
12 Stunden getrocknet	3,54	4,0	2,56	4,3	3,05	95,01	4,2	100,00	6,1
24 „ „	3,69	3,7	2,69	4,6	3,19	99,37	4,2	100,00	6,5
48 „ „	4,01	3,7	2,63	4,1	3,32	103,42	3,9	92,85	5,2
96 „ „	3,73	3,7	2,56	4,1	3,15	98,13	3,9	92,85	6,1
142 „ „	3,97	3,4	2,56	3,8	3,27	101,86	3,6	85,71	5,6
262 „ „	3,41	3,3	2,39	3,4	2,90	90,34	3,4	80,95	4,9
382 „ „	2,51	1,4	2,47	3,2	2,49	77,57	2,3	54,76	4,5
502 „ „	2,69	1,8	1,59	1,5	2,14	66,66	1,7	40,47	4,5
622 „ „	2,06	1,0	1,59	1,3	1,83	57,00	1,2	28,57	4,2
862 „ „	1,79	0,7	1,36	0,8	1,58	49,22	0,8	19,04	4,0

II. Harzgeleimtes Kanzleipapier.

(Stoff: Leinen, Baumwolle, Holzstoff; Asche 10,3 %.)

Vor dem Trocknen . . .	5,20	2,5	3,92	5,2	4,56	100,00	3,9	100,00	6,1
12 Stunden getrocknet	5,00	2,2	3,77	4,3	4,39	96,27	3,3	84,61	5,8
24 „ „	4,96	2,1	3,52	4,3	4,24	92,98	3,2	82,05	6,2
48 „ „	4,75	1,9	3,57	3,5	4,16	91,22	2,7	69,23	5,1
96 „ „	4,15	1,6	3,29	3,3	3,72	81,57	2,5	64,10	5,8
142 „ „	4,13	1,3	3,26	2,2	3,70	81,14	1,8	46,15	5,2

¹⁾ Vgl. auch die von Lenz in der P.Z. 1895, Nr. 54 bis 55 mitgeteilte Beobachtung: „Einfluß von Temperatur und trockener Erwärmung auf Festigkeit und Dehnung von Papier.“

Zustand	Längs- richtung		Quer- richtung		Mittel				Feuchtigkeit des Papiers %
	Reiß- länge km	Deh- nung %	Reiß- länge km	Deh- nung %	Reiß- länge km	Verhält- niszahl	Deh- nung %	Verhält- niszahl	
262 Stunden getrocknet	3,39	1,0	2,64	1,5	3,02	66,22	1,3	33,33	4,7
382 „ „	3,17	0,8	2,39	1,2	2,78	60,96	1,0	25,64	4,5
502 „ „	2,60	0,7	2,05	0,9	2,33	51,09	0,8	20,51	4,3
622 „ „	2,41	0,6	1,99	0,7	2,20	48,24	0,7	17,94	3,8
862 „ „	2,03	0,3	1,73	0,5	1,88	41,22	0,4	10,25	3,3

III. Harzgeleimtes Konzeptpapier.

(Stoff: Holzzellstoff; Asche 3,3%.)

Vor dem Trocknen . . .	7,24	1,6	4,50	5,1	5,87	100,00	3,4	100,00	6,9
12 Stunden getrocknet	7,26	1,4	4,01	4,1	5,64	96,08	2,8	82,35	7,0
24 „ „	6,81	1,5	3,78	3,3	5,30	90,28	2,4	70,58	6,9
48 „ „	6,23	1,3	3,26	3,0	4,76	81,09	2,2	64,70	6,8
96 „ „	5,82	1,1	2,99	1,7	4,41	75,12	1,4	41,17	5,6
142 „ „	4,50	0,9	3,00	1,5	3,75	63,71	1,2	35,29	5,2
262 „ „	4,11	0,6	2,38	0,9	3,25	55,36	0,8	23,52	6,7
382 „ „	3,92	0,5	2,88	0,7	3,40	57,92	0,6	17,64	5,0
502 „ „	3,42	0,5	2,05	0,6	2,74	46,67	0,6	17,64	6,2
622 „ „	3,38	0,4	2,32	0,6	2,85	48,55	0,5	14,70	6,1

IV. Kupferdruckpapier (ungeleimt).

(Stoff: Leinen, Baumwolle, Holz- und Strohcellstoff; Asche 17,0%.)

Vor dem Trocknen . . .	2,42	1,6	1,64	3,0	2,03	100,00	2,3	100,00	5,0
12 Stunden getrocknet	2,32	2,0	1,65	2,9	1,99	98,02	2,5	108,69	4,7
24 „ „	2,41	1,7	1,67	2,6	2,04	100,49	2,2	95,65	4,4
48 „ „	2,31	1,4	1,55	2,1	1,93	95,07	1,8	78,26	4,9
96 „ „	2,08	1,2	1,43	1,6	1,76	86,69	1,4	60,86	4,1
142 „ „	1,71	0,9	1,26	1,2	1,49	73,39	1,1	47,82	3,8
262 „ „	1,44	0,7	1,03	0,7	1,24	61,08	0,7	30,43	4,7
582 „ „	1,40	0,5	1,01	0,9	1,21	59,60	0,7	30,43	3,1
502 „ „	1,08	0,4	0,87	0,4	0,98	48,57	0,4	17,39	4,1
622 „ „	1,25	0,4	0,81	0,5	1,03	50,73	0,5	21,73	4,3

Aus diesen Werten, welche nachstehend zur leichteren Übersicht auch graphisch aufgetragen sind, geht deutlich hervor, daß bei allen vier Papiersorten die Festigkeit und Dehnung infolge der andauernden Erwärmung abgenommen hat; nach einer 622stündigen Einwirkung haben die Papiere rund 50% ihrer Festigkeit und 70 bis 80% ihrer Dehnung eingebüßt.

Am günstigsten hat sich das tierisch geleimte Papier I verhalten; nach 142stündiger Erwärmung hatte seine Festigkeit noch nicht abgenommen, während die der übrigen drei Papiere schon deutlich zurückgegangen war.

Am ungünstigsten hat sich das harzgeleimte, aus Holzzellstoff hergestellte Papier III verhalten, welches schon nach kurzer Zeit eine deutliche Abnahme der Festigkeit und Dehnung zeigt. Zwischen beiden

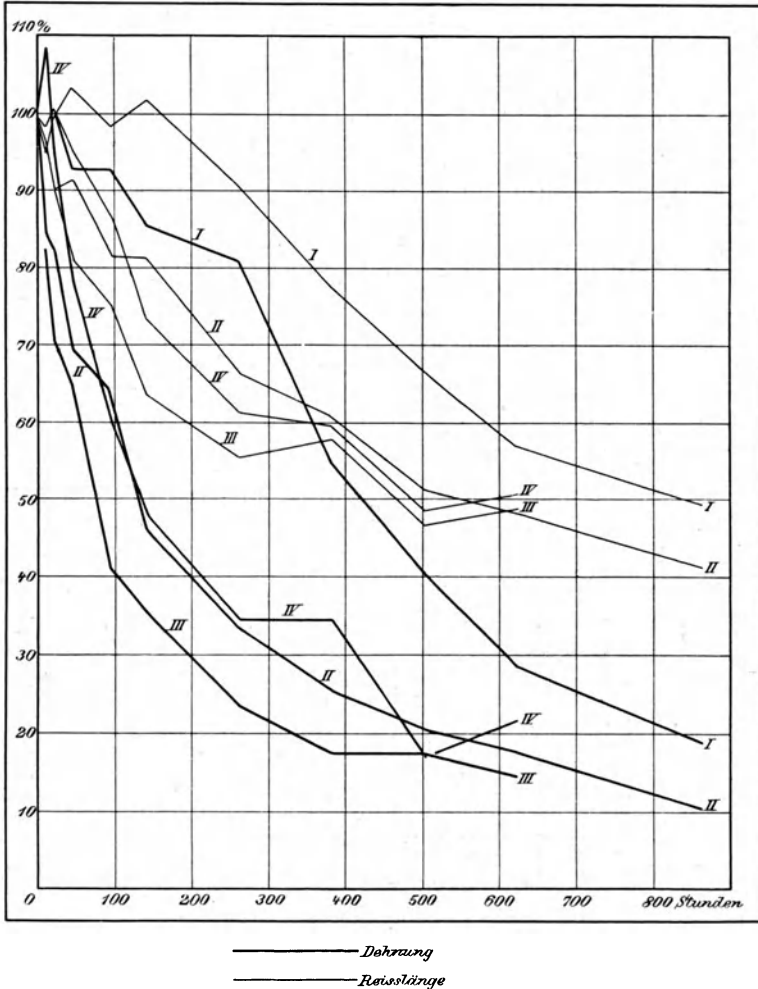


Fig. 5.

Einfluß höherer Wärmegrade auf die Festigkeitseigenschaften von Papier.

liegen die Papiere II und IV, von denen sich das letztere, ungeleimte günstiger verhalten hat als die beiden harzgeleimten Sorten II und III.

Die letzte Spalte der Zusammenstellung bestätigt die bereits anderweitig gemachte Beobachtung, daß ausgetrocknete Faserstoffe nicht wieder so viel Feuchtigkeit aus der Luft aufnehmen, wie sie im ur-

sprünglichen Zustand gehabt haben. Bei allen vier Papieren zeigt sich eine stetige Abnahme des Feuchtigkeitsgehaltes bei zunehmender Trocknungsdauer.

Diese wenigen Versuche verbieten naturgemäß weitgehende allgemeine Schlußfolgerungen; sie können nur als Material betrachtet werden, welches in Verbindung mit weiter zu machenden Beobachtungen mit zur Beantwortung der Frage herangezogen werden kann, ob sich bei höherer Wärme Lumpenfasern günstiger verhalten als solche aus Zellstoffen, und ob hierbei tierisch geleimte Papiere widerstandsfähiger sind als harzgeleimte.

Der Einfluß der Feuchtigkeit auf Papier äußert sich in zweierlei Weise. Einmal nimmt Papier, je nach dem Feuchtigkeitsgehalt der Luft, verschiedene Mengen Wasser auf und ändert hierdurch sein Gewicht¹⁾, und ferner beeinflusst das aufgenommene Wasser die Festigkeit und Dehnbarkeit der im Papier vorhandenen Fasern.

Bei Untersuchungen, die im Dresdener technologischen Institut ausgeführt worden sind²⁾, zeigten lufttrockene, im losen Zustand aufbewahrte Halbstoffe bei verschiedener Luftfeuchtigkeit folgenden Feuchtigkeitsgehalt.

Feuchtig- keit der Luft	Feuchtigkeitsgehalt von				
	Baumwoll- halbzeug	Leinen- halbzeug	Natron- zellstoff	Braun- holzschliff	Holzschliff (weißer)
%	%	%	%	%	%
40	4,9	5,3	5,8	6,4	8,0
50	5,4	6,0	6,6	7,2	8,8
60	5,7	6,3	7,4	8,0	9,4
70	6,1	6,8	8,4	8,8	10,0
80	6,8	7,7	9,6	9,9	10,6
90	8,0	9,5	11,3	11,5	12,0

In wie hohem Maße Festigkeit und Dehnung durch die Luftfeuchtigkeit beeinflusst werden, mögen die nachfolgenden Versuchsergebnisse, welche bei Prüfung eines aus Lumpen hergestellten, mit Harz geleimten, guten Schreibpapiers bei verschiedener Luftfeuchtigkeit gewonnen wurden, zeigen.

Wie die Zusammenstellung zeigt, wächst die Festigkeit (Bruchlast, Reißlänge) des Papiers mit abnehmender Feuchtigkeit, während die Dehnung abnimmt. Es leuchtet somit ohne weiteres ein, daß Ergebnisse von Festigkeitsprüfungen mit Papier nur dann unmittelbar vergleichbar sind, wenn sie bei derselben Luftfeuchtigkeit ermittelt wurden.

¹⁾ Vgl. E. Müller, Über die Abhängigkeit des Wassergehaltes der Faserstoffe von der Luftfeuchtigkeit. Civilingenieur 1882, S. 157.

²⁾ Müller-Haußner, Die Herstellung und Prüfung des Papiers, S. 1642.

Feuchtigkeit der Luft %	Feuchtigkeits- gehalt der zer- rissenen Streifen %	Bruchbelastung			Bruchdehnung			Reißlänge		
		Längs- richtung	Quer- richtung	Mittel	Längs- richtung	Quer- richtung	Mittel	Längs- richtung	Quer- richtung	Mittel
		kg	kg	kg	%	%	%	km	km	km
100	15,2	2,34	1,75	2,05	3,5	6,3	4,8	1,68	1,23	1,46
90	11,3	3,41	2,30	2,86	2,8	5,8	4,3	2,40	1,64	2,02
80	6,5	5,57	4,03	4,30	2,5	4,7	3,6	4,06	3,00	3,53
70	6,2	5,74	4,14	4,94	2,1	4,3	3,2	4,25	3,09	3,67
60	5,5	6,15	4,49	5,32	1,9	3,9	2,9	4,50	3,33	3,92
50	4,6	6,59	4,71	5,65	1,7	3,4	2,6	4,76	3,43	4,20
40	3,8	6,74	4,93	5,84	1,6	3,3	2,5	4,91	3,61	4,26
30	2,3	7,21	5,05	6,13	1,5	2,6	2,1	5,39	3,80	4,60

Im Amt sind deshalb Vorkehrungen getroffen, um die Festigkeitsprüfungen bei stets gleichem Feuchtigkeitsgehalt der Luft ausführen zu können, und zwar ist hierfür die Luftfeuchtigkeit von 65% gewählt worden¹⁾. Da die Luftfeuchtigkeit während des größten Teiles des Jahres, namentlich im Winter, geringer ist als 65%, so sind in dem Versuchsraum Wasserzerstäuber aufgestellt, welche es ermöglichen, bei trockener Luft den Feuchtigkeitsgehalt in kurzer Zeit auf die gewünschte Höhe zu bringen.

Den mit geringeren Hilfsmitteln ausgestatteten Versuchsräumen der Praxis kann die fehlende Feuchtigkeit am einfachsten durch Sprengen des Fußbodens, Aufhängen nasser Tücher, Kochen von Wasser usw. zugeführt werden.

In kleineren abgeschlossenen Räumen, z. B. unter einer Glasglocke, kann man bestimmte Feuchtigkeitsstufen mit Hilfe verdünnter Salzlösungen herstellen. So bewirkt eine Lösung von 50 g Chlorkalzium in 100 g Wasser, daß die Luft unter der Glocke etwa 65% Feuchtigkeit enthält. Dieser Feuchtigkeitsgrad bleibt auch bestehen, wenn Temperaturschwankungen eintreten.

Ist der Feuchtigkeitsgehalt der Luft größer als 65%, so kann man ihn durch Heizen des Raumes etwas herabdrücken; man darf aber die Temperatur nicht zu sehr steigern, da sich sonst die physikalischen Eigenschaften des Papiers ändern. Über 25° C sollte man die Zimmerwärme nicht erhöhen. An feuchtwarmen, schwülen und nebligen Tagen steigt die Luftfeuchtigkeit zuweilen auf 90% und mehr; dann ist es meist nicht möglich, die Feuchtigkeit im Versuchsraum auf 65% herabzudrücken. Man muß dann entweder, wie es im Materialprüfungsamt

¹⁾ Dr. L. von Lenz prüft bei beliebiger Luftfeuchtigkeit, bestimmt den Feuchtigkeitsgehalt des Papiers und berechnet nach einer von ihm ermittelten Formel die Festigkeitswerte auf trockenes Papier. (P.Z. 1891, Nr. 35.)

stets geschieht, alle Festigkeitsprüfungen aussetzen, oder, wenn geprüft werden muß, wie z. B. während der Fabrikation, die erhaltenen Werte unter Benutzung der Dalén'schen Umrechnungskoeffizienten (siehe S. 18) richtigstellen.

Zur Messung der Feuchtigkeit der Luft werden im Amt Koppe-Saussuresche Prozenthaarhygrometer mit Einstellvorrichtung benutzt, welche wöchentlich zweimal mit einem Aßmann'schen Psychrometer kontrolliert werden.

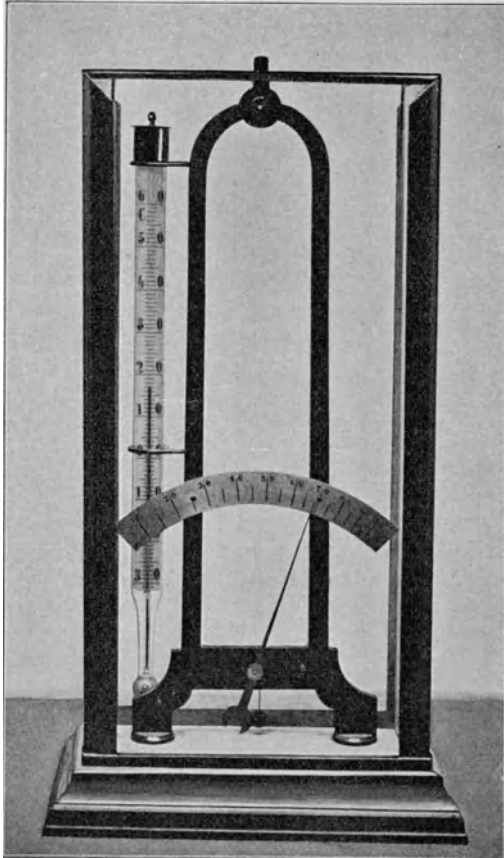


Fig. 6. Haarhygrometer.

Diese Hygrometer bestehen aus einem gut entfetteten Haar, das am oberen Ende befestigt und am unteren um eine kleine Rolle geschlungen ist, deren Achse einen Zeiger trägt (Fig. 6). Durch ein unten angehängtes Gewichtchen von 0,5 g wird das Haar gespannt. Bei trockener Luft verkürzt sich das Haar und dreht den Zeiger nach links, beim Feuchtwerden verlängert es sich und das Gewicht bewirkt eine Bewegung des Zeigers nach rechts. Bei vollkommener Sättigung der Luft mit Wasserdampf muß der Zeiger auf den Punkt 100 rücken und dort stehen bleiben.

Ein besonderer Vorzug dieser Feuchtigkeitsmesser gegenüber anderen Haarhygrometern ist der, daß sie zu jeder Zeit leicht auf die Richtigkeit ihrer Angaben geprüft werden können; zu diesem Zweck wird das dem Apparat beigegebene, mit Baumwollstoff überzogene Rähmchen in Wasser getaucht und auf der Rückseite des Instrumentes in eine hierfür angebrachte Nute geschoben. Hierauf wird der Apparat vorn durch eine Glasscheibe, hinten durch den Schieber geschlossen. Der abgeschlossene Raum füllt sich nun in verhältnismäßig kurzer

Zeit mit Feuchtigkeit, das Haar sättigt sich, und der Zeiger rückt auf 100 vor.

Sollte dies infolge von Veränderungen des Instrumentes durch äußere Einflüsse nicht der Fall sein, so hat man nur den Schlüssel durch das oben in der Glasscheibe befindliche Loch auf den Vierkant aufzusetzen und durch Drehen den Zeiger genau auf 100 einzustellen. Dabei ist es zweckmäßig, etwas auf das Kästchen zu klopfen, um die Reibung des Zeigers zu überwinden.

Nun ist das Instrument eingestellt und zeigt, nachdem Schieber, Rähmchen und Glas entfernt sind, etwa 24 Stunden später die relative Feuchtigkeit des Versuchsraumes richtig an. Unmittelbar nach der Prüfung darf es nicht benutzt werden, da dann die Feuchtigkeit der Luft zu gering angegeben wird.

Man begegnet vielfach der irrigen Auffassung, daß das Haarhygrometer zur Bestimmung der Luftfeuchtigkeit für wissenschaftliche Versuche nicht geeignet sei. Prof. Dr. Galle, welcher über diesen Gegenstand eine große Reihe eingehender Versuche angestellt hat, bemerkt hierzu (Ergebnisse der meteorologischen Beobachtungen im Jahre 1882. Veröffentlicht vom königlichen meteorologischen Institut Berlin 1883): „Unterzieht man sich bei den Haarhygrometern alle 8—14 Tage der geringen Mühe einer Bestimmung des Sättigungspunktes und sorgfältiger Reinigung des Instrumentes, soweit dies nötig erscheint, so wird man mit diesem Instrument die relative Feuchtigkeit mit mindestens ebenso großer Genauigkeit und meist (namentlich im Winter) wohl noch genauer ablesen können, und zwar ohne alle Rechnung, als mit dem Psychrometer.“

Prüfungsanstalten sollten sich mit der geschilderten Prüfung der Hygrometer in mit Luft völlig gesättigter Luft nicht begnügen, sondern die Instrumente auch bei 65% relativer Luftfeuchtigkeit mit Hilfe des Psychrometers wenigstens wöchentlich einmal kontrollieren; sie sollten ferner nicht mit der Aufstellung eines einzigen Hygrometers zufrieden sein, sondern deren mehrere gleichzeitig benutzen, damit sie von Zufälligkeiten, die gelegentlich die Angaben eines Instrumentes beeinflussen können, unabhängig sind.

Es sei noch besonders bemerkt, daß das Hygrometer am besten neben dem Zerreißapparat aufgestellt wird, und daß die Versuchstreifen neben dem Hygrometer zur Aufnahme der nötigen Feuchtigkeit ausgelegt werden, da die Feuchtigkeit der Luft an verschiedenen Stellen des Versuchsraumes, namentlich in verschiedenen Höhenlagen, verschieden ist.

In der Praxis ist es nun nicht immer möglich, die Prüfungen bei 65% Luftfeuchtigkeit vorzunehmen; man ist oft gezwungen, die Versuche bei anderer Feuchtigkeit auszuführen, wodurch die Ergebnisse

mehr oder weniger von den maßgebenden (bei 65% gewonnenen) abweichen.

Durch eingehende Versuche hat Dalén¹⁾ für Reißlänge und Dehnung Faktoren ermittelt, mit Hilfe deren man in der Lage ist, die bei zu hoher oder zu niedriger Feuchtigkeit ermittelten Werte umzurechnen. Die Fehler, die man hierbei zu befürchten hat, sind um so größer, je mehr die Luftfeuchtigkeit von 65% abweicht. Aus diesem Grunde dürfte es, damit die berechneten Werte einigermaßen zuverlässig werden, angebracht sein, die Umrechnungen auf den zwischen 40% und 80% Luftfeuchtigkeit liegenden Spielraum zu beschränken.

In nachstehender Tabelle sind innerhalb dieser Grenzen die Faktoren zusammengestellt, mit denen man die für Reißlänge und Dehnung gefundenen Werte multiplizieren muß, um annähernd Werte zu erhalten, die einer Luftfeuchtigkeit von 65% entsprechen würden.

Relative Luftfeuchtigkeit beim Versuch in %	Reißlänge	Faktor für Dehnung
80	1,18	0,80
75	1,11	0,87
70	1,04	0,93
60	0,97	1,08
55	0,94	1,16
50	0,92	1,25
45	0,90	1,36
40	0,88	1,47

Mit Recht bemerkt aber Dalén am Schluß seiner Abhandlung, daß man diese Umrechnung nur als Notbehelf ansehen soll, wenn es ganz unmöglich ist, die Versuche bei 65% auszuführen.

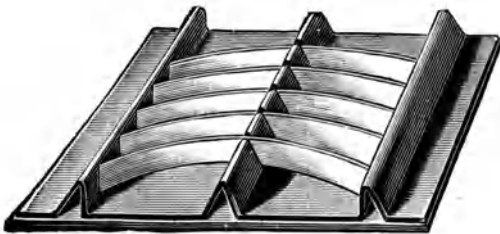


Fig. 7.

Vorrichtung zum Auslegen der Versuchsstreifen.

Die Versuchsstreifen brauchen, um sich dem Feuchtigkeitszustand von 65% anzupassen, mindestens zwei Stunden. Damit sie der Luft möglichst viel Oberfläche darbieten, bedient man sich zweckmäßig eines Rahmens, wie ihn Fig. 7 darstellt. In diesem Rahmen stehen die Streifen schwach gekrümmt auf der hohen Kante, gestatten somit der Luft ungehinderten Zutritt und sind außerdem

¹⁾ Der Einfluß der Luftfeuchtigkeit auf die Festigkeitseigenschaften des Papiers. (Mitt. 1900, S. 133.)

durch ihre geringe Anspannung gegen das Fortwehen durch Zugluft geschützt.

Haben die Papiere sehr feucht oder sehr trocken gelagert, so tut man gut, die feuchten erst eine Stunde bei 60%, die trockenen erst eine Stunde bei 70% auszulegen und dann noch zwei Stunden bei 65%. Bei diesem Vorgehen vollzieht sich die Anpassung an die Feuchtigkeitsstufe 65% schneller als beim bloßen Ausliegen bei 65%.

Zu bemerken ist hierzu noch, daß eine völlige Anpassung der Papiere an den Feuchtigkeitsgehalt der Luft von 65% in dieser Zeit auch nach diesem Vorgehen noch nicht erfolgt, wohl aber in einem für die Ausführungen von Versuchen, die praktischen Zwecken dienen, völlig ausreichendem Maße.

Für die gänzliche Anpassung an einen bestimmten Feuchtigkeitsgehalt sind, wie Versuche gezeigt haben, oft verschiedene Tage erforderlich.

Papiere aus schmierig gemahlenem Stoff nehmen nach Klein¹⁾ die Feuchtigkeit schneller auf als solche aus röschem Material. Die Art der Leimung hat nach seinen Versuchen keinen ausgesprochenen Einfluß auf die Schnelligkeit der Feuchtigkeitszunahme und ungeleimte Papiere verhalten sich nicht wesentlich anders als geleimte.

Zum Zerreißen der Streifen bedient man sich der Festigkeitsprüfer von Schopper, Wendler, Hartig-Reusch oder Leuner²⁾.

Schoppers Festigkeitsprüfer.

Die Kraftmessung erfolgt durch eine Neigungswage. Die Wirkungsweise des Apparates ist aus Fig. 8 ersichtlich.

Der Belastungshebel *A* bewegt sich zwischen zwei Kreissegmenten, von denen das vordere *B* mit einer Teilung versehen ist, deren Bezeichnung die Krafterleistung in kg angibt. Das hintere Segment ist gezahnt und dient zur Aufnahme der Sperrklinken, die nach dem Bruch des Streifens das Zurückfallen des Hebels *A* verhindern.

Statt des zweiten Armes des Krafthebels ist ein Bogensegment *C* angebracht, über welches eine Kette *D* läuft, die am unteren Ende die eine Einspannklemme *E*₁ trägt. Um die Einspannung des Streifens zu erleichtern, kann diese Klemme während des Einspannens durch einen Haken *F* (oder einen Stift) an dem Segment *C* festgelegt werden.

Durch die Kette *D* wird erreicht, daß sich die obere Klemme immer

¹⁾ W.B. 1911, S. 2105. .

²⁾ Auf das Horacksche Dasymeter, das früher vielfach benutzt wurde, soll wegen der unzuverlässigen Ergebnisse, welche es liefert, nicht näher eingegangen werden. Beschreibung und Abbildung dieses Apparates findet man in „Hoyer, Das Papier, seine Beschaffenheit und deren Prüfung“, München 1882.

senkrecht über der unteren E_2 befindet, eine zwanglose Beweglichkeit während des Versuches behält, und daß der Angriffshebel stets die gleiche Länge hat.

Die Messung der Dehnung erfolgt durch die Feststellung der gegenseitigen Verschiebung der beiden Einspannklemmen E_1 und E_2 . Um diese Verschiebung zu bestimmen, wird die Bewegung der unteren Klemme mittels der Zahnstange G auf den Dehnungshebel H über

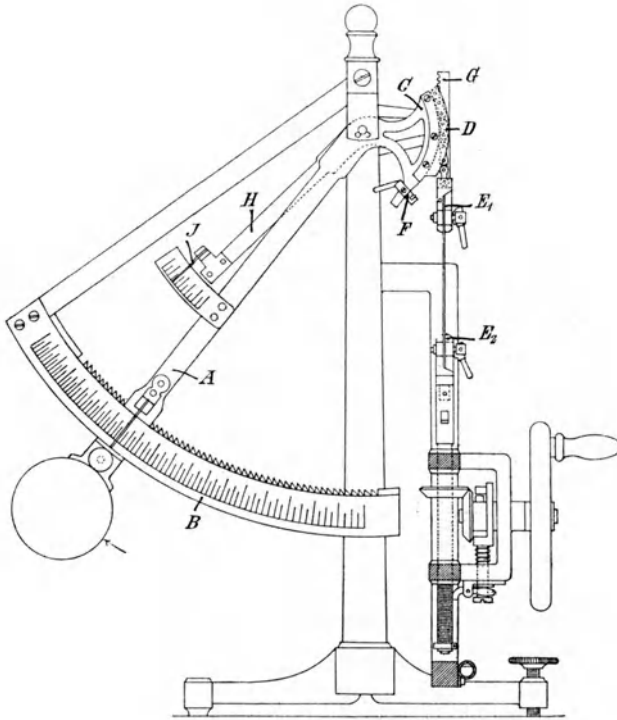


Fig. 8.

Schoppers Festigkeitsprüfer für Papier.

tragen, der statt des oberen Armes ein Zahnsegment trägt. An diesem Hebel H , welcher sich um den Zapfen des Gewichtshebels A drehen kann, ist ein Zeiger J angebracht, welcher sich über zwei am Krafthebel befindliche Bogenteilungen bewegt. Die eine dieser Teilungen gibt die Verlängerung des Streifens, welche mit der Verschiebung der Klemmen gegeneinander gleichbedeutend ist, in Millimetern, die andere, bei einer Streifenlänge von 180 mm, direkt in Prozenten an.

Das untere Ende der Zahnstange G ist an einer Hülse befestigt, welche sich auf einer mit der Antriebspindel parallelen Gleitstange

bewegen kann und während des Versuches von einem an der Antriebsspindel befestigten Mitnehmer bewegt wird.

Diese Zahnstange, welche sich in einer festen Führung bewegt, wird durch eine Bremsfeder fest gegen das gezahnte Segment des Dehnungshebels gedrückt, so daß toter Gang ausgeschlossen ist. Die hierdurch entstehende Zahnreibung wird vom Antrieb aufgenommen, ist daher auf die Kraftmessung ohne Einfluß.

An den Einspannklemmen sind Exzenterhebel zum Zusammendrücken der Backen angebracht, wodurch einfache, bequeme und sichere Einspannung des Streifens ermöglicht wird.

An der Antriebvorrichtung befindet sich eine Sperrvorrichtung, welche für eine bestimmte Streifenlänge das richtige Einstellen der unteren Klemme in der Nullage sichert.

Die Versuchsausführung geht in folgender Weise vor sich.

Nachdem man den Belastungshebel mit Hilfe des hierfür bestimmten Stiftes in der Nullage festgestellt hat, legt man die obere Einspannklemme mit Hilfe des hierzu angebrachten Hakens fest; dann wird die Antriebsspindel durch Drehen des Handrades in die Höchstlage gebracht, die untere Klemme angehoben und mit der unter dem Nasenhebel befindlichen Schraube festgestellt. Durch völliges Hochschieben der Zugstangenhülse bringt man den Dehnungshebel in seine Nullstellung.

Nunmehr wird der Streifen eingespannt.

Nach erfolgter Einspannung befreit man die obere Klemme aus dem Haken, löst den Gewichtshebel durch Entfernung des Haltestiftes aus, legt die Sperrklinken ein und setzt den Apparat durch Drehen des Handrades in Tätigkeit.

Sobald der Streifen mit etwa $\frac{1}{2}$ kg belastet ist, löst man, ohne mit dem Drehen aufzuhören, die Schraube, welche die untere Klemme hochhält, damit letztere beim Reißen des Streifens herunterfallen und den Dehnungshebel auslösen kann.

Nach dem Reißen des Streifens stehen, auch bei fortgesetztem Drehen des Handrades, die Hebel für Belastung und Dehnung still und gestatten so eine ruhige und sichere Ablesung.

Fig. 9 zeigt den Apparat nach der Beendigung des Zerreißversuches.

Zur Ausführung wissenschaftlicher Versuche können die Schopperschen Festigkeitsprüfer mit einem selbsttätigen Schaulinienzeichner¹⁾ versehen werden, so daß man nach dem Zerreißen der Streifen ein Bild über den ganzen Verlauf des Versuches hat. Fig. 10 zeigt einen solchen Apparat, gebaut für Wasserantrieb.

¹⁾ Eingehend unter Beigabe von Abbildungen beschrieben von Prof. Dalén in den Mitt. 1909, S. 33.

Je nach dem Verwendungszweck werden die Schopperschen Prüfer mehr oder weniger stark gebaut und mit einem mehr oder minder schweren Belastungsgewicht versehen. Der für Papierprüfungen meist verwendete Apparat ist für 30 kg höchste Kraftleistung bestimmt (Fig. 9). Für schwache Papiere bedient man sich zweckmäßiger eines Apparates

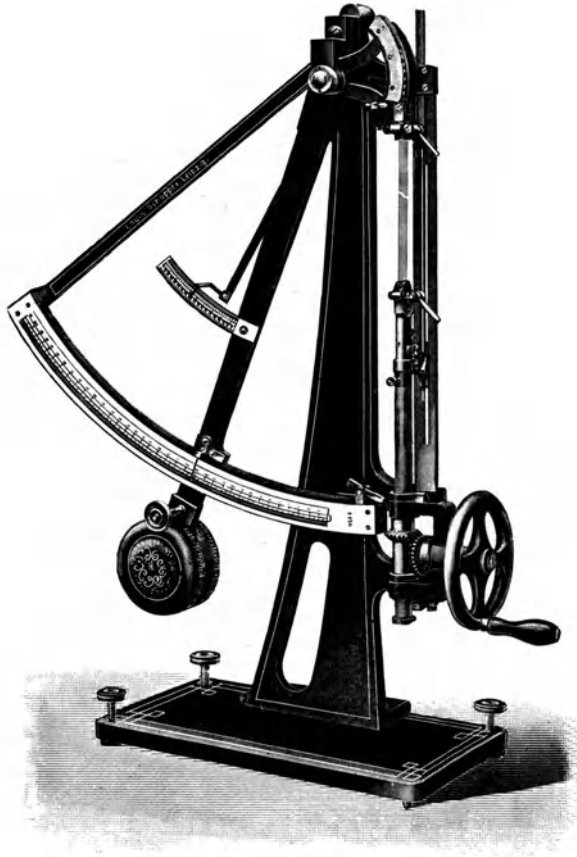


Fig. 9.

Schoppers Festigkeitsprüfer für Papier.

von 10 kg Höchstleistung, weil in diesen Fällen der Ausschlag bei dem 30 kg-Apparat zu klein sein würde. Handelt es sich um die Prüfung von Papieren mit sehr geringer Festigkeit, wie Seiden-, Kopier-, Zigarettenpapier usw., so entfernt man das Belastungsgewicht vom Krafthebel; hierdurch wird die Empfindlichkeit des Prüfers erhöht und der Ausschlag des Hebels größer. Natürlich muß man für solche Fälle den Wert der Teilung des Kraftmaßstabes besonders feststellen.

Für sehr genaue Messungen der Festigkeit schwacher Körper hat Schopper nach denselben Grundsätzen einen Apparat gebaut (Fig. 11), bei dem der Krafthebel und die obere Klemme auf Schneiden gelagert sind; hierdurch ist eine sehr große Empfindlichkeit gewährleistet, und der Apparat kann daher zum Prüfen von Seidenpapier, Zigaretten-

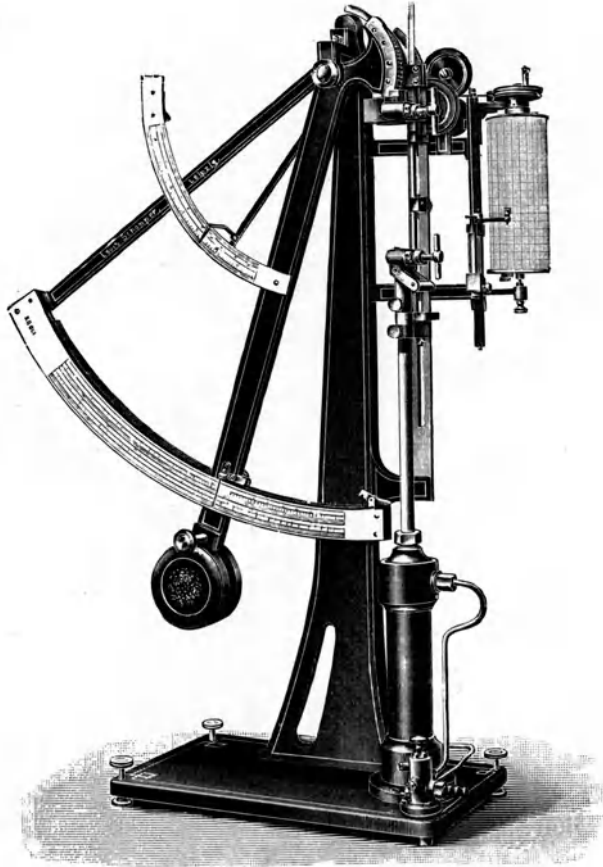


Fig. 10.

Schoppers Festigkeitsprüfer mit selbsttätigem Schaulinienzeichner.

papier, Kopierpapier, Woll- und Baumwollhaaren, Bastbündeln usw. benutzt werden¹⁾).

¹⁾ Eine genaue Beschreibung des Apparates und die Ergebnisse seiner Prüfung hat Dalén in den Mitt. 1901, S. 183 veröffentlicht. — Pauli hat vorgeschlagen, die Festigkeit von Fasern auf optischem Wege zu bestimmen (Z. 1907, S. 321). Nach seinen Beobachtungen ist die Reißlänge von Fasern der Doppelbrechung direkt proportional. Ob und inwieweit dieses Verfahren für die Papierindustrie verwendbar ist, müssen erst weitere Versuche zeigen.

Zur Prüfung von Pappe, starken Aktendeckeln usw. dient ein Apparat bis zu 100 kg Kraftleistung¹⁾ (Fig. 12). Bei diesem Apparat

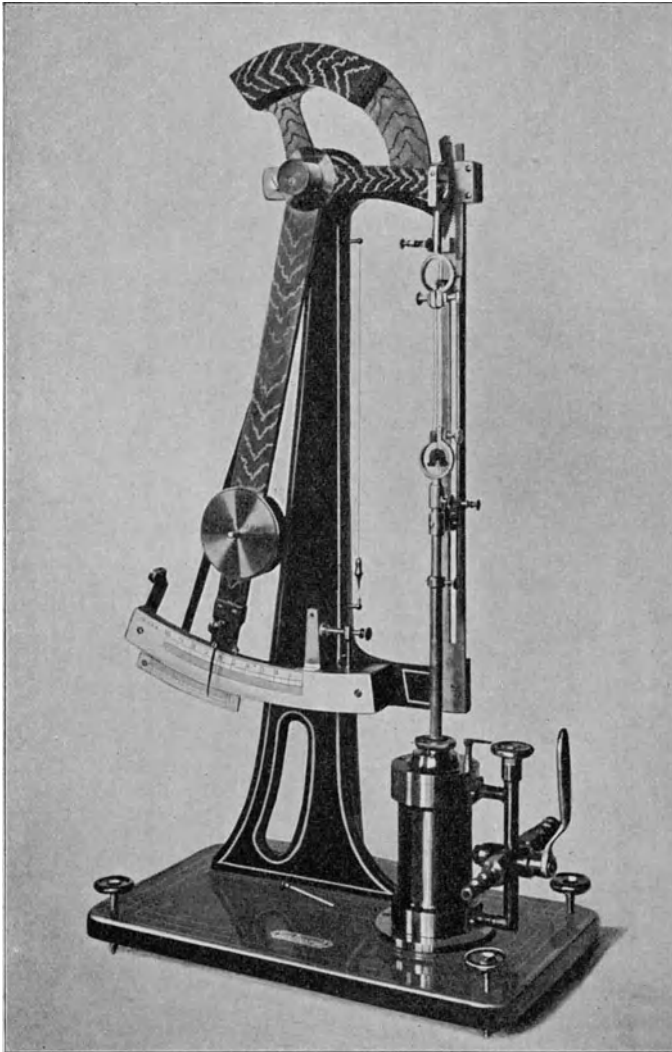


Fig. 11.

Schoppers Festigkeitsprüfer für Seidenpapier, Pflanzen- und Tierhaare, Elementarfasern, Bastbündel usw.

¹⁾ Zur Prüfung von Materialien, die noch größere Kräfte erfordern (starke Gewebe, Leder usw.), werden von der Firma L. Schopper-Leipzig nach denselben Grundsätzen noch stärkere Maschinen (bis zu 1500 kg Kraftleistung) gebaut.

sind für die Kraftmessung zwei Teilungen vorgesehen, eine für das Arbeiten mit dem Hebel ohne Gewicht (Kraftleistung bis 50 kg) und

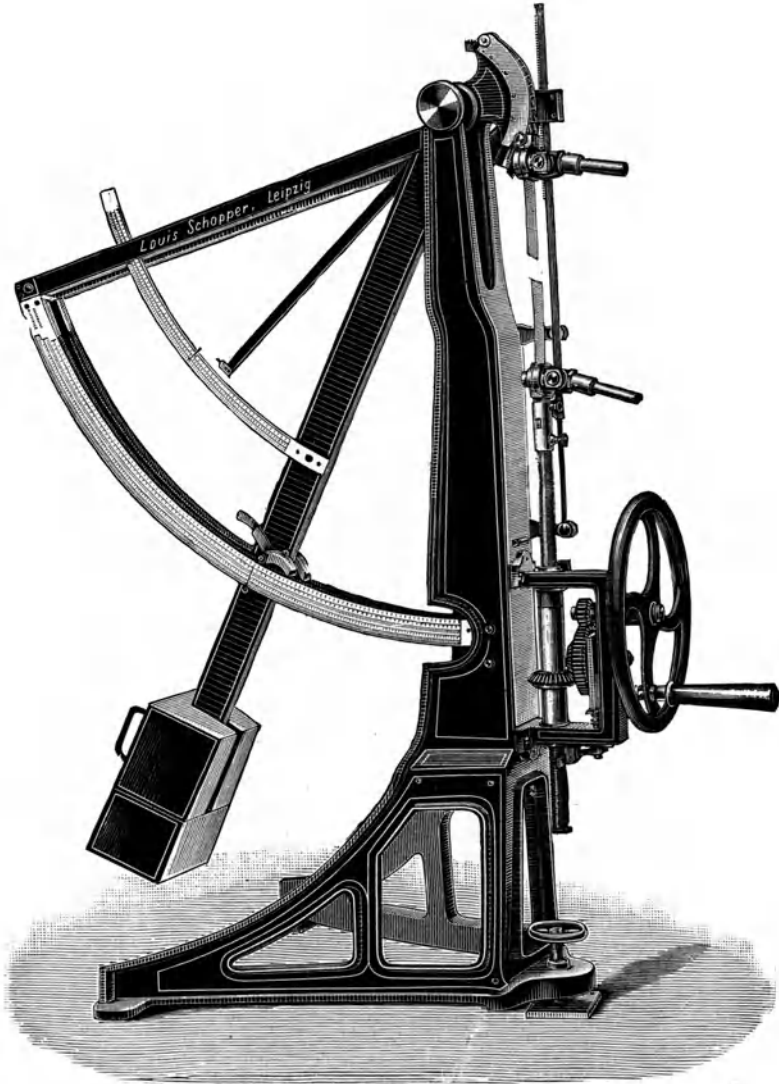


Fig. 12.

Schoppers 50- und 100 kg-Festigkeitsprüfer für Pappe, starke Aktendeckel, Stoffe usw.

eine zweite für den mit dem Gewicht belasteten Hebel (Kraftleistung bis 100 kg). Die Klemmen sind 50 mm breit. Im übrigen ist der Prüfer ebenso gebaut wie der oben beschriebene.

Der Antrieb der Apparate erfolgt mit der Hand; zur Erzielung größerer Gleichmäßigkeit bei der Versuchsausführung können sie aber auch für Wasserantrieb (Leistungsdruck von 3—4 Atm.) oder elektrischen Antrieb eingerichtet werden.

Beim Aufstellen der Schopperschen Prüfer ist darauf zu achten, daß der Zeiger des unbelasteten Krafthebels auf Null und die Luftblase der am Gestell angebrachten Wasserwage in der Mitte einspielt. Die Reibung des Krafthebels in der Nähe des Nullpunktes ist nur unbedeutend, das Einspielen auf Null daher sehr befriedigend.

Die Gesamtreibung im Apparat ist sehr gering. Im Materialprüfungsamt ist bereits eine ganze Anzahl geprüft worden, der Reibungsfehler war selbst im ungünstigsten Falle kleiner als 1% der Gesamtbelastung. Der Fehler verschwindet aber noch zum größten Teil, weil sich der Apparat während des Versuches niemals in absoluter Ruhe befindet; er ist daher für praktische Versuche ohne wesentliche Bedeutung.

Die Vorteile, die der Schoppersche Apparat gegenüber anderen hat, liegen, abgesehen von der sorgfältigen und kräftigen Ausführung, in dem Vermeiden von Spiralfedern, in der besseren Ablesung von Bruchlast und Bruchdehnung infolge der großen Maßstäbe und in der senkrechten Anordnung.

Durch das Vermeiden von Spiralfedern ist eine wiederholte Prüfung des Apparates auf die Zuverlässigkeit seiner Angaben nur selten erforderlich; ist er vor der Benutzung geprüft und dann gut aufgestellt, so hat man nur darauf zu achten, daß er nicht durch Stoß oder Schlag beschädigt und daß er stets in sauberem Zustande gehalten wird.

Diese Umstände machen den Apparat für praktische Bedürfnisse besonders geeignet und haben dazu geführt, daß er zurzeit fast alle anderen Festigkeitsprüfer verdrängt hat. Im Materialprüfungsamt Groß-Lichterfelde werden zur Bestimmung der Festigkeitseigenschaften von Papier, Pappe, Garn, Gewebe usw. ausschließlich Schoppersche Apparate benützt.

Wendlers Festigkeitsprüfer.

Unter Hinweis auf Fig. 13—14 sei über den Bau und die Wirkungsweise des Prüfers folgendes gesagt.

Der Antrieb erfolgt durch das Handrad *a*, welches bei vielen Apparaten auf Wunsch durch Schneckenrad und Schraube *s* ersetzt worden ist. Der Zapfen dieses Rades dreht sich in dem Lager *l*, welches mit dem Bett *d* aus einem Stück hergestellt ist. In diesem Zapfen, welcher ausgebohrt ist, wird die Schraube *b*, welche mit dem Schlitten *c* fest verbunden ist, und mit deren Hilfe die Fortbewegung des Schlittens ermöglicht wird, geführt. Am Handrade befindet sich eine Mutter, bestehend aus der Hülse *p* und zwei Gewindebacken, welche durch

einen Kurvenschub geöffnet beziehungsweise geschlossen werden können, je nachdem die Bewegung des Schlittens direkt mit der Hand oder mit Hilfe des Handrades bewirkt werden soll.

Bei einer Rechtsdrehung der Hülse wird die Verbindung geschlossen, d. h. das Gewinde der Backen greift in die Vertiefungen der Schraube; umgekehrt wird bei einer Linksdrehung die Verbindung geöffnet.

Die Einspannvorrichtung besteht aus zwei Klemmen k und k_1 , von denen die erstere am Wagen w , die letztere am Schlitten c befestigt ist. Zwischen den Backen dieser Klemmen wird der zu untersuchende Papierstreifen

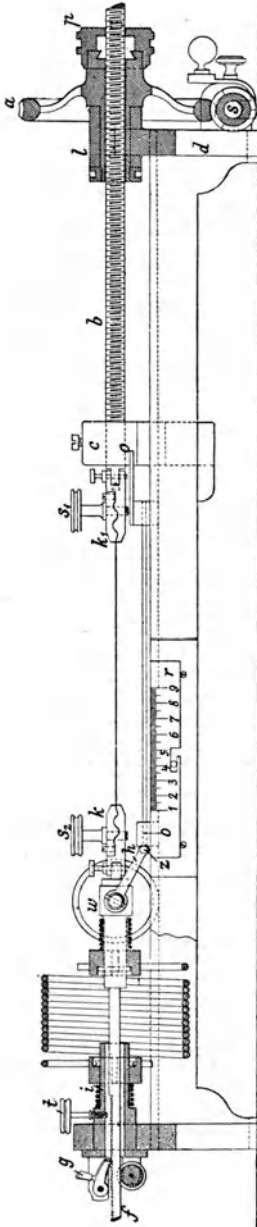


Fig. 13.

Wendlers Festigkeitsprüfer.

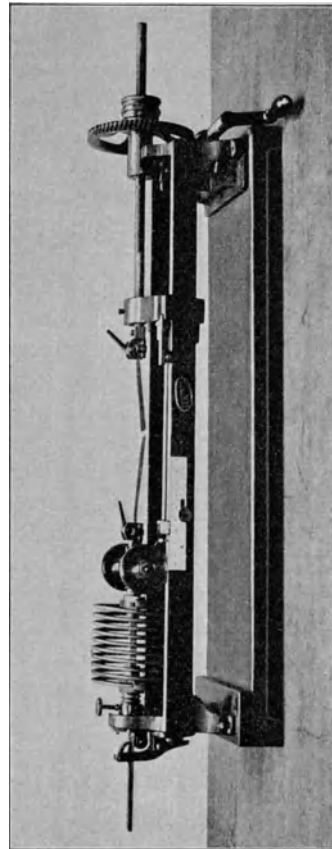


Fig. 14.

Wendlers Festigkeitsprüfer.

eingespannt. Die Backen sind senkrecht zur Zugachse wellenförmig ausgearbeitet, um ein Rutschen des Streifens in den Klemmen zu verhindern; sie werden durch die Schrauben s_1 und s_2 zusammengepreßt.

Die Kraftmessung geschieht mittels Schraubenfedern, deren der Apparat zwei, von 9 und 20 kg Höchstkraftleistung, besitzt. Die Feder wird an einem Ende durch die Hülse i gehalten, welche mit dem Bett d fest verbunden ist, am anderen durch den Wagen w . Die Zahnstange f ist mit dem Wagen w verbunden und wird durch die Hülse i geführt. Mit dem Bett durch Schrauben verbunden sind die Sperrklinken g , welche in die Zähne der Zahnstange greifen und, sobald das Papier gerissen, die Feder am Zurückschnellen hindern.

Der Wagen schiebt mit Hilfe des Hebels h den Schleppezeiger z über den Kraftmaßstab r vor sich her. Der Schleppezeiger besitzt eine Nullmarke, unter welcher man nach dem Zerreißen des Papiers auf dem Maßstab die Bruchbelastung in Kilogramm abliest.

Die Dehnung wird bestimmt durch die gegenseitige Verschiebung des Schleppezeigers, auf welchem der Dehnungsmaßstab O , geteilt nach den Prozenten einer normalen Streifenlänge von 180 mm, angebracht ist, und der Nullmarke des Schlittens. Man liest nach dem Zerreißen des Streifens die Dehnung direkt in Prozenten ab.

Um ein Papier mit diesem Apparat zu prüfen, hebt man zunächst die Sperrklinken auf, versetzt die Feder in Schwingungen und schiebt dann den Schleppezeiger behutsam an den Hebel heran; man sieht nun zu, ob die Nullmarke des Zeigers mit der des Maßstabes übereinstimmt; ist dies nicht der Fall, so verschiebt man letzteren so lange, bis die Marken sich decken. Man stellt dann die Feder vermittle der Schraube t fest und verschiebt den Schlitten c , bis die beiden Nullmarken des Dehnungsmaßstabes und des Schlittens übereinstimmen. Jetzt nimmt man einen Streifen von dem zu untersuchenden Papier in den früher für die Normalstreifen angegebenen Größenverhältnissen, klemmt denselben ein, löst die Schraube t , legt die Sperrklinken ein und kann jetzt mit der Untersuchung beginnen, indem man das Rad in möglichst gleichmäßige und langsame Umdrehungen versetzt.

Nach dem Zerreißen des Streifens liest man Belastung sowie Dehnung ab, entlastet dann die Feder, indem man den Wagen mit der Hand festhält, die Sperrklinken auslöst und nun den Wagen mit der Feder langsam zurückgleiten läßt.

Fig. 14 zeigt den Apparat nach dem Bruch eines Streifens.

Um eine andere Feder einzusetzen, nimmt man den Wagen, drückt die Feder etwas zusammen, dreht sie um 90° und zieht den Wagen mit der Zahnstange heraus.

Die von Martens entworfene Ausrückvorrichtung¹⁾ setzt den Apparat im Augenblick des Streifenbruches außer Tätigkeit.

¹⁾ Beschrieben und abgebildet im Sonderheft III der Mitteilungen a. d. Königl. techn. Versuchsanstalten 1887.

Festigkeitsprüfer nach Hartig-Reusch¹⁾.

Dieser Apparat hat heute fast nur noch ein historisches Interesse und man wird ihn kaum noch an einer Stelle in Tätigkeit finden. Da

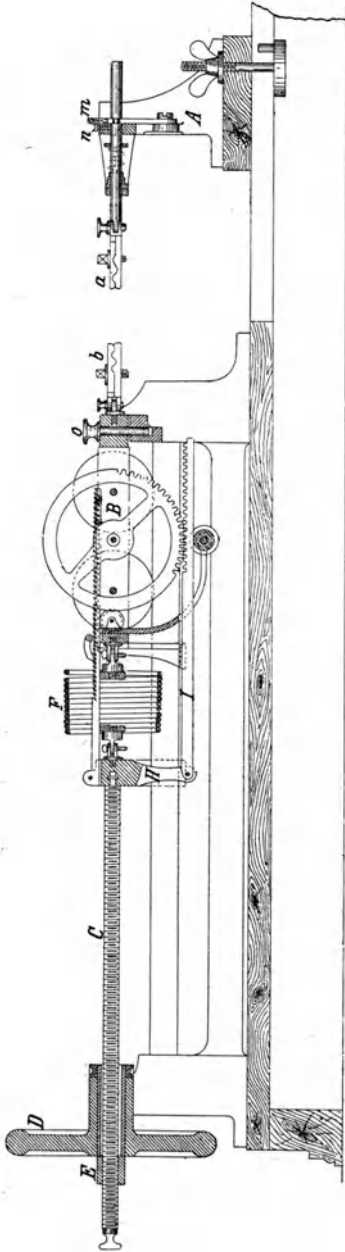


Fig. 15.
Festigkeitsprüfer nach Hartig-Reusch.

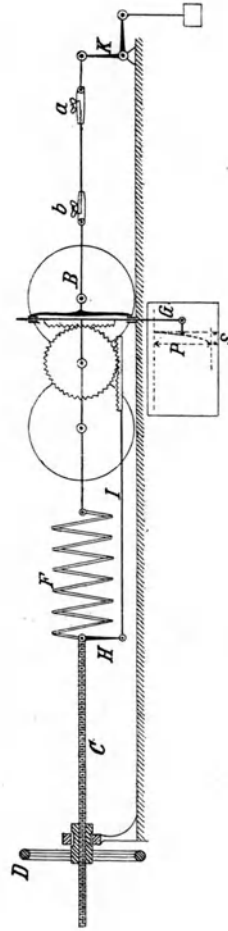


Fig. 16.
Schematische Darstellung des Hartig-Reuschschen Prüfers.

aber Hartig und Hoyer mit ihm ihre grundlegenden Arbeiten über die Einteilung der Papiere nach Festigkeitsklassen ausgeführt haben, so soll er aus diesem Grunde

¹⁾ Von Reusch nach Hartigs Angaben gebaut. (Civilingenieur 1879. S. 585.)

seinen Platz in dem vorliegenden Werk behalten, aber nur ganz kurz beschrieben werden. Wer Interesse für eine weitergehende Schilderung und Beschreibung der Versuchsausführung hat, sei auf die dritte Auflage der „Papier-Prüfung“, Seite 27 verwiesen.

Der zu untersuchende Streifen wird zwischen den Klemmen *a* und *b* festgelegt, deren wellenförmig eingeschnittene Backen das Herausziehen des Streifens während des Versuches verhindern sollen. Die eine der Klemmen (*b*) ist mit der Vorrichtung für die Kraftübertragung verbunden, während die andere (*a*) sich an einem beweglichen Bock *A* befindet, der an jeder Stelle durch eine Schraube fest mit dem Grundbett verbunden werden kann. Der Bock trägt ferner eine mit einer Marke versehene Messingscheibe, welche auf einer im Bett eingelegten Meterteilung in jeder Stellung die Entfernung der Vorderkanten der beiden Klemmen *a* und *b* voneinander angibt.

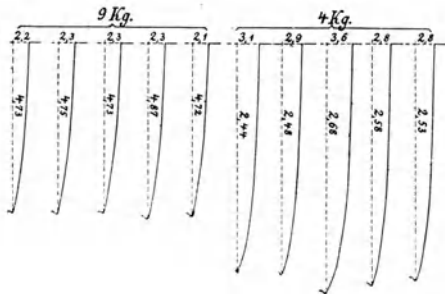


Fig. 17.
Versuchsschaubild.

Die Einspannklemme *b* ist durch den Wagen *B* mit der Schraubenfeder *F*, welche zum Zerreißen des Probestreifens dient, verbunden. *F* muß sich also beim Versuch so weit elastisch ausdehnen, als dem Widerstande, welchen der Papierstreifen dem Zerreißen entgegensetzt, entspricht. Gleichzeitig folgt jedoch der Wagen dem Zuge

der Feder um so viel, als das Papier sich bis zum Bruche dehnt. Diese beiden Bewegungen, die Ausdehnung der Feder und die Verschiebung des Wagens, werden auf den Zeichenstift *G* übertragen, welcher die Versuchslinien auf dem hierfür angebrachten Papier verzeichnet.

Die senkrechten Ordinaten entsprechen den Federausdehnungen und somit den zum Zerreißen erforderlich gewesenenen Zugkräften und die wagerechten Ordinaten den diesen Zugkräften entsprechenden Dehnungen der Probestreifen.

Die Tafel, welche das Papier für die Schaulinien trägt (Fig. 16), läßt sich wagerecht verschieben, so daß es auf diese Weise möglich ist, mehrere Kurven nebeneinander zu zeichnen. Fig. 17 zeigt 10 Schaulinien, wie sie bei Prüfung eines Konzeptpapiers erhalten wurden, 5 mit der 9 kg-, 5 mit der 4 kg-Feder.

Leuners Festigkeitsprüfer.

Der Erbauer, Mechaniker Leuner in Dresden, hat dem Hartig-Reuschschen Apparat, unter Beibehaltung des Grundgedankens, eine

etwas andere Gestalt gegeben (Fig. 18). Der wesentlichste Unterschied gegenüber dem alten Apparat liegt in der Änderung der Schreibvorrichtung und in dem kräftigeren Ausbau der einzelnen Teile.

Die Vorrichtung zum Aufzeichnen der Bruchlast und Dehnung besteht aus dem Zeichenstift *C* und der Zeichenwalze *B*. Letztere ist auf die Zugstange des Wagens *A* drehbar aufgesteckt und durch zwei Kegelräder und Stahlbändchen mit dem Gestell derart verbunden, daß jede Verschiebung des Wagens *A* eine Drehung der Zeichenwalze *B* herbeiführt.

Zum Antrieb dient ein im Gestell gelagertes Handrad, welches beim Drehen unter Vermittlung einer Schraube eine Schraubenfeder spannt. Die Federspannung wird durch die Achse der Zeichenwalze *B* auf den Wagen *A* und somit auf den eingespannten Probestreifen übertragen. Der Zeichenstift *C* wird dabei, der Federspannung entspre-

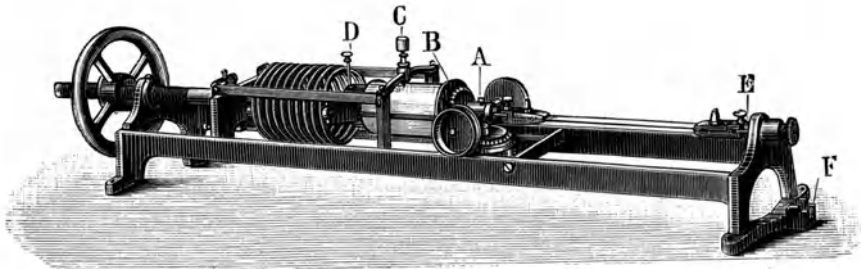


Fig. 18.

Leuners Festigkeitsprüfer.

chend, in der Richtung der Achse der Zeichenwalze verschoben; gleichzeitig folgt der Wagen *A* dem Zuge der Feder um so viel, als der Probestreifen sich bis zum Bruch dehnt. Diese Verschiebung des Wagens *A* hat eine Drehung der Zeichenwalze *B* zur Folge, so daß eine Kurve aufgezeichnet wird, deren Ordinate der Festigkeit und deren Abszisse der Dehnung des Probestreifens entspricht.

Die Zeichenwalze *B* ist verstellbar eingerichtet, so daß es möglich ist, mehrere Schaulinien nebeneinander zu zeichnen.

Nach dem Bruch des Probestreifens hindern zwei Sperrklinken das Zurückschnellen der Feder. Bei geringer Spannung kann das Auslösen der Feder mit der Hand geschehen, indem man den Wagen *A* so weit nach rechts zieht, daß die Sperrklinken aufgehoben und umgelegt werden können; hierauf läßt man den Wagen nach links gleiten, bis die Feder in ihre Ruhelage gekommen ist. Bei größerer Spannung dagegen muß das Auslösen mit Hilfe der Schraubenmutter und des Handrades vollführt werden. Der Wagen wird mittels der angebrachten Haken mit dem Gestell verbunden, dann werden die Sperrklinken nach

dem Drehen des Handrades umgelegt, und die Feder wird durch Rückwärtsdrehen des Handrades in ihre Ruhelage gebracht.

Das Ausmessen der gezeichneten Linien geschieht in folgender Weise. Auf einer Glasplatte (Fig. 19) befinden sich zwei parallele Linien d und e und eine hierzu senkrechte oc ; der Kraftmaßstab ist entlang dieser Senkrechten und der Dehnungsmaßstab entlang der unteren Linie e angebracht; beide Maßstäbe haben den Nullpunkt gemeinschaftlich bei o . Man legt die Glasplatte mit der geteilten Seite derart auf die Schaulinien, daß sich die Abszisse AA_1 (Nullinie) zwischen den Linien d und e befindet. Nunmehr bringt man ein Lineal F an die untere Kante dieser Glasplatte, hält das Lineal fest und verschiebt die Platte an letzterem so weit, bis die Senkrechte oc die Bruchstelle bei B

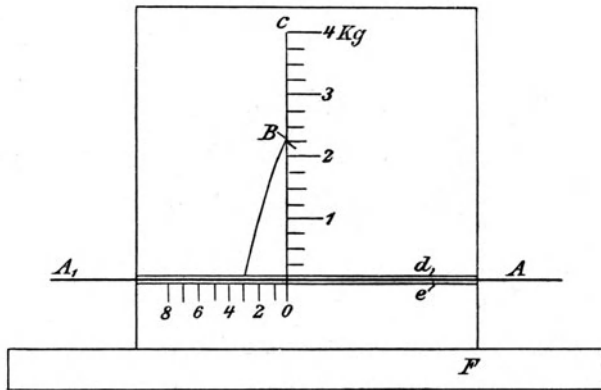


Fig. 19.

schneidet. In dieser Stellung der Glasplatte liest man die Bruchlast bei B und die Dehnung am Prozentmaßstab ab. Da alle Schaulinien eine gemeinschaftliche Nullinie haben, so kann man die Glasplatte, indem man sie ohne weiteres dem Lineal entlang verschiebt, über jede einzelne Schaulinie bringen und die Werte ablesen. (Die Teilungen sind auf der unteren, dem Papier zugekehrten Seite der Glasplatte eingraviert, man liest deshalb die Werte ohne parallaktischen Fehler ab.)

Jedem Prüfer werden zwei Schraubenfedern von 10 und 20 kg höchster Kraftleistung beigegeben.

Handapparat zur Bestimmung der Festigkeit und Dehnung.

Dieser kleine, von der Firma Schopper in Leipzig gebaute Handapparat, den man bequem mit sich führen kann, füllt eine früher im Papierhandel vielfach empfundene Lücke in der Papierprüfungsapparatur aus. Die für diesen Zweck von Winkler zur Bestimmung der Festig-

keit (Bruchlast) vorgeschlagene Vorrichtung¹⁾, nach dem Muster der Handmarktwagen (Federwagen) gebaut, kann höchstens zu Orientierungsversuchen benützt werden, für genauere Bestimmungen reicht sie nicht aus.

Der Schoppersche Apparat, unter der Bezeichnung Schnell-Papierprüfer in den Handel gebracht, ist, um auch die Prüfung oft sehr kleiner Handmuster zu ermöglichen, für 50 mm lange und 10 mm breite Streifen eingerichtet.

Zum Messen der Kraftleistung dient eine in der Hülse *K* befindliche Spiralfeder, die mit der einen Einspannklemme *M* verbunden ist; die zweite Einspannklemme *I* ist am Gestell fest angebracht. Die Beanspruchung des eingespannten Streifens erfolgt durch die Anspannung der Spiralfeder, welche durch einfache Umlegung des Antriebhebels *H*

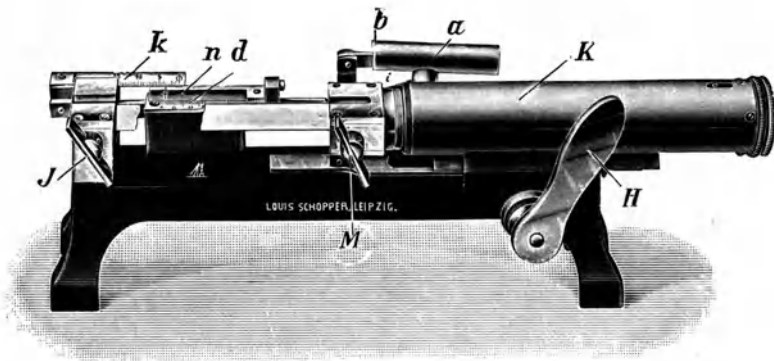


Fig. 20.

Schoppers Schnell-Papierprüfer.

von links nach rechts erfolgt. Fig. 20 zeigt den Apparat nach beendigem Versuch, den Hebel also in der Rechtslage.

Die Meßvorrichtung besteht aus dem mit dem Gestell fest verbundenen Dehnungsmaßstab *d*, dem Schleppzeiger *n* und dem Kraftmaßstabe *K*.

Genauere Angaben über den Bau des Apparates unter Beigabe von Konstruktionszeichnungen hat Dalén in den Mitt. 1911, Ergänzungsheft 2, S. 9 veröffentlicht.

Die Ausführung des Versuches geschieht in folgender Weise.

1. Hebel *H* nach links in die Anfangslage drehen. Die Maßstäbe stellen sich dabei selbsttätig auf Null ein.
2. Streifen einspannen, erst in Klemme *M*, dann in Klemme *I*.

¹⁾ Winkler-Karstens, Papieruntersuchung 1902, S. 52.

3. Dem Ausrücker *a* an der Stelle *b* einen kleinen Druck geben, damit der Nasenhebel *i* eingreift.
4. Hebel *H* mit der rechten Hand nach oben drehen, dabei den Apparat mit der linken Hand festhalten, bis der Streifen gerissen ist.
5. Bruchlast und Dehnung ablesen.
6. Reißlänge unter Berücksichtigung von Bruchlast und Quadratmetergewicht aus der dem Apparat beigefügten Tabelle ablesen.

Zum Schneiden der Versuchstreifen ist dem Apparat eine kleine, handliche Vorrichtung beigegeben, die aus einem Untermesser *N* und zwei Obermessern *O* besteht (Fig. 21).

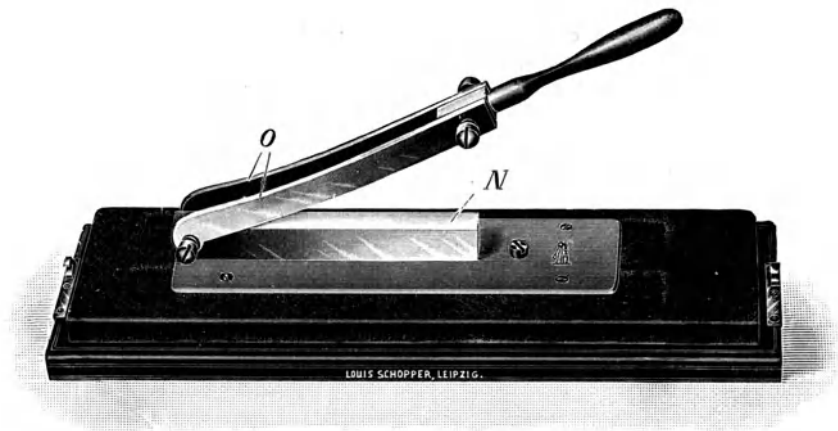


Fig. 21.

Vorrichtung zum Schneiden der Versuchstreifen für den Schnell-Papierprüfer.

Da die beim Schnellprüfer verwendeten Streifen nur 10 mm breit sind, beim Normalapparat 15 mm, so sind die mit beiden Apparaten erhaltenen kg-Werte für die Bruchlast nicht ohne weiteres vergleichbar. Um vergleichbare Werte zu erhalten, müßten die Werte des Schnellprüfers mit 1,5 multipliziert werden. Dieser Umstand ist aber gegenstandslos und damit fällt die eben erwähnte Rechnung fort, wenn das Prüfungsergebnis wie üblich durch die Reißlänge ausgedrückt wird.

Da von vornherein feststand, daß die mit dem „Schnell-Papierprüfer“ erhaltenen Ergebnisse für die Dehnung, wegen der geringen Einspannlänge des Probestreifens, merkbare Abweichungen von den mit den gebräuchlichen Apparaten (180 mm Einspannlänge) gewonnenen ergeben würden, so wurden von Dalen, um Beispiele hierfür zu geben, drei Papiere sowohl mit dem Schnellprüfer als auch mit einem Schopper'schen 30 kg-Apparat geprüft. Die nachstehend zusammengestellten Ergebnisse zeigen, daß die Werte für die Reißlänge gut übereinstimmen,

die Werte für die Dehnung dagegen bei dem Schnellprüfer höher ausfallen als bei dem 30 kg-Apparat.

Papier	Reißlänge in m		Dehnung in %	
	30 kg-Apparat	Schnellprüfer	30 kg-Apparat	Schnellprüfer
I	3800	4125	2,9	3,6
	100	109	100	124
II	4175	4225	3,8	4,5
	100	101	100	118
III	5625	5400	4,1	4,5
	100	96	100	110

Dies beruht darauf, daß die beim Zerreißen der Streifen gefundene Dehnung sich zusammensetzt aus der gleichmäßig über den ganzen Streifen verteilten und der besonderen örtlichen Dehnung an der Bruchstelle im Augenblick des Bruches. Da letztere von der Länge des Probestreifens unabhängig ist und, gleichgültig ob der Streifen lang oder kurz ist, annähernd gleich groß ist, so muß die prozentische Dehnung bei der Verwendung von kurzen Streifen größer ausfallen als bei längeren. Diese Tatsache muß, wenn es auf Genauigkeit bei der Bestimmung der Dehnung ankommt, berücksichtigt werden. Da nun, wie die in der Tabelle enthaltenen Verhältniszahlen für die Dehnung zeigen, die Unterschiede nicht bei allen Papieren relativ gleich groß sind, eine Umrechnung der Dehnungswerte auf solche für 180 mm lange Versuchsstreifen somit nicht möglich ist, so muß man, wenn es auf genaue Dehnung ankommt, die großen Festigkeitsprüfer verwenden. Für Vergleiche und für alle Fälle, bei denen die Abmessungen des Probematerials die Verwendung langer Streifen verbieten, liefert der Schnellprüfer genügend genaue Ergebnisse.

Zur Ermittlung der Reißlänge dient eine dem Apparat beigegebene Tabelle; aus dieser wird sie unter Benützung des Quadratmetergewichtes und des vom Apparat angezeigten Festigkeitswertes ohne besondere Rechnung abgelesen.

Berechnung der Reißlänge.

Während die beim Zerreißen von Papier gefundene Bruchdehnung unmittelbar zur Beurteilung herangezogen werden kann, ist dies bei der Bruchlast ausgeschlossen, da sie, wie schon S. 2 erwähnt, mit der Breite und Dicke des Probestreifens wechselt. Eine Umrechnung der Bruchlast auf den Querschnitt, wie sie z. B. bei der Prüfung von Metallen,

Baumaterialien usw. vorgenommen wird, würde beim Papier mit ziemlichern Fehlern behaftet sein.

Man hat deshalb, um von dem Einfluß der Breite und Dicke des Streifens unabhängig zu werden¹⁾, nach Hartigs Vorschlag den von Reuleaux geschaffenen Begriff der Reißlänge eingeführt. Man versteht unter Reißlänge diejenige Länge eines Papierstreifens von beliebiger (aber gleichbleibender) Breite und Dicke, bei welcher er, an einem Ende aufgehängt gedacht, infolge seines Eigengewichtes am Aufhängepunkt abreißen würde. Diese Länge kann aus der ermittelten Bruchlast und dem Gewicht des Papiers (Streifengewicht oder Quadratmetergewicht) abgeleitet werden. Ist z. B. G das Gewicht eines 0,18 m langen Streifens in g , welcher bei einer Belastung von K Kilogramm zerreißt, so ist zu berechnen, wie lang der Streifen sein muß, um K Kilogramm schwer zu sein; d. h., wenn man diese gesuchte Länge mit x bezeichnet,

$$\frac{0,18}{G} = \frac{x}{K} \text{ oder } x = \frac{0,18}{G} \cdot K \text{ Kilometer.}$$

Die schließliche Angabe der Reißlänge erfolgt dann meist in m.

Aus dieser Hartigschen Formel ist ohne weiteres ersichtlich, daß die Breite des Streifens keinen Einfluß auf die Reißlänge ausüben kann; bei Verdoppelung der Breite z. B. würde zwar eine Verdoppelung von K eintreten, aber auch gleichzeitig eine solche von G , so daß das Verhältnis wieder dasselbe wäre.

Die Hoyersche Formel zur Berechnung der Reißlänge lautet:

$$R = \frac{p}{g b} 1000 \text{ Kilometer.}$$

(R = Reißlänge in km, p = Bruchlast in kg, b = Breite des zerrissenen Streifens in mm, g = Gewicht eines Quadratmeters des untersuchten Papiers in g.) Diese Formel zu benutzen, wird sich besonders in Fabriken empfehlen, da hier das Quadratmetergewicht des Papiers bekannt ist; man kann das Auswiegen der Streifen sparen.

Der weiteren Besprechung über die Berechnung der Reißlänge mögen die bei Prüfung eines Normalpapiers 3a ermittelten Werte zugrunde gelegt werden.

Die Bestimmung des Trockengewichtes der Streifen erfolgt in der später (Aschengehaltsbestimmung) näher angegebenen Weise durch Erhitzen auf 100° C bis zum gleichbleibenden Gewicht.

¹⁾ Für die Dicke gilt dies nur in beschränktem Maße, denn bei Papieren verschiedener Dicke, aber gleicher Stoffmischung und Arbeitsweise nimmt die Reißlänge bei steigender Dicke etwas ab, die Dehnung zu. (Vgl. Über den Einfluß der Dicke auf die Festigkeitseigenschaften von Papier. Vom Verfasser. Mitt. 1896, S. 92.)

Versuchsergebnisse.

Längsrichtung					Querrichtung				
Streifen aus dem Bogen	Bruch- last	Bruch- dehnung	Gewicht der fünf Streifen		Streifen aus dem Bogen	Bruch- last	Bruch- dehnung	Gewicht der fünf Streifen	
			luft- trocken	bei 100° C getrocknet				luft- trocken	bei 100° C getrocknet
Nr.	kg	%	g	g	Nr.	kg	%	g	g
1	7,46	2,4			1	3,85	5,4		
2	6,84	2,3			2	3,80	5,3		
3	7,38	2,4			3	4,04	4,5		
4	6,49	2,4			4	4,20	5,0		
5	6,31	2,5			5	3,97	5,1		
Summe	34,48	12,0	1,220	1,128	Summe	19,86	25,3	1,233	1,140
Mittel	6,90	2,4		0,226	Mittel	3,97	5,1		0,228

Aus dem Unterschied in dem Gewicht der Streifen bei Zimmerwärme und bei 100° C getrocknet berechnet sich zunächst für das Papier ein mittlerer Feuchtigkeitsgehalt von 7,5%.

Nach der oben angeführten Formel für die Reißlänge ergibt sich ferner unter Zugrundelegung des bei 100° C ermittelten Streifengewichtes für die Längsrichtung eine Reißlänge von rund 5,5 km = 5500 m, für die Querrichtung eine solche von 3,15 km = 3150 m, im Mittel also 4325 m.

Für die Prüfungen in der Praxis bedeutet die Ermittlung des Trockengewichtes eine wesentliche Erschwerung. Man kann sie aber umgehen, wenn man der Berechnung der Reißlänge das bei 65% ermittelte Papiergewicht zugrunde legt und den so berechneten Reißlängenwert um 6% erhöht, da man den Feuchtigkeitsgehalt von gebleichtem Papier bei 65% relativer Luftfeuchtigkeit im Durchschnitt mit 6% nicht allzu fehlerhaft annimmt. Man hat also, um von der mit lufttrockenem Papier (65%) ermittelten Reißlänge auf die mit absolut trockenem Papier bestimmten (amtliche Bestimmung) zu kommen, nur nötig, den Reißlängenwert mit 1,06 zu multiplizieren.

Als mittlere Bruchdehnung ergibt sich ohne weiteres 3,8%.

Auf Grund dieser Mittelwerte würde die Einreihung des Papiers in eine der sechs Festigkeitsklassen erfolgen. (Vgl. Anhang.)

Den Bruch: Länge durch Gewicht des Streifens, mit welchem man, wie oben gezeigt, die durch den Versuch gefundene Bruchlast multiplizieren muß, um die Reißlänge zu erhalten, nennt man die Feinheitnummer des Papiers. Da sich diese bei gleicher Länge der Probestreifen für unsere gewöhnlichen Schreib- und Druckpapiere innerhalb gewisser Grenzen bewegt, so ist eine Tabelle aufgestellt worden, welche bei einer Streifenlänge von 0,18 m für die am meisten vorkommenden

Gewichte (0,100—0,419 g) die direkte Ablesung der Feinheitnummer gestattet (S. 39).

Mit Hilfe dieser Tabelle vereinfacht sich die Berechnung der Reißlänge bedeutend, indem man nur die unter dem Werte für das mittlere Trockengewicht der geprüften fünf Streifen stehende Zahl mit der mittleren Bruchbelastung in Kilogramm und mit 1000 zu multiplizieren hat, um die Reißlänge in Metern zu erhalten.

Für diese Multiplikation bedient man sich, wenn es nicht auf besonders große Genauigkeit ankommt, zweckmäßig eines Rechenschiebers, oder bei genaueren Arbeiten einer Rechentafel, z. B. der von Crelle (Multiplikation und Division aller Zahlen unter 1000).

Eine Erleichterung für die Berechnung der Reißlänge mit Hilfe der Hoyerschen Formel (S. 36) bietet die nachstehende

Tabelle zur Bestimmung der Reißlänge nach Hoyer bei Verwendung von 180 mm langen und 15 mm breiten Probestreifen.

Bruchlast	Quadratmetergewicht in g																
	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130
1	1333	1212	1111	1026	952	889	833	784	741	702	666	635	606	579	555	533	513
2	2666	2424	2222	2051	1905	1778	1667	1568	1481	1403	1333	1269	1212	1159	1111	1066	1025
3	4000	3636	3333	3077	2857	2667	2500	2353	2222	2105	2000	1903	1818	1739	1666	1599	1538
4	5334	4848	4444	4103	3809	3556	3334	3137	2963	2807	2667	2539	2424	2318	2222	2133	2052
5	6666	6060	5555	5128	4762	4444	4167	3921	3704	3509	3333	3174	3030	2898	2777	2666	2564
6	.	.	6666	6154	5714	5333	5000	4706	4444	4211	4000	3809	3636	3478	3333	3199	3077
7	.	.	.	.	6667	6222	5834	5490	5185	4912	4667	4444	4243	4058	3888	3733	3590
8	.	.	.	.	.	.	6667	6274	5926	5614	5334	5079	4849	4637	4444	4266	4102
9	.	.	.	.	.	.	.	.	6667	6316	6000	5714	5455	5217	4999	4799	4615
10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6667	6349	6061	5797	5555	5333	5128
11	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6667	6376	6111	5866	5642
12	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6667	6399	6154

Die an den Kreuzungsstellen für Bruchlast und Quadratmetergewicht stehenden Zahlen bedeuten die Reißlängen in Metern.

Bei Bruchlasten mit Dezimalen, z. B. 4,7 kg, entnimmt man zuerst die Reißlänge für die ganze Zahl, also für 4 z. B. 5334 m bei 50 g schwerem Papier, und addiert hierzu das Produkt aus $0,7 \times$ der Reißlänge für 1 kg (1333) also: $5334 + 0,7 \cdot 1333 = 6267$ m.

Bei Quadratmetergewichten, die nicht wie die in der Tabelle aufgeführten durch 5 teilbar sind, z. B. 87, entnimmt man zunächst die Reißlänge für die nächst untere Gewichtszahl, also hier für 85 (z. B. 5490 m für die Bruchlast 7 kg), und zieht hiervon ab das Produkt aus der Reißlängendifferenz für die nächst höhere und nächst untere Ge-

Tabelle zur Bestimmung der Feinheitnummer.

Die starkgedruckten Zahlen beziehen sich auf das Gewicht eines Streifens von 0,18 m Länge, die darunter stehenden schwachgedruckten geben die zugehörigen Feinheitnummern an.

0,100	0,120	0,140	0,160	0,180	0,200	0,220	0,240	0,260	0,280	0,300	0,320	0,340	0,360	0,380	0,400
1,800	1,500	1,286	1,125	1,000	0,900	0,818	0,750	0,692	0,643	0,600	0,563	0,529	0,500	0,474	0,450
0,101	0,121	0,141	0,161	0,181	0,201	0,221	0,241	0,261	0,281	0,301	0,321	0,341	0,361	0,381	0,401
1,782	1,488	1,277	1,118	0,994	0,896	0,814	0,747	0,690	0,641	0,598	0,561	0,528	0,499	0,472	0,449
0,102	0,122	0,142	0,162	0,182	0,202	0,222	0,242	0,262	0,282	0,302	0,322	0,342	0,362	0,382	0,402
1,765	1,475	1,268	1,111	0,989	0,891	0,811	0,744	0,687	0,638	0,596	0,559	0,526	0,497	0,471	0,448
0,103	0,123	0,143	0,163	0,183	0,203	0,223	0,243	0,263	0,283	0,303	0,323	0,343	0,363	0,383	0,403
1,748	1,463	1,259	1,104	0,984	0,887	0,807	0,741	0,684	0,636	0,594	0,557	0,525	0,496	0,470	0,447
0,104	0,124	0,144	0,164	0,184	0,204	0,224	0,244	0,264	0,284	0,304	0,324	0,344	0,364	0,384	0,404
1,731	1,452	1,250	1,098	0,978	0,882	0,804	0,738	0,682	0,634	0,592	0,556	0,523	0,495	0,469	0,446
0,105	0,125	0,145	0,165	0,185	0,205	0,225	0,245	0,265	0,285	0,305	0,325	0,345	0,365	0,385	0,405
1,714	1,440	1,241	1,091	0,973	0,878	0,800	0,735	0,679	0,632	0,590	0,554	0,522	0,493	0,468	0,444
0,106	0,126	0,146	0,166	0,186	0,206	0,226	0,246	0,266	0,286	0,306	0,326	0,346	0,366	0,386	0,406
1,698	1,429	1,233	1,084	0,968	0,874	0,796	0,732	0,677	0,629	0,588	0,552	0,520	0,492	0,466	0,443
0,107	0,127	0,147	0,167	0,187	0,207	0,227	0,247	0,267	0,287	0,307	0,327	0,347	0,367	0,387	0,407
1,682	1,417	1,224	1,078	0,963	0,870	0,793	0,729	0,674	0,627	0,586	0,550	0,519	0,490	0,465	0,442
0,108	0,128	0,148	0,168	0,188	0,208	0,228	0,248	0,268	0,288	0,308	0,328	0,348	0,368	0,388	0,408
1,667	1,406	1,216	1,071	0,957	0,865	0,789	0,726	0,672	0,625	0,584	0,549	0,517	0,489	0,464	0,441
0,109	0,129	0,149	0,169	0,189	0,209	0,229	0,249	0,269	0,289	0,309	0,329	0,349	0,369	0,389	0,409
1,651	1,395	1,208	1,065	0,952	0,861	0,786	0,723	0,669	0,623	0,583	0,547	0,516	0,488	0,463	0,440
0,110	0,130	0,150	0,170	0,190	0,210	0,230	0,250	0,270	0,290	0,310	0,330	0,350	0,370	0,390	0,410
1,636	1,385	1,200	1,059	0,947	0,857	0,783	0,720	0,667	0,621	0,581	0,545	0,514	0,486	0,462	0,439
0,111	0,131	0,151	0,171	0,191	0,211	0,231	0,251	0,271	0,291	0,311	0,331	0,351	0,371	0,391	0,411
1,622	1,374	1,192	1,053	0,942	0,853	0,779	0,717	0,664	0,619	0,579	0,544	0,513	0,485	0,460	0,438
0,112	0,132	0,152	0,172	0,192	0,212	0,232	0,252	0,272	0,292	0,312	0,332	0,352	0,372	0,392	0,412
1,607	1,364	1,184	1,047	0,937	0,849	0,776	0,714	0,662	0,616	0,577	0,542	0,511	0,484	0,459	0,437
0,113	0,133	0,153	0,173	0,193	0,213	0,233	0,253	0,273	0,293	0,313	0,333	0,353	0,373	0,393	0,413
1,593	1,353	1,176	1,040	0,933	0,845	0,773	0,711	0,659	0,614	0,575	0,541	0,510	0,483	0,458	0,436
0,114	0,134	0,154	0,174	0,194	0,214	0,234	0,254	0,274	0,294	0,314	0,334	0,354	0,374	0,394	0,414
1,579	1,343	1,169	1,034	0,928	0,841	0,769	0,709	0,657	0,612	0,573	0,539	0,508	0,481	0,457	0,435
0,115	0,135	0,155	0,175	0,195	0,215	0,235	0,255	0,275	0,295	0,315	0,335	0,355	0,375	0,395	0,415
1,565	1,333	1,161	1,029	0,923	0,837	0,766	0,706	0,655	0,610	0,571	0,537	0,507	0,480	0,456	0,434
0,116	0,136	0,156	0,176	0,196	0,216	0,236	0,256	0,276	0,296	0,316	0,336	0,356	0,376	0,396	0,416
1,552	1,324	1,154	1,023	0,918	0,833	0,763	0,703	0,652	0,608	0,570	0,536	0,506	0,479	0,455	0,433
0,117	0,137	0,157	0,177	0,197	0,217	0,237	0,257	0,277	0,297	0,317	0,337	0,357	0,377	0,397	0,417
1,538	1,314	1,146	1,017	0,914	0,829	0,759	0,700	0,650	0,606	0,568	0,534	0,504	0,477	0,453	0,432
0,118	0,138	0,158	0,178	0,198	0,218	0,238	0,258	0,278	0,298	0,318	0,338	0,358	0,378	0,398	0,418
1,525	1,304	1,139	1,011	0,909	0,826	0,756	0,698	0,647	0,604	0,566	0,533	0,503	0,476	0,452	0,431
0,119	0,139	0,159	0,179	0,199	0,219	0,239	0,259	0,279	0,299	0,319	0,339	0,359	0,379	0,399	0,419
1,513	1,295	1,132	1,006	0,905	0,822	0,753	0,695	0,645	0,602	0,564	0,531	0,501	0,475	0,451	0,430

wichtszahl, also hier für 90 g und 85 g ($5490 - 5185 = 305$) mit $\frac{2}{5}$ ¹⁾, also $5490 - \frac{2}{5} \cdot 305 = 5368$ m.

Der Arbeitsmodul gibt die Arbeit an, die nötig ist, um die Gewichts- oder Flächeneinheit eines Papiers zu zerreißen. Er ist von Professor Hartig²⁾ zur Gesamtbeurteilung der Festigkeitseigenschaften fasriger Gebilde (Papier, Gewebe usw.) in Vorschlag gebracht worden und ergibt sich aus dem Flächeninhalt des beim Zerreißen mit Registrierapparaten aufgezeichneten Spannungsdiagrammes. Als Annäherungswert kann er aus Reißlänge (R) und Dehnung (D) des Papiers nach folgender Formel berechnet werden.

$$A \text{ (Arbeitsmodul)} = \frac{2}{3} \cdot \frac{D}{100} \cdot R.$$

In der Papierprüfung hat sich der Arbeitsmodul nicht eingebürgert. Die Festigkeitseigenschaften von Papier werden fast ausschließlich nach der Reißlänge, der Dehnung und dem Widerstand gegen Falzen beurteilt.

Reheses Papierprüfer³⁾.

Dieser Papierprüfer unterscheidet sich von den bisher besprochenen zunächst dadurch, daß beim Prüfen nicht Streifen, sondern Blättchen von Papier zur Verwendung kommen. Die Kraft wird durch eine Feder ausgeübt, welche auf einen Stempel drückt, der das fest gespannte Papier durchlochen soll.

In einer Hülse *a*, auf welcher eine Millimeterteilung angebracht ist, befindet sich eine Feder *b*, welche auf der einen Seite auf eine Scheibe *c* drückt, an welcher ein kleiner Stempel *d* befestigt ist.

Von der anderen Seite der Scheibe *c* geht ein Stift *e* durch das Innere der Feder *b* und berührt mit seinem Ende den Stift *f*, welcher ebenfalls eine Millimeterteilung trägt und in einer Führung *g*, an welcher ein Nonius angebracht ist, verschoben werden kann. Diese Führung *g*, die als Fortsetzung eine Schraubenspindel *h* besitzt, welche in die an der Hülse *a* befestigte Schraubenmutter *i* hineingeschraubt werden kann, ist an einer Hülse *k* angebracht; diese Hülse *k*, deren Umfang in 100 Teile geteilt ist, gleitet über Hülse *a* weg.

Der Handgriff *l* an der Scheibe *c*, welcher in einen Schlitz vorgeschoben werden kann, dient dazu, den Stempel *d* während des Ein-

¹⁾ Bei 86 wäre mit $\frac{1}{5}$, bei 88 mit $\frac{3}{5}$ und bei 89 mit $\frac{4}{5}$ zu multiplizieren, desgleichen bei 81 mit $\frac{1}{5}$, 82 mit $\frac{2}{5}$, 83 mit $\frac{3}{5}$ und 84 mit $\frac{4}{5}$.

²⁾ P.Z. 1880, S. 204. Vgl. auch Hoyer, Entstehung und Bedeutung der Papiernormalien. 1888, S. 13.

³⁾ Martens gibt im Ergänzungsheft II der „Mitt. 1887“ eine ausführliche Beschreibung des Apparates unter Mitteilung von Versuchsergebnissen.

spannens niederzudrücken. Das Einspannen des Papiers erfolgt bei n , indem der Deckel o , welchen Fig. 22 auch im Durchschnitt darstellt, durch die Schraube p gegen das Ende der Hülse a gedrückt wird, und zwar paßt eine Erhöhung des Deckels o in eine Vertiefung der Hülsewand, so daß das Papier ganz gleichmäßig eingespannt wird. Die Prüfung geschieht in folgender Weise.

Nachdem das Papier, welches man am besten in Blättchen von 3 qcm schneidet, bei n eingespannt ist und beide Millimeterteilungen auf Null eingestellt sind, wird durch Hülse k die Schraubenspindel h vorwärts geschraubt, wodurch auf die Feder b ein Druck ausgeübt wird. Um diesen Druck gleichmäßig auf die Feder b zu verteilen, ist zwischen der Feder und der Schraubenspindel ein loses, dünnes Scheibchen q angebracht, welches im Mittelpunkt durchlocht ist, und welchem der

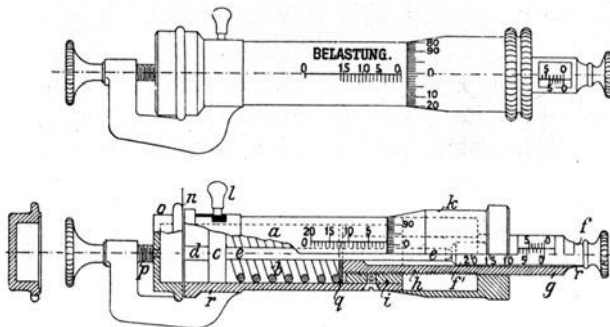


Fig. 22. Rehses Papierprüfer.

Stift e als Führung dient. Der Druck der Feder überträgt sich nun auf die mit dem Stempel d versehene Scheibe c , und der Stempel dehnt das Papier, bis die Federspannung der Kraft, welche zum Durchdrücken des Papiers erforderlich ist, entspricht. Der Stift f wird von der Führung g mitgenommen; er ist an der Drehung in der Hülse durch die Nute und Feder r verhindert und gibt, da er mit e in steter Berührung bleibt, in seiner Verschiebung gegen g die Bruchbelastung an, während die Ablesung an der Hülse a die Summe von Bruchbelastung und Dehnung anzeigt.

Zieht man also von der an der Hülse a abgelesenen Größe die an dem Stift g abgelesene ab, so ergibt sich eine Größe, welche der Durchbiegung des Papiers entspricht.

Im Papierlager zur schnellen Vergleichung verschiedener Papiersorten kann dieser kleine Apparat vielleicht oft mit Vorteil verwendet werden. Zur Ermittlung von Reißlänge und Dehnung ist er nicht geeignet; die Werte, die er gibt, stehen nicht in einfacher, auf rechnerischem Wege zu bestimmender Beziehung zueinander.

In Amerika hat man sich bisher meist damit begnügt, die Festigkeitseigenschaften von Papier durch Prüfung mit Apparaten zu beurteilen, die, wie der eben beschriebene Rhesesche Prüfer, ein kreisförmiges Stück Papier durch Druck zum Platzen bringen. Dieses Verfahren mag für besondere Fälle, z. B. zur Prüfung von Packpapier, Tütenpapier, Papiersäcken usw. zweckmäßig sein, zur allgemeinen Beurteilung der Festigkeitseigenschaften, wie sie die Bruchlast, Reißlänge, Dehnung und der Falz widerstand in den beiden Hauptrichtungen ermöglichen, ist es nicht geeignet. Diese Erkenntnis bricht sich auch in Amerika, wie es scheint, mehr und mehr Bahn, namentlich an den amtlichen Stellen.

Am häufigsten wird in Amerika der Mullenprüfer benützt¹⁾, außerdem aber auch noch eine Anzahl anderer, über die E. Douty, Assistent am Departement of Commerce and Labor, Bureau of Standards in Washington, in einem Vortrag nähere Mitteilungen gemacht hat.

Alle Systeme beruhen darauf, daß das Papier zwischen zwei ringförmige Klemmen gespannt und durch einen Stempel (Morrison, Southworth) oder durch Flüssigkeitsdruck unter Einschaltung einer Gummimembran (Mullen, District of Columbia) bis zum Bersten belastet wird. Die zum Durchdrücken des Papiers erforderliche Kraft wird gemessen

bei Morrison durch Federkraft,

bei Southworth durch Messen des Druckes im Ölbehälter, von dem aus der Durchdrückstempel betätigt wird, mit Hilfe eines Manometers,

bei Mullen und District of Columbia durch Ablesen des Druckes im Preßzylinder am Manometer.

Die Abmessungen der wirksamen Teile der Apparate gibt Douty²⁾ in folgender Tabelle an.

Prüfer	Wirkender Teil	Durchmesser der Klemmen in Zoll	Freie Einspannfläche in Quadrat-Zoll	Berstdruck gemessen durch
Morrison	Stempel 1,2" Durchmesser	1,63	2,07	Hebel u. Feder
Southworth	" 1,13" "	2,44	4,66	Manometer
Mullen	Membran	1,25	1,22	"
District of C.	"	1,25	1,22	"

Douty hat mit vier verschiedenen festen Papieren Vergleichsversuche unter Verwendung aller vier Apparate ausgeführt und gefunden,

¹⁾ Abbildung und Beschreibung dieses Prüfers gibt Dr. Quirin Wirtz in der P.Z. 1904, S. 1540.

²⁾ Paper Trade Journal 1910, S. 259—261.

daß keine übereinstimmenden Werte zu erhalten sind; die festgestellten Abweichungen waren recht beträchtlich (zum Teil Unterschiede von 40, 50 bis zu 65%). Zwischen den Werten der verschiedenen Apparate ergab sich kein bestimmtes Verhältnis. Das Verhältnis wechselte vielmehr je nach der Kraftzone, in welcher der betreffende Festigkeitswert lag.

Douty hat dann Umrechnungskoeffizienten für die verschiedenen Apparate und Kraftzonen aufgestellt, aber besser wäre es wohl, die Anwendung von Apparaten, die so verschiedene Ergebnisse liefern, überhaupt zu bekämpfen und im Interesse der Industrie etwas Einheitliches zu schaffen. Douty sagt denn auch zum Schluß seiner Ausführungen, daß die Versuche deutlich das Bedürfnis für Aufstellung von Normen und für Schaffung einer Methode zur Prüfung der Papierfestigkeit, welche nicht von so vielen Einflüssen abhängt, dargetan hätten.

Da man mit den amerikanischen Apparaten die Reißlänge nicht bestimmen, auch durch Umrechnung nicht ermitteln kann, so haben diese Prüfer für diejenigen Länder, in denen die Papierfestigkeit nach Reißlänge und Dehnung beurteilt wird, kaum eine Bedeutung.

Zu der bunten Reihe der älteren amerikanischen Festigkeitsprüfer sind noch zwei neue gekommen, gebaut nach dem Vorschlag von Eddy¹⁾ und Ashcroft²⁾. Die Beanspruchung des Papiers ist bei diesen die gleiche wie bei den übrigen amerikanischen Apparaten, und sie werden voraussichtlich auch Werte liefern, die von denen der übrigen mehr oder weniger abweichen. Für die amerikanische Papierindustrie sind diese Zustände im höchsten Maße unbequem, und sie hätte alle Ursache, sich für einen einzigen Apparat zu entschließen. Jetzt kann es vorkommen, daß das Papier auf seinem Wege von der Fabrik bis zum Verbraucher an verschiedenen Stellen stets mit einem anderen Apparat geprüft wird; zu welchen Auseinandersetzungen dies führen kann, braucht nach dem oben Gesagten nicht besonders betont zu werden.

Dr. Quirin Wirtz hat die englischen Papierfabrikanten bereits im Jahre 1903, als er sich in ihrem Auftrage über die vorhandenen Festigkeitsprüfer gutachtlich äußerte, darauf hingewiesen³⁾, daß die Apparate, mit Hilfe deren Streifen zerrissen werden (Schopper, Wendler, Hartig-Reusch usw.), denen, die ein Papierblatt durchdrücken, vorzuziehen sind. Die amerikanischen Fabrikanten sollten dies ebenfalls beherzigen, damit sie für die Beurteilung der Festigkeitseigenschaften ihrer Papiere eine einheitliche, feste Grundlage schaffen.

¹⁾ Eddys Papierprüfer. P.Z. 10 S. 3784 (nach Paper Trade Journal).

²⁾ P.Z. 1914, S. 2.

³⁾ P.Z. 1904, S. 1540.

Instandhalten von Papier-Prüfungsapparaten.

In den Zeugnissen, die das Materialprüfungsamt über die Prüfung von Versuchsapparaten ausstellt, wird stets besonders darauf hingewiesen, daß man nur dann erwarten kann, zuverlässige Prüfungsergebnisse zu erzielen, wenn die Apparate an einem geeigneten Ort aufgestellt und dauernd in gutem Zustand erhalten werden. Der Papiermaschinenaal z. B. ist für die Aufstellung nicht geeignet, weil der hohe Feuchtigkeitsgehalt der Luft sehr bald Rosten der Eisenteile herbeiführt. Das gleiche gilt für Laboratorien, in denen chemische Arbeiten ausgeführt werden, weil die hier nicht zu vermeidenden Säuredämpfe zerstörend auf die nicht geschützten Metallteile einwirken. Am besten wird sich ein zu Schreibzwecken benutzter Raum zur Aufstellung der Festigkeitsprüfer usw. eignen, weil hier schädliche Einflüsse am wenigsten zu erwarten sind.

Ist den Anforderungen an einen geeigneten Aufstellungsort entsprochen, dann versäume man nicht, der ständigen Pflege der Apparate seine Aufmerksamkeit zu widmen; am besten werden die Instrumente stets mit einem Kasten oder Tuch überdeckt und nur für die Dauer der Versuchsausführung freigelegt, damit übermäßiges Verstauben verhindert wird. Trotz dieser Vorsichtsmaßregeln ist natürlich von Zeit zu Zeit gründliche Reinigung erforderlich. Staub und dick gewordenes Fett werden entfernt, die blanken Eisenteile mit einem Fettläppchen abgerieben und die Teile, die starker Reibung ausgesetzt sind, vorsichtig mit gutem Schmieröl geschmiert.

Pflegt man die Apparate in dieser Weise, so wird man seine Freude an ihnen haben, und der Versuchsausführende wird bestrebt sein, seine Arbeit dem Zustande der Werkzeuge anzupassen. Leider trägt man den geschilderten Gesichtspunkten nicht überall genügend Rechnung, und es erscheint daher angebracht, unter Erwähnung eines Einzelfalles dringend zur Sorgfalt bei der Instandhaltung von Prüfungsvorrichtungen zu ermahnen.

Ein dem Amte zur Prüfung eingesandter Schopperscher Festigkeitsprüfer (30 kg) lieferte nach Angabe des Antragstellers Ergebnisse, die wesentlich von denen der amtlichen Prüfung abwichen, und dies gab Veranlassung, den Apparat zur Prüfung einzusenden; er befand sich in einem sehr bedenklichen Zustande und es ist erstaunlich, daß man ihn überhaupt noch zum Prüfen von Papier benutzt hatte. Die Eisenteile waren durchweg mit einer Rostschicht bedeckt, und Schmutz, Staub und Fett hatten sich an verschiedenen Stellen zu dicken Krusten angehäuft. Zeugte dieser Zustand schon von wenig sorgfältiger Pflege des Apparates, so bewiesen einige Beschädigungen, wie unsachgemäß er behandelt worden war.

Die Lasche, die das Belastungsgewicht mit dem Gewichtshebel

verbindet, war verbogen, vermutlich durch plötzliches Herunterfallen des Hebels infolge Versagens der Sperrklinken; letztere konnten nicht sicher wirken, weil sie durch Fett, Staub usw. am leichten, zwanglosen Herunterfallen verhindert wurden. Die Verbindung zwischen dem Hebel und dem Gewicht war infolge der verbogenen Lasche so mangelhaft, daß sich das Gewicht in ziemlich weitem Spielraum bewegen konnte. Bei Belastungen unter 4 kg konnten auf diese Weise Fehler von 10 bis 40% auftreten.

Der Stift, der die richtige Entfernung der Einspannklemmen beim Beginn des Versuches festlegt, war so stark abgenutzt, daß der Anschlag nicht mehr sicher geführt wurde; es war somit keine Gewähr dafür gegeben, daß die freie Einspannlänge des Probestreifens genau 180 mm war.

Die Führung der Zahnstange des Dehnungshebels war ausgeleiert, und die Feder, welche diese Zahnstange gegen das Zahnsegment drücken soll, fehlte gänzlich.

Daß man mit einem solchen Apparat keine zuverlässigen Werte ermitteln konnte, liegt klar auf der Hand. Bei der großen Bedeutung, welche die Angaben der Prüfungsinstrumente heute für die Praxis haben, sollten die Apparate aber wie Schmuckstücke behandelt werden, damit sie jederzeit auch vor einem kritischen Auge bestehen können. Unsauberes und schlecht behandeltes Rüstzeug führt zu mangelhafter Arbeit und somit zu einer Schädigung des Besitzers. Werden dem Prüfenden Apparate und Instrumente in gutem Zustande übergeben, so wird er auch bestrebt sein, gute und brauchbare Arbeit zu liefern.

Widerstand gegen Zerknittern und Falzen.

Reißlänge und Dehnung geben uns nur bis zu einem gewissen Grade einen Anhalt zur Beurteilung der Festigkeitseigenschaften eines Papiers; sie reichen nicht aus zur Gewinnung eines abschließenden Bildes über das voraussichtliche Verhalten des Papiers gegenüber mechanischen Einwirkungen, denen es während seiner Verwendung ausgesetzt ist. Hierbei werden noch andere Eigenschaften des Papierblattes in Anspruch genommen, für welche Reißlänge und Dehnung nicht immer einen Maßstab abgeben, nämlich der Widerstand, den das Blatt dem Biegen, Falzen, Zusammendrücken, Knittern, Abnutzen und ähnlichen Einwirkungen entgegensetzt; dieser Widerstand spielt bei der praktischen Verwendung des Papiers vielfach eine große Rolle.

Nun verläuft der Knitterwiderstand im großen und ganzen parallel den durch Reißlänge und Dehnung zum Ausdruck gebrachten Eigenschaften, d. h. bei hohen Werten für Reißlänge und Dehnung zeigt

das Papier meist auch einen hohen Widerstandsgrad gegen Reiben und Knittern.

Dies trifft aber nicht immer zu; es gibt auch Papiere, die bei hohen Werten für Reißlänge und Dehnung mechanischen Einwirkungen oben genannter Art nur wenig Widerstand entgegensetzen und daher für praktische Verwendungszwecke, namentlich für viel gebrauchte Schriftstücke, Karten, Druckwerke usw. nicht geeignet sind. Dieser Umstand gab seinerzeit Veranlassung zur Einführung des Hand-Knitterversuches in die amtliche Papierprüfung.

In der Praxis wurde dieser Versuch lange ausgeführt, bevor es eine amtliche Papierprüfung gab, wohl der beste Beweis dafür, daß ein Bedürfnis hierfür vorlag; man hat ihn in Fachkreisen sehr treffend als „Waschversuch“ bezeichnet, weil das Papier bei der Versuchsausführung, natürlich im trockenen Zustand, ähnlich behandelt wird wie die Wäsche beim Waschen mit der Hand. Der Versuch ist demnach subjektiv, von der Person des Prüfenden abhängig. Verschiedene Bemühungen, mechanisch wirkende Vorrichtungen zu schaffen, die das Papier in gleicher Weise beanspruchen, sind gescheitert und man dürfte ihnen auch wohl für die Zukunft Aussicht auf Erfolg absprechen müssen.

Daß dem subjektiven Handversuch Mängel anhaften, muß ohne weiteres zugegeben werden. Diese sind aber bei weitem nicht, wie von manchen Stellen behauptet worden ist, so groß, daß sie den Versuch wertlos machen. Wer sich durch stete Übung mit dem Verfahren gut vertraut gemacht hat, erlangt eine große Sicherheit in der Abstufung der Papiere nach dem Knitterwiderstand.

Wenn auch nunmehr bei der Prüfung der Normalpapiere die Handknitterung gefallen und seit 1905 an ihre Stelle die Prüfung mit Hilfe des später zu besprechenden Schopperschen Falzers getreten ist, so wird die Prüfung von Papier durch Handreibung für die Praxis immer ihren Wert behalten. Sie kann überall ohne weiteres ausgeführt werden, da der Prüfende die erforderlichen Apparate immer bei sich führt, und sie gibt so kurzerhand Aufschluß über sehr wichtige Eigenschaften des Papiers. Es kann daher jedem Papiermacher und Papierverbraucher nur dringend angeraten werden, sich mit diesem Handversuch, obwohl er bei der Normalpapierkontrolle, wie schon erwähnt, nicht mehr angewendet wird, vertraut zu machen und durch ständiges Üben Sicherheit in der Beurteilung zu erlangen.

Die Ausführung des Versuches geschieht in folgender Weise:

Ein Stück des zu prüfenden Papiers, etwa 21×21 cm groß, wird zunächst fest zusammengeballt, dann wieder aufgewickelt, wieder zusammengedrückt und so wiederholt behandelt, bis der Bogen seine

Steifheit verloren hat und durch das mehrmalige Zusammendrücken weich und lappig geworden ist¹⁾).

Das so vorbehandelte Blatt wird dann an zwei gegenüberliegenden Seiten gefaßt und zwischen den Handballen in der Richtung senkrecht zu den Seiten hin und her gerieben. Dann faßt man es an den beiden anderen Seiten und reibt in gleicher Weise.

So stets die Richtungen wechselnd, fährt man fort, bis das Blatt durchgerieben ist. Man gewöhne sich von vornherein daran, beim Reiben in jeder Richtung stets die gleiche Anzahl von Hin- und Herreibungen auszuführen, da man auf diese Weise bis zu einem gewissen Grade einen zahlenmäßigen Anhalt zur Beurteilung erhält. Man zählt hierbei nicht die einzelnen Hin- und Herreibungen bis zum Bruch, sondern wie oft man in den beiden Richtungen zusammen die Reibungsreihe, die sich der Beobachter angeeignet hat, wiederholen kann, ehe das Blatt zu Bruch geht.

Ob die Reibungsreihe aus beispielsweise fünf, oder weniger oder mehr Hin- und Herreibungen besteht, ist Sache eines jeden Prüfenden und wird mehr oder weniger von Zufälligkeiten abhängen. Hat man sich aber an eine bestimmte Anzahl gewöhnt, und dahin strebe man von vornherein, dann behalte man sie auch stets bei.

Papiere von sehr geringer Festigkeit, wie z. B. viele Sorten Zeitungsdruck, zeigen schon nach der geschilderten Vorbehandlung, dem Zusammenballen, Bruchstellen in Gestalt mehr oder weniger großer Löcher. Das Aneinanderhaften der Fasern untereinander ist so schwach, daß sie schon durch das bloße Zusammendrücken des Papiers teilweise ihren Zusammenhang verlieren; mit solchem Material kann man den eigentlichen Reibversuch kaum ausführen, da das Blatt schon zu Anfang sofort durchgerieben wird.

Für solche Erzeugnisse kommt der niedrigste Grad der Beurteilung „außerordentlich gering“ in Anwendung.

Von den Papieren nun, die schon beim Zusammenballen ihren Zusammenhang verlieren, herauf bis zu den festesten und zähesten, welche erst nach einer großen Anzahl von Hin- und Herreibungen durchgerieben werden, sind verschiedene Abstufungen hinsichtlich der Widerstandsfähigkeit gegen das Reiben möglich. Um diese zu kennzeichnen, sind folgende Beurteilungsgrade eingeführt worden:

außerordentlich gering
sehr gering
gering
mittelmäßig

¹⁾ Bauer empfiehlt in der P.Z. 1895, S. 1933, das Papier für den Reibversuch nicht durch Zusammenballen mit der Hand, sondern dadurch vorzubereiten, daß man es in der Längs-, Quer- und Diagonalrichtung zwischen Gaufrierwalzen durchgehen läßt.

ziemlich groß
 groß
 sehr groß
 außerordentlich groß.

Dem Laien wird es zunächst unwahrscheinlich erscheinen, daß man Papiere durch ein Handverfahren in so weitgehender Weise soll abstufen können; eine kurze Zeit eigener Versuche aber wird ihn von der Möglichkeit überzeugen.

Die Ausführung des Versuches muß, wie auch die Bestimmung der Reißlänge und Dehnung, bei stets gleicher Luftfeuchtigkeit, also zweckmäßig bei 65% erfolgen; bei trockener Luft fällt das Ergebnis der Prüfung anders aus als bei feuchter.

Hat das Papier unter anderen Verhältnissen gelagert oder wird es z. B. in der Fabrik von der Maschine weg entnommen, so muß man ihm durch Auslegen oder Aushängen Zeit lassen, sich dem Feuchtigkeitszustande des Versuchsraumes anzupassen.

Um den vorher erwähnten Einfluß der Person des Versuchsausführenden auf das Ergebnis nach Möglichkeit auszuschließen, lasse man den Versuch, wenn irgend möglich, von mehreren Personen gleichzeitig ausführen. Ergeben sich hierbei Unterschiede, so werden Kontrollversuche ausgeführt. Je mehr Versuche ausgeführt werden, ein um so zutreffenderes Bild wird man von dem Widerstandsgrade des betreffenden Papiers gewinnen.

Ist man bei der Prüfung auf seine Person allein angewiesen, so begnüge man sich wenigstens nicht mit einem Versuch, sondern führe deren zwei bis drei aus.

Bei dem Hinweis auf die Notwendigkeit weiterer Festigkeitsprüfungen außer der Bestimmung der Reißlänge und Dehnung wurde erwähnt, daß die Werte für Reißlänge, Dehnung und Widerstand gegen Reiben nicht immer parallel verlaufen. Hierfür mögen, nachdem die Art und Ausführung des Versuches geschildert worden ist, nachstehend einige Beispiele gegeben werden¹⁾:

Normalpapiere 3b

Mittlere Reißlänge	Mittlere Dehnung	Widerstand gegen Zerknittern
3275 m	2,6%	gering
3350 „	2,4 „	gering
3475 „	2,3 „	sehr gering
3525 „	2,2 „	gering
3550 „	3,0 „	gering
3575 „	2,3 „	gering

¹⁾ Weitere Beispiele und Erläuterungen sind in den Mitt. 1895, S. 43 und 1899, S. 57 veröffentlicht.

Mittlere Reißlänge	Mittlere Dehnung	Widerstand gegen Zerknittern
3650 m	2,4 ⁰ / ₀	gering
3750 „	2,5 „	gering
3975 „	2,6 „	gering
4775 „	3,7 „	mittelmäßig

Normalpapiere 4a

3750 m	2,6 ⁰ / ₀	sehr gering
4200 „	2,6 „	gering
4675 „	2,7 „	gering
4675 „	2,8 „	sehr gering

Normalpapiere 4b

3850 m	2,0 ⁰ / ₀	sehr gering
3875 „	2,3 „	gering
4200 „	2,4 „	gering
4875 „	2,5 „	mittelmäßig
5020 „	3,4 „	„

Normalpapier 8a

3000 m	2,9 ⁰ / ₀	gering
--------	---------------------------------	--------

Normalpapier 8b

3175 m	2,5 ⁰ / ₀	sehr gering
--------	---------------------------------	-------------

Pergamynpapiere

5925 m	2,1 ⁰ / ₀	gering
6175 „	2,1 „	gering
6200 „	2,0 „	gering.

Dies sind Beispiele dafür, daß zur Beurteilung der Verwendungsfähigkeit eines Papiers Reißlänge und Dehnung allein nicht ausreichen, und daß es unumgänglich notwendig ist, den Widerstand gegen Zerknittern und Reiben oder den Falzwiderstand mit heranzuziehen.

Es erscheint im Interesse der Fachkreise angebracht, hierauf immer wieder hinzuweisen, da die Ansicht, daß bei genügender Reißlänge und Dehnung auch der Widerstand gegen Zerknittern oder Falzen genügend sein müsse, immer wieder zum Ausdruck gebracht wird.

Wie schon erwähnt, sind alle bisher gemachten Versuche, die eigenartige Beanspruchung, die das Papier bei der Handknitterung erfährt, auf mechanischem Wege zu erzielen, gescheitert. Bei der Eigenart des Versuches, bei dem subjektives Empfinden eine gewisse Rolle spielt,

konnte man den Bestrebungen genannter Art einen Erfolg auch kaum in Aussicht stellen. Aussichtsvoller erschien der Weg, neue Prüfungsverfahren zu suchen, deren Ergebnisse eine ähnliche Abstufung der Papiere gestatten wie die verschiedenen Widerstandsstufen.

In dieser Hinsicht sind drei Vorschläge zu erwähnen, die von Kirchner, Pfuhl und Schopper herrühren.

Kirchners Kniffrolle.

Winkler hat in seinem 1887 herausgegebenen „Papierkenner“ zuerst den Vorschlag gemacht, gefaltete Papierstreifen zu prüfen und den Unterschied festzustellen, den diese in der Festigkeit und Dehnbarkeit gegenüber den ungefalteten Streifen zeigen. Dieser Unterschied, von Winkler „Falzverlust“ genannt, sollte zur Beurteilung der „Biegsamkeit“ des Papiers dienen.

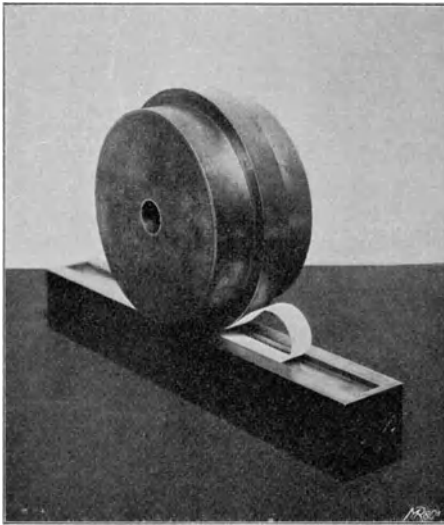


Fig. 23.
Kirchners Kniffrolle.

Das Falzen wird hierbei durch eine besondere Vorrichtung bewirkt, indem die Streifen zwischen zwei aufeinander geschliffene Stahlplatten, welche durch ein Scharnier verbunden sind, gelegt und mit einem durch Hebeldruck bewegbaren, 100 kg schweren Gewicht belastet werden.

Kirchner schlug vor¹⁾, statt des Gewichtes eine Rolle zur Hervorbringung des Falzes zu benutzen, weil hierdurch eine größere Gleichmäßigkeit bei der Erzeugung der Falze gesichert sei; er schlug dann weiter vor, die Beurteilung des Papiers durch die Handknitterung fallen zu lassen und an Stelle dessen die Beurteilung auf Grund des Falzverlustes zu setzen, von der Annahme ausgehend, daß bei spröden und brüchigen Papieren der Falzverlust groß, bei festen und widerstandsfähigen klein sei; er hat eine Reihe von Papieren im gefalteten und ungefalteten Zustande geprüft und den Falzverlust ermittelt.

Der Kirchnersche Kniffapparat besteht aus einer eisernen Rolle, welche auf ihrem äußersten, 19 mm breiten Umfange zylindrisch ab-

¹⁾ W.B. 1894, Nr. 8—9.

gedreht ist, und aus einer ebenen, wagerecht ausgerichteten, mit erhabenen Rändern versehenen eisernen Bahn, in welcher die Rolle hin und her bewegt werden kann (Fig. 23).

Das Kniffen der Papierstreifen wird in folgender Weise ausgeführt. Die Enden der 15 mm breiten Probestreifen werden so aufeinandergelegt, daß sich beim Zusammendrücken die zwei Streifenhälften deckend aufeinander legen. Dieser leicht zusammengefaltete Streifen wird so in die Rinne der Bahn gelegt, daß die Längskanten des Streifens parallel zu den Führungsrändern der Rinne verlaufen. Hierauf wird die Rolle von den freien Streifenenden her durch leisen seitlichen Druck über den Probestreifen geführt und dieser auf diese Weise einmal stark gekniff. Der Streifen wird dann aus der Rinne genommen, in dem Falz in der entgegengesetzten Richtung umgelegt und zum zweiten Male gekniff. Beim zweiten Kniffen läßt man jedoch das Gewicht nicht von den freien Streifenenden gegen den Falz rollen, sondern gegen diesen direkt.

Nachdem man auf diese Weise je fünf Streifen aus der Längsrichtung und Querrichtung gekniff hat, ermittelt man ihre Festigkeit und Dehnung in gleicher Weise, wie man zuvor die Festigkeit des betreffenden Papiers an ungekniffen Streifen bestimmt hat. Die Einbuße, welche die Papiere durch das Falzen in ihrer Festigkeit erleiden, der sogenannte „Kniffverlust“ oder „Falzverlust“, wird in Prozenten der ursprünglichen Bruchbelastung und Dehnung ausgedrückt.

Wer sich für die im Materialprüfungsamt mit der Kirchnerschen Kniffrolle ausgeführten Versuche interessiert, sei auf die dritte Auflage des vorliegenden Werkes, S. 49, verwiesen. Dort ist gezeigt, daß zwar im allgemeinen mit wachsendem Widerstand gegen Zerknittern der Falzverlust abnimmt, daß aber andererseits bei demselben Knittergrad die Falzverluste beträchtlich schwanken, und ferner, daß bei annähernd gleichem Falzverlust ganz erhebliche Unterschiede im Widerstand gegen Zerknittern vorkommen.

Unterschiede in der Handknitterung von mittelmäßig bis zu außerordentlich groß oder von gering bis zu sehr groß kommen im vorliegenden Falle durch den Falzverlust nicht zum Ausdruck. Diese Unterschiede sind aber so groß, daß sie auch ohne ein ausgebildetes Prüfungsverfahren (z. B. schon durch Einreißen, Umbiegen o. a.) erkannt werden können; wenn die Falzverlustbestimmung für derartig verschiedene Papiere nahezu gleiche Werte ergibt, so kann sie als Prüfungsverfahren nicht in Frage kommen.

Pfuhs Knitterer.

Bei dem Pfuhschen Knitterer wird ein Papierstreifen zwischen eine Walze und eine gegen diese zu pressende Gummiplatte gebracht,

ein Ende festgelegt und dann der Streifen über sich selbst unter Andruck der Gummiplatte einmal hin und her geführt. Die Wirkungsweise ist aus Fig. 24 zu ersehen.

Der Papierstreifen PP_1 wird bei a festgelegt und dann die Walze in der Richtung des Pfeiles gedreht; dadurch wird der Streifen umgelegt und ein Teil reibend über den anderen geführt. Durch Einpumpen von Luft von unten her wird die Gummiplatte G gegen Papier und Walze gepreßt und der an einem Manometer abzulesende Druck so bemessen, daß der Streifen durch einmaliges Hin- und Zurückführen

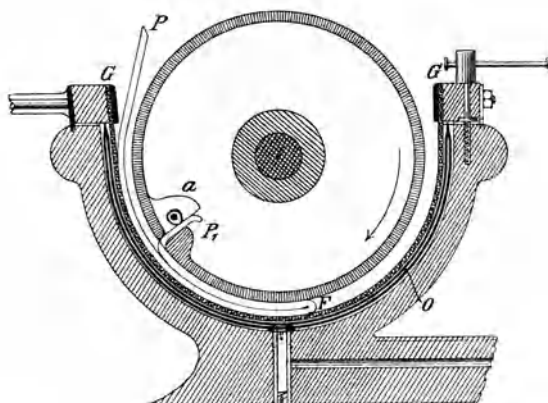


Fig. 24. Pfuhs Knitterer.

zerstört wird. Diesen Druck bezeichnet Pfuhl als Reißdruck¹⁾. Auf Grund seiner Versuche hat Pfuhl folgende Beziehungen zwischen den Ergebnissen der Handknitterung und dem Reißdruck festgestellt.

Handknitterung	sehr gering	gering	mittelmäßig	ziemlich groß	groß	sehr groß	außerordentlich groß
Reißdruck in cm Quecksilbersäule.	0—3	3—6	6—16	16—26	26—48	muß bei 50 cm 2—3-maliges Knittern aushalten.	muß bei 50 cm Druck mehr als 3 maliges Knittern aushalten.

Der Pfuhsche Knitterer ist im Technologischen Gewerbemuseum zu Wien durch Prof. Lauboeck einer eingehenden Prüfung unterzogen worden, die zu dem Ergebnis führte²⁾, daß der Apparat, so wie er jetzt vorliegt, zur Einführung in die Papierprüfung noch nicht ge-

¹⁾ Eine eingehende Beschreibung des Knitterers findet sich in der P.Z. 1896, Nr. 66—87 und 1898, Nr. 30, 58 und 59.

²⁾ Mitteilungen des Technologischen Gewerbemuseums zu Wien 1897, S. 1.

eignet ist. Pfuhl hat den Apparat dann in einigen Punkten geändert¹⁾. Prüfungsergebnisse, mit diesem abgeänderten Knitterer ermittelt, sind bisher aber nicht bekannt geworden. Eingang in die Prüfungstechnik hat der Knitterer nicht gefunden.

Schoppers Falzer.

Bei diesem Falzer wird ein 15 mm breiter Papierstreifen in ein geschlitztes, hin und her zu bewegendes Blech gelegt und an beiden

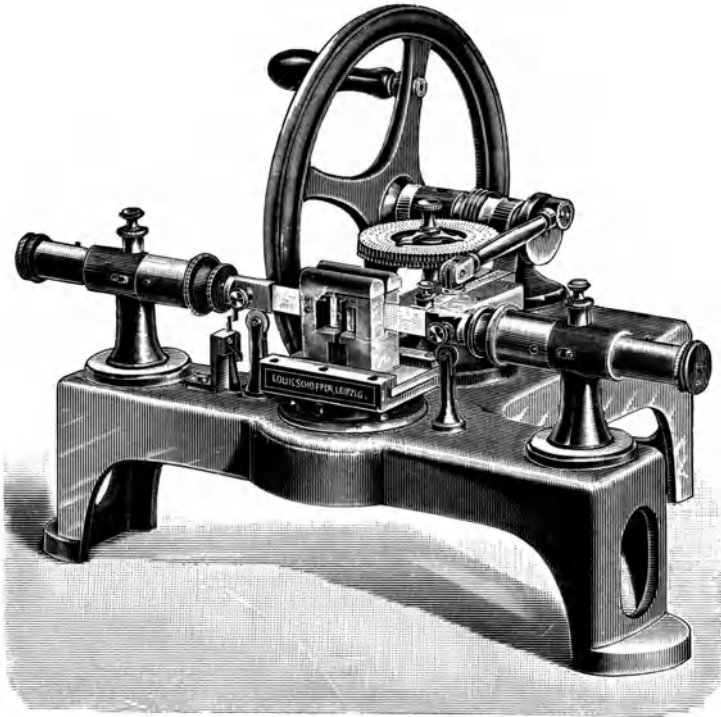


Fig. 25. Schoppers Falzer.

Enden festgeklemmt; dann ermittelt man die Anzahl Doppelfaltungen, die der Streifen bei bestimmter Zugspannung bis zum Bruch aushält.

Der Falzer (Fig. 25—27) hat ein 0,5 mm dickes, zur Aufnahme des Probestreifens mit einem Schlitz versehenes Stahlblech (Schieber), das sich zwischen zwei Paaren leicht drehbarer Rollen bewegt. Die Rollenpaare sind in den Lagerstücken (12) angebracht und werden durch Klemmschrauben in bestimmter Entfernung von dem Schieber-

¹⁾ P.Z. 1898, Nr. 30, 58, 59 und Rigaer Industriezeitung 1898 Nr. 21—23.

blech festgehalten; die an den Lagerstücken befindlichen Spiralfedern haben nur den Zweck, das genaue Einstellen der Rollenpaare zu erleichtern. Senkrecht zu dem Stahlblech befinden sich die Einspannklemmen (7), die mit ihren pyramidenförmig zugespitzten Verlängerungen in die entsprechend geformten Öffnungen der Hülsen (3) hineintragen. In diesen Hülsen befinden sich die zum Spannen des Probestreifens dienenden Spiralfedern. Durch Anziehen der Schrauben (4) kann die Spannung der Spiralfedern erhöht werden. Die jeweilige Spannung wird durch den Stand eines kleinen Stiftes über einer auf der Hülse (3) vorhandenen Teilung angegeben.

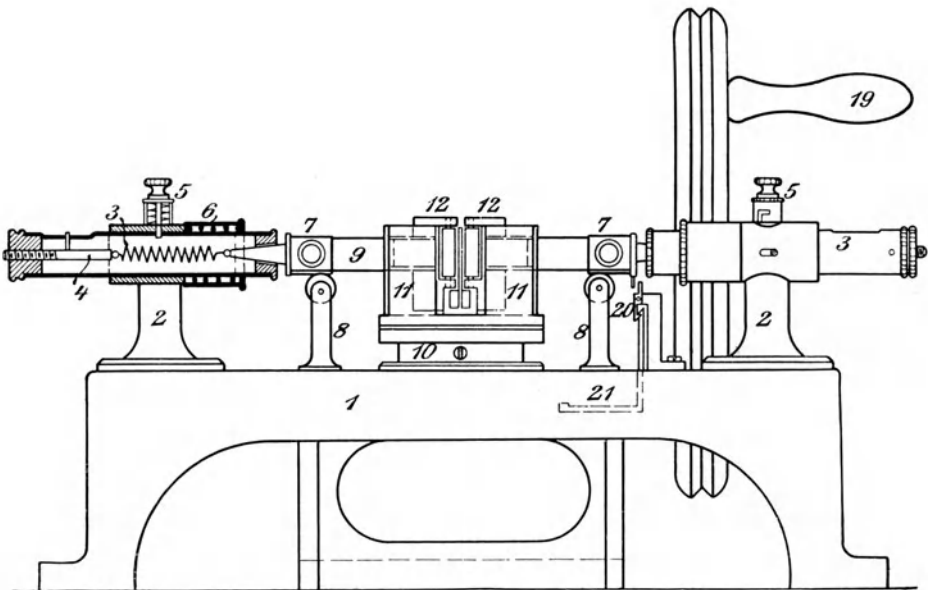


Fig. 26. Vorderansicht des Schopperschen Falzers.

Die Hülsen (3) sind in den Haltern (2) beweglich angeordnet und werden, wenn die Stifte (5) gehoben sind, mittels der Spiralfedern (6) so weit gegeneinander geführt, daß die Einspannlänge richtig wird. Nach dem Einspannen des Probestreifens wird durch Herausziehen der Hülsen (3) bis zum Einschnappen der Stifte (5) dem Probestreifen eine kleine Spannung erteilt und die freie Beweglichkeit der Klemmen bewirkt. Um während des Versuches das Heruntersinken der Klemmen zu verhindern, werden letztere durch Rollen (8) gestützt.

Die Anzahl der Hin- und Herfaltungen wird vom Zählrad (18) angezeigt. Das Zählrad ist durch den Hebel (21) mit dem Drücker (20) verbunden und wird beim Reißen des Streifens durch das Zurückprallen der rechten Klemme selbsttätig ausgelöst.

Die Nullage des Schiebers für das Einspannen des Streifens wird beim Umlegen des Hebels (22) durch das Einschnappen des Hebelstiftes in ein auf dem Antriehrad befindliches Loch gegeben.

Die Spannung der Federn ist so gewählt, daß ihr Höchstzug 1000 g beträgt. Papiere, die eine Bruchlast von weniger als 1000 g haben, können somit mit dem Falzer überhaupt nicht geprüft werden, weil der Streifen sofort durch die Federspannung allein zerreißen würde.

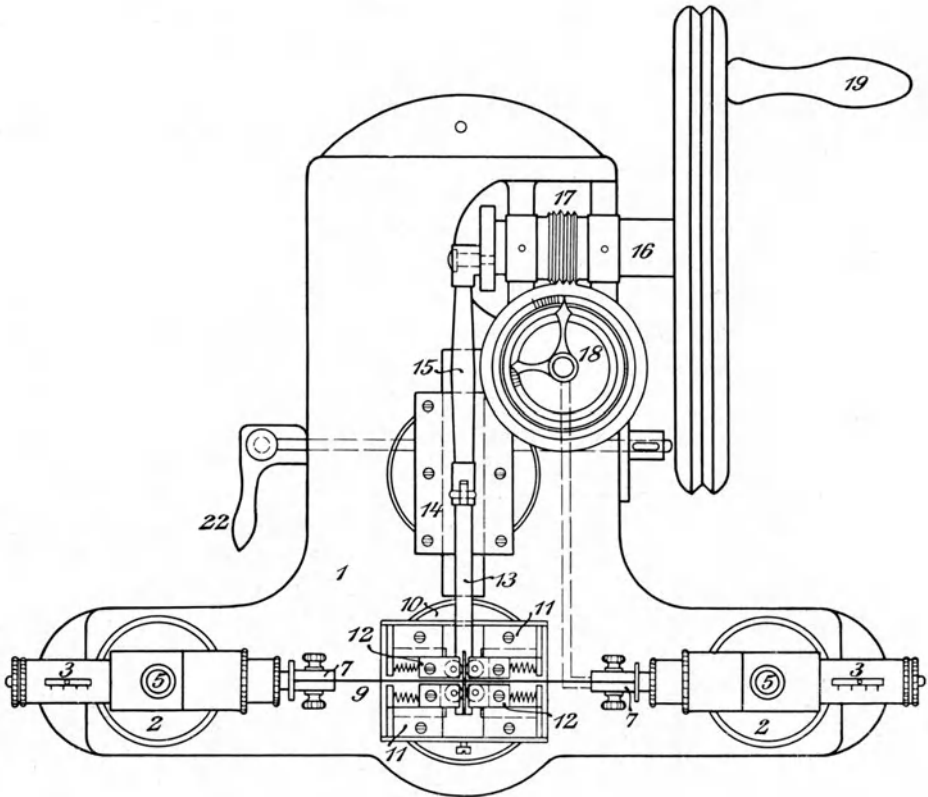


Fig. 27. Grundriß des Schopperschen Falzers.

Für derartig schwache Papiere müßte eine besondere Federspannung und dann naturgemäß auch eine besondere Klasseneinteilung vorgesehen werden. Hierfür liegt aber zurzeit ein allgemein empfundenes Bedürfnis noch nicht vor. Bei Einführung des Falzers in die amtliche Papierprüfung handelte es sich zunächst lediglich darum, eine Federspannung zu wählen, die für die Prüfung der Normalpapiere geeignet ist; hierfür hat sich die von 1000 g als zweckmäßig und ausreichend erwiesen. Wäre man höher gegangen, so wären die Grenzen

der unteren Klassen zu sehr aneinandergerückt; bei geringerer Spannung hätte man andererseits zu hohe Zahlenwerte für die oberen Klassen erhalten.

Die Prüfung mit dem Falzer wird in folgender Weise ausgeführt.

1. Der Fanghebel (22) wird zurückgeschlagen und das Antriebrad gedreht, bis der Stift einschnappt.
2. Die Fangstifte (5) werden gehoben, wodurch die Klemmen die für das Einspannen bestimmte Lage einnehmen.
3. Der Probestreifen wird in den Schlitz und in die Klemmenöffnungen gelegt, die Klemmschrauben werden fest angezogen.
4. Die Hülsen (3) werden so weit nach außen gezogen, bis die Stifte (5) einschnappen.
5. Das Zählrad (18) wird auf 0 eingestellt und eingerückt.
6. Das Antriebrad wird durch Anziehen des Hebels (22) ausgelöst und dann gleichmäßig mit 100 bis 120 Umdrehungen in der Minute so lange gedreht, bis der Bruch des Streifens eintritt.
7. Die Anzahl der Falzungen wird auf dem Zählrad abgelesen.

Der Widerstand gegen Falzen ist in den beiden Hauptrichtungen des Papiers oft sehr verschieden; meist ist er in der Längsrichtung größer als in der Querrichtung, es kommen aber auch Fälle vor, in denen das Papier in der Querrichtung den größeren Falzwiderstand zeigt. Zur Erläuterung seien nachstehend (S. 57) einige Prüfungsbefunde mitgeteilt.

Auffallend sind besonders die Werte der Gruppe 2, in der bei teilweise recht beträchtlichen Unterschieden in der Reißlänge und Dehnung beider Richtungen die Falzzahlen trotzdem nahezu gleich sind.

Bei Prüfung von drei Schopperschen Falzern unter Benutzung eines Versuchsmaterials von fast 1000 Papieren¹⁾ hat sich gezeigt, daß man die Papiere mit Hilfe des Falzers im großen und ganzen in ähnlicher Weise abstufen kann wie mit der Handknitterung.

Auf Grund dieser Ergebnisse hat der Verein Deutscher Papierfabrikanten den Antrag gestellt, bei der Kontrolle der Normalpapiere die Handknitterung fallen zu lassen und an ihre Stelle die Bestimmung des Widerstandes gegen Falzen mit Hilfe des Schopperschen Falzers zu setzen. Der Antrag wurde vom Staatsministerium angenommen

¹⁾ Der umfangreiche Bericht hierüber ist in den Mitt. 1901, S. 161 ff. veröffentlicht worden. Er enthält u. a. nähere Angaben über den Einfluß verschiedener Federspannung, verschiedener Entfernung der Rollen vom Falzblech und verschiedener Arbeitsgeschwindigkeit auf das Versuchsergebnis.

Art des Papiers	Richtung	Reißlänge m	Dehnung %	Anzahl der Doppelfaltungen
-----------------	----------	----------------	--------------	-------------------------------

1. Falzzahl in der Längsrichtung größer als in der Querrichtung.

Normal 4 a	Lang	5050	1,8	239
	Quer	2600	4,0	46
" 3 b	Lang	5700	2,5	249
	Quer	2800	5,0	65
" 4 b	Lang	6050	1,8	275
	Quer	3200	4,3	89
" 3 a	Lang	5600	2,6	733
	Quer	3050	5,7	88
" 4 b	Lang	5750	2,0	537
	Quer	3150	4,6	102
" 3 a (Schreibmaschinen- Durchschlagpapier)	Lang	6500	2,8	180
	Quer	3100	3,3	25

2. Falzzahl in beiden Richtungen annähernd gleich.

Normal 3 a	Lang	5750	2,8	475
	Quer	4550	4,8	472
" 2 b	Lang	5000	2,5	67
	Quer	3450	3,9	62
" 2 b	Lang	5950	3,1	580
	Quer	3750	5,8	554
" 3 b	Lang	4700	2,6	81
	Quer	3250	5,2	81
" 4 a	Lang	6300	1,8	54
	Quer	3050	5,2	54
" 4 a	Lang	5700	2,3	136
	Quer	3150	5,8	134

3. Falzzahl in der Querrichtung größer als in der Längsrichtung.

Normal 3 b	Lang	4950	2,5	43
	Quer	3200	4,1	78
" 4 a	Lang	4500	2,0	15
	Quer	3200	5,0	23
" 3 b	Lang	5350	2,6	69
	Quer	3400	5,2	110
" 3 a	Lang	5500	2,5	91
	Quer	3700	6,1	135
" 4 b	Lang	6250	2,6	349
	Quer	3850	7,5	395
" 4 a	Lang	5900	2,0	40
	Quer	3550	4,0	45
" 3 a	Lang	5700	3,3	35
	Quer	4250	5,5	210

und der 1. Januar 1905 als Zeitpunkt für die Einführung des Falzwiderstandes festgesetzt.

Die Grenzen für die Falzklassen wurden auf Grund der bei den ausgeführten Prüfungen gewonnenen Mittel aus sämtlichen Versuchen wie folgt festgelegt.

Falzklasse

0: 0—2	Doppelfalzungen, entspr. der Handknitterstufe	außerordentlich gering
1: 3—6	„ „ „ „	sehr gering
2: 7—19	„ „ „ „	gering
3: 20—39	„ „ „ „	mittelmäßig
4: 40—79	„ „ „ „	ziemlich groß
5: 80—189	„ „ „ „	groß
6: 190—999	„ „ „ „	sehr groß
7: 1000 und mehr	„ „ „ „	außerordentlich groß

Für die Anzahl der Streifen, die man zur Bestimmung des Falzwiderstandes benutzt, gilt auch hier das S. 9 für die Bestimmung der Festigkeit und Dehnung Gesagte, um so mehr, als die Einzelwerte für die Falzzahl zuweilen sehr erhebliche Abweichungen zeigen, wie dies angesichts der Wirkungsweise des Falzers und der Inanspruchnahme des Papiers von vornherein nicht anders zu erwarten war. Namentlich beobachtet man zuweilen einzelne ungewöhnlich hohe Einzelwerte, deren Auftreten dann wohl darauf zurückzuführen ist, daß an der Falzstelle besonders viel Fasern quer über den Falzkniff verlaufen. Auch mangelhaftes Einspannen kann derartig hohe Werte verursachen, da der Streifen sich dann etwas aus der Klemme ziehen kann und das Falzblech nicht immer an derselben Stelle angreift.

Wie viel Streifen man in jedem einzelnen Falle aus der Längs- und Querrichtung prüft, hängt wesentlich von der Art des Papiers ab; eine für alle Fälle gültige Zahl läßt sich nicht angeben. Allgemein kann man sagen, daß man so viel Streifen falzen wird, bis man klar sieht, in welche Falzklasse das Papier kommt, denn hierauf kommt es ja in den allermeisten Fällen allein an. Die genaue Anzahl der Doppelfalzungen selbst wird nur in ganz besonderen Fällen von Bedeutung sein, und hier muß man dann die Zahl der Streifen entsprechend erhöhen.

Zur Bestimmung der Falzklasse wird man fast immer mit fünf Streifen aus jeder Richtung auskommen, bei sehr festen Papieren sogar mit weniger; nur in den Fällen, in denen der gewonnene Mittelwert einem der Grenzwerte für die Falzklassen sehr nahe kommt, ist es notwendig, noch mehr Streifen zu falzen, um zu entscheiden, ob die höhere oder niedrigere Klasse in Frage kommt.

Im Materialprüfungsamt sind in den ersten Jahren nach Einführung des Falzers fast ausschließlich zehn Streifen aus jeder Richtung gefalzt worden. Sobald genügendes Beobachtungsmaterial vorlag, wurden die aus den ersten fünf Streifen erhaltenen Mittel denen aus

allen zehn Streifen gegenübergestellt¹⁾, und es zeigte sich, daß die Werte verhältnismäßig wenig voneinander abwichen, so daß man sich in den weitaus meisten Fällen mit fünf Streifen aus jeder Richtung begnügen kann, bei sehr festen Papieren mit noch weniger.

Bei dieser Gegenüberstellung stand ein sehr umfangreiches Zahlenmaterial zur Verfügung, nämlich die bei der Prüfung von

13 Papieren der Verwendungsklasse 1,				
je 100	„	„	„	2 a, 2 b, 3 a, 3 b, 4 a, 4 b,
49	„	„	„	5 a,
73	„	„	„	5 b,
85	„	„	„	6,
22	„	„	„	8 a,
59	„	„	„	8 b,
24	„	„	„	8 c,

zusammen also von 925 Papieren, ermittelten Falzzahlen.

Es zeigte sich, daß in allen Verwendungsklassen diejenigen Fälle überwiegen, in denen die beiden Versuchsreihen mit je fünf Streifen dieselbe Falzklasse ergeben haben. Auf die verschiedenen Verwendungsklassen verteilt sich die Übereinstimmung wie folgt:

Von 13 Papieren der Klasse 1	lieferten	12 = 92%	dieselbe Falzkl.
„ 100 „ „ „ 2 a	„	92 = 92	„ „ „
„ 100 „ „ „ 2 b	„	86 = 86	„ „ „
„ 100 „ „ „ 3 a	„	81 = 81	„ „ „
„ 100 „ „ „ 3 b	„	87 = 87	„ „ „
„ 100 „ „ „ 4 a	„	80 = 80	„ „ „
„ 100 „ „ „ 4 b	„	87 = 87	„ „ „
„ 49 „ „ „ 5 a	„	45 = 92	„ „ „
„ 73 „ „ „ 5 b	„	64 = 88	„ „ „
„ 85 „ „ „ 6	„	74 = 87	„ „ „
„ 22 „ „ „ 8 a	„	16 = 73	„ „ „
„ 59 „ „ „ 8 b	„	49 = 83	„ „ „
„ 24 „ „ „ 8 c	„	22 = 92	„ „ „

Von 925 Papieren der Klassen 1—8c lieferten 795 = 86% dieselbe Falzkl.

In den 14% der Fälle, in denen die zweiten fünf Streifen eine andere Falzklasse ergaben als die ersten, lagen die in beiden Fällen ermittelten Werte meist in der Nähe einer Grenze zwischen zwei Falzklassen, so daß hier der Wechsel in der Falzklasse keine große Bedeutung hat.

Nur bei 27 Papieren = rund 3% war der Unterschied in den Werten für die Falzzahl etwas größer.

¹⁾ Mitt. 1907.

Das Gesamtergebnis der Prüfung kann man dahin zusammenfassen, daß es in den allermeisten Fällen ausreichen wird, wenn aus jeder Richtung des Papiers fünf Streifen gefalzt werden. Genügt bei Normalpapieren die so ermittelte Falzklasse nicht, oder liegt die gefundene Falzzahl in unmittelbarer Nähe der unteren Grenze der für das betreffende Papier vorgeschriebenen Klasse, so wird man gut tun, noch weitere je fünf Streifen zu falzen und aus allen Werten das Mittel zu bilden.

Nachstehend sind noch die Mittel-, Maximal- und Minimalwerte der bei den verschiedenen Verwendungsklassen überhaupt beobachteten Falzzahlen zusammengestellt. Bei der großen Anzahl der untersuchten Papiere (925) gibt die Zusammenstellung einen wertvollen Überblick über die Grenzen, innerhalb deren die Falzzahlen schwanken.

Mittel-, Maximal- und Minimalwerte der Falzzahlen bei den verschiedenen Verwendungsklassen.

Verwendungs- klasse	Maschinen-Richtung			Quer-Richtung			Mittel aus beiden Richtungen		
	Max.	Min.	Mittel	Max.	Min.	Mittel	Max.	Min.	Gesamt- Mittel
1	1745	146	817 ¹⁾	1573	113	669	1475	185	743
2a	3201	66	722	1503	74	438	2051	120	580
2b	1091	29	221	373	39	133	714	36	177
3a	401	54	180	430	38	105	345	50	143
3b	285	38	112	130	21	57	208	36	85
4a	640	29	174	196	22	67	418	36	121
4b	515	6	188	284	8	73	366	7	131
5a	2890	44	812	2325	26	405	2012	61	609
5b	2308	9	354	1434	5	158	1745	7	256
6	577	4	62	231	1	24	404	3	43
8a	151	13	58	234	10	40	193	12	49
8b	348	2	70	231	2	42	296	2	56
8c	21	2	6	11	0	3	10	1	5

Wenn die Falzzahlen 1000 übersteigen, so falzt man bis etwa 1200 und bricht dann, wenn nur die Falzklasse bestimmt werden soll, den Versuch ab.

Die Entnahme der Probestreifen erfolgt zweckmäßig wie S. 9 angegeben aus verschiedenen Bogen.

¹⁾ Bei einer neuen kürzlich für Normal 1 vorgenommenen Zusammenstellung ergaben sich für den Zeitraum 1908—1913 bei insgesamt 55 Papieren als Mittel folgende Werte:

Längsrichtung	Querrichtung	Gesamtmittel
2028	1067	1548

Die Streifen werden auch hier in Rahmen auf die hohe Kante gestellt (Fig. 7 S. 18) und vor dem Versuch einige Stunden in dem Versuchsraum bei 65% relativer Luftfeuchtigkeit ausgelegt. Erforderlich sind Streifen von 10 cm Länge und 15 mm Breite.

Beim Schneiden ist auf die Innehaltung der richtigen Breite ganz besonders acht zu geben, da die Falzzahl bei gleichbleibender Feder-spannung mit zunehmender Breite des Streifens wächst, wie nachstehende Beispiele zeigen.

Art des Papiers	Mittlere Falzzahl bei einer Streifenbreite von		
	14 mm	15 mm	16 mm
Normal 8 a	25	34	42
„ 3 a	61	93	104
„ 2 a	245	301	366

Die Erfahrungen, die seit der Einführung des Falzers in die amtliche Papierprüfung im Materialprüfungsamt gemacht worden sind, sind den Fachkreisen in zwei ausführlichen Berichten zugänglich gemacht worden¹⁾. Sie lassen sich kurz dahin zusammenfassen, daß die Einführung des Falzers an Stelle der Handknitterung einen wesentlichen Fortschritt in der amtlichen Papierprüfung darstellt.

Bei sachgemäßer Behandlung und sorgfältiger Versuchsausführung liefert der Falzer zuverlässige Ergebnisse. Ergeben sich bei den Einzelprüfungen große Abweichungen, so ist hieran nicht der Falzer schuld, sondern die Ungleichmäßigkeit des Papierblattes, die er wie kein anderes Prüfungsmittel zum Ausdruck bringt.

Beim Falzen wird nämlich nur ein ganz kleiner Teil des Streifens, lediglich die schmale vom Schieberblech gefaßte Stelle, stark beansprucht, und an dieser Stelle muß der Bruch erfolgen. Je nachdem nun zufällig eine schwache oder eine starke Stelle des Streifens gefaßt wird, können sich ziemlich weit auseinander liegende Werte ergeben, und wenn gar einige Faserbündel quer zum Schlitz liegen, so erhöhen diese den Falzwiderstand an der betreffenden Stelle beträchtlich, und es können sich dann Werte ergeben, die um mehrere 100 Prozent emporschnellen²⁾.

Selbst bei der Prüfung von unmittelbar nebeneinander aus einem Bogen entnommenen Streifen zeigt die Falzzahl große Unterschiede³⁾.

¹⁾ Mitt. 1905 und 1907; P.Z. 1905, Nr. 101 und 1907, Nr. 27; W.B. 1905, Nr. 52 und 1907, Nr. 20.

²⁾ Bei der Bestimmung der Bruchlast und Bruchdehnung tritt diese Erscheinung nicht auf; hier wird der ganze Streifen beansprucht, und der Bruch tritt immer an der schwächsten Stelle ein. Stärkere Stellen oder solche, an denen Faserbündel abgelagert sind, sind also auf das Versuchsergebnis ohne Einfluß.

³⁾ Herzberg, Erfahrungen mit dem Schopperschen Falzer. Mitt. 1905, S. 83.

So ergaben sich bei drei Normalpapieren (2a, 3a, 4a), bei denen je zehn Streifen längs und quer unmittelbar nebeneinander entnommen wurden, in der Reihenfolge der Entnahme der Streifen folgende Falzwerte.

Normal 2a, längs:	487, 642, 228, 367, 234, 439, 400, 442, 323, 352.
quer:	300, 272, 219, 278, 417, 384, 267, 268, 354, 313.
Normal 3a, längs:	165, 244, 256, 232, 123, 185, 252, 132, 90, 152.
quer:	107, 94, 93, 215, 166, 110, 157, 143, 162, 124.
Normal 4a, längs:	97, 124, 88, 92, 108, 81, 72, 127, 185, 202.
quer:	36, 32, 33, 39, 42, 40, 51, 60, 43, 46.

Der Falzer bringt eben die Ungleichmäßigkeiten des Papiers in einer Weise zum Ausdruck wie kein zweiter Apparat. Man könnte ihm vielleicht daraus einen Vorwurf machen und im Hinblick auf den Zweck, den er erfüllen soll, zu große Empfindlichkeit vorwerfen. Diese Empfindlichkeit gibt indessen zu Beunruhigungen keinen Anlaß, da einmal die Grenzen der Falzklassen weit auseinanderliegen und ferner die großen Unterschiede in den Einzelwerten, die bei der Art der Beanspruchung des Versuchsstreifens von vornherein zu erwarten waren, sich, wie zahlreiche Kontrollversuche, über die in den Mitt.¹⁾ berichtet worden ist, ergaben, bei Ausführung von zehn Versuchen in der Längs- und Querrichtung ausgleichen. Man lasse sich also durch die Abweichungen nicht beirren und rechne nur mit dem Gesamtmittel aus allen Einzelwerten oder mit der Falzklasse.

Als Beweis, wie zuverlässig der Falzer arbeitet, seien nachstehend die bei der Prüfung eines sehr gleichmäßig gearbeiteten Papiers ermittelten Werte mitgeteilt. Es lagen von dem Papier 27 größere Streifen aus der Längsrichtung und 30 Streifen aus der Querrichtung vor. Aus jedem dieser 57 Abschnitte wurden zwei Streifen der betreffenden Richtung entnommen, beide gefalzt und aus den erhaltenen Werten die Mittel gebildet. Die Ergebnisse sind nachstehend zusammengestellt.

Wie die Zusammenstellung zeigt, beträgt selbst bei den durch Prüfung der verschiedenen Papierabschnitte gewonnenen Einzelwerten der Unterschied höchstens eine Doppelfalzung. Bei den Mittelwerten tritt diese Abweichung bei den 27 Werten für die Längsrichtung nur einmal und bei den 30 Werten für die Querrichtung nur zweimal auf, eine Beobachtung, die uns gleichzeitig Anerkennung für den Erzeuger des Papiers und den Hersteller des Falzers abzwingt.

Für die Aufstellung und Pflege des Apparates ist unter Hinweis auf das später über die Instandhaltung vom Prüfungsapparaten überhaupt Gesagte noch folgendes zu beachten.

¹⁾ Herzberg, Erfahrungen mit dem Schopperschen Falzer. Mitt. 1905, S. 71; 1907, S. 28; 1908, S. 181.

Papier- abschnitt	Anzahl der Doppelfaltungen						Papier- abschnitt	Anzahl der Doppelfaltungen					
	Längsrichtung			Querrichtung				Längsrichtung			Querrichtung		
	Streifen		Mittel	Streifen		Mittel		Streifen		Mittel	Streifen		Mittel
	1	2		1	2			1	2		1	2	
Nr.	1	2	Mittel	1	2	Mittel	Nr.	1	2	Mittel	1	2	Mittel
1	—	—	—	5	5	5	16	8	8	8	5	4	5
2	—	—	—	5	5	5	17	8	8	8	4	5	5
3	—	—	—	5	4	5	18	7	8	8	5	4	5
4	8	8	8	5	5	5	19	8	8	8	5	5	5
5	8	8	8	5	4	5	20	8	7	8	5	5	5
6	7	8	8	4	5	5	21	8	8	8	4	5	5
7	8	7	8	5	5	5	22	8	8	8	4	5	5
8	8	8	8	5	5	5	23	8	8	8	4	4	4
9	8	7	8	4	5	5	24	7	8	8	4	5	5
10	7	8	8	5	4	5	25	8	8	8	4	4	4
11	8	8	8	4	5	5	26	9	7	8	4	5	5
12	8	7	8	4	5	5	27	8	7	8	4	5	5
13	8	7	8	5	4	5	28	8	7	8	4	5	5
14	8	8	8	4	5	5	29	8	8	8	5	4	5
15	7	7	7	5	5	5	30	8	8	8	5	4	5

1. Aufstellen an einem möglichst staubfreien Ort.
2. Überdecken mit einem Tuch oder Kasten, wenn nicht gefalzt wird.
3. Wöchentliche Reinigung mit einem weichen Lappen und Pinsel.
4. Monatliche gründliche Reinigung namentlich der Leitrollen, Rollenlager usw. und vorsichtiges Schmieren der reibenden Teile mit gutem Schmieröl.
5. Benutzung nur für Papiere bis zu 150 g Quadratmetergewicht, da der Falzer für schwerere Sorten, also z. B. für Kartons nicht gebaut ist.

Für stärkere Papiersorten hat die Firma Schopper einen Falzer mit größerem Rollenabstand gebaut, den sie als Kartonfalzer in den Handel bringt. (Rollenabstand vom Schieberblech 2,0 mm, Höchstfederspannung 1,3 kg.)

Die Zuverlässigkeit des Schopperschen Falzers ist durch zahlreiche Versuche im Materialprüfungsamt erwiesen worden. Bei den vielfachen Kontrollversuchen hat sich eine Übereinstimmung der Mittelwerte ergeben, die man bei der Wirkungsweise des Apparates nicht hätte erwarten sollen. Die Beobachtungen haben ausnahmslos ergeben, daß er gleichmäßig arbeitet und durch ihn die Papiere hinsichtlich ihres Widerstandes gegen Falzen erheblich sicherer abgestuft werden, als es durch das frühere Handverfahren bei Bestimmung des Widerstandes gegen Zerknittern möglich war.

Der Falzer kann auch allen Papierfabriken, die nicht Normalpapiere herstellen, aber an der Kontrolle der Festigkeitseigenschaften ihrer Papiere Interesse haben, aufs wärmste empfohlen werden.

Prüfung des Schopperschen Falzers.

Alle in der Materialprüfung benützten Maschinen und Apparate werden von Zeit zu Zeit einer Prüfung auf ihre Brauchbarkeit unterzogen, denn Änderungen während des Gebrauches sind auch bei sorgfältiger Behandlung und gewissenhafter Versuchsausführung nicht ausgeschlossen.

Die Prüfung der Schopperschen Festigkeitsprüfer ist verhältnismäßig einfach und kann in jeder Fabrik ausgeführt werden, sobald ein geeichter Gewichtssatz vorhanden ist. Mit Hilfe einer geeigneten Aufhängevorrichtung wird der Hebel stufenweise belastet und die Kraftangabe des Zeigers mit den verwendeten Gewichten verglichen.

Die Prüfung des Schopperschen Falzers läßt sich nicht in so einfacher Weise ausführen. Sie muß sich erstrecken auf die Bestimmung der

1. Spannung der Federn für die Einspannklemmen,
2. Abmessungen der wirksamen Teile (Durchmesser der Rollen, Entfernung der Rollen im Rollenpaar, Hub der Einspannklemmen, Gewicht der Klemmen, freie Einspannlänge, Hub des Schiebers, Breite der Schlitzöffnung),
3. Parallelität der Schlitzränder und Rollen¹⁾.

Die sorgfältige Ausführung einer solchen Prüfung bereitet in der Praxis Schwierigkeiten, und wenn sie sich als notwendig herausstellt, überträgt man sie besser dem Verfertiger des Falzers oder einer Prüfungsstelle für derartige Apparate.

Aus der Papierindustrie heraus ist nun vielfach der Wunsch ausgesprochen worden, einen einfacheren Weg zur Kontrolle der Falzer zu schaffen, der es ohne Einsendung des Apparates ermöglicht, seine Wirksamkeit mit der der amtlichen Falzer zu vergleichen, denn die Frage der Übereinstimmung der in der Praxis und im Amt ermittelten Werte sei, so wurde betont, für die Fachkreise doch stets das wichtigste.


Das Amt ist diesen Wünschen entgegengekommen und versucht das Ziel in folgender Weise zu erreichen:

Von mehreren recht gleichmäßig gearbeiteten Papieren aus den Beständen des Amtes, verschiedenen Falzklassen angehörig, wird je

¹⁾ In den Mitt. 1901, S. 3 ff sind die Ergebnisse einer derartigen eingehenden Prüfung, ausgeführt an drei Falzern, mitgeteilt.

ein Bogen in der aus untenstehender Zeichnung ersichtlichen Weise in Streifen von 10 cm Länge und 15 mm Breite zerschnitten. Die Streifen der einen Bogenhälfte werden hintereinander mit 1 a, 2 a, 3 a usw. bezeichnet, die der anderen Hälfte entsprechend mit 1 b, 2 b, 3 b usw.

1 a	1 b
2 a	2 b
3 a	3 b
4 a	4 b
5 a	9 b
usw.	usw.



Die sämtlichen ungeraden a- und b-Streifen werden im Amt gefalzt; die geraden werden der Fabrik zu dem gleichen Zwecke übersandt. Hierbei ist darauf zu achten, daß der Feuchtigkeitsgehalt im Versuchsraum 65% beträgt, da sonst die Werte nicht vergleichbar sind.

Bei der geschilderten Art der Probeentnahme und Verteilung der Streifen auf die beiden Prüfungsstellen (Amt und Fabrik) verteilen sich auch die unvermeidlichen Ungleichmäßigkeiten des Papierblattes gleichmäßig auf beide Stellen, so daß eine einseitige Wirkung ungleicher Stellen im Papier ausgeschlossen ist.

Die Entnahme der Streifen quer zum Maschinenlauf ist die zweckmäßigste, weil dann alle Streifen aus derselben Bahnlage herrühren; würde man Längsstreifen entnehmen, so lägen die Streifen teils mehr nach der Mitte, teils mehr nach dem Rande der Bahn zu, und man hätte dann auch mit den Verschiedenheiten der einzelnen Teile der Papierbahn zu rechnen.

Nachstehend sind die Ergebnisse der Prüfung von zwei auf diese Weise mit den Falzern des Amtes verglichenen Falzern zweier Papierfabriken gegenübergestellt (S. 66).

Wie die Zusammenstellung zeigt, ergaben die Falzer beider Fabriken im Durchschnitt etwas geringere Werte als die des Amtes; nennenswert sind die Unterschiede nicht, aber sie deuten doch darauf hin, daß in beiden Fällen entweder ein Einfluß der Versuchsausführung (verschiedener Feuchtigkeitsgehalt der Luft?) oder des Falzers vorliegt.

Der beim Vergleich 2 benützte Falzer der Fabrik gelangte später zur genaueren Untersuchung in das Amt und hierbei ergab sich folgendes:

Papier Nr.	Mittlerer Wert aus den Falzwerten der Streifen				Gesamtmittel		Falzklasse	
	1a—19a (Amt)	2a—20a (Fabrik)	1b—19b (Amt)	2b—20b (Fabrik)	Amt	Fabrik	Amt	Fabrik

Vergleich 1

1	31	26	31	27	31	27	3	3
2	65	54	83	84	74	69	4	4
3	305	222	361	304	333	263	6	6

Vergleich 2

4	12	10	11	9	12	10	2	2
5	24	17	25	16	25	17	3	2
6	110	86	109	82	110	84	5	5

Äußerlich erkennbare Mängel zeigte der Apparat nicht. Nach dem Auseinandernehmen ergab sich, daß das Schieberblech und die Rollenpaare durch verharztes, mit Papierfasern durchsetztes Öl schwach überzogen waren, so daß die Streifen nach dem Falzen vielfach Fettflecke zeigten.

Die Rollen liefen wegen des Überzuges mit verharztem Öl etwas träge in ihren Lagern. Diese geringfügige Verunreinigung war aber, wie direkte Versuche mit dem Apparat vor und nach der Reinigung ergaben, nicht die Ursache der abweichenden Werte. Trotzdem sei aber auch hier wieder darauf hingewiesen, daß Verschmutzung der wirksamen Teile des Falzers sehr leicht Anlaß zu fehlerhaften Ergebnissen geben kann, und daß daher öftere Reinigung vorzunehmen ist.

Bei weiterer Untersuchung der wirksamen Teile des Falzers zeigte sich dann, daß die Rollen in beiden Lagerstücken nicht ganz parallel standen, und hierauf waren wohl die Abweichungen in den Werten zurückzuführen. Hervorgerufen war die schiefe Stellung der Rollen vermutlich dadurch, daß mit dem Apparat sehr dickes Papier oder schwacher Karton gefalzt worden war; hierfür ist der Falzer nicht gebaut. In seiner jetzigen Ausführung dürfen mit ihm nur Papiere von höchstens 0,3 mm Dicke gefalzt werden; wird diese Grenze überschritten, so liegt die Gefahr der Beschädigung der wirksamen Teile vor.

Ob sich die geschilderte Kontrolle der Falzer durch vergleichende Prüfung mit mehreren Papiersorten als ausreichend erweisen wird, müssen erst weitere Erfahrungen lehren; bis auf weiteres kann aber den Interessenten nur geraten werden, falls ihre Falzer andere Ergebnisse liefern als die des Amtes, zunächst diese schnell und leicht auszuführende Vergleichung vornehmen zu lassen.

Quadratmetergewicht.

Die Behörden stellen das Gewicht des gelieferten Papiers durch Auswiegen von Riespaketen fest, wobei das zum Umhüllen verwendete Umschlagpapier, aber auch nur dieses, nicht auch das zum Schutz mitverwendete Packmaterial usw. mitgewogen wird. Bei der am meisten verwendeten Bogengröße 33×42 cm ist dann das durch Auswiegen eines Paketes von 1000 Bogen in g ermittelte Gewicht durch 138,6 zu dividieren, um das Quadratmetergewicht in g zu erhalten. Papierlieferanten für Behörden werden gut tun, die Gewichtsbestimmung in gleicher Weise vorzunehmen.

Als Gewichtsspielraum nach oben und unten sind bei Behörden zugelassen für

Schreib- und Druckpapiere	2,5%
Aktendeckel und Packpapiere	4,0 „

Stehen Riespakete nicht zur Verfügung, mindestens aber fünf Bogen des zu prüfenden Papiers, so kann die Bestimmung leicht mit einer Wage (Fig. 28) erfolgen, wie sie nach Angaben des Materialprüfungsamtes von der Firma Schopper-Leipzig gebaut worden ist. Bei dieser werden fünf Bogen

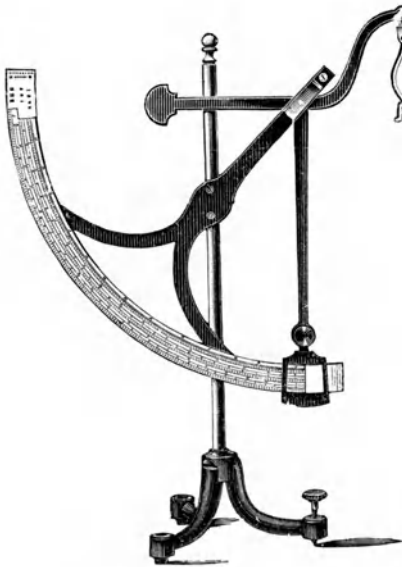


Fig. 28. Wage zur Bestimmung des Quadratmetergewichtes.

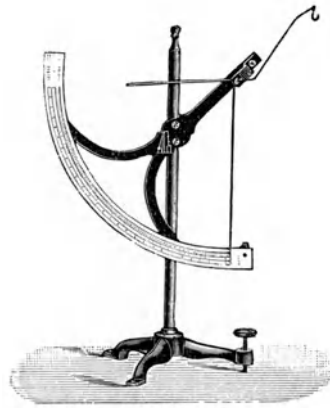


Fig. 29. Wage zur Bestimmung des Quadratmetergewichtes.

von 33×42 cm Größe zusammen in eine an der Wage angebrachte Klemmvorrichtung gebracht und man liest dann an einer Bogenteilung das Quadratmetergewicht direkt ab.

Bei noch weniger Probematerial, etwa gar nur bei einem kleinen Handmuster, muß man mit Hilfe einer Schablone ein bestimmtes Stück; etwa 1 qdm, ausschneiden, auswiegen und aus dem Gewicht das Quadratmetergewicht berechnen. Auch für diesen Fall hat man Wagen gebaut (Fig. 29), welche die direkte Ablesung des Quadratmetergewichtes gestatten, wenn man an den einen Arm ein Papierstück von bestimmter Größe hängt. Selbstverständlich ist der so ermittelte Wert erheblich ungenauer als der durch Auswiegen von 5 oder 1000 Bogen gefundene, da ein Ausgleich der unvermeidlichen Ungleichmäßigkeiten des Papiers nicht stattfinden kann.

Dicke.

Für die Messung der Dicke des Papiers stehen verschiedene Dickenmesser zur Verfügung. Bequeme Handhabung und genaue Ablesung gestattet der Schoppersche Dickenmesser,

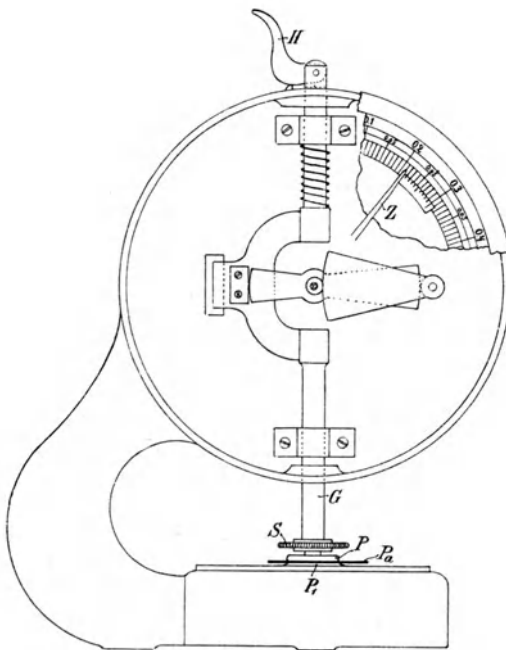


Fig. 30. Schoppers Dickenmesser.

dessen Wirkungsweise aus Fig. 30 zu ersehen ist.

Durch einen Druck auf den Hebel *H* wird das Gestänge *G* mit der am unteren Ende befindlichen Platte *P* angehoben, wobei gleichzeitig der Zeiger *Z* aus seiner Nullstellung nach rechts bewegt wird. Man legt dann das Papier *Pa* auf die untere mit dem Gestell fest verbundene Meßplatte *P*₁ und läßt *G* durch langsames Freigeben des Hebels *H* nach unten gehen. Der Zeiger zeigt dann die Dicke des Papiers an; mit

Hilfe des am Zeiger befestigten Nonius kann man sie auf $\frac{1}{1000}$ mm ablesen. Zum Einstellen des Zeigers auf 0 dient nötigenfalls die Scheibe *S*.

Ein anderer, aber nicht so bequemer Dickenmesser ist der von Rehse (Fig. 31).

Er besteht im wesentlichen aus der Mikrometerschraube B_1 , mit welcher die Trommel T fest verbunden ist, und der Gabel mit der Stellschraube B . Die Kreisflächen der Enden beider Schrauben B und B_1 , zwischen denen die Dicke des Papiers gemessen werden soll, können je nach Drehung der Mikrometerschraube näher aneinander gebracht oder voneinander entfernt werden. Das Gewinde der Mikrometerschraube besitzt eine Steigung von 0,5 mm, d. h. bei einer Umdrehung der Schraube verschiebt sich diese in der Längsachse um 0,5 mm; der

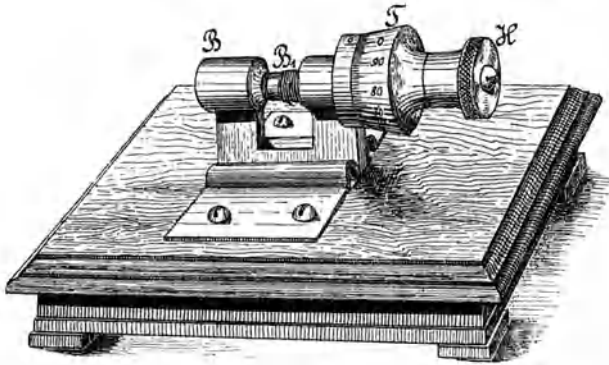


Fig. 31. Rehse's Dickenmesser.

Umfang der Trommel T ist in 100 gleiche Teile geteilt, folglich wird bei 0,01 Umdrehung der Schraube und somit der Trommel diese um

$$0,01 \cdot 0,5 \text{ mm} = 0,005 \text{ mm}$$

gegen die Fläche der festen Stellschraube verschoben; man hat also die direkte Ablesung auf der Trommel mit 0,005 zu multiplizieren, um die Dicke des Papiers in mm zu erhalten.

Um gleichmäßiges Anlegen der Kreisflächen an das Papier zu ermöglichen, ist mit der Mikrometerschraube eine sogenannte Reibungskuppelung, an deren Ende sich der Kopf H zum leichteren Handhaben des Dickenmessers befindet, verbunden. Sobald das Papier genügend angepreßt ist, gleitet bei Weiterdrehung des Kopfes H die Kuppelung an der Mikrometerschraube und verhindert, daß diese weiterbewegt wird.

Die Stellschraube B ermöglicht bei nicht mehr genauem Zusammenfallen der Nulllinien ein Nachstellen.

Der Dickenmesser ist zugleich so eingerichtet, daß er als Taschenapparat benutzt werden kann, indem die Gabel nicht fest mit dem Holzgestell verbunden, sondern nur durch ein federndes Blech festgeklemmt ist.

Die eigentliche Meßvorrichtung kann daher leicht aus dem Gestell entfernt werden.

Bei der Bestimmung der Dicke von Papier nimmt man zweckmäßig zehn Messungen vor, wenn möglich an zehn verschiedenen Bogen; steht nur ein Blatt zur Verfügung, so mißt man an zehn verschiedenen Stellen. Auf diese Weise gleichen sich die Ungleichmäßigkeiten des Papierblattes und die unvermeidlichen Versuchsfehler genügend aus. Da die Apparate einfach und leicht zu handhaben sind, erfordert eine zehnmalige Messung nur kurze Zeit.

Es gibt außer den vorstehend beschriebenen beiden Dickenmessern noch eine ganze Anzahl anderer; auf einige sei hier noch kurz hingewiesen.

Fischers Pyknometer¹⁾ besteht im wesentlichen aus einem keilförmigen Lineal, das sich gegen ein feststehendes verschieben läßt, wodurch sich zwischen beiden ein Schlitz öffnet; in diesen schiebt man das zu prüfende Papier; durch Federspannung wird dann das Keillineal zurückgezogen, wobei es das Papier leicht gegen das feste Lineal drückt. Die Entfernung der beiden Lineale wird an einer Bogenteilung mit $\frac{1}{100}$ mm Teilung abgelesen.

Nach demselben Prinzip ist das Nocklersche Pyknometer gebaut²⁾.

Teclu³⁾ schlägt vor, die Dicke des Papiers mit Hilfe des Mikroskopes zu messen. Er hat hierzu ein Mikroskop mit besonderer Vorrichtung zum Aufrechtstellen des Papierstückes versehen lassen und liest die Dicke mit Hilfe eines Okularmikrometers ab. Angesichts der einfachen Hilfsmittel, die wir besitzen, um die Papierdicke schnell und zuverlässig zu bestimmen, dürfte sich dieses Verfahren kaum einbürgern.

Teclu hat auch einen Apparat zum Messen der Dicke gebaut⁴⁾. Ein horizontal gelagerter Hebelarm, der eine Libelle trägt, wird an einem Ende durch Unterlegen des Papiers aus seiner horizontalen Lage gebracht. Durch Drehen der am anderen Ende des Apparates befindlichen Mikrometerschraube wird dann die horizontale Lage wieder hergestellt und das Maß der Drehung abgelesen. Dieses gibt die Unterlage zur Berechnung der Papierdicke.

Da die Handhabung des Apparates umständlicher und zeitraubender ist als die des Schopperschen und er außerdem nicht wie dieser die Dicke direkt anzeigt, so wird er sich kaum einbürgern.

Hat man keinen Dickenmesser zur Hand, so kann man sich im Notfalle auch so helfen, daß man eine Lage Papier von etwa 100 Bogen mit einer gewöhnlichen Schubleere mißt und den Meßwert durch 100 dividiert, oder einen Stoß von etwa 500 Bogen mit einem Brett und

¹⁾ Hoyer, Das Papier, 1882, S. 39.

²⁾ Winkler, Der Papierkenner, 1887, S. 116.

³⁾ Dingler, 1895, S. 187 und Valenta, Das Papier. 1904, S. 180.

⁴⁾ Z. 1907, S. 198.

Gewicht mäßig belastet, die Höhe des Stapels mit einem Millimetermaß mißt und den Wert durch 500 teilt. Liegen die Bogen doppelt, so muß die Teilung des abgelesenen Wertes natürlich durch 200 bzw. 1000 erfolgen.

Raumgewicht.

Das Raumgewicht gibt das Gewicht einer Raumeinheit Papier an; als Raumeinheit wählt man zweckmäßig 1 cdm = 1 Liter und gibt das Gewicht in kg an. Zur Feststellung des Raumgewichtes (R) mißt man die Dicke (D) des Papiers in mm und bestimmt ferner das Quadratmetergewicht (Qu). in g Dann ist

$$\text{Raumgewicht} = \frac{Qu}{D \cdot 1000} \text{ kg.}$$

Die Werte für das Liter-Raumgewicht unbeschwerter Papiere schwanken von etwa 0,33 kg bei sehr lockeren Papieren (Löschpapier) bis zu etwa 1,35 kg bei sehr dichten Sorten (Pergamynpapier). Das deutsche Banknotenpapier hat das Raumgewicht von annähernd 0,75.

Aschengehalt.

Diejenigen Bestandteile des Papiers, welche beim Verbrennen und darauf folgenden Glühen als unverbrennlich zurückbleiben, nennt man die Asche; sie enthält die unorganischen Verbindungen des Papiers im Gegensatz zu den organischen (Fasern, Leim, Stärke usw.), welche beim Verbrennen entweichen.

Die unorganischen Rückstände können aus drei verschiedenen Quellen stammen; zunächst aus dem zur Herstellung des Papiers verwendeten Rohmaterial (Lumpen, Zellstoffe, Holzschliff), sodann aus dem zum Leimen verwendeten Materialien, und schließlich können sie dem Papier direkt als Füllstoffe zugesetzt sein.

Die Pflanzenzellen enthalten auch im reinsten Zustand (Baumwolle) stets geringe Mengen unorganischer Verbindungen, und zwar sind Kalk und Kieselerde die am meisten vorkommenden, der Kalk in Verbindung mit Oxalsäure und Kohlensäure, die Kieselsäure als solche.

Der Anschaulichkeit wegen mögen hier einige Angaben über den Aschengehalt verschiedener in der Papierfabrikation verwendeter Roh- und Halbstoffe gemacht werden (S. 72—73),

Selbstverständlich können die mitgeteilten Werte nicht als absolute aufgefaßt werden; sie sind beständigen Schwankungen unterworfen, wie auch schon bei einzelnen Rohstoffen, mit denen mehrere Bestimmungen ausgeführt wurden, zu ersehen ist. Schon die Pflanze selbst wird bei einer größeren Anzahl von Bestimmungen der mineralischen Rückstände abweichende Werte ergeben, die man wohl auf klimatische Unterschiede und wechselnde Bodenbeschaffenheit zurückführen kann; hierzu kommen die verschiedenartigsten, stets schwankenden Einflüsse der Fabrikation.

Der teilweise sehr hohe Aschengehalt der Lumpen (Tabelle A) dürfte seine Ursache in mechanischen Verunreinigungen durch Sand, Erde usw. finden, falls nicht künstliche Beschwerden vorgenommen worden sind. Beide gehen im Laufe des Fabrikationsprozesses zum größten Teil verloren, wie die Tabelle C ergibt; die dort aufgeführten Halbzeuge sind meist aus den Lumpen der Tabelle A erzeugt worden.

Wie aus den Tabellen B—D weiter ersichtlich ist, nähert sich der mittlere Aschengehalt der reinen Rohstoffe, Halbzeuge, Zellstoffe und des Holzschliffes dem Werte 1,0.

A. Lumpen.

Lfd. Nr.	Bezeichnung der Lumpen	Aschengehalt ¹⁾ %	Lfd. Nr.	Bezeichnung der Lumpen	Aschengehalt %
1	Hell Baumwolle	1,20	17	Weiß Leinen 4	4,45
2	Reine weiße Baumwolle	2,60	18	f. leinene Flicker	0,55
3	Reine weiße Baumwolle	3,50	19	Halbweiß Leinen	3,30
4	Rot Kattun	3,50	20	Halbweiß Leinen 5	1,70
5	Blaue Strümpfe	4,90	21	Halbweiß Leinen 3	0,32
6	Weiß Strümpfe	1,03	22	Halbweiß Leinen 3	3,90
7	Kattun	0,75	23	Halbweiß(Nähte)Leinen 4	3,30
8	Kattun 2 A	3,00	24	Halbweiß Leinen 1	0,60
9	Kattun 2 C	5,80	25	Halbweiß Leinen 2	1,20
10	Schmutzig Parchend	3,70	26	Sack 1	7,00
11	Weiß Parchend	1,85	27	Sack 2	3,55
12	Hellrot Halbleinen	1,50	28	Sack 3	6,40
13	Braun Halbleinen	3,24	29	Sack 4	2,55
14	Gute Halbwole	9,70	30	Sack 5	4,12
15	Hellblau Leinen	1,10	31	Leinen V 3	3,33
16	Weiß Leinen I	1,20			

Mittlerer Aschengehalt = 3,06%.

¹⁾ Die Bestimmungen wurden im Platintiegel ausgeführt.

B. Anderweitige Rohstoffe.

Lfd. Nr.	Bezeichnung des Rohstoffes	Aschengehalt %	Lfd. Nr.	Bezeichnung des Rohstoffes	Aschengehalt %
1	Ungebleichtes Flachs-garn (Naßgespinst) . .	1,25	6	Jute (roh)	0,56
2	Hanfgarn (ungebleicht) .	1,35	7	Jute (zu Pappe verar-beitet) :	0,85
3	Russischer Hanf	1,41	8	Baumwolle (Louisiana) ungebleicht	0,53-0,85
4	Italienischer Hanf . . .	1,03	9	Espartogras	1,91-2,00
5	Badischer Hanf	0,69			

Mittlerer Aschengehalt = 1,11%.

C. Halbzeuge.

Lfd. Nr.	Bezeichnung des Halbzeuges	Aschengehalt %	Lfd. Nr.	Bezeichnung des Halbzeuges	Aschengehalt %
1	Leinen, gebleicht, Probe A	1,10	13	Leinen, ungebleicht, Nr. 4	0,63
2	Leinen, gebleicht, Probe B	0,36	14	Leinen, ungebleicht, Nr. 5	1,58
3	Leinen, gebleicht, Probe C	1,40	15	Baumwolle, gebleicht, A	0,79
4	Leinen, gebleicht, Probe D	1,86	16	Baumwolle, gebleicht, B	0,25
5	Weiß Leinen, mittlere Qualität, gebleicht . .	0,23-0,29	17	Weißes Baumwolle, gebleicht	0,24
6	Blau Leinen, gebleicht .	0,12-0,34	18	Bunte Baumwolle, gebleicht	0,30-0,46
7	Sack, Probe A	0,80	19	Baumwolle, ungebleicht, 1	1,12
8	Sack, Probe B	0,70	20	Baumwolle, ungebleicht, 2	0,90
9	Sack, Probe C	0,92	21	Baumwolle, ungebleicht, 3	0,24
10	Leinen, ungebleicht, Nr. 1	0,66	22	Hanfstrick, gebleicht . .	0,30
11	Leinen, ungebleicht, Nr. 2	0,40			
12	Leinen, ungebleicht, Nr. 3	1,03			

Mittlerer Aschengehalt = 0,74%.

D. Zellstoffe und Holzschliff.

Lfd. Nr.	Art des Materials	Aschengehalt %	Lfd. Nr.	Art des Materials	Aschengehalt %
1	Sulfitzellstoff, ungebl., 1	0,48	8	Strohzellstoff, gebleicht	0,86-1,22
2	Sulfitzellstoff, ungebl., 2	0,51	9	Birkenzellstoff, ungebleicht	0,65
3	Sulfitzellstoff, gebleicht	0,42	10	Birkenzellstoff, gebleicht	1,57
4	Mitscherlich-Zellstoff, ungebleicht	1,25	11	Fichten-Holzschliff . . .	0,43
5	Natronzellstoff, ungebleicht	1,40	12	Kiefern-Holzschliff . . .	0,70
6	Natronzellstoff, gebleicht	1,34	13	Espen-Holzschliff . . .	0,36-0,44
7	Strohzellstoff, ungebleicht	2,30	14	Linden-Holzschliff . . .	0,40

Mittlerer Aschengehalt = 0,94%.

Man ersieht hieraus, daß die unverbrennlichen Rückstände der Rohmaterialien einen verhältnismäßig geringen Bruchteil ausmachen, und wenn man für sie rund 2% in Anrechnung bringt, so wird dies in allen Fällen genügen.

Ganz anders verhalten sich einige ausländische Fasersorten, welche zur Herstellung von Papier benutzt werden. So weisen die gebleichten Adansoniafasern (die Bastfasern des in Afrika heimischen *Adansonia digitata*, Affenbrotbaum) einen Aschengehalt von 5,70—7,19%, die Fasern, welche in Japan zur Herstellung von Papier dienen, im Durchschnitt einen solchen von 2,5% auf.

Da diese Rohstoffe aber bis jetzt für die deutsche Papierfabrikation von geringer Bedeutung sind, so können sie hier außer acht gelassen werden.

Die zweite der oben angeführten Quellen für die Asche, der der Papiermasse zugesetzte Leim, liefert bisweilen schon einen größeren Prozentsatz an unverbrennlichen Bestandteilen. Bekanntlich wird der größte Teil der bei uns erzeugten Papiere nicht wie früher durch tierischen Leim, sondern durch den billigeren Harzleim beschreibbar gemacht.

Ohne hier auf die Frage einzugehen, was der leimende Faktor im Harzleim ist, sei nur bemerkt, daß bei dem Leimen des Papiers stets mit einem Überschuß von Alaun gearbeitet wird und auf diese Weise eine gewisse Menge überschüssiger Tonerdeverbindungen in das Papier gelangt. Diese bleiben in der Asche als Tonerde (Al_2O_3) zurück und können unter Umständen wohl bis zu 1% des Papiers ausmachen. Ein geleimtes Papier kann demnach, ohne daß ihm Füllstoffe zugefügt sind, sehr wohl einen Aschengehalt von 3,0% aufweisen.

Endlich werden den Papieren aus verschiedenen Gründen, z. B. um ihr Aussehen zu verbessern, um sie schreib- und druckfähiger zu machen, um ihre Undurchsichtigkeit zu erhöhen, zur Erzielung eines billigeren Verkaufspreises usw. mineralische Füllstoffe direkt zugesetzt.

Hauptsächlich verwendet werden

Kaolin, Ton, Bleichererde, Porzellanerde, China Clay (Aluminiumsilikat),

Gips, Annaline, Lenzin, Blütenweiß (Kalziumsulfat),

Schwerspat (Bariumsulfat),

Permanenteiß, Blanc-fixe, Blanc-Perle (künstlich hergestelltes Bariumsulfat),

Asbestine, Talcum (vorzugsweise Magnesiumsilikat)

und andere.

Die Bestimmung der Aschenmenge in der Weise vorzunehmen, daß man einen Bogen des zu prüfenden Papiers von bekanntem Gewicht verbrennt und den übrig bleibenden schwarzen Rückstand dem Ge-

wicht nach bestimmt, ein Verfahren, wie es wohl hin und wieder noch angewendet wird, ist für die Erlangung brauchbarer Werte unzulänglich, da bei solchem Vorgehen das Gewicht der noch nicht verbrannten Kohle mit zur Asche gerechnet wird.

Wenn es auch für die Zwecke der technischen Papierprüfung als überflüssig erscheinen muß, eine Aschenbestimmung beispielsweise bis auf 0,001 g genau auszuführen, denn ein so genaues Arbeiten ist im Hinblick auf die Ungleichartigkeit des Rohmaterials und die ungleichmäßige Verteilung der etwa vorhandenen Füllstoffe in der Papiermasse¹⁾, sowie im Hinblick auf den Zweck der Prüfung nicht angebracht, so muß man doch darauf Bedacht nehmen, Verfahren und Apparate anzuwenden, bei denen der Fehler 0,25% nicht übersteigt.

Zwei Wagen sind es, welche zu diesem Zwecke vorzugsweise angewendet werden und welche die geforderte Genauigkeit besitzen, nämlich die Postsche und die Reimannsche Aschenwage.

Die Postsche Aschenwage.

Auf zwei horizontal gelagerten Stahlplatten *P* (Fig. 32) liegt der Hebel *H* mit einer Stahlschneide *S* auf; das eine Ende des Hebels bildet den Zeiger *Z*, an dem anderen ist eine Stahlschneide eingelassen, auf welche das Gehänge *G* aufgelegt ist; in diesem Gehänge liegt das Platindrahtnetz *D*, in welchem die Veraschung des Papiers vorgenommen wird; der Zeiger *Z* spielt über einer Teilung von 0—150; jeder Teilstrich entspricht einem Belastungszuwachs von 1 Centigramm.

Durch Niederdrücken des Hebels *A* kann der ganze Hebel *H* nebst dem daran befindlichen Gehänge von den Platten *P* abgehoben und so die Wage festgestellt werden; auch dient *A* dazu, heftige Schwingungen des Zeigers, die beim Auflegen von Papier auf das Gehänge entstehen können, zu mäßigen.

Beim Wägen muß selbstverständlich der Hebel *A* so liegen, daß er die Walze, in welcher die Schneide *S* eingelassen ist, nicht berührt.

Mit Hilfe der Schraube *Sch* wird die Wage so aufgestellt, daß sich bei eingelegtem Drahtnetz der Zeiger auf den Nullpunkt der Teilung einstellt.

Man stelle die Wage so auf, daß sie vor Erschütterungen möglichst geschützt ist, am besten auf einem Konsol, das an einer Tragewand angebracht ist; ist ein solches nicht zu haben, so vermeide man wenigstens häufiges Wechseln des Standortes der Wage.

Der Versuch selbst geht in folgender Weise vor sich.

¹⁾ Ein Kupferdruckpapier z. B. ergab an verschiedenen Stellen ein und desselben Bogens Aschenmengen von 13,65—14,71%.

Sobald der Zeiger bei eingelegtem Drahtnetz auf Null einspielt, legt man in das Gehänge einen Streifen Papier, der nicht ganz so breit ist wie das Drahtnetz lang, damit er nach dem Zusammenrollen gut in dasselbe hineingeht.

Zur Verwendung gelangt eine Papiermasse von dem Gewicht 1 g, weil dann das Gewicht der Asche, in Zentigrammen abgelesen, direkt den Prozentgehalt bedeutet.

Geht der Zeiger der Wage nach dem Auflegen des Papierstreifens

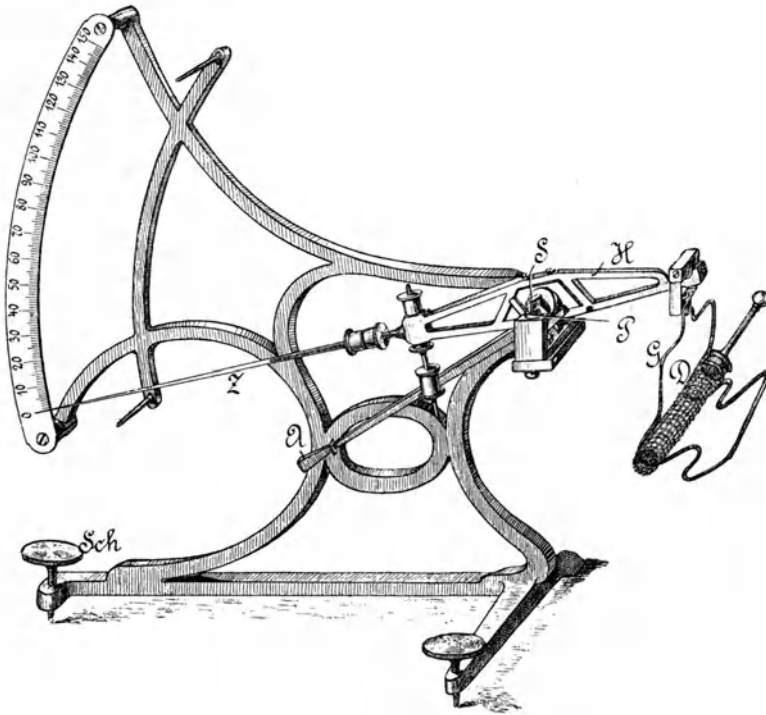


Fig. 32. Postsche Aschenwage.

über den Teilstrich 100 hinaus, so reißt man so lange kleine Stückchen von dem Streifen ab, bis der Zeiger auf 100 einspielt; steht er mit dem aufgelegten Papier unter 100, so fügt man nach und nach geringe Mengen Papier hinzu, bis das Gewicht von 100 cg voll ist.

Das nunmehr im Gehänge befindliche Papier wird darauf fest zusammengerollt und in das Platindrahtnetz geschoben, in welchem es verbrannt wird.

Die Verbrennung geschieht am besten durch Gas mit Hilfe eines Bunsenschen Brenners, welcher einen fächerförmigen Aufsatz trägt

(Fig. 33). Durch diesen Aufsatz erzielt man eine Flamme, welche das ganze Drahtnetz gleichzeitig umspült und zum Glühen bringt, während man bei Anwendung eines einfachen Brenners ohne Aufsatz die Flamme von Zeit zu Zeit verschieben muß, um alle Teile des Papiers in dieselbe zu bringen.

Steht Gas für den Versuch nicht zur Verfügung so muß man sich mit einer kräftigen Spiritusflamme begnügen, mit der man seinen Zweck ebenso vollkommen, jedoch erst nach längerem Glühen erreicht.

Bei Anwendung von Gas ist der Versuch in längstens zehn Minuten beendigt.

Zum Auflegen des Drahtnetzes während der Veraschung bedient man sich zweckmäßig einer Vorrichtung, wie sie in Fig. 33 dargestellt ist. An einem Gestell *St* befinden sich zwei durch Schrauben festzulegende Gabeln *G*, welche in der dem Brenner entsprechenden Höhe festgeschraubt werden. Die Drahtstangen der Gabeln sind mit Porzellanröhrchen belegt, um eine Berührung des Platinnetzes mit dem Eisendraht zu verhindern. Während des Versuches drehe man das Netz häufiger, so daß die untere Seite auch nach oben zu liegen

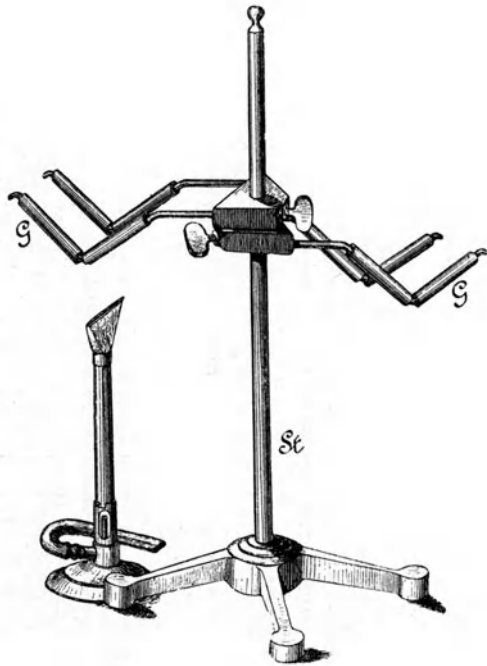


Fig. 33. Veraschungsgestell.

kommt, weil die Verbrennung in dem dem Brenner zugekehrten Teile des Netzes nicht so vollkommen ist wie oben.

Einen Verlust hat man während dieses Umdrehens und auch bei dem ganzen Versuch nicht zu befürchten, da die Asche auch bei den feineren Papieren in sich zusammenhält. Man kann nun allerdings der Asche nicht ohne weiteres ansehen, wann sie vollständig ausgeglüht und ob alles Organische verbrannt ist. Meist wird dies der Fall sein, wenn nach dem Entfernen der Flamme in dem Rückstand Glimmen nicht mehr zu bemerken ist. Sieht man noch Teile der Asche weiter glimmen, besonders wenn man mit der Hand vorsichtig etwas Luft dagegen fächelt, so ist dies ein Beweis dafür, daß noch unverbrannte

Kohleteilchen vorhanden sind; das Glühen muß sodann fortgesetzt werden, bis diese Erscheinung nicht mehr auftritt.

Die Asche erscheint alsdann als weiße bis weißgraue Masse, vorausgesetzt, daß das verwendete Papier nicht mit einem farbigen, unorganischen Farbstoff gefärbt war.

In solchen Fällen zeigt auch die Asche noch eine ausgesprochene Färbung, und zwar meist die des angewandten Farbstoffes. Papiere z. B., die gefärbt sind mit

Ocker, hinterlassen eine gelbbraune Asche

Ultramarin, „ „ bläuliche oder blaue Asche

Chromgelb, „ „ gelbliche Asche

Berliner Blau (Kaliblauf, Pariserblau, Miloriblauf), hinterlassen eine rotbraune Asche (Eisenoxyd).

Nach dem vollständigen Erkalten der Asche bringt man das Netz mit seinem Inhalt in das Gehänge der Wage zurück und liest ab, über welchem Teilstrich der Zeiger spielt; die Zahl der angezeigten Zentigramme gibt den Aschengehalt des Papiers in Prozenten an.

Zahlreiche Vergleichsversuche, die mit Hilfe einer chemischen Wage angestellt wurden, ergaben als größten Fehler der Postschen Aschenwage 0,23%, so daß sie für praktische Zwecke als vollkommen genügend bezeichnet werden kann.

Auf zwei kleine Fehlerquellen, die sie in sich birgt, wird später noch eingegangen.

Hat man den Aschengehalt durch Ablesen an der Teilung festgestellt, so muß man sich überzeugen, ob die Veraschung vollständig durchgeführt ist; denn zuweilen sieht der Rückstand sehr weiß aus und glimmt auch nach dem Entfernen der Flamme nicht mehr nach, und dennoch befinden sich im Innern noch Kohleteilchen, bis zu denen keine atmosphärische Luft gedrungen ist, und welche aus diesem Grunde nicht verbrennen konnten. Man drückt deshalb nach dem Ablesen die Asche auf einem Papierblatt mit Hilfe eines Glasstabes auseinander; finden sich im Innern noch schwarze, unverbrannte Teile vor, so bringt man entweder die Asche in einen Platintigel und glüht so lange, bis alle Kohleteilchen verschwunden sind, oder nimmt einen neuen Versuch vor.

Von den beiden Fehlerquellen, die oben kurz erwähnt worden, steckt die eine in dem Platinnetz, die andere in dem an dem Netz befindlichen Griff aus Messing.

Dadurch, daß der Platindraht in der Glühhitze mit der Kohle aus dem Papier zusammenkommt, entsteht eine Verbindung des Platins mit dem Kohlenstoff, das sog. Kohlenstoffplatin, das sich in der Glühhitze verflüchtigt.

Das Platinnetz wird also während des Versuches leichter.

Ein Netz, welches ursprünglich 16,566 g schwer war, wog nach 74 Veraschungen nur noch 16,142 g; es hatte demnach 0,424 g oder 2,6% seines Anfangsgewichtes verloren.

Die Zerstörung des Platinnetzes geht schließlich so weit, daß die ursprünglich etwa 1 mm starken Drähte haardünn werden und das Netz durch ein neues ersetzt werden muß.

Die zweite Fehlerquelle liegt in dem Messinggriff des Netzes; beim Erhitzen des Papiers entstehen im Innern, wo die Luft nicht sofort zutreten kann, Produkte der trockenen Destillation; diese Kohlenwasserstoffe schlagen sich an dem kälteren Griff zum Teil nieder und bilden hier eine schwarze, kohlige, schwer zu entfernende Masse.

Der Metallgriff wird also während des Versuches schwerer und hebt mehr oder weniger den durch das Platinnetz verursachten Fehler wieder auf.

Diese Fehler haben Schopper Veranlassung gegeben, eine Verbesserung an der Postschen Wage vorzunehmen, die aus Fig. 34 ersichtlich ist. Das Gehänge ist zu einer Schale ausgebildet, auf der ein kurzes, unten mit einem Metallfuß versehenes, oben offenes Glasrohr steht; mit diesem ist die Wage auf 0 eingestellt. Durch Auflegen von Papier auf die Schale wird 1 g Material abgewogen und dieses in einem der Wage beigegebenen und in das Glasrohr hineinpassenden Veraschungsnetz völlig durchgeglüht; nach dem Erkalten schüttet man die Asche in das Glasrohr und liest an der Wage die Aschenmenge in Zentigrammen ab; diese bedeuten dann den Prozentgehalt des Papiers an Asche.

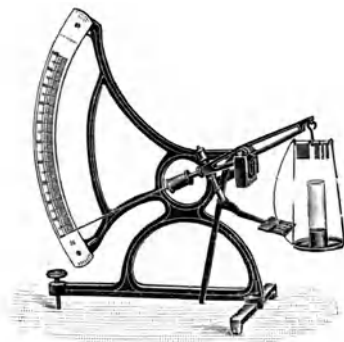


Fig. 34. Schoppers Aschenwage.

Dadurch, daß das Platinnetz nicht mitgewogen wird, ist dessen allmähliche Gewichtsabnahme für den Versuch bedeutungslos geworden. In gleicher Weise ist dies bei der Reimannschen Aschenwage der Fall.

Reimanns Aschenwage.

Der eine Arm des Wagebalkens ist mit einem Gewicht aus einem Stück gearbeitet (Fig. 35); der andere trägt zwei Wagschalen, von denen die obere zum Auflegen eines Glasröhrchens (Fig. 36), die untere für Gewichte bestimmt ist. Da die Wage ohne Glasrohr bei einer Belastung von 21 g sich im Gleichgewicht befindet, so wähle man das Röhrchen so aus, daß es dem Gewicht von etwa 19 g nahekommt, ohne jedoch diese Grenze zu überschreiten. Auf die untere Wagschale bringt

man an Gewichten 2 g, und zwar ein Grammgewicht als solches und den Rest in Dezi- und Zentigrammstücken. Eine etwaige Differenz gleicht man auf der unteren Wagschale mit kleinen Metallstückchen sowie mittels der zu diesem Zweck angebrachten Schraube *R* aus.

Eine Pinselarretierung, wie sie Fig. 35 zeigt, hat sich für das Auflegen und Abnehmen der Gewichte als sehr praktisch erwiesen.

Der Gang der Aschenbestimmung ist folgender.

Nachdem die Wage mit dem aufgelegten Glasröhrchen so aufgestellt ist, daß die Zunge nach rechts und links um gleich viel Teilstriche ausschlägt, wird das Grammgewicht von der unteren Schale entfernt und statt dessen so viel Papier aufgelegt, daß die Wagenzunge wieder gleichmäßig um den Nullpunkt spielt. Diese Menge Papier, 1 g schwer, wird zusammengerollt, in

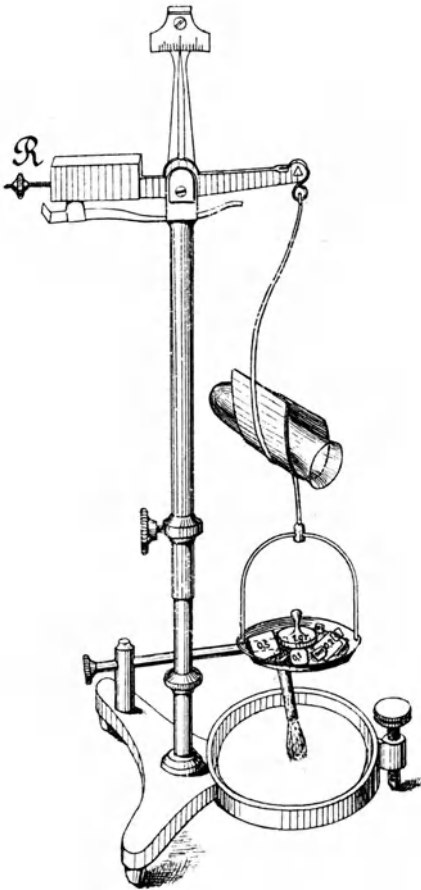


Fig. 35. Reimanns Aschenwage.

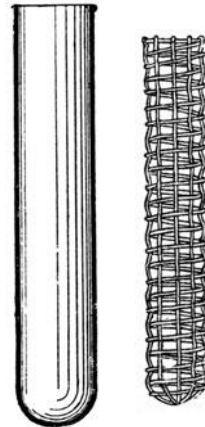


Fig. 36. Glasröhrchen und Platinnetz zum Veraschen.

ein Platinnetz gesteckt, wie es Fig. 36 zeigt, und nun in derselben Weise mit Hilfe des Gestelles Fig. 33 verascht, wie es vorher auseinander-gesetzt wurde.

Ist die Veraschung beendet, so steckt man das Platinnetz in das Glasröhrchen und schüttet die Asche hinein; geringes Klopfen mit dem Netz gegen die Wände des Glases genügt, um den Rückstand ohne jeden Verlust in das Röhrchen überzuführen.

Da sich die Platinnetze beim Gebrauch häufig verbiegen und zusammendrücken und die Asche sich dann schwer aus ihnen entfernen läßt, so weitet man die Netze von Zeit zu Zeit dadurch wieder auf, daß man sie über einen entsprechend starken Holzstab zieht. Das Röhrchen, welches jetzt die Asche des Papiers enthält, wird nunmehr auf die obere Wagschale gelegt und das Grammgewicht, welches beim Abwägen des Papiers von der Schale fortgenommen wurde, auf diese zurückgebracht.

Die Zunge der Wage wird nun naturgemäß nach rechts ausschlagen, und zwar um so mehr, je größer das Gewicht der Asche ist. Um dieses zu bestimmen, entfernt man von den kleinen Gewichten allmählich so viel, daß der Ausschlag der Zunge nach beiden Seiten des Nullstriches gleich groß ist. Die Summe dieser Gewichte ergibt das Gewicht der Asche, in Zentigrammen ausgedrückt, den Prozentgehalt des Papiers an unverbrennlichen Bestandteilen. Wären beispielsweise behufs Herstellung des Gleichgewichtes der Wage nach dem Auflegen des Röhrchens mit der Asche 11 cg heruntergenommen worden, so hätten 1 g oder 100 cg Papier 11 cg unverbrennliche Bestandteile hinterlassen, d. h. das Papier würde 11 % Asche enthalten.

Es erübrigt noch, zu bemerken, daß Bruchteile von Zentigrammen an dem Ausschlag auf der Teilung abgelesen werden; die Wagen sind meist so gebaut, daß ein Ausschlag von zwei Teilstrichen einer Belastung von 1 cg entspricht; auf diese Weise läßt sich also der Aschengehalt auf Viertelprozente genau ablesen.

Vergleichsbestimmungen durch Veraschen im Platintiegel haben gezeigt, daß der Fehler bei Bestimmungen mit der Reimannschen Wage 0,25% nicht übersteigt. Auf S. 82 einige Beispiele hierfür.

Die Veraschung des Papiers geht um so schneller und vollkommener vor sich, je besser die atmosphärische Luft Zutreten kann; um dies in besonders hohem Maße zu erreichen, hat Schopper eine Veraschungs-vorrichtung (Fig. 37) gebaut, bei der während der Veraschung durch einen schornsteinähnlichen Aufbau ein ununterbrochener Luftstrom durch die Asche geführt wird. Diese Vorrichtung hat sich bei den Arbeiten

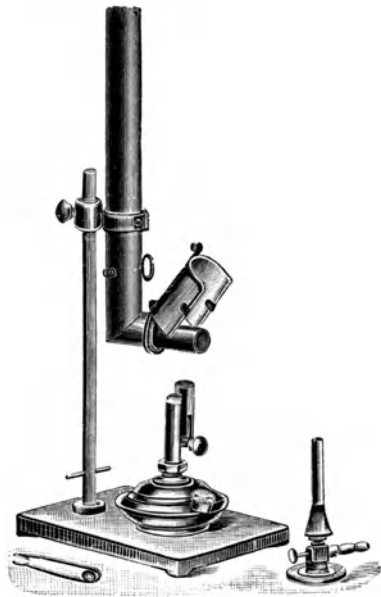


Fig. 37.
Schoppers Veraschungs-vorrichtung.

im Materialprüfungsamt sehr bewährt, sie vermindert die Dauer des Glühens ganz wesentlich.

Ein Gramm Papier wird zusammengerollt und in das in dem wage-rechten kurzen Stutzen des Aufbaues steckende, herausnehmbare und hinten mit einem Drahtnetz abgeschlossene Rohr aus dünnem Nickelblech geschoben. Durch einen untergestellten Brenner wird dieses Rohr ins Glühen gebracht, die Verbrennungsgase entweichen durch das als Schornstein wirkende senkrechte Blechrohr, und in kurzer Zeit ist infolge der starken Luftzuführung die Veraschung beendet.

Ergebnisse der Prüfung von 12 Packpapieren auf Aschengehalt.

Laufende Nr.	Aschengehalt ¹⁾		Abweichung %
	Platintiegel %	Reimanns Wage %	
1	5,1	5,0	— 0,1
2	4,5	4,5	0
3	4,9	4,8	— 0,1
4	3,7	3,8	+ 0,1
5	3,3	3,3	0
6	5,6	5,5	— 0,1
7	3,1	3,3	+ 0,2
8	2,1	2,0	— 0,1
9	7,1	7,0	— 0,1
10	4,2	4,0	— 0,2
11	2,4	2,3	— 0,1
12	2,9	3,0	+ 0,1

Die größte Abweichung beträgt demnach 0,2%.

Die Asche wird dann nach dem Abkühlen des Rohres in das Glasrohr geschüttet und gewogen.

Von demselben Gedanken ausgehend wie Schopper, die Veraschung durch vermehrte Luftzufuhr zu beschleunigen, hat Heyse²⁾ eine Veraschungsrichtung unter Verwendung eines Porzellantiegels mit durchlochtem Deckel vorgeschlagen. Durch das Loch ragt ein mit einer feinen Öffnung versehenes, hart gelötetes Kupferrohr mit Platinspitze, durch welches während des Veraschens mit Hilfe eines Gummiballes Luft in den Tiegel geblasen wird, wodurch der Verbrennungsprozeß wesentlich beschleunigt wird. Beim Einblasen der Luft muß man natürlich vorsichtig zu Werke gehen, da sonst leicht Asche aus dem Tiegel fortgeblasen werden kann.

¹⁾ Sämtliche Werte abgerundet auf eine Dezimalstelle.

²⁾ W.B. 1899, S. 239.

Zur Veraschung auf elektrischem Wege dient ein kleiner, sehr handlicher, von Dr. Scheufelen in Vorschlag gebrachter Apparat, der sich mit der gewöhnlichen Stöpseldose für Glühlampen an das Stromnetz anschließen läßt (Fig. 38). Für die Erhaltung der Heizelemente ist es zweckmäßig, einen Rheostaten zur Regelung der Stromstärke einzuschalten.

Ein Gramm Papier wird zusammengerollt in die mit Platinblech ausgelegte Öffnung des Heizkörpers geschoben und der Strom dann eingeschaltet. Das Platinblech kommt nach kurzer Zeit ins Glühen, das Papier entflammt und verascht sehr bald. Die Asche wird dann in das Glasröhrchen der Wage geschüttet und gewogen.



Fig. 38. Elektrische Veraschungsapparatur.



Fig. 39. Trockengläschen.

Handelt es sich darum, genauere Angaben als diese über die im Papier enthaltenen Füllstoffe zu erhalten, so reichen die beiden beschriebenen Wagen für die Bestimmung nicht mehr aus, und es muß eine quantitative Bestimmung mit Hilfe der chemischen Wage vorgenommen werden.

Hierbei ist dann auch die im Papier enthaltene Feuchtigkeit zu berücksichtigen, welche bei den eben erwähnten Verfahren wegen des geringen Einflusses, den sie auf das Endergebnis ausübt, nicht in Betracht gezogen worden ist.

Um den Feuchtigkeitsgehalt im Papier zu bestimmen, werden ungefähr 1–2 g in ein Trockengläschen gebracht, wie es Fig. 39 zeigt; dieses wird dann mit lose aufgelegtem Deckel in einem gewöhnlichen Luftbad auf ungefähr 105° C bis zum gleichbleibenden Gewicht erhitzt.

Nach Abzug des Gewichtes der Trockenflasche erhält man das Gewicht des Papiers.

Das Papier wird darauf auf eine Platinnadel gespießt oder mit einem Platindraht umwickelt, verbrannt und der Rückstand in einem kleinen Porzellan- oder Platintiegel so lange geglüht, bis zwei aufeinanderfolgende Wägungen dasselbe Ergebnis liefern. Beim Glühen stellt man den Tiegel schräg und legt den Deckel schräg gegen die Tiegelöffnung, damit die Luft besser hinzutreten kann.

Aus dem Gewicht des Papiers und des Rückstandes läßt sich dann der Aschengehalt in Prozenten berechnen.

Beim Veraschen können mit den im Papier vorhandenen mineralischen Füllstoffen infolge des Glühens mehr oder weniger weitgreifende chemische Veränderungen vor sich gegangen sein, indem teils Bestandteile ausgetrieben, teils Füllstoffe in andere Verbindungen übergeführt werden; es sei hierfür nur ein Beispiel erwähnt.

Angenommen, es wäre einem Papierstoff Gips zugesetzt, wasserhaltiger schwefelsaurer Kalk von der Zusammensetzung $\text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$. Dieser Körper gibt beim Glühen sein Wasser ab, und in der Asche bleibt nur wasserfreier schwefelsaurer Kalk (CaSO_4) zurück. Unter Zugrundelegung der angegebenen Formel ergibt sich, daß 172 Gewichtsteile Gips 136 Gewichtsteile schwefelsauren Kalk hinterlassen. Somit hat man einen Glühverlust von rund 21⁰/₁₀₀, der in Rechnung zu ziehen ist durch Erhöhung des gefundenen Aschengehaltes um rund $\frac{1}{4}$.

Außerdem kann bei ungenügendem Luftzutritt während der Veraschung ein Teil des Gipses in Kalziumsulfid übergeführt werden, wodurch ein weiterer Verlust entsteht.

Zwecks genauer Feststellung der in einem Papier vorhandenen Füllstoffmenge reicht daher die bloße Aschenbestimmung nicht aus; sie muß ergänzt werden durch eine Aschenanalyse, damit man weiß, mit welchem Füllstoff man es zu tun hat.

In den allermeisten Fällen wird der nachfolgend beschriebene kurze Analysengang ausreichen, da man sich für den angegebenen Zweck bei der Untersuchung der Asche weißer¹⁾ Papiere auf nachfolgende Bestandteile beschränken kann.

Tonerde, herrührend von Kaolin.

Magnesium, herrührend von Asbestine.

Kalzium, herrührend von Gips.

Barium, herrührend von Schwerspat.

Kieselsäure, herrührend von Kaolin oder Asbestine.

Kohlensäure, von Magnesium- oder Kalziumkarbonat.

Schwefelsäure, herrührend von Gips oder Schwerspat.

¹⁾ Bei der Prüfung mineralisch gefärbter oder gestrichener Papiere muß man den Analysengang natürlich erweitern; hierauf noch einzugehen, würde hier zu weit führen.

Um die wesentlichen, d. h. absichtlich zugesetzten Füllstoffe von etwaigen unwesentlichen, aus dem Betriebswasser, den Papierspänen o. a. herrührenden Beimengungen unterscheiden zu können, tut man gut, die Analyse bis zu einem gewissen Grade gleich annähernd quantitativ auszuführen, d. h. von einer gewogenen Menge Asche auszugehen und wenigstens einzelne der abgeschiedenen Bestandteile dem Gewichte nach zu bestimmen.

Zunächst prüft man, ob sich die Asche völlig oder fast völlig in verdünnter Salzsäure löst; ist dies der Fall, so hat man es, was Füllstoffe anbelangt, nur mit Gips, oder Kalzium- oder Magnesiumkarbonat zu tun.

Man setzt dann zu einem Teil der filtrierten Lösung Bariumchlorid im Überschuß; ein Niederschlag zeigt Gips an; zu einem zweiten mit Ammoniak neutralisierten Teil setzt man Ammoniumoxalat; ein Niederschlag weist auf Kalzium. Man filtriert und setzt Ammoniumphosphat hinzu; ein Niederschlag zeigt Magnesiumkarbonat an.

Falls sich, was meist der Fall ist, die Asche füllstoffhaltiger Papiere nicht vollständig in Salzsäure löst, schmilzt man 0,5 g Asche im Platintiegel mit etwa 2,5 g Kalium-Natronkarbonat eine Viertelstunde lang über dem Gebläse, kocht die Schmelze mit Wasser aus und filtriert.

Das Filtrat wird mit Salzsäure angesäuert und mit Bariumchlorid im Überschuß versetzt; ein Niederschlag, der eventuell dem Gewichte nach bestimmt wird, rührt von Schwefelsäure her.

Der im Wasser unlösliche Teil der Schmelze wird in einer Porzellanschale mit Salzsäure behandelt, wobei sich Kieselsäure ausscheidet; um diese unlöslich zu machen, wird das Ganze zur Trockene verdampft, der Rückstand mit konzentrierter Salzsäure angefeuchtet, das Ganze mit heißem Wasser versetzt und die ausgeschiedene Kieselsäure abfiltriert¹⁾.

Zum Filtrat, genügend verdünnt und nötigenfalls mit Ammoniumchlorid versetzt, fügt man Ammoniak, um die Tonerde auszufällen²⁾.

Das Filtrat von der Tonerde wird mit Ammoniumkarbonat versetzt, wodurch Barium und Kalzium ausfallen.

Der Niederschlag wird in Salzsäure gelöst und die Lösung mittels Flammenreaktion geprüft. Zeigt die Flamme keine grüne Färbung (Bariumreaktion), so ist nur Kalzium vorhanden. Bei grüner Flamme

¹⁾ Zu berücksichtigen ist hierbei, daß ein Teil der Kieselsäure in den wässerigen Auszug der Schmelze gegangen ist.

²⁾ Der Tonerdeniederschlag wird zweckmäßig nach dem Trocknen und Glühen gewogen, da er wegen seines voluminösen Zustandes schwer auf seine Menge zu schätzen ist.

Das Vorhandensein von Kaolin in der Asche soll nach Knösel (W.B. 1910, S. 1786) schon an dem charakteristischen Tongeruch zu erkennen sein, den die Asche ausströmt, wenn man sie anhaucht.

ist Barium vorhanden, eventuell in Gemeinschaft mit Kalzium. Um dies festzustellen, dampft man die salzsaure Lösung zur Trockene ein und nimmt mit absolutem Alkohol auf, wodurch Kalziumchlorid in Lösung geht, während Bariumchlorid zurückbleibt.

Zum Filtrat des Barium-Kalziumniederschlages wird nach reichlichem Zusatz von Ammoniak Ammoniumphosphat gesetzt und dadurch Magnesium ausgefällt.

Bei Herstellung von Zigarettenpapier werden bekanntlich vielfach mineralische Stoffe besonderer Art zur Erhöhung der Brennbarkeit des Papiers zugesetzt, hauptsächlich wohl die Oxyde, Karbonate und Superoxyde von Magnesium und Kalzium. Für die Analyse der Asche von Zigarettenpapier hat Skark¹⁾ einen Analysengang zur Bestimmung der Art und Menge der gewöhnlich verwendeten Füllstoffe ausgearbeitet, der manchem Papierchemiker willkommen sein dürfte; näher hierauf einzugehen, würde zu weit führen, es muß hier der Hinweis genügen, daß das Gegebene dem Analytiker seine Arbeit durch die Zusammenstellung der Verfahren und Reaktionsgleichungen wesentlich erleichtert. Auch auf die Verfahren zum Nachweis von Superoxyden hat der Verfasser hingewiesen, da letztere bei den nach dem Patent Serog hergestellten Zigarettenpapieren Verwendung finden.

Nachweis von Chrom, Blei und Eisen in Quittungskarten-Karton.

Quittungskarten-Karton muß bekanntlich nach der Bestimmung des Bundesrates mit Chromblei und Eisenoxyd gelb gefärbt sein. Der Nachweis dieser Färbung geschieht in folgender Weise.

Wenigstens 25 g Karton werden gut verascht. Die Asche wird mit konzentrierter Salzsäure übergossen, das Ganze zur Trockene verdampft und der Rückstand mit wenig Salzsäure und Wasser wieder aufgenommen.

Zum Nachweis des Eisens wird ein kleiner Teil der filtrierten Lösung mit Ferrocyankalium versetzt. Ist Eisen vorhanden, so tritt Blaufärbung ein (Berliner Blau).

In den übrigen Teil der schwach sauren Lösung wird zum Nachweis von Blei Schwefelwasserstoff eingeleitet. Der ausfallende schwarze Niederschlag wird abfiltriert, mit ziemlich konzentrierter Salpetersäure in Lösung gebracht, diese zur Trockene verdampft und der Rückstand mit Wasser wieder aufgenommen. In dieser Lösung entsteht bei Gegenwart von Blei auf Zusatz von Kaliumchromat ein gelber Niederschlag (Chromblei).

Das Filtrat des Schwefelwasserstoffniederschlages wird zur Trockene verdampft, der Rückstand mit Soda und Salpeter geschmolzen, mit

¹⁾ Z. 1910, S. 898.

Wasser aufgenommen und zu der mit Essigsäure angesäuerten Lösung Bleiazetat gesetzt. Beim Vorhandensein von Chrom fällt dieses als gelber Niederschlag (Bleichromat).

Steht von dem auf Art der Füllstoffe zu prüfenden Papier nur so wenig Material zur Verfügung, daß die für die chemische Analyse nötige Menge Asche nicht gewonnen werden kann, so ist man auf die Untersuchung mit Hilfe des Mikroskopes angewiesen, für die Pauli einen Untersuchungsgang ausgearbeitet hat¹⁾.

Von verschiedenen Seiten (Beckh, Heuser, Posanner) ist vorgeschlagen worden, die Art der Füllstoffe im Papier durch Ausfärben der Asche mit Farbstoffen zu bestimmen. Beckh hat hierfür einen besonderen Arbeitsgang vorgeschlagen²⁾.

Einfluß der Füllstoffe auf die Dauerhaftigkeit des Papiers.

Im Anschluß an die Ausführungen über die Bestimmung des Aschengehaltes im Papier sei im nachfolgenden noch einiges über den Einfluß der Füllstoffe auf die Dauerhaftigkeit der Papiere hinzugefügt, weil die Ansichten hierüber teilweise noch recht verschieden sind.

Bei der Aufstellung der ersten Papiernormalien im Jahre 1886 „Grundsätze für amtliche Papierprüfungen“³⁾ ging man von der Annahme aus, daß Füllstoffe die Ausdauerfähigkeit der Papiere ungünstig beeinflussen und demnach bei Papieren für wichtige Zwecke auszuschließen seien. Der Aschengehalt wurde daher für Papiere der

Stoffklasse I (Lumpenpapiere) auf höchstens 2%,
 „ II (75% Lumpen, 25% Zellstoff) auf höchstens 5%,
 „ III (Stoff beliebig, aber ohne Holzschliff) auf höchstens 15%
 festgesetzt.

Diese Beschränkungen blieben auch noch bestehen in den „Vorschriften für die Lieferung und Prüfung von Papier zu amtlichen Zwecken“ vom Jahre 1891⁴⁾; erst in den jetzt gültigen „Bestimmungen über das von den Staatsbehörden zu verwendende Papier“ vom Jahre 1904⁵⁾ (siehe Anhang) sind sie gefallen. Seit dieser Zeit können die Normalpapiere mit beliebigem Füllstoffgehalt gearbeitet werden.

In Fachkreisen ist auch heute noch stellenweise die Ansicht vertreten, daß die Füllstoffe an sich die Dauerhaftigkeit der Papiere herabmindern; eine sachliche Begründung ist aber hierfür schwer zu geben.

¹⁾ Pauli, Die mineralischen Papierfüllstoffe und ihre Erkennung. Zentralblatt f. d. österr.-ung. Papierindustrie 1906, S. 465.

²⁾ Die Bestimmung der Art der Füllstoffe in der Papierasche. W.B. 14, S. 3001.

³⁾ Mitt. 1886, S. 89.

⁴⁾ Mitt. 1892, S. 1.

⁵⁾ Mitt. 1903, S. 211.

Weshalb soll von zwei Papieren, von denen das eine Füllstoffe enthält, das andere nicht, das beschwerte weniger dauerhaft sein als das unbeschwerte, wenn sonst alle Eigenschaften, namentlich alle Festigkeitseigenschaften (Reißlänge, Dehnung, Widerstand gegen Zerknittern und Falzen usw.) gleich sind?

Die Lebensdauer eines Papiers hängt einmal von der Art seiner Verwendung und dann von seinen Eigenschaften ab. Ist es z. B. starken mechanischen Einflüssen ausgesetzt, so kann es, auch wenn es aus Material höchster Güte hergestellt worden ist, unter Umständen sehr bald der Zerstörung anheimfallen. Beispiele hierfür bieten unsere Banknoten. Mit größter Sorgfalt aus den besten Rohstoffen erzeugt, bieten sie infolge ihrer Eigenschaften bei schonender Behandlung und sorgsamer Aufbewahrung die Möglichkeit, Jahrtausende zu überdauern; trotzdem haben sie wegen der mannigfachen mechanischen Einwirkungen, die fast ununterbrochen auf sie einwirken, nur eine verhältnismäßig kurze Lebensdauer.

Andererseits können Papiere aus ganz geringwertigem Material lange Zeitabschnitte überdauern, wenn ungünstige äußere Einwirkungen von ihnen ferngehalten werden. Beispiele hierfür sind die Papyrusrollen, die zum Teil in recht gut erhaltenem Zustande aufgefunden worden sind, obwohl ihr Alter nach Jahrtausenden zählt. Nach Rohstoff und Eigenschaften ein Material, das unseren heutigen Anforderungen in bezug auf die Dauerhaftigkeit in keiner Weise entspricht, hat es sich so lange halten können, weil es, unter sehr weitgehendem Abschluß von Luft, Licht und Feuchtigkeit aufbewahrt, zerstörenden Einflüssen entzogen war.

Weitere Beispiele sind die von dem Pastor Schäffer¹⁾ vor fast 150 Jahren aus 50 verschiedenen Faserstoffen (verschiedene Hölzer, Rohrstengel, Hopfenranken, Moos, Tannenzapfen, Brennessel, Beifuß, Wassermoos usw.) hergestellten und seinem hierzu verfaßten Werke beigegebenen Papiere. Da nur eine beschränkte Anzahl von Exemplaren des Buches hergestellt wurde, besaß es von vornherein einen besonderen Wert und wurde daher auch besonders sorgfältig behandelt. Die Papiere der beiden im Besitz des Materialprüfungsamtes befindlichen Exemplare (deutsch und holländisch) sind durchweg sehr gut erhalten; sie können zur Zeit ihrer Herstellung nicht wesentlich anders gewesen sein und werden bei sorgfältiger Behandlung und Aufbewahrung sicher noch Jahrhunderte überdauern.

Auch die Tageszeitungen, die häufig bei der Grundsteinlegung

¹⁾ Jac. Christ. Schäffers Versuche und Muster, teils ohne alle Lumpen, teils mit geringem Zusatz derselben, Papier zu machen. Regensburg 1765 bis 1772. (Eingehend unter Anführung von Versuchsergebnissen besprochen in den Mitt. 1898, S. 143.)

öffentlicher Gebäude in Blechkästen verlötet und in den Grundstein eingemauert werden, werden voraussichtlich lange Zeiträume in wenig verändertem Zustande überdauern, trotz ihrer geringen Festigkeit und ihres minderwertigen Fasermaterials und ihres meist hohen Füllstoffgehaltes.

Unter gleichen äußeren Verhältnissen und Beanspruchungen werden diejenigen Papiere sich am ausdauerfähigsten erweisen, die aus den chemisch widerstandsfähigsten Stoffen hergestellt sind und die besten Festigkeitseigenschaften aufweisen. Nun sind die Füllstoffe, welche die Papierindustrie verarbeitet, in bezug auf Veränderung infolge atmosphärischer und anderer chemischer Einflüsse auch den reinsten Pflanzenfasern, wie sie zur Herstellung unserer besten Papiere benutzt werden, weit überlegen. Es ist also nicht einzusehen, wie sie, wenn an allen Festigkeitseigenschaften der Papiere festgehalten wird, deren Ausdauerfähigkeit ungünstig beeinflussen sollen. Von dieser Annahme ausgehend, hat man bei der letzten Neubearbeitung der Papiernormalien die für den Aschengehalt der Normalpapiere bisher gültigen Grenzen aufgehoben und den Fabrikanten die Verwendung von mineralischen Füllstoffen gänzlich freigegeben. Mit dieser Aufhebung wurden gleichzeitig vielfach geäußerte Wünsche der Papierindustrie erfüllt, die dahin gingen, auch für die Papiere 1—2b zur Erzielung besseren Aussehens, besserer Schreibfähigkeit usw. die Verwendung geringer Mengen Füllstoffe zuzulassen.

Bei den hohen Festigkeitswerten aber, die für diese Papiere, namentlich für die Klassen 1 und 2a, vorgesehen sind, wird der Papiermacher von dieser Möglichkeit voraussichtlich nur in bescheidenem Maße Gebrauch machen können. Sollte es ihm aber gelingen, in dieser Beziehung fortzuschreiten und die erwähnten Papiere auch bei stärkerem Zusatz von mineralischen Beimengungen noch den sonstigen Bedingungen entsprechend herstellen zu können, so wäre dies als ein Fortschritt und nicht, wie vielfach behauptet wird, als ein Rückschritt anzusehen. Von zwei Papieren mit sonst gleichen Eigenschaften, insbesondere gleichen Festigkeitseigenschaften, von denen das eine Füllstoffe enthält, das andere nicht, ist ersteres qualitativ höher einzuschätzen, weil seine Herstellung nur durch Verwendung besserer Rohstoffe und durch bessere Verarbeitung ermöglicht werden konnte.

Mikroskopische Untersuchung.

Die Aufgabe der mikroskopischen Papierprüfung besteht hauptsächlich darin, die Art der Fasern zu bestimmen, aus denen ein Papier hergestellt ist; in zweiter Linie soll sie Aufschluß darüber geben, in welchem Zustande sich die Fasern befinden und in welchen Mengen sie vorhanden sind, soweit sich letzteres durch Abschätzung des mikroskopischen Bildes im Vergleich mit Mischungen von bekannter Zusammensetzung beurteilen läßt.

Durch Anwendung färbender Lösungen verschiedener Art gelingt es, die Papierfasern in Gruppen zu trennen, die das Auge leicht durch ihre verschiedene Färbung unterscheiden kann. Innerhalb dieser Gruppen wiederum Unterschiede durch Färbung hervorzurufen, ist trotz aller Versuche bisher nicht in zufriedenstellender Weise gelungen. Eine sichere Kenntnis des Baues der Fasern bleibt daher ein unbedingtes Erfordernis zu ihrer Erkennung. Der Bau der Zelle gibt hierzu Anhaltspunkte, obschon diese nicht immer so sicher sind, daß Verwechslungen einzelner Fasern ausgeschlossen wären.

Vorbereitung des Papiers.

Das Papier als solches ist zum Mikroskopieren nicht ohne weiteres geeignet. Stellenweise wird vorgeschrieben, ein kleines Stück des zu untersuchenden Papiers auf dem Objektglase in einem Tropfen Wasser, Glycerin o. a. mit Präpariernadeln zu zerfasern und unter dem Mikroskop zu betrachten; dieses Verfahren ist unvollkommen, weil die neben den Fasern im Papier vorhandenen Körper, wie Leim, Stärke, Füllstoffe usw., den Bau der Zelle verdecken und ihr Erkennen erschweren. Um diese der Untersuchung hinderlichen Bestandteile zu entfernen, ist es erforderlich, das Papier zunächst in ganz verdünnter Natron- oder Kalilauge zu kochen.

Zur Erlangung einer guten Durchschnittsprobe entnimmt man, am besten aus verschiedenen Bogen, kleine Stücke des zu untersuchenden Materials, übergießt sie in einer Porzellanschale mit einer geringen Menge etwa fünfprozentiger Natronlauge, läßt diese einige Zeit einwirken, fügt dann reichlich Wasser hinzu und erhitzt das Ganze zum Kochen. Schon bei diesem Kochen verrät sich die Anwesenheit eines Faserstoffes, nämlich die des Holzschliffes. Holzschliffhaltiges Papier färbt sich beim Kochen in der Lauge erbsengelb, während holzschliff-freies im Aussehen unverändert bleibt.

Man kocht ungefähr eine Viertelstunde und rührt dabei häufig mit einem Glasstabe um; Papiere aus geringerem Material verlieren hierbei ihren Zusammenhang ziemlich leicht und liefern schnell eine breiige Masse, während festere Papiere erst nach längerem Rühren zerfallen. Ist das Kochen beendet, so bringt man das Ganze in einen unten durch ein ganz feinmaschiges Metallsieb verschlossenen Spültrichter von nebenstehender Form (Fig. 40) und gießt Wasser über die darin befindliche Masse, um die den Fasern noch anhaftende Lauge zu entfernen.

Je länger und gründlicher man wäscht, besonders wenn man hierbei den Brei noch durchrührt, um so reiner wird der Stoff und um so klarer sind die mikroskopischen Bilder. Es liegt aber bei starkem Waschen, namentlich wenn wenig Brei im Trichter ist, auch die Gefahr vor, daß Teile des Stoffes von besonderer Feinheit, wie die feinsten Teile von Holzschliff, Zähne von Esparto, Oberhautzellen und Parenchymzellen von Stroh und Esparto usw., mit dem Washwasser durch das Sieb gehen. Man tut daher gut, trübe durchgehendes so lange auf den Brei zurückzugießen, bis das ablaufende Wasser klar ist.

Der Brei wird dann in eine weithalsige, mit Glasstopfen versehene und zur Hälfte mit Wasser gefüllte Flasche gebracht, deren Boden etwa 2 cm hoch mit kleinen Granaten bedeckt ist. Die weitere Zerfaserung des Stoffes wird dann dadurch bewirkt, daß die Flasche kräftig geschüttelt wird, bis die Stoffklumpen verschwunden sind und ein gleichmäßiger dünner Brei entstanden ist. Dieser Ganzstoff wird mittels des erwähnten Siebtrichters abfiltriert (auch hierbei ist darauf zu achten, daß trübe ablaufendes Wasser wieder auf den Brei gegossen wird) und aus dem zurückbleibenden Brei das Material für die mikroskopischen Präparate entnommen.

Man erhält auf diese Weise klare mikroskopische Bilder, da die Fasern durch den Kochprozeß von allen Stoffen befreit sind, die ihren Bau verdecken und die mikroskopische Untersuchung erschweren; ferner läßt sich der gewonnene Brei bequem zerteilen und stellt eine gute Durchschnittsprobe dar.

Der Wasserzusatz in der Schüttelflasche hat einerseits den Zweck, die Beweglichkeit des Stoffes zu erhöhen und die Fasern der Einwirkung der Granaten leichter zugänglich zu machen, andererseits dient er dazu, eine zu starke mechanische Einwirkung zu verhindern; nimmt man zu

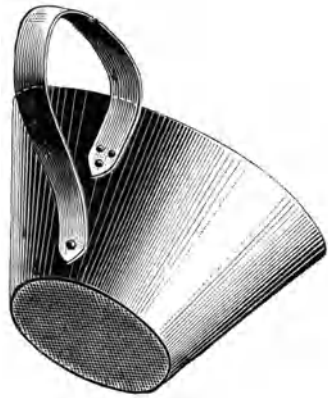


Fig. 40. Spültrichter.

wenig Wasser, so kann es vorkommen, daß die Fasern durch das Schütteln so stark angegriffen werden, daß sie im mikroskopischen Bilde entstellt erscheinen. Dieser Fall wird besonders dann eintreten, wenn man bei wenig Brei und wenig Wasser sehr lange und kräftig schüttelt. Aber auch bei hinreichendem Wasserzusatz ist das Schütteln nur so lange fortzusetzen, bis die klumpigen Massen zerteilt sind.

Bei Beobachtung dieser Vorsicht hat man keine störende Veränderung im Zustand der Fasern zu befürchten.

Sehr bequem ist, besonders bei kleinen Proben und sehr festem Papier, die Vorbereitung im Glasröhrchen und ohne Anwendung von Granaten. Man kocht die Probe mehrere Minuten mit einer etwa fünfprozentigen Lauge, kühlt etwas ab, verschließt die Mündung des Röhrchens mit dem Daumen und schüttelt so lange, bis vollständige Zerfaserung eingetreten ist. Der Inhalt des Röhrchens wird dann auf ein kleines ganz feinmaschiges Sieb (Fig. 41) gebracht und die zurückbleibende Fasermasse, nachdem sie unter Berücksichtigung der vorher erwähnten Vorsichtsmaßregeln mit Wasser gewaschen ist, zur Herstellung der mikroskopischen Präparate benutzt.



Fig. 41. Spülsieb.

Die Reinigung der Schüttelflaschen, der Siebtrichter und Porzellanschalen wird am besten gleich nach dem Gebrauch vorgenommen, oder man stellt die benutzten Gegenstände (die Schüttelflaschen geöffnet) in ein großes Gefäß mit Wasser, damit die Faserreste nicht antrocknen. Die Schüttelflasche wird behufs Reinigung zur Hälfte mit Wasser gefüllt, tüchtig durchgeschüttelt, wieder entleert und so weiterbehandelt, bis in dem über den Granaten stehenden Wasser keine Fasern mehr bemerkt werden; auch ganz vereinzelte Fasern sind in dem Wasser deutlich sichtbar.

Pappen, Preßspäne und ähnliche Erzeugnisse, welche beim Kochen mit Lauge nur schwer erweichen, spaltet man vorher in dünne Blätter, um sie der Einwirkung der Lauge leichter zugänglich zu machen.

Wenn dann die Stücke beim Schütteln nicht ganz auseinandergehen, gießt man den Brei auf das Sieb und knetet den Rückstand mit den Fingern tüchtig durch. Schüttelt man sie dann nochmals mit Wasser durch, so erhält man gut freigelegte Einzelfasern.

Gefärbte Papiere werden im allgemeinen nicht anders behandelt als ungefärbte. Die Farbe wird häufig schon durch den Kochprozeß vollständig zerstört oder doch so umgewandelt, daß sie bei der Untersuchung nicht hindert; auch bei widerstandsfähigeren Farben pflegt die mikroskopische Untersuchung von gefärbtem Papierbrei im allgemeinen keine größeren Schwierigkeiten zu machen als das Mikroskopieren von ungefärbtem Brei. Eine besondere Behandlung des Papiers oder des Breies zur Entfernung des Farbstoffes ist nur dann erforderlich,

wenn die Farbe so dunkel ist, daß sie den Bau der Fasern verdeckt. Als Farbstoff lösende oder zerstörende Mittel kommen hauptsächlich Alkohol, Salzsäure, Salpetersäure und Chlorkalk in Betracht. Ein Verfahren, das in allen Fällen zum Ziele führt, kann nicht angegeben werden, da die Art der Beseitigung in jedem einzelnen Falle von der chemischen Natur des verwendeten Farbstoffes abhängig ist.

Nicht geleimte Papiere, Löschpapiere, Filtrierpapiere, Halbstoffe usw. lassen sich schon mit Wasser allein zerkochen. Indessen tut man gut, auch in diesen Fällen etwas Lauge hinzuzufügen, da hierdurch bessere Färbungen und klarere mikroskopische Bilder erzielt werden. Nur bei wollhaltigen Papieren (Kalenderpapier, Schrenzpapier, Dachpappe usw.) ist Lauge ganz zu vermeiden, da Wolle von Natronlauge gelöst wird.

Pergamentpapiere zerfasern bei der beschriebenen Vorbehandlung nicht; das Verfahren läßt sich daher auf sie nicht anwenden. Die mikroskopische Untersuchung von Pergamentpapieren ist überhaupt mit Schwierigkeiten verknüpft, da die Fasern stark gequollen und daher schwer zu erkennen sind.

Dr. Bartsch¹⁾ hat ein Verfahren vorgeschlagen, mit Hilfe dessen man Pergamentpapier auch in Brei umwandeln kann.

Man verdünnt konzentrierte Schwefelsäure (vom spezifischen Gewicht 1,84 g) mit der gleichen Raummenge Wasser, indem man die Säure vorsichtig in dünnem Strahle in das Wasser einlaufen läßt. Von der erhaltenen verdünnten Schwefelsäure gießt man 50 ccm in ein etwa 150 ccm fassendes Becherglas und erwärmt auf 50–60° C. Hierauf bringt man das zu untersuchende Pergamentpapier — am zweckmäßigsten zwei Stücke in Größe von 2 × 5 cm — in die erwärmte Schwefelsäure und rührt, sobald das Papier schwammig wird und Neigung zum Zerfallen zeigt, mit Glasstäben kräftig um. Sowie die Trennung der Fasern genügend erscheint, filtriert man sofort durch ein Sieb ab und wäscht mit Wasser gut nach. Besonders ist darauf zu achten, daß die Vorbereitung wegen der starken Einwirkung der Schwefelsäure auf den Zellstoff in möglichst kurzer Zeit ausgeführt wird. In der Regel ist, je nach dem Grade der Pergamentierung, eine Einwirkungsdauer von 2–5 Minuten erforderlich. Ist der Zellstoff, unter dem Mikroskop betrachtet, stark angegriffen und nicht deutlich erkennbar, so hat die Einwirkung der Schwefelsäure zu lange gedauert. Man wiederholt dann die Vorbereitung, wobei man die Vorbereitungsdauer abkürzt. Besteht das Pergamentpapier nur aus Lumpen, so ist die Gefahr zu langer Einwirkung der Schwefelsäure nicht so groß, da die Lumpenfasern gegen die Schwefelsäure weit widerstandsfähiger sind als der Zellstoff, der in Pergamentpapieren besonders brüchig und gegen Schwefelsäure

¹⁾ Mitt. 1911, S. 61.

wenig widerstandsfähig zu sein scheint. Aus diesem Grunde ist es auch nicht angängig, den ausgewaschenen Brei wie sonst üblich in einer Schüttelflasche mit Granaten durchzuschütteln, zumal, da schon während der Vorbereitung beim Umrühren mit den Glasstäben eine genügende Trennung der Fasern erreicht wird. Versuche haben gezeigt, daß so behandeltes Pergamentpapier Faserbrei liefert, der ebenso klare Bilder gibt wie gewöhnliches mit Lauge aufgeschlossenes Papier.

Herstellung der Präparate.

Wie schon erwähnt, wird das Erkennen der Fasern durch Anwendung geeigneter färbender Lösungen wesentlich erleichtert; als solche kommen vorzugsweise eine Jod-Jodkaliumlösung und eine Chlorzinkjodlösung von bestimmter nachstehend angegebener Zusammensetzung in Betracht.

Jod-Jodkaliumlösung.

Wasser	20	ccm
Jodkalium	2	g
Jod	1,15	„
Glyzerin	2	ccm

Chlorzinkjodlösung.

Man stelle zunächst die folgenden beiden Lösungen her.

Lösung A

20 g trockenes Zinkchlorid, 10 g Wasser.

Lösung B

2,1 g Jodkalium, 0,1 g Jod, 5 g Wasser.

Man vermische dann A mit B, lasse den entstandenen Niederschlag sich absetzen und gieße die überstehende klare Lösung ab; in diese bringt man ein Blättchen Jod.

Auf genaue Innehaltung der Mengenverhältnisse der einzelnen Bestandteile ist zu achten, da schon bei geringen Abweichungen die Wirkung der Lösung beeinträchtigt wird. Beide Lösungen, die vor Licht zu schützen sind, füllt man zum Gebrauch am vorteilhaftesten in braune Pipettenflaschen.

Die Art der Färbung der für die Papierfabrikation hauptsächlich in Frage kommenden Fasern bei Anwendung der beiden Lösungen ist aus nachstehender Zusammenstellung (S. 95) ersichtlich.

Leider lassen sich die Färbungen der verschiedenen Fasern nicht bei jedem Papier scharf abgrenzen, da die Farbtöne, zumal bei stark zermahlenden Stoffen, zuweilen ineinander übergehen.

Jenke¹⁾ hat empfohlen, die Fasern in folgender Lösung zu beobachten.

¹⁾ P.Z. 1900, Nr. 77.

50 ccm gesättigte Chlormagnesiumlösung

2,5 „ Jod-Jodkaliumlösung (2 g KJ, 1,15 g J, 20 ccm H₂O).

Hierin erscheinen

Lumpen braun,

Strohzellstoff blauviolett,

Holzzellstoff ungefärbt bis schwach rötlich,

Holzschliff, rohe Jute gelb.

Fasern		Färbung in	
		Jod-Jodkalium- lösung ¹⁾	Chlorzinkjod- lösung ²⁾
Gruppe I (Verholzte Fasern)	Holzschliff, rohe Jute, nicht ganz aufgeschlossene Zellstoffe ³⁾	teils leuchtend gelb- braun, teils gelb, je nach Schichtendicke und Verholungsgrad	zitronengelb bis dunkelgelb
	Strohstoff	teils gelbbraun, teils gelb, teils grau	teils gelb, teils blau, teils blauviolett
Gruppe II (Zellstoffe)	Holzzellstoff und Adansonia	grau bis braun	blau bis rotviolett
	Stroh- und Jutezellstoff	grau	blau bis blauviolett
	Esparto	teils grau, teils braun	teils blau, teils weinrot
	Manilahanf	teils grau, teils braun, teils gelbbraun	blau, blauviolett, rot- violett, schmutzig- gelb, grünlichgelb
Gruppe III (Lumpenfaser)	Leinen, Hanf, Baumwolle	schwach- bis dunkel- braun, dünne Lamellen fast farblos	schwach bis stark weinrot ⁴⁾

Behrens-Delft⁵⁾ hat vorgeschlagen, auch das optische Verhalten und die verschiedene Aufnahmefähigkeit der Fasern für gewisse Anilin-

¹⁾ Vgl. Tafel XX.

²⁾ Vgl. Tafel XXI.

³⁾ In der Praxis häufig als $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ oder $\frac{3}{4}$ gebleichte Zellstoffe, je nach dem Grade ihrer Aufschließung bezeichnet.

⁴⁾ Erscheinen die Lumpenfaseren bläulich, so ist die Jodlösung zu stark und muß vorsichtig mit Wasser verdünnt werden, bis sich die Lumpen rot färben. Werden die Zellstoffasern nicht blau, sondern rötlich gefärbt, so ist die Lösung zu schwach; sie kann meist durch geringen Zusatz von Zinkchlorid brauchbar gemacht werden; gelingt dies nicht, so ist die Lösung neu anzufertigen.

⁵⁾ H. Behrens, Mikrochemische Analyse 1896.

farben zur Trennung zu benutzen; man erzielt im letzteren Falle unterscheidende Färbungen, die in gewissen Fällen recht wertvoll sind.

Die auch von anderer Seite vorgeschlagenen optischen Prüfungsverfahren, die unbestreitbar ein hohes wissenschaftliches Interesse haben¹⁾, sind in die Prüfungstechnik noch wenig eingedrungen. Man kommt meist mit den Unterscheidungsmerkmalen auf Grund des Baues der Faser und der Färbung mit den erwähnten Lösungen aus, und wo beides im Stich läßt, versagt die optische Unterscheidung meist auch.

v. Höhnel²⁾ behandelt den Faserbrei mit Jod-Jodkaliumlösung (eine etwa 3 cm starke Schicht soll rubinrot sein) und nach dem Abdrücken mit Fließpapier mit Schwefelsäure von bestimmter, durch praktische Versuche mit Fasern zu ermittelnder Stärke³⁾.

Dann färben sich

Lumpen	rotviolett,
Zellstoffe aus Holz und Stroh	rein blau,
Holzschliff und rohe Jute	dunkelgelb.

Zum Zerteilen des Breies auf dem Objektglase bedient man sich zweier Präpariernadeln, am besten aus Platin, da andere Materialien, namentlich Hornnadeln, von der Jodlösung stark angegriffen werden.

Beim Arbeiten mit der Jod-Jodkaliumlösung kann man ein Klümpchen des erhaltenen Breies ohne weiteres verwenden; beim Färben mit der Chlorzinkjodlösung muß es erst von dem mechanisch anhaftenden Wasser befreit werden. Zu diesem Zwecke drückt man es auf ein Stückchen porösen Ton, Gips o a. Fehlt es an derartigem Material, so läßt sich das Wasser auch durch sorgfältiges Ausstreichen des Breies auf der Hand entfernen. Die Beseitigung des Wassers ist bei Anwendung von Chlorzinkjodlösung erforderlich, weil anderenfalls die Färbung nicht mit der nötigen Schärfe auftritt.

Das ausgedrückte Breiklümpchen bringt man auf das Objektglas, fügt 1—2 Tropfen der Lösung hinzu und verteilt die Fasern möglichst gleichmäßig.

Das Objektglas legt man hierbei hohl über eine weiße Unterlage, da sich die Fasern auf diese Weise am besten vom Untergrund abheben. Fig. 42 zeigt eine Vorrichtung, wie sie zu diesem Zwecke angewendet wird. Jedes Präparat wird mit einem Deckgläschen vom Rande der Flüssigkeit aus vorsichtig bedeckt und dann mit einem scharf geschnit-

¹⁾ Vgl. auch Pauli: Die optischen Eigenschaften der Faser und ihre praktische Verwendung. Z. 1906, S. 1057.

²⁾ v. Höhnel, Über eine neue Methode der mikroskopischen Papierprüfung. Mitt. a. d. Technol. Gew.-Museum. Wien 1889, S. 6—8.

³⁾ Klemm gibt in seinem Handbuch der Papierkunde 1910, S. 252 an, daß die Schwefelsäure genau 44,5^o B. haben muß und aus 100 ccm Wasser und 125 ccm Schwefelsäure vom spez. Gew. 1,85 zu mischen ist.

tenen Stück Fließpapier, welches man gegen den Rand des Deckgläschens hält, die zuviel zugesetzte Lösung fortgenommen. Hierbei ist indessen darauf zu achten, daß man das Papier nicht zu lange saugen läßt, da sonst zwischen Objekt- und Deckglas Luftblasen entstehen, die beim Untersuchen stören.

Zur staubfreien Aufbewahrung und bequemen Entnahme der Deckgläschen hat die Firma L. Schopper, Leipzig, Behälter angefertigt, die sich als sehr praktisch erwiesen haben. Aus Fig. 43 ist deren Bau und Wirkungsweise ohne weiteres zu ersehen; die Füllung mit Deckgläschen erfolgt bei abgenommenem Deckel nach dem Herunterklappen der Rückwand, die Entnahme der Gläschen von unten; der zwischen der unteren Platte und der Vorderwand befindliche Schlitz kann mittels einer Schraube so eingestellt werden, daß immer nur das unterste Deckgläschen entnommen werden kann.

Für die Untersuchung der Fasern empfiehlt sich eine etwa 200fache lineare Ver-

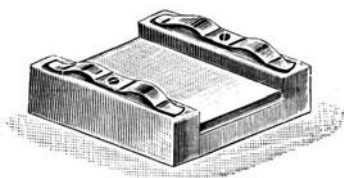


Fig. 42. Präparierbrücke.

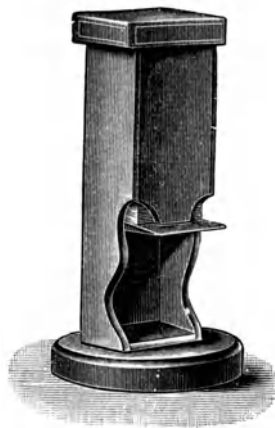


Fig. 43. Deckglasbehälter.

größerung; man erkennt zwar viele Fasern schon bei einer geringeren Vergrößerung, aber die Feinheiten des Faserbaues gehen hierbei verloren. Im Materialprüfungsamt wird mit Zeißschen Mikroskopen, gewöhnlich mit Okular Nr. 2 und Objektiv D, gearbeitet. Diese Zusammenstellung entspricht ungefähr einer 200fachen Vergrößerung, die für die Unterscheidung der Fasern meist ausreicht und sich sehr gut bewährt hat¹⁾.

¹⁾ Handelt es sich bei der mikroskopischen Untersuchung nur um die Frage, ob ein Papier reines Lumpenpapier ist, eine Frage, die im Papierhandel sehr oft aufgeworfen wird, und will man sich auf solche Untersuchungen beschränken, so genügt eine einfache mikroskopische Einrichtung, wie sie die Firma Schopper für diesen Zweck zusammengestellt hat (Fig. 44).

Da es bei diesen Prüfungen nicht darauf ankommt, die Abstammung der einzelnen Fasern festzustellen, sondern nur, ob reine Lumpen vorliegen oder nicht, so kommt man unter Benutzung dieser einfachen mikroskopischen Ausrüstung zum Ziel. Der aus dem zu prüfenden Papier gewonnene Faserbrei wird in Chlorzinkjodlösung eingelegt und bei geringer Vergrößerung betrachtet.

Will man sich einen Überblick über die Menge der verschiedenen Faserarten verschaffen, so wählt man eine geringere, etwa 50fache Vergrößerung, damit eine größere Fläche auf einmal übersehen werden kann (Okular 2, Objektiv A).

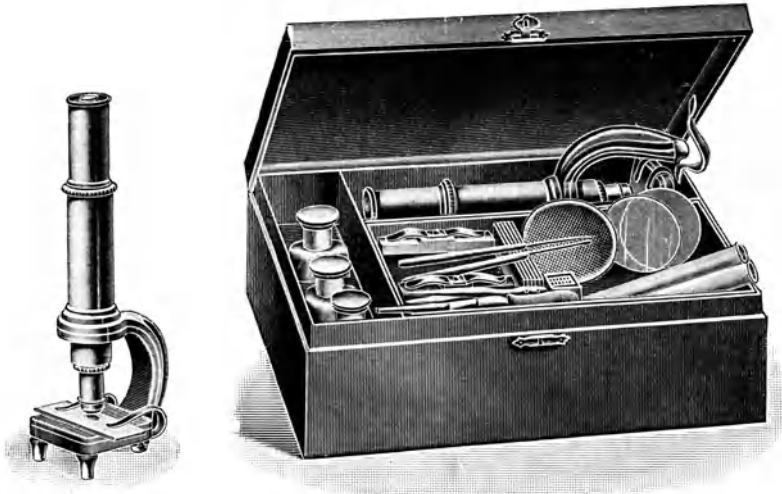


Fig. 44. Einfache mikroskopische Ausrüstung nach Schopper.

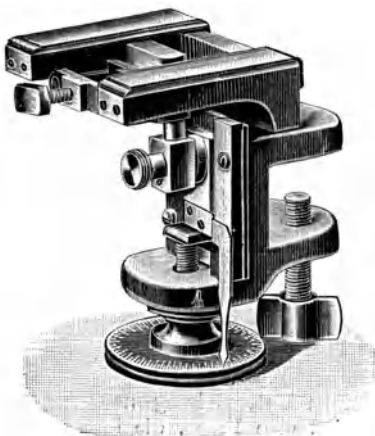


Fig. 45. Handmikrotom.

Sehr zu empfehlen ist ein Mikroskopgestell mit Revolver für zwei Objektive und Iriszylinderblendung, damit man den Wechsel in der Vergrößerung bequem und schnell vornehmen kann.

Für besondere Zwecke, z. B. bei der Untersuchung von Rohfasern, Hölzern, gestrichenen Papieren o. a., kann es vorkommen, daß man Dünnschnitte herstellen muß. Hierzu ist in den meisten Fällen ein Handmikrotom (Fig. 45) ausreichend, bei dem der Schnitt mit einem Rasiermesser geführt wird.

Das Objekt wird in geeigneter Weise in einer abnehmbaren Klemme

Ist das Papier nur aus Lumpen hergestellt, so sieht man nur weinrote Fasern; Zellstofffasern, gleichgültig woher sie stammen, sind blau und verholzte Fasern (Holzschliff, rohe Jute usw.) gelb gefärbt.

Da es sich nur um die Unterscheidung von drei Farben (rot, blau, gelb) handelt und die Färbung sehr deutlich ist, so kann man sich bei Papieren, die

befestigt und mit Hilfe einer Mikrometerschraube gehoben; dies erfolgt durch Drehung der Mikrometerscheibe, die in 50 Teile geteilt ist. Bei jeder Drehung um einen Teilstrich hebt sich das Präparat um $\frac{1}{100}$ mm. Das Messer wird aus freier Hand geführt und beim Schnitt durch zwei Glasbahnen gestützt.

Unterscheidungsmerkmale der in der Tabelle Seite 95 aufgeführten Fasern¹⁾.

Gruppe I: Verholzte Fasern.

Holzschliff²⁾ (Tafeln I und II).

Zur Herstellung von weißem und braunem Holzschliff werden vorzugsweise Nadelhölzer (*Picea excelsa* Fichte, *Pinus silvestris* Kiefer, *Abies pectinata* Tanne und auch wohl *Pinus Larix* Lärche) verwendet.

Der anatomische Bau aller zu den Nadelhölzern gehörigen Arten ist sehr gleichartig und deshalb die auf geringe Verschiedenheiten in dem Bau der Markstrahlzellen und auf das Vorkommen gewisser Poren bei den Holzzellen gestützte Unterscheidung oft recht schwierig. Bei der Papierprüfung hat diese Unterscheidung im allgemeinen wenig praktischen Wert, und es soll daher, um den Stoff nicht unnützlich zu erschweren und zu erweitern, auf die anatomischen Verschiedenheiten der einzelnen Koniferenarten nicht eingegangen werden. In Wiesners Technischer Mikroskopie und in ähnlichen Werken kann man die Unterscheidungsmerkmale finden.

Die nachstehende Beschreibung bezieht sich zunächst auf den weißen Holzschliff (Taf. I), also auf den ausschließlich durch mechanische Zertrümmerung des Holzes (Schleifen) hergestellten. Wir haben es hierbei nicht mit einzelnen, freigelegten Zellen des Rohmaterials zu tun, sondern mit Bruchstücken von Fasern und Faserbündeln, die oft

gleichzeitig Fasern von zwei oder drei Fasergruppen (Lumpen, Zellstoffe, verholzte Fasern) enthalten, durch Abschätzung des Bildes nach den Farben auch annähernd ein Urteil über das Mengenverhältnis bilden.

Die Ausrüstung enthält 1 Handgestell, 1 Okular, 1 Objektiv, 1 Präparierbrücke, 20 Objektträger, 50 Deckgläschen, 1 Paar Präpariernadeln, 1 Pinzette, 1 Vorbereitungssieb, 2 Reagierzylinder, 1 Flasche Natriumhydrat, 1 Flasche Chlorzinkjodlösung, 1 Flasche Malachitgrün, 1 Stück Leder, 1 kurze Beschreibung des Vorbereitens und Mikroskopierens der Papierfasern.

¹⁾ Die Angaben über die Färbung in Jod-Jodkalium- und Chlorzinkjodlösung sollen bei Besprechung der einzelnen Fasern nicht wiederholt werden; es wird hierzu auf die Tabelle S. 95 verwiesen.

²⁾ Die vielfach gebrauchte Bezeichnung „Holzstoff“ für Holzschliff sollte man vermeiden, da sie, als solche angewendet, ungenau und, mit dem Vermerk „mechanisch zubereitet“ versehen, umständlich ist.

eine Größe erreichen, daß man sie schon mit bloßem Auge im Papier erkennt (Splitter).

Diejenigen Zellen, die dem Beobachter sofort auffallen und die am zahlreichsten vertreten sind, sind die sog. Holzzellen, teils dick-, teils dünnwandige Zellen, die durch die Tüpfel oder behöftten Poren sehr charakteristisch gekennzeichnet sind. Die Tüpfel erscheinen, von der Fläche aus gesehen, meist als zwei konzentrische Kreise, wie dies aus Fig. 46, die eine schematische Darstellung dieser Tüpfel, a) von der Fläche gesehen, b) in Seitenansicht, zeigt, deutlich zu ersehen ist. Ansicht b) wird man indessen bei Untersuchungen selten wahrnehmen. Die Tüpfel erscheinen mehr oder weniger elliptisch geformt und zur Längsachse der Zelle schief gestellt.

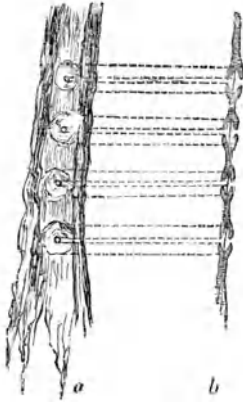


Fig. 46.

Wenn auch ein großer Teil der Holzzellen beim Schleifen des Holzes zertrümmert wird (Fig. 47), so kommen doch auch noch viele gut



Fig. 47.



Fig. 48.

erhaltene im Papier vor, an denen man diese Tüpfel deutlich wahrnehmen kann (Fig. 48).

Neben diesen Holzzellen sind jedoch noch andere vorhanden, die sich ebenso vorzüglich zur Erkennung des Holzschliffes eignen, nämlich die Markstrahlzellen, welche im Stamme von der Mitte aus stern-

förmig nach außen verlaufen und durch ihr gitterförmiges Gefüge auffallen.

Fig. 49 zeigt derartige Markstrahlzellen, wie sie über darunterliegende Holzzellen fortlaufen.

Außer den Nadelhölzern werden auch in geringem Umfange Laubhölzer, wie Pappel, Birke u. a., verschliffen. Zur Erkennung dieser Laubholzschliffe wird auf das S. 104 bei Besprechung der Zellstoffe aus diesen Hölzern Gesagte verwiesen.

Der braune Holzschliff (Braunschliff, Taf. II), bei dessen Herstellung das Holz vor dem Schleifen zunächst gedämpft wird, zeigt unter dem Mikroskop nicht mehr den starren Charakter des Weißschliffes, da die Zellen durch das Dämpfen in ihrem Zusammenhang sehr gelockert

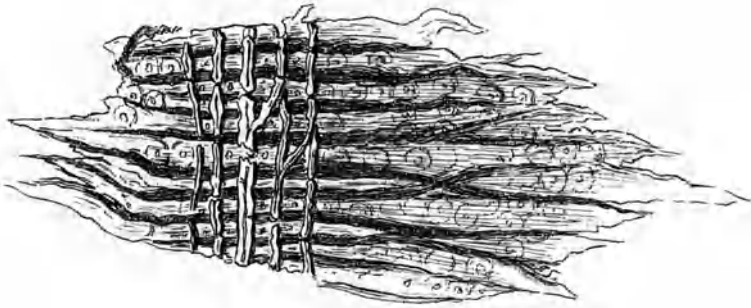


Fig. 49.

sind und daher beim Schleifen zum großen Teil schon Einzelfasern ergeben, die vereinzelt durch das Dämpfen auch sogar schon so weit von der Holzsubstanz befreit sind, daß sie Zellstoffcharakter zeigen. Der Braunschliff bildet somit eine Zwischenstufe zwischen dem Weißschliff und dem Zellstoff; er nähert sich im Aussehen teils mehr dem ersteren, meist aber mehr dem letzteren. Die Markstrahlzellen sind zum großen Teil verschwunden, und die Färbung der Fasern in Jodlösungen ist nicht mehr so rein gelb wie beim weißen Holzschliff.

Jute (Tafel III)¹⁾.

Was man unter dem Namen Jute namentlich zur Herstellung von Packpapier, Zuckerpapier, Briefumschlagpapier, sog. Manilapapier usw. verwendet, sind die Bastzellen mehrerer ostindischer Pflanzenarten (*Corchorus olitorius*, *C. capsularis*, *C. fuscus*, *C. decemangulatus* u. a.). Sie lassen sich schwer bleichen und finden deswegen für feine Papiere nur selten Verwendung.

¹⁾ Vgl. auch Jutezellstoff, S. 110.

Die charakteristische Eigentümlichkeit der Bastfasern dieser Pflanzen, die im ursprünglichen Zustande etwa 0,8—4 mm lang und 0,015—0,02 mm dick sind, besteht darin, daß die Wandstärke der Zellen an verschiedenen Stellen verschieden ist und oft schon im Bereich des mikroskopischen Bildes stark wechselt. Zuweilen ist die Wand sehr dünn, dann wird sie mehr oder minder plötzlich dicker und verdickt sich oft so sehr, daß die Höhlung der Zelle nur noch als dünne Linie erscheint oder auf kurze Strecken sogar vollständig verschwindet, um dann wieder dieselben Wandlungen von neuem durchzumachen (Fig. 50).

Man darf indessen nicht erwarten, daß jede Zelle diese Merkmale so auffallend zeigt, wie eben geschildert; an manchen sind sie schwer aufzufinden, und man muß die Zelle erst unter dem Mikroskop verfolgen, um Verschiedenheiten in der Wandstärke zu entdecken.

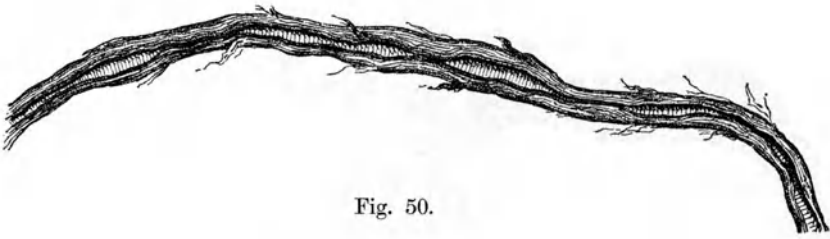


Fig. 50.

Stellenweise zeigen die Fasern Poren und ganz ähnliche Verdickungen (Knoten), wie wir sie bei der später zu besprechenden Leinenfaser regelmäßig antreffen; diese Knoten heben sich in Jod-Jodkaliumlösung durch ihre in mehr oder weniger gelbes Braun übergehende Färbung deutlich gegen die anderen Teile der Zelle ab.

Häufig kommt es vor, daß man die Jutefasern noch zu ganzen Bündeln vereinigt in dem mikroskopischen Bilde erblickt (Taf. III). Zur Erkennung des anatomischen Baues sind solche Bündel wenig geeignet, weil meist eine Zelle die andere verdeckt.

Hinsichtlich der charakteristischen Merkmale von Strohstoff und unvollständig aufgeschlossenem Holzzellstoff, die beide hinsichtlich ihrer Färbung in Jodlösungen zur Gruppe I gehören, wird auf das bei Strohstoff und Nadelholzzellstoff Gesagte verwiesen.

Gruppe II: Zellstoffe.

Nadelholzzellstoff (Tafel IV).

Für das Erkennen des Nadelholzzellstoffes unter dem Mikroskop gilt natürlich im allgemeinen das vorher beim Holzschliff Gesagte; man erkennt ihn an den behöften Poren oder Tüpfeln der Holzzellen.

Jedoch ist zu bemerken, daß das Gefüge der Zellen in Folge des vorausgegangenen Kochprozesses weniger deutlich hervortritt als beim Holzschliff. Häufig ist man nicht imstande, die beiden konzentrischen Kreise der Poren genau wahrzunehmen; die Tüpfel erscheinen dann auf den Zellwänden mehr wie kreisförmige oder elliptisch geformte helle Stellen. Ferner fehlen meist die charakteristischen Markstrahlzellen, die nur in seltenen Fällen, und auch dann nur höchst undeutlich, zu

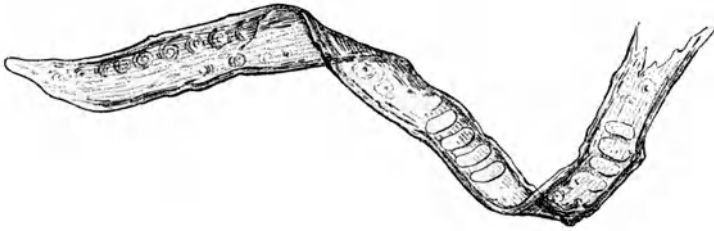


Fig. 51.

erkennen sind. Neben den behöftten Poren zeigen die Fasern teilweise große einfache Poren (Fig. 51), die im Gegensatz zu den ersteren durch den Kochprozeß klarer sichtbar werden.

Bei nicht völlig aufgeschlossenem Zellstoff kommt es vielfach vor, daß die Fasern eine schwach gelbliche Färbung aufweisen. Dies beruht

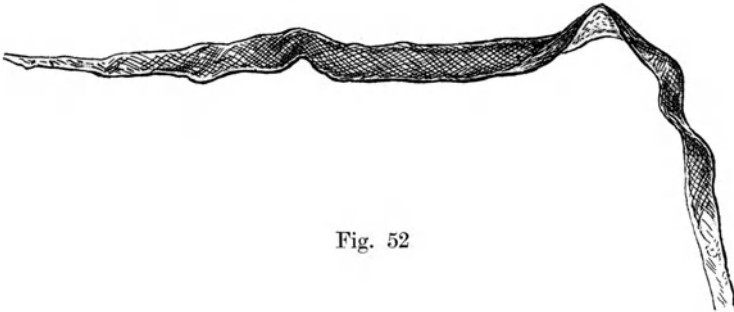


Fig. 52

darauf, daß man es nicht mit vollkommen reinem Zellstoff, sondern mit Zellen zu tun hat, die noch, wenn auch in ganz geringem Maße, verholzt sind. Es kann bei einem solchen Material, wenn man es makroskopisch mit Phloroglucin behandelt, vorkommen, daß man in Folge der auftretenden Rotfärbung glaubt, es mit Holzschliff zu tun zu haben.

Auf die Unterschiede der von verschiedenen Nadelhölzern herührenden Zellstoffe soll hier nicht näher eingegangen werden; es sei auf das hierüber beim Holzschliff Gesagte verwiesen.

Nur hinsichtlich der beiden am meisten zu Papier verarbeiteten Holzarten, Fichte und Kiefer, sei bemerkt, daß die Fasern der ersteren an den Kreuzungsstellen der Markstrahlen kleine Poren in Gruppen übereinander angeordnet zeigen, die der Kiefer große, eiförmige, nicht in Gruppen stehende.

Die meisten Zellstoffe dürften wohl von der Fichte herrühren, die sich wegen ihres geringen Harzgehaltes am besten zur Fabrikation eignet.

Auf eine Eigentümlichkeit sei noch besonders hingewiesen; es treten bei manchen Holzzellstofffasern Erscheinungen auf, wie sie der Baumwolle eigen sind, nämlich spiralförmige Windungen der Zelle und durch Spaltenbildung in der Zellwand verursachte gitterförmige Streifung der Zellwände (Fig. 52). Verwechslung mit Baumwolle ist indessen bei einiger Übung ausgeschlossen.

Die Länge der Fasern des Nadelholzzellstoffes beträgt etwa 2,5 bis 3,8 mm, die Dicke 0,02—0,07 mm.

Laubholzzellstoff.

Die Fasern der Laubhölzer, von denen vorzugsweise Pappelarten, seltener auch Birken, zu Papierstoff verarbeitet werden, bieten nicht so charakteristische und leicht auffindbare Merkmale dar wie die der Nadelhölzer. Die Holzzellen sind meist dünnwandig, die breiteren sparsam mit Poren versehen, die eine scharf begrenzte mandelförmige, seltener rundliche Gestalt haben und zur Längsachse der Zelle schief gestellt sind.

Die Faserlänge ist geringer als bei den Nadelhölzern; sie beträgt etwa 1 mm bei 0,03 mm Dicke.

Bemerkenswert sind bei den Laubhölzern die zahlreichen röhrenartigen Gefäße, die einen größeren Porenreichtum aufweisen und für die Unterscheidung der einzelnen Holzarten einen Anhalt geben.

Birkenholzzellstoff (Tafel V).

Die Holzzellen der Birke sind oft sehr dünnwandig; die dickwandigen sind den Bastzellen des Strohes nicht unähnlich.

Die dünnwandigen Zellen tragen vielfach einfache mandelförmige Poren, deren Längsachsen teilweise parallel, teilweise schief zur Zellrichtung verlaufen (Fig. 53); zuweilen nehmen die Poren auch eine mehr oder weniger rundliche Gestalt an. Die Enden der Zellen sind sehr mannigfaltig, teilweise sehr spitz, teilweise abgestumpft bis rund.

Die Gefäße, die oft noch vollständig und sehr schön erhalten im Papier vorkommen, sind mit einer großen Anzahl einfacher schlitzförmiger Poren versehen, die senkrecht zur Längsachse des Gefäßes

gestellt sind. Diese Poren sind zuweilen über das Gefäß gleichmäßig verteilt (Fig. 54).

An den Enden der Gefäße sieht man deren gitterförmig durchbrochene Querwände sehr schön. Der Gefäßreichtum ist bei der Birke sehr groß.

Der Birkenzellstoff gibt zwar ein sehr schön weißes, aber wenig

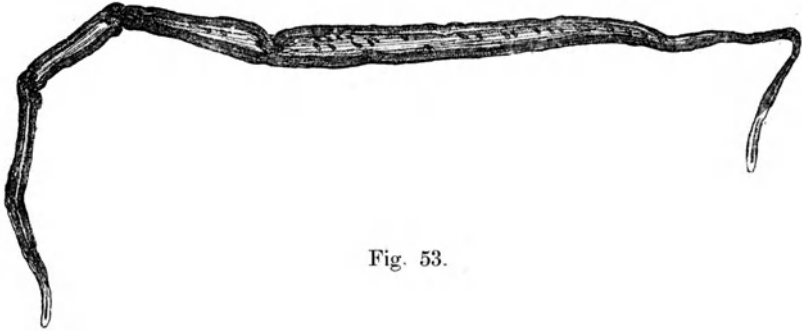


Fig. 53.

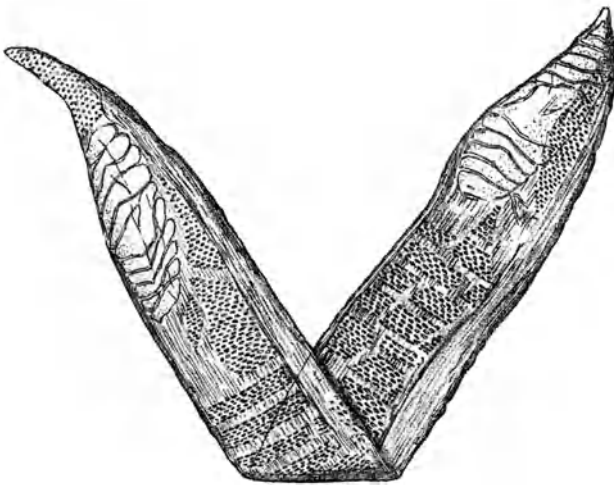


Fig. 54.

festes und dehnbares Papier und wird wohl nur in Ländern hergestellt, wo es an anderen Holzarten, namentlich an Nadelhölzern, fehlt.

Pappelholz Zellstoff (Tafel VI).

Zur Herstellung dürfte vorzugsweise das Holz der Zitterpappel (*Populus tremula*) und der Weißpappel (*P. alba*) Verwendung finden.

Unter den Laubhölzern liefern diese beiden Hölzer den zur Bereitung von Papier geeignetsten Zellstoff.

Über die Holzzellen der Pappel läßt sich kaum etwas anderes sagen als über die der Birke; sie sind einander zum Verwechseln äh-



Fig. 55.



Fig. 56.

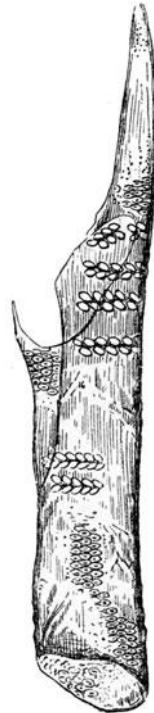


Fig. 57.

lich; die breiteren weisen hier nicht so viele und in der Regel kleinere Poren auf als die der Birke. Schmale Zellen mit knotenförmigen Verdickungen (Fig. 55) kommen ziemlich häufig vor.

An Gefäßen ist die Pappel ärmer als die Birke. Die Poren sind größer als bei dieser und von einem fünf- bis sechseckig rundlichen Hof umgeben (Fig. 56); auch große einfache Poren sind in den Gefäß-

wänden vorhanden (Fig. 57). Charakteristisch für die Gefäße sind die schwanzartigen Enden, die oft eine beträchtliche Länge erreichen (Fig. 57). Die gitterförmig durchbrochenen Querwände, die bei der Birke so charakteristisch hervortreten, fehlen hier.

Andere Laubhölzer, wie Linde, Erle, Ahorn usw. dürften wohl auch gelegentlich zu Zellstoff verarbeitet werden, ein weiteres Eingehen hierauf erscheint indessen nicht am Platze.

Strohzellstoff (Tafeln VII und VIII).

Zur Herstellung von Strohzellstoff wird das Stroh aller Getreidearten verarbeitet, und es wird hauptsächlich von der Lage einer Strohzellstofffabrik abhängen, ob sie mehr Roggenstroh, Weizenstroh oder andere Strohsorten verwendet. Am meisten dürfte bei uns wohl Roggenstroh zur Verarbeitung kommen.

Es soll hier auf die Beschreibung der geringen anatomischen Unterschiede, welche die Stroharten im Bau der Zellen (insbesondere Oberhautzellen) aufweisen, aus demselben Grunde wie bei dem Holz Zellstoff nicht eingegangen werden; unser Urteil über ein Papier, das Stroh Zellstoff enthält, wird für praktische Zwecke nicht wesentlich vollkommener, wenn wir erfahren, daß letzterer z. B. dem Weizenstroh entstammt.

Aus einem mikroskopischen Bilde von Strohfasern heben sich sofort die sehr charakteristisch geformten Oberhautzellen, dickwandige, mehr oder weniger verkieselte Zellen, deren Ränder wellenförmig gebogen sind, deutlich ab (Fig. 58a und Taf. VII). Mit diesen wellenförmigen Ausrandungen schließen die Zellen dicht aneinander, und in dem Strohstoff findet man noch kleine Kolonien solcher innig miteinander verbundenen Zellen; im Stroh Zellstoff und aus diesem hergestellten Papier sind sie selten. Diese Oberhautzellen kommen in den mannigfachsten Größen vor; das Verhältnis von Länge zu Breite wechselt von $\frac{1}{1}$ bis auf mehr als $\frac{10}{1}$. Auch die Ausrandungen haben verschiedene Gestalt; bald hat man tiefe Einbuchtungen, bald nur schwache Wellenlinien. Wenn nun auch diese Oberhautzellen ein leichtes Erkennen des Stroh Zellstoffes ermöglichen, so bilden sie doch nur einen geringen Teil aller aus dem Stroh stammenden Zellen; unter diesen herrschen die Bastzellen bei weitem vor. Diese dünnen, langgestreckten Fasern, etwa 0,5—2 mm lang und 0,01—0,02 mm dick, welche von sehr regelmäßigem Bau sind, werden von einem nach dem Ende zu sich verjüngenden schmalen Hohlkanal durchzogen (Fig. 58). In ziemlich regelmäßigen Abständen zeigt die Wandung knotige Verdickungen. Diese Verstärkungen erstrecken sich oft auch nach dem Innern der Zelle, so daß der Kanal an diesen Stellen eng zusammengeschnürt erscheint.

Die Bastzellen weisen zahlreiche Poren auf, die als dunkle Linien von der Höhlung aus nach außen zu verlaufen.

Neben diesen beiden Arten von Zellen, den Oberhaut- und Bastzellen, findet sich beim Stroh eine große Anzahl sehr dünnwandiger



Fig. 58a.

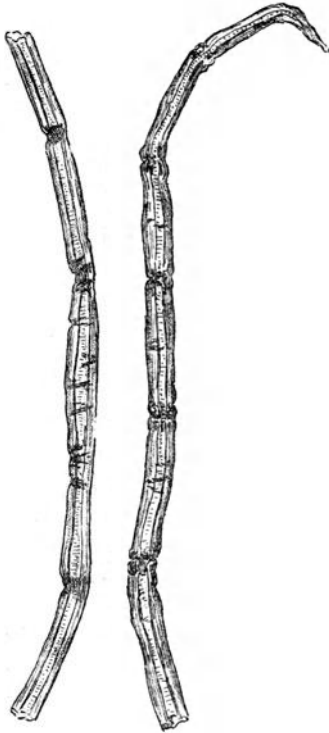


Fig. 58.



Fig. 59.

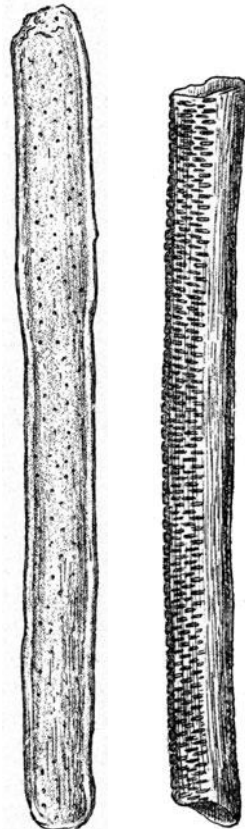


Fig. 59a.

Fig. 60.



Fig. 61a, b, c.



Fig. 62.

Parenchymzellen (Fig. 59 und 59 a); diese sind an beiden Enden abgerundet; teilweise erscheinen sie fast kreisförmig, teilweise sehr langgestreckt, mehr oder weniger mit einfachen Poren versehen. Sie sind

von Wichtigkeit für die Untersuchung, weil sie, wie wir später sehen werden, ein Mittel an die Hand geben, Strohzellstoff von Alfazellstoff zu unterscheiden.

In untergeordnetem Maße treten Gefäße auf.

Unverletzt trifft man zuweilen Tüpfelgefäße an, dünnwandige, röhrenförmige Zellen, deren Wände von sehr zahlreichen, rundlichen oder schlitzförmigen Poren durchsetzt sind (Fig. 60).

Spiralgefäße in unversehrtem Zustande (Fig. 61a) sind sehr selten; meist sind die Spiralen durch die Bearbeitung auseinandergezogen und finden sich als wurmartige Gebilde im Bilde (Fig. 61b). Dasselbe gilt von den Ringgefäßen; die Ringe sind meist aus den Gefäßen herausgetreten und zeigen sich dem Beobachter als solche (Fig. 61c). Zu erwähnen sind ferner noch die Sklerenchymelemente, sehr stark verdickte und verkieselte Zellen (Fig. 62).

Alfa-(Esparto-)Zellstoff (Tafel IX).

Die zu den Gramineen gehörigen *Ligaeum Spartum* und *Stipa tenacissima*, zwei in Spanien und Nordafrika in großen Mengen vorkommende Pflanzen, liefern das Rohmaterial für den Alfa- oder Espartozellstoff, der dem Strohzellstoff sehr nahe steht, bei uns indessen nur in beschränktem Maße Verwendung findet. Der Bau der Zellen ist dem der Strohzellen sehr ähnlich, und es dürfte nicht immer möglich sein, zu entscheiden, ob z. B. eine im Papier vorhandene Oberhautzelle von Stroh oder Esparto herrührt.

Im allgemeinen ist der Bau der Alfazellen zierlicher, Länge und Breite der Zellen sind kleiner als beim Stroh; jedoch ist es nicht immer möglich, hierauf eine sichere Unterscheidung zu gründen.

Die Bastzellen sind kurz und häufig in ihrer ganzen Länge im mikroskopischen Gesichtsfelde zu beobachten. Sie sind etwa 0,25 bis 2 mm lang und 0,01—0,015 mm dick, sehr regelmäßig gebaut und haben stark verdickte Zellwände, so daß der Hohlkanal oft nur als Linie erscheint. Unregelmäßigkeiten im Verlauf der Höhlung, wie wir sie beim Stroh kennen gelernt haben, sind beim Alfa nicht zu bemerken.

Von den Oberhautzellen läßt sich im wesentlichen nichts anderes sagen als von denen des Strohes. Von verschiedenen Seiten ist auf die angeblich verschiedenartig scharfe Ausrandung der Oberhautzellen bei Stroh und Esparto eine Unterscheidung gegründet worden, die indessen kaum stichhaltig sein dürfte; hiernach sollen diese Zellen bei Alfa tiefer ausgerandet sein als beim Stroh. Die zahlreichen Untersuchungen, die im Materialprüfungsamt ausgeführt worden sind, haben jedoch gezeigt, daß auch Stroh sehr tief ausgerandete Oberhautzellen aufweist.

Die Zähnchen beim Alfastoff hingegen (Fig. 63) geben ein recht gutes Unterscheidungsmerkmal ab. Diese finden sich in Alfapapieren in ziemlicher Menge und in mannigfachster Form vor, bald kurz und gedrunken, bald lang und spitz, oder hakenförmig umgebogen.

Große dünnwandige Parenchymzellen fehlen beim Alfastoff vollständig, und so liefern diese beiden Elemente, Oberhaut und Parenchymzellen, ein Mittel, Stroh und Alfa zu unterscheiden.



Fig. 63.

Die auch beim Alfastoff vorkommenden Sklerenchymelemente sind ähnlich wie beim Stroh.

Zellstoff aus Jute, Manila und Adansonia.

Die Bastfasern dieser drei Pflanzenarten sind zum Teil einander so ähnlich, daß sie, namentlich in Gemischen, nicht immer mit Sicherheit voneinander unterschieden werden können¹⁾. Ein Umstand, der das Bestimmen der Faserarten erschwert, ist die oft sehr verschiedenartige Färbung bei Behandlung mit mikrochemischen Reagenzien. Diese Verschiedenartigkeit wird dadurch veranlaßt, daß die Fasern, welche im Rohzustande alle mehr oder weniger verholzt sind, im Hinblick auf ihre vorzugsweise Verwendung zu Pack- und Briefumschlagpapier, selten vollständig und gleichmäßig entholzt werden. Man findet daher oft alle Übergänge von verholzten bis zu völlig aufgeschlossenen Fasern vor.

Dies erschwert die Unterscheidung, und daher erscheint bei Abgabe eines Urteils über die Stoffzusammensetzung eines Papiers, welches die genannten Fasern enthält, besondere Vorsicht am Platze.

Jutezellstoff.

Für den anatomischen Bau der Jutefaser gilt natürlich im allgemeinen das S. 102 Gesagte. Hinzuzufügen ist nur, inwieweit das mikroskopische Bild sich durch den Aufschließungsprozeß geändert hat.

In bezug auf die Färbung der Fasern in Jodlösungen wird auf S. 95 verwiesen.

Die Bündel von Fasern treten bei aufgeschlossener Jute seltener auf; sie sind dann geschmeidiger als im Rohzustand und lösen sich an den Enden meist in Einzelfasern auf.

Die Einzelfaser ähnelt in ihrem Aussehen der Herbstholzfaser der Nadelhölzer und der Strohbastfaser, mit der sie auch in ihren Abmessungen sehr übereinstimmt.

¹⁾ Vgl. Jute, Manila, Adansonia. Von Prof. G. Dalén und Dr. Wisbar. Mitt. 1902, S. 51.

Nach den Enden zu verjüngt sich die Faser meist ganz allmählich; die Enden selbst sind gewöhnlich abgerundet.

Außer den Zellen mit wechselndem Hohlkanal findet man, wenn auch seltener, solche mit gleichmäßig verlaufendem Kanal und gleichmäßiger Wandstärke; letztere ist oft so gering, daß die Zellwände zusammenklappen und die Faser dann ein baumwollähnliches Aussehen erhält.

In Jodlösungen zeigen die Fasern Querstreifungen, die zum Teil von Porengängen herrühren.

Manila (Tafeln X und XI).

Hierher gehören die Bastfasern verschiedener Musaceen, namentlich von *Musa textilis*, *M. sapientum*, *M. paradisiaca*. Ihre Länge schwankt von 3—12 mm, die Dicke von 0,016—0,032 mm. Das über das Aussehen der Jutefaser im Papier Gesagte gilt zum großen Teil auch für die Manilafaser. Auch hier kommen Faserbündel vor, wenn auch nicht so zahlreich wie bei der Jute. Zuweilen fehlen die Bündel auch völlig. Man beobachtet auch hier zweierlei Bastfasern, dickwandige mit unregelmäßigem und dünnwandige, baumwollartige mit gleichmäßig verlaufendem Hohlkanal. Indessen ist der Wechsel weniger ausgeprägt als bei der Jute.

Schlitzförmige Poren durchsetzen die Wand der Bastzellen häufig in schräger Stellung. Die Manilafasern zeigen im Gegensatz zu den Jutefasern meist protoplasmatischen Inhalt, der sich in den Jodlösungen gelb bis gelbbraun färbt. Die Enden der Fasern zeigen häufig bleistiftartige Zuspitzungen; die Spitze ist teils scharf, teils abgestumpft. Die Querstreifung der Faser ist bei Manila noch ausgeprägter als bei Jute, die Streifen sind zahlreicher und kräftiger. Sehr charakteristisch für Manila sind dickwandige Parenchymzellen mit meist schrägen Wänden, die häufig die Form eines Rhombus besitzen und in einem Papier, das größere Mengen Manila enthält, selten fehlen.

Die übrigen Elemente, welche noch ab und zu in Manilapapieren vorkommen, sind verhältnismäßig selten und kommen für das Erkennen wenig in Betracht. Es gehören hierher Spiralgefäße, sowie die von Höhnel erwähnten Stegmata, kleine, stark verkieselte, plattenförmige Gebilde, die man in der Asche des Manilahanfes selbst zahlreich findet (Taf. XI). Bei der Verarbeitung dieses Rohstoffes gehen diese Elemente mehr oder weniger verloren. Im Materialprüfungsamt sind verschiedene Papiere, die ausschließlich aus Manilafasern bestanden, verascht und die Aschen auf Stegmata untersucht worden, ohne daß es gelungen wäre, solche aufzufinden. Bei anderen Manilapapieren waren sie in der Asche vorhanden, aber meist recht spärlich. Bei Papieren, die nicht ausschließlich, sondern nur zum Teil aus Manilahanf hergestellt

sind, wird die Wahrscheinlichkeit, Stegmata aufzufinden, naturgemäß immer geringer, je kleiner der Zusatz an Manila ist.

In Zweifelsfällen möge man die Papierasche auf das Vorhandensein von Stigmen untersuchen, vergesse aber hierbei nicht, daß das Fehlen solcher kein Beweis für das Nichtvorhandensein von Manilafasern ist.

Adansonia (Tafel XII).

Die Adansoniafaser stammt aus dem Bast des in Afrika heimischen Affenbrotbaumes (*Adansonia digitata*). Der Bast kommt in etwa 80 cm



Fig. 64.

langen, 8–10 mm dicken und 40–50 mm breiten Stücken zu uns, ist von brauner Farbe und zeigt große Festigkeit. Die Faser ist kräftig gebaut, walzenförmig und wie schon erwähnt, der Manila- und Jute-

faser teilweise sehr ähnlich. Charakteristisch ist die häufig vorkommende Erscheinung, daß die Fasern in der Dicke Unregelmäßigkeiten (Erweiterungen ohne Änderung der Wandstärke) zeigen und sich nach dem Ende zu plötzlich verjüngen. Bei der Verarbeitung lösen sich die äußersten Gewebeschichten vielfach ab, und die sehr fein zerfaserten Strähnen umgeben die Zellen an manchen Stellen wie mit einem Schleier



Fig. 65.

Fig. 66.

(Fig. 64). Diese Erscheinung tritt zwar auch bei anderen Fasern auf, aber nicht in solchem Umfange wie bei Adansonia. Die Höhlung verläuft sehr verschieden; sie ist oft nur als dunkle Linie erkennbar, erweitert sich dann plötzlich und nimmt mehr als die Hälfte der Zellbreite ein. Die Enden sind meist abgerundet, seltener zugespitzt. Bündel von zusammenhängenden Fasern kommen kaum vor. Sehr häufig begegnet man Gruppen von stark verkalkten parenchymatischen Zellen (Fig. 65), sowie dünnwandigen Parenchymzellen und Bruchstücken von netzartigen Gefäßen (Fig. 66).

Hauptunterscheidungsmerkmale für Jute-, Manila- und Adansoniafasern.

Faserart	Färbung in		Hohlkanal	Enden	Poren	Nebenbestandteile	
	Jod-Jodkaliumlösung	Chlorzinkjodlösung					
Jute	verholzt	leuchtend gelbbraun oder braun	gelb oder grüngelb	in der Weite oft wechselnd	im allgemeinen abgerundet	parallel zur Achse gestellte Schlitzporen	keine
	entholzt	grau, bisweilen braun	blau, bisweilen rotviolett	in der Weite oft wechselnd	im allgemeinen abgerundet	parallel zur Achse gestellte Schlitzporen	keine

Faserart	Färbung in		Hohlkanal	Enden	Poren	Nebenbestandteile
	Jod-Jodkaliumlösung	Chlorzinkjodlösung				
Manila	grau, braun, gelblich	blau, rotviolett und gelb, sowie Zwischenfarben	bei den dickwandigen Fasern von wechselnder Breite, bei den dünnwandigen gleichmäßig	oft bleistiftartig zugespitzt	schräg oder parallel zur Achse gestellte Schlitzlöcher	Gruppen oder einzelne Parenchymzellen mit ziemlich dicken schrägen Wänden
Adansonia	schmutzig grau und braun	blau bis rotviolett	die Weite ändert sich mit der Breite der Faser	meistens abgerundet	schräg od. parallel zur Achse gestellte Schlitzlöcher	verkalkte Parenchymzellen und Gefäßbruchstücke

Für die Erkennung und das Auseinanderhalten von Jute, Manila und Adansonia bietet der Gesamteindruck, welchen das mikroskopische Bild, als Ganzes betrachtet, auf den Beobachter macht, oft einen Anhalt. Dieser durch die Gesamtwirkung von Streifung, Abmessung, Krümmung, Starrheit usw. der Fasern auf das Auge hervorgerufene Eindruck läßt sich schwer beschreiben, dagegen geben ihn die photographischen Aufnahmen (Tafel III, IX, X) wieder. Der Beobachter muß sich durch eingehende Betrachtung mikroskopischer Bilder der genannten drei Fasern mit dem Gesamteindruck vertraut machen.

In vorstehender Tabelle sind die ausgeprägtesten Merkmale der drei Faserarten zur besseren Übersicht nochmals gegenübergestellt.

Beurteilung des Verholungsgrades der Zellstoffe im Papier.

Die in der Papierfabrikation verwendeten Zellstoffe sind teils völlig entholzt, teils enthalten sie noch geringe Mengen der Holzsubstanz; es hängt dies ab von dem Aufschließungs- und Bleichprozeß, den sie durchgemacht haben. Gebleichte Stoffe sind meist frei von Holzsubstanz, ungebleichte oder halb gebleichte zeigen noch mehr oder weniger starke Verholzung. Die Färbung der Fasern in Jodlösung läßt oft schon erkennen, mit welchem Grade der Verholzung man es zu tun hat. Deutlicher noch läßt sich dies durch Behandlung mit gewissen Farbstoffen ermitteln.

Verfahren nach Dr. Klemm ¹⁾.

Dr. Klemm beurteilt den Grad, bis zu welchem die Holzzellen in reine Zellstoffasern übergeführt worden sind, nach dem Farbton und der Stärke der Färbung mit Malachitgrün in essigsaurer Lösung. (Der Farbstoff wird in Wasser mit 2% Essigsäure bis zur Sättigung gelöst.)

Das Reagens ist für mikroskopische Präparate und, wenn Zellstoff als solcher vorliegt, auch makroskopisch anwendbar.

Je reiner ein Zellstoff ist, um so weniger färbt er sich. Die besten gebleichten Stoffe färben sich fast gar nicht, halbgebleichte himmelblau, ungebleichte stark grün.

In Verbindung mit Malachitgrün läßt sich nach Klemm durch einen zweiten Farbstoff herausfinden, ob Natron- oder Sulfitzellstoff vorliegt.

Dies geschieht durch eine gesättigte, mit 2% Alkohol versetzte Lösung von Rosanilinsulfat in Wasser, die mit Schwefelsäure versetzt wird, bis sie einen violetten Schimmer angenommen hat.

Die Zellstoffe färben sich wie folgt.

1. Ungebleichter Sulfitzellstoff wird tief violettrot.
2. Gebleichter Sulfitzellstoff nimmt eine weniger starke und weniger ins Violett spielende rote Färbung an.
3. Ungebleichter Natronzellstoff färbt sich durchschnittlich noch etwas weniger als gebleichter Sulfitstoff.
4. Gebleichter Natronzellstoff erhält nur einen schwach rötlichen Schimmer oder färbt sich überhaupt nicht.

Die bei alleiniger Anwendung der Rosanilinlösung nicht mögliche Unterscheidung von gebleichtem Sulfit- und ungebleichtem Natronzellstoff läßt sich nach Klemm bewerkstelligen, wenn außerdem noch die Prüfung mit Malachitgrün vorgenommen wird. Färbt sich der Zellstoff mit Rosanilinsulfat rot, mit Malachitgrün deutlich grün, so hat man es mit ungebleichtem Natronzellstoff zu tun; färbt er sich mit Rosanilinsulfat wohl auch rot, mit Malachitgrün dagegen schwach blau oder gar nicht, so hat man auf gebleichten Sulfitzellstoff zu schließen.

Unter Zugrundelegung der von Behrens²⁾ für die Unterscheidung von Gewebefasern vorgeschlagenen Doppelfärbung mit Malachitgrün und Kongorot kann man die verschiedenen Reinheitsgrade der Zellstoffe vielleicht noch deutlicher unterscheiden.

Das zu prüfende Material wird durch Kochen mit verdünnter Natronlauge aufgeschlossen.

¹⁾ Klemm, Papierkunde 1910, S. 257.

²⁾ H. Behrens, Mikrochemische Analyse 1896, S. 52.

Der Faserbrei wird hierauf mit der 15–20fachen Menge einer etwa $\frac{1}{2}$ prozentigen Lösung von Malachitgrün in Wasser, die mit einigen Tropfen Essigsäure angesäuert ist, einige Minuten erwärmt, dann, nachdem er gut durchgeschüttelt worden ist, auf ein Sieb gebracht und ausgewaschen, bis das Waschwasser fast farblos abläuft. Schon nach dieser Vorbehandlung kann man sich oft ein Bild von dem Verholungsgrad der Fasern machen. Sind sie stark verholzt, so erscheinen sie stark grün gefärbt; sind sie nicht oder wenig verholzt, so zeigen sie nur eine schwache grünliche Färbung.

Zur weiteren Beurteilung wird der mit Malachitgrün behandelte Stoff in ähnlicher Weise mit einer 15–20fachen Menge wässriger, etwa $\frac{1}{2}$ prozentiger Kongorotlösung, zu der man einige Körnchen Soda fügt, gefärbt und ausgewaschen, bis das Waschwasser fast farblos abläuft.

Aus dem so behandelten Stoff werden geringe Mengen entnommen und in Wasser oder Wasser und Glycerin präpariert. Stark verholzte Fasern erscheinen dann im mikroskopischen Bilde deutlich grün gefärbt, weniger verholzte bläulichgrün bis hellgrün und unverholzte Fasern rot.

Gruppe III: Lumpenfasern.

Baumwolle (Tafel XIII).

Mit dem Namen Baumwolle bezeichnet man die Samenhaare einiger *Gossypium*-Arten (*G. indicum*, *G. barbadense*, *G. herbaceum* usw.). Diese Haare sind bis zu 40 mm lang, 0,02–0,04 mm breit, kegelförmig sich nach dem Ende zu verjüngend, einzellig und ohne Querwände. Die Enden sind stumpf bis rundlich, werden aber im Papier selten angetroffen. Die Zelle ist einem Schlauche ähnlich, dessen Hö-



Fig. 67.

lung etwa $\frac{1}{3}$ – $\frac{2}{3}$ des ganzen Durchmessers ausmacht. Trocknen diese Samenschläuche aus, so klappen die Wände, da sie wegen ihres schwachen Baues dem Luftdruck nicht widerstehen können, aufeinander, und die gleichzeitig auftretenden Spannungen der Wandung veranlassen eine spiralförmige Drehung der Zelle, eine Erscheinung, die zum leichten Erkennen der Baumwolle wesentlich beiträgt. Fig. 67 gibt ein Bild der rohen Baumwollfaser, an welcher diese Drehung sehr deutlich zu beobachten ist.

Bei den aus dem Papier stammenden Baumwollfasern oder Faser-

teilchen tritt diese Erscheinung seltener und weniger deutlich auf, da man es immer nur mit verhältnismäßig kurzen Enden zu tun hat.

Indessen ist die Baumwolle, wenn sie gut erhalten ist, auch ohne diese spiralförmigen Windungen mit keiner der noch folgenden Lumpenfasern zu verwechseln. Zunächst fehlen der Faser sowohl die dem Leinen und Hanf eigentümlichen Poren, feine Kanäle, die von der Zelhöhle aus durch die Wandung nach außen verlaufen, als auch die zahlreichen knotenartigen Auftreibungen. Ferner zeigt die Zellwand vielfach eine höchst charakteristische Streifung, die der ganzen Zelle eine gitterförmige Zeichnung aufprägt (Fig. 68). Allerdings kommen auch bei dem Nadelholzzellstoff derartig gitterförmig gezeichnete Zellen vor,



Fig. 68.



Fig. 69.

indessen ist eine Verwechslung mit diesen schon infolge der verschiedenen Färbung ausgeschlossen.

Die eigentümliche Streifung in Verbindung mit dem weiten Hohlkanal der Zelle und das Fehlen von Poren und Knötchen, wie sie den folgenden beiden Faserarten eigentümlich sind, bilden demnach sichere Anhaltspunkte zur Erkennung der Baumwolle. Zudem hat sie von den Lumpenfasern den größten Durchmesser und erscheint durch die Jodlösung meist etwas dunkler gefärbt als die Leinen- und Hanffaser.

Es kommt zuweilen vor, daß durch Drehen oder Zusammendrücken der Faser der Hohlkanal so eng wird, daß er nur als dunkle Linie erscheint (Fig. 69); man hüte sich davor, in solchen Fällen die Faser mit der Leinenfaser zu verwechseln.

Leinen (Tafel XIV).

Die Bastzellen der Flachspflanze (*Linum usitatissimum*), 4 bis 70 mm lang¹⁾, sind etwa halb so dick wie die Haare der Baumwolle,

¹⁾ Diese Werte weichen sehr wesentlich von denen ab, die man sonst vielfach in Lehrbüchern angegeben findet; sie sind das Ergebnis von rund 20000 Messungen, die gelegentlich einer umfangreichen Arbeit über Flachs (Flachsuntersuchungen vom Verfasser. Mitt. 1902, S. 312) ausgeführt worden sind.

0,01—0,03 mm, sehr regelmäßig gebaut und spitz auslaufend. Im Papier allerdings wird man die natürlichen Enden der Fasern sehr selten beobachten, da diese durch den Fabrikationsprozeß meist stark beschädigt werden (Fig. 70).

Charakteristisch für die Leinenfasern sind die sich oft in sehr kurzen Entfernungen wiederholenden Verschiebungen der Wand, welche bei der Verarbeitung der Faser Anlaß zu Knotenbildungen geben. Bei sehr starker Verdickung werden diese Knoten durch den Fabrikationsprozeß häufig breitgepreßt, eine Erscheinung, die in manchen Fällen bis zum vollständigen Bruch der Fasern an der verdickten Stelle führen kann.

Neben diesen Knoten ist der enge Hohlkanal der Zelle für deren Erkennung von Wichtigkeit. Da die Wände sehr stark sind, so ist der Kanal meist nur als dunkle Linie zu beobachten. Dabei sind Zellen, bei denen man diesen Hohlkanal von Anfang bis zu Ende verfolgen



Fig. 70.



Fig. 71.

kann, nicht sehr häufig. Bei vielen, namentlich den schwächeren Fasern, sieht man mit der früher angegebenen Vergrößerung den Kanal überhaupt nicht; bei anderen erscheint er auf einer kurzen Strecke, wird dann so eng, daß er dem Beobachter entwindet, und kommt eine kurze Strecke weiter mit großer Deutlichkeit wieder zum Vorschein.

Zugleich ist die Wand der Zelle von zahlreichen Poren durchsetzt, die von dem Innern aus nach dem Rande zu verlaufen und als dunkle Linien erscheinen (Fig. 71).

Die Enden der Fasern sind oft sehr fein und lang aufgefasert (Fig. 2 Tafel XVI), eine Eigentümlichkeit, die aber nicht nur, wie oft angegeben wird, dem Flachs allein eigen ist, sondern auch bei Baumwolle vorkommen kann.

Zur Unterscheidung von Leinen und Baumwolle empfiehlt Wiesner¹⁾ die Behandlung der Fasern mit einer Mischung von verdünnter Chromsäure und Schwefelsäure. Nach kurzer Einwirkungsdauer führt leichter Druck auf das Deckglas zu einem Zerfall der Fasern. Leinen zerfällt

¹⁾ Wiesner, Die mikroskopische Untersuchung des Papiers. Wien 1887.

in kurze, quer abgetrennte Teile („wie wenn man einen Baumstamm durch die Säge in Klötze zerlegt hätte“), Baumwolle in zahllose kleine Splitter.

Hanf.

Der anatomische Bau der Hanffaser ist dem des Flachses ungewein ähnlich, und nur in rohem Zustande oder in groben Garnen kann man die beiden Fasern, namentlich durch die Quellungserscheinungen in Kupferoxydammoniak und die Bruchstücke der Oberhaut, mit Sicherheit voneinander unterscheiden. Im Papier ist die Unterscheidung nicht mehr möglich; die Quellungserscheinungen lassen im Stich, und Oberhautstücke sind nicht mehr vorhanden.

Es treten bei Hanf dieselben knotenartigen Auftreibungen auf wie bei Flachs, dieselben zerquetschten Knoten und dieselben ausgefaserten Enden.

Es bleibt daher, wenn man bei einem Papier von Leinenfasern spricht, die Frage offen, ob es sich nur um Leinen oder um Hanf oder um ein Gemenge beider handelt. Praktisch ist diese Lücke ohne Bedeutung, da die beiden Fasern an sich als gleichwertig für die Beurteilung des Papiers anzusehen sind.

Bei der Verarbeitung grober Leinen- und Hanflumpen gelangen Schäwen in das Papier, die durch das Kochen und Bleichen aufgeschlossen sind und sich in Chlorzinkjodlösung oft rein blau färben. Hierin liegt für den weniger Geübten die Gefahr, sie mit Strohzellstofffasern zu verwechseln, wenn er es unterläßt, nach den gezähnten Epidermiszellen zu suchen. Bei den aus Spinnabfällen hergestellten Halbstoffen erreicht der Gehalt an aufgeschlossenen Schäwen oft eine beträchtliche Höhe (25% und mehr). Derartige Stoffe dürften wegen ihres Gehaltes an Schäwenzellstoff nicht zur Herstellung von Papieren der Stoffklasse I (Normal 1, 2a, 2b, 7a und 8a) verwendet werden.

Nun gibt es zwar Halbstoffe aus Spinnabfällen, die nur noch so wenig Schäwenzellstoff enthalten (Spuren), daß man sie technisch als ausschließlich aus Bastfasern bestehend ansehen kann, und derartige Halbstoffe können selbstverständlich zur Anfertigung der erwähnten Papiere benützt werden. Halbstoffe von solcher Reinheit kommen aber im Handel selten vor, meist enthalten sie Schäwenzellstoff in mehr oder minder großen Mengen, und im Materialprüfungsamt sind Proben untersucht worden, die hiervon bis zu $\frac{1}{3}$ und noch mehr enthielten.

Halbstoffe dieser Art können im Sinne der Papiernormalien nicht kurzweg als „Leinenhalbstoff“, wie es meist geschieht, bezeichnet oder mit diesem auf eine Stufe gestellt werden; sie sind ein Gemenge von Bastfasern und Schäwenzellstoff¹⁾.

¹⁾ Ausführlicher ist hierauf unter Beigabe von Abbildungen in den Mitt. 1915 und im WB. 1914 (Festheft), S. 2294 eingegangen.

Der Papiermikroskopiker tut gut, sich solchen Stoff selbst herzustellen und seiner Sammlung von Vergleichsstoffen einzureihen.

Die Möglichkeiten, die Schäwen mit anderen Fasern zu verwechseln, hat Selleger in dem „Papierfabrikant“ 1905, S. 265, eingehend besprochen.

Die Zerstörungserscheinungen der Lumpenfasern und ihre Färbung in Chlorzinkjod geben zuweilen Fingerzeige für die Beantwortung der Frage, ob alte oder neue Lumpen verarbeitet worden sind.

Alte und neue Lumpen werden beim Mahlen im Holländer verschieden angegriffen und zeigen daher voneinander abweichende Zerfaserungszustände. Alte, mechanisch und chemisch stark geschwächte Fasern brechen leicht ab und lassen sich auch bei vorsichtigster Mahlung nur schwer der Länge nach spalten; neue Lumpen spalten dagegen, normale Behandlung vorausgesetzt, leicht der Länge nach und geben ohne Schwierigkeit einen schmierigen Stoff.

Im Mikroskop betrachtet, erscheinen bei den aus alten Lumpen herrührenden Fasern einige charakteristische Merkmale (Knoten bei den Leinenfasern, Streifung der Baumwollfasern), deutlicher als bei neuen Fasern; ferner sind die Enden in der Regel quer abgerissen und wenig ausgefasert. Fasern, von kräftigen Lumpen und neuen Abfällen herrührend sind dagegen oft der Länge nach aufgeteilt und stark ausgefasert; die erwähnten charakteristischen Merkmale treten nur schwach auf, so daß die Unterscheidung der Fasern oft Schwierigkeiten bietet. Auch in bezug auf die Färbung mit Chlorzinkjodlösung zeigen sich oft Unterschiede. Fasern von alten Lumpen sind meist etwas stärker rot gefärbt als die von neuen; neue Leinenfasern sind sogar oft nur schwach bläulich gefärbt.

Da es zwischen neuen Flecken bis zu ganz alten Lumpen natürlich alle möglichen Übergänge gibt und das Aussehen der Fasern nicht allein von dem ursprünglichen Zustande der Lumpen, sondern auch vom Kochen und Mahlen abhängt, so muß man mit seinen Schlußfolgerungen auf Grund der Zerstörungserscheinungen und der Färbung der Fasern natürlich sehr vorsichtig sein.

Wolle (Tafel XV).

Wollhaltige Lumpen oder Abfälle werden in der Papierfabrikation nur zur Herstellung einiger Sondererzeugnisse, wie Kalanderwalzenpapier, Schrenzpapier, geringere Sorten Löschpapier, Dachpappe u. a., verarbeitet. Auch zum Melieren finden geringe Mengen gefärbter Wollfasern Anwendung.

Die Gegenwart von Wolle in einem Papier verrät sich meist schon durch das Äußere, insbesondere durch die rauhe Oberfläche. Solche Papiere dürfen, wie schon S. 93 erwähnt, nicht mit Natronlauge auf-

gekocht werden, weil diese die Wolle löst; man kocht in solchen Fällen nur mit Wasser.

Das Erkennen der Wolle unter dem Mikroskop bietet keine Schwierigkeiten; sie weicht in ihrem Bau so sehr von den bisher besprochenen Fasern ab, daß Verwechslungen ausgeschlossen sind. Besonders ins Auge fällt die schuppenförmige Zeichnung der Fasern, hervorgerufen durch die nebeneinander oder dachziegelförmig übereinander liegenden Hornschuppen; allerdings werden diese Schuppen bei der Bearbeitung der Lumpen mehr oder weniger entfernt, sie können streckenweise sogar ganz fehlen.

In Jod-Jodkaliumlösung erscheint die Wolle leuchtend gelbbraun, wenn sie ungefärbt in das Papier gelangt ist. War sie ursprünglich gefärbt, so zeigt sich diese Farbe auch im mikroskopischen Bilde.

Sind, wie meist bei den angeführten Sondererzeugnissen, größere Mengen Wolle vorhanden, so kann man deren Menge annähernd durch Kochen mit etwa 5prozentiger Natronlauge bestimmen. Die Wolle geht hierbei in Lösung. Zu berücksichtigen sind hierbei etwa vorhandene Extraktivstoffe (Fett usw.) sowie etwaige Verluste an Füllstoffen beim Auskochen.

Seltener vorkommende Fasern (Tafeln XVI—XIX).

Außer den geschilderten Fasern, die in der Papierfabrikation vorzugsweise zur Verwendung gelangen, sei noch kurz auf einige seltener vorkommende ausländische Faserstoffe hingewiesen. Teils finden Papiere aus solchen bei uns Verwendung (z. B. japanische Papiere), teils gelangen derartige Fasern bei Verarbeitung von altem Papier, Abfällen usw. in unsere Papiere. In erster Linie sind hier die Fasern japanischen Ursprungs zu erwähnen.

Als wichtigstes Rohmaterial zur Herstellung von Papieren dient den Japanern der Bast der drei Pflanzen

Wickstroemia canescens (Gampi),

Edgeworthia papyrifera (Mitsu-mata oder Dsuiko),

Broussonetia papyrifera (Kodsu).

Wenn man daher von Fasern japanischen Ursprungs spricht, sind in den meisten Fällen diese drei Arten gemeint, welche in China und Japan in bedeutender Menge gebaut werden und in ihrem Bast feine, geschmeidige Fasern von großer Länge und Festigkeit besitzen.

Im mikroskopischen Bilde zeigen die Fasern teils Ähnlichkeit mit Strohbastfasern und Leinen, teils mit Baumwolle. In Jod-Jodkaliumlösung färben sie sich schwach gelblich bis braun, in Chlorzinkjodlösung blau und bläulich-rot.

Eine eingehende Schilderung dieser Fasern unter Beigabe von Abbildungen ist in den Mitt. 1888, Sonderheft IV, veröffentlicht.

Hier näher darauf einzugehen, erscheint im Hinblick auf das verhältnismäßig seltene Vorkommen der Fasern und auf den Zweck des vorliegenden Werkes nicht am Platze.

Als weitere selteneren Rohstoffe wären zu erwähnen Ramié, Bambusrohr, verschiedene Schilfrohrsor¹⁾ten, mannigfache Gräser, Zuckerrohrrückstände, Torf u. a. m., deren mikroskopische Merkmale als Papierfaser zum Teil noch wenig erforscht sind²⁾. Abbildungen einiger dieser seltener vorkommenden Faserarten bringen die Tafeln XVI—XIX (Bambus, Zuckerrohr, Torf und Ramié).

Es ist gewiß der berechtigte Wunsch eines jeden Mikroskopikers, bei der Untersuchung gute Proben reinen Materials zur Hand zu haben, um diese zum Vergleich benutzen zu können. Namentlich für diejenigen sind solche Vergleichsproben von Wert, der nicht dauernd mit dem Mikroskop arbeitet, dem infolgedessen einmal gewonnene Bilder leicht wieder aus dem Gedächtnis entschwinden, und der so geradezu gezwungen ist, aus dem Vergleich mit bekannten Objekten seine Schlüsse zu ziehen.

Leider sind bis jetzt für die mikroskopische Papierprüfung derartige Präparate, die für eine Vergleichung wirklich wertvoll wären, nicht geschaffen worden, und es ist fraglich, ob sie überhaupt in zufriedenstellender Weise geschaffen werden können. Die Gelatine oder andere ähnliche Einbettmassen, welche zum Präparieren der Fasern dienen, nehmen den durch die Jodlösung gefärbten Fasern diese Färbung und damit dem Beobachter einen Anhalt für ihre Unterscheidung, so daß es ratsam sein dürfte, solche Präparate, die leicht zu Irrtümern Anlaß geben können, zu vermeiden. Dauerpräparate dieser Art, die für die Papierprüfung mit Unrecht warm empfohlen werden, haben außerdem noch oft den Nachteil, daß die Fasern nicht aus Papier, sondern aus dem unverarbeiteten Rohmaterial entnommen sind. Daß aber die Fasern vor der Einwirkung der mechanischen Zerstörungsprozesse ein anderes Bild abgeben als nachher, braucht nach dem Vorgesagten wohl nicht erst besonders erwähnt zu werden.

Um nun die Lücke einigermaßen auszufüllen, verfähre man in folgender Weise. Man koche eine geringe Menge verbürgt reinen Leinen-, Baumwoll- usw. Papiers in der oben näher angegebenen Weise mit Natronlauge zu Brei. Diesen bringe man in eine gut verschließbare Flasche und übergieße ihn mit Alkohol; er ist dann gegen Fäulnis ge-

¹⁾ Vgl. Ein neuer Rohstoff für die Papierindustrie (Arundo Donax, Italienisches Pfahlrohr). Mitt. 1895, S. 24.

²⁾ Vgl. auch Selleger, Beurteilung wenig bekannter Faserarten. W.B. 1906, Nr. 36.

schützt und unbegrenzt haltbar. Eine Sammlung derartig vorbereiteter Papierfasern ist ein für den weniger Geübten nicht zu entbehrendes Hilfsmittel für die Untersuchung, und selbst der mit dem Bau der Fasern hinlänglich Vertraute wird in schwierigen Fällen gern seine Zuflucht zu ihnen nehmen. Sie sollten daher auch stets den für Papierprüfung zusammengestellten Mikroskopen beigegeben werden¹⁾.

Allerdings ist nicht zu verkennen, daß es sehr große Schwierigkeiten macht, Papiere zu erhalten, die wirklich nur aus einem einzigen Rohstoff bestehen; meist finden sich auch bei der sorgfältigsten Auswahl der Rohstoffe und der saubersten Verarbeitung geringe Beimengungen anderer Stoffe, die den Beobachter leicht irreführen können. Besonders aber hüte man sich, aus der handelsüblichen Bezeichnung eines Papiers einen Schluß auf die zur Herstellung verwendeten Fasern zu ziehen und etwa zu glauben, daß Hanfpapier aus Hanf, Leinenpost aus Leinen, Manilapapier aus Manilahanf usw. bestehen müsse. Derartige Bezeichnungen stehen zu dem Papierrohstoff oft in gar keiner Beziehung und verdanken lediglich dem geschäftlichen Verkehr ihre Entstehung.

Wenn man von den durch die Jodlösungen hervorgebrachten Färbungen, die, wie schon erwähnt, nicht dauernd festzuhalten sind, absehen und sich mit einer Färbung begnügen will, so kann man sich Dauerpräparate wie folgt herstellen.

Verholzte Fasern werden mit Fuchsin, Methylviolett oder Malachitgrün in der S. 115—116 angegebenen Weise gefärbt, unverholzte mit Kongorot. Die gefärbten Fasern werden dann in Kanadabalsam eingebettet.

Glyzeringelatine (7 g Gelatine läßt man in 42 ccm Wasser quellen, erwärmt dann unter Zusatz von 38 ccm Glycerin, bis Lösung eingetreten ist, fügt 1 g Karbolsäure hinzu und filtriert warm durch Glaswolle) eignet sich weniger als Einbettmasse, weil die Farben in ihr leicht verblassen.

Verschiedene Mahlungszustände von Papierfasern (Taf. XXII).

Es ist bekannt, daß eine Reihe von Fasern, unter den Lumpen besonders die Leinenfasern, je länger sie im Holländer gemahlen werden, um so mehr in feine Fibrillen zerfallen, so daß es unter Umständen nicht mehr möglich ist, mit Sicherheit festzustellen, welchen Rohstoffen die feinsten Teilchen entstammen. Diese weitgehende Mahlung wird vorzugsweise bei festen Schreibpapieren, bei Zigarettenpapieren usw.

¹⁾ Die Firma Schopper-Leipzig bringt derartige Proben in Breiform in den Handel. Die Proben sind im Materialprüfungsamt geprüft und die Flaschen mit dem Siegel des Amtes verschlossen.

ausgeübt. Man bezeichnet den so erhaltenen Stoff als „schmierig“. Bei anderen Arten von Papier, z. B. bei Löschpapieren, will man schmierigen Stoff soviel wie möglich vermeiden, und man mahlt daher so, daß die Fasern möglichst nur verkürzt, nicht aber in Fibrillen zerlegt werden, d. h. mit scharfen Messern und bei dünn eingetragendem Stoff; den so erhaltenen Stoff bezeichnet man als „rösch“.

Diese verschiedenen Mahlarten geben naturgemäß den Fasern im mikroskopischen Bilde ein ganz verschiedenartiges Aussehen¹⁾. Einige Beispiele hierfür sind in Tafel XX wiedergegeben, nämlich:

- 1 Zigarettenpapier,
- 1 holländisches Banknotenpapier,
- 2 Photographiepapiere,
- 3 Normalpapiere der Verwendungsklasse 1,
- 1 Dokumentenpapier aus ungebleichten Lumpen,
- 1 Löschpapier,
- 1 Packpapier.

Die Aufnahmen erfolgten bei 25facher Vergrößerung.

Wenn man den Zustand der Fasern von dem Papier Nr. 1 bis zu dem Nr. 10 verfolgt, so wird man die großen Unterschiede, welche sich darbieten, nicht verkennen können. Beim Papier Nr. 1 sind die Fasern derartig vermahlen, daß man kaum noch einzelne gut erhaltene Faserbruchstücke auffinden kann. Von Papier Nr. 2 gilt fast dasselbe, jedoch finden sich hier schon mehrere noch bis zu einem gewissen Grade erhaltene Fasern. Verfolgt man die Papiere weiter, so wird man im großen und ganzen eine Abnahme feinsten Fibrillen und eine Zunahme besser erhaltener Fasern beobachten können bis zu dem Papier Nr. 9 und Nr. 10, welche nur noch in äußerst geringem Grade Zerstörungerscheinungen zeigen. Den Zustand der Fasern in jedem einzelnen Fall zu beschreiben, ist außerordentlich schwer; das Bild wirkt in diesem Falle besser und ist genügend aufklärend. Wenn daher von dem Untersuchenden verlangt wird, er soll den Mahlunugszustand der im Papier enthaltenen Fasern angeben, so dürfte sein Urteil erheblich an Wert gewinnen, wenn der Erklärung eine mikrographische Aufnahme der Fasern beigegeben wird.

Vielleicht könnte man auch durch zahlreiche Aufnahmen Gruppen von Mahlunugszuständen schaffen, gewissermaßen Normalzustände, welche in geeigneter Weise den Interessenten zugänglich zu machen wären. Man könnte dann bei der Untersuchung von Papier auf Faserzustand auf diese Normalien hinweisen und brauchte so nicht jedesmal dem

¹⁾ Selleger, (Die mikroskopische Prüfung des Papiers in bezug auf die Mahlung der Faserstoffe, Papierfabrikant 1905, Nr. 43 und 44) empfiehlt, das Papier bei Untersuchungen auf Mahlunugszustand nicht durch Kochen vorzubereiten, sondern es mit Wasser zu benetzen und das erforderliche Fasermaterial vorsichtig abzuheben.

Untersuchungsbefund eine photographische Abbildung beizufügen. Aus den hier vorliegenden Beispielen könnte man vielleicht folgende Zusammenstellung machen.

- Gruppe I. Nr. 1—3;
 „ II. „ 4, 5 und 6;
 „ III. „ 7 und 8;
 „ IV. „ 9 und 10.

Kommt nun ein Papier auf den Zustand der Faser zur Untersuchung, so könnte man einfach auf Grund des mikroskopischen Bildes unter Hinweis auf die geschaffenen Normalgruppen erklären, daß das Papier sich dem Mahlungszustand beispielsweise der Gruppe II nähert. Solche Angaben würden für den Fabrikanten in vielen Fällen von Wert sein.

Mit acht der abgebildeten zehn Papiere sind Festigkeitsversuche ausgeführt worden, und es wird interessant sein, die hierbei ermittelten Werte kennen zu lernen.

Papier Nr.	Art des Papiers	Stoff- zusammensetzung	Mittlere		Widerstand gegen Zerknittern ²⁾
			Reiß- länge m	Deh- nung %	
2	Holländisches Banknotenpapier	Wegen starker Zer- mahlung nicht mit Sicherheit zu er- mitteln; wahr- scheinlich Leinen	7275	11,1	außerordentlich groß
3	Normal 1 ¹⁾	Leinen, Zusatz Baumwolle; ein Teil der Fasern stark zermahlen	6215	4,7	sehr groß
4	Dokumentenpapier aus ungebleichten Lumpen	Leinen, geringe Mengen Baumwolle	8425	5,6	außerordentlich groß
5	Normal 1 ¹⁾	Leinen, Baumwolle	6050	4,2	sehr groß
6	Normal 1 ¹⁾	Baumwolle, geringe Mengen Leinen	6825	7,2	außerordentlich groß
7	Photographiepapier	Leinen, sehr geringe Mengen Baumwolle	2600	3,8	gering
8	Photographiepapier	Leinen, sehr geringe Mengen Baumwolle	4350	4,5	gering
10	Packpapier	Manilahanf	6750	4,5	außerordentlich groß

¹⁾ Die drei Normalpapiere 1 rühren aus drei verschiedenen Fabriken her.

²⁾ Diese Prüfungen wurden vor Jahren ausgeführt, als der Schoppersche Falzer noch nicht bekannt war. Falzwerte können daher nicht angegeben werden.

Feststellung der Mengenverhältnisse der Fasern.

Man ist hierbei, abgesehen von den verholzten Fasern, zurzeit ausschließlich auf das mikroskopische Bild angewiesen; irgend welche analytische Verfahren zur Trennung der Fasern sind nicht bekannt. Deshalb sind die Angaben über die prozentische Faserzusammensetzung eines Papiers immer nur als annähernd zutreffend anzusehen. Die Ermittlung kann aber doch so weit sicher gestaltet werden, daß sie einen praktischen Wert erhält.

Ein Bruchteil der Fasern ist bei den meisten Papieren infolge mechanischer Einwirkungen während des Fabrikationsprozesses unbestimmbar, wenigstens soweit es sich um die Bestimmung des Ursprunges von Lumpenfasern (Leinen, Hanf, Baumwolle) handelt. Diese werden auf dem Wege durch die Papierfabrik von den Messern der Holländer, den Walzen usw. oft bis zur Unkenntlichkeit entstellt. Der Bruchteil der auf diese Weise unkenntlich gemachten Fasern hängt ab von der Art der Bearbeitung des Rohmaterials; er wird größer sein bei Papieren, welche sehr lange gemahlen sind, und geringer bei Papieren, bei denen dies nicht der Fall ist.

Wesentlich günstiger liegen die Verhältnisse bei den Zellstoffen. Die Art ihrer Herstellung bringt es mit sich, daß bei ihnen die einzelnen Zellen weniger verändert werden als bei den Lumpen, und da sie auch bei der Verarbeitung zu Papier meist nur einer kurzen mechanischen Behandlung unterliegen, so finden sie sich im allgemeinen weniger verletzt im Papier vor. Da sie außerdem selten Neigung zeigen, sich wie die Lumpen, insbesondere die Leinenfasern, der Länge nach in dünne Lamellen zu spalten, sondern bei einer etwaigen Zertrümmerung meist in Querstücke zerfallen, so kann man auch den Ursprung der Bruchstücke besser feststellen als bei den Lumpen.

Die Verhältnisse für die Mengenbestimmung von Fasern im Papier an der Hand des mikroskopischen Bildes liegen also bei Lumpenfasern ungünstiger als bei den Zellstoffen. Es ist erheblich schwerer, bei einem Lumpenpapier den annähernden Gehalt an Leinen- und Baumwollfasern festzustellen, als bei einem anderen Papier zu entscheiden, wie viel Lumpen und Zellstofffasern es enthält.

Die Verwertung des mikroskopischen Bildes zur Ermittlung der ungefähren Mengenverhältnisse der einzelnen Fasersorten kann auf zweierlei Weise geschehen; entweder zählt man die Fasern jeder Gattung unter Beobachtung gewisser noch zu besprechender Umstände zusammen und berechnet dann die Zusammensetzung oder man vergleicht das Präparat mit anderen von bekannter Stoffmischung lediglich nach dem Aussehen.

Mit dem Auszählen eines einzigen Bildes ist natürlich nichts getan; es ist nötig, daß eine große Anzahl von Gesichtsfeldern abgesucht wird,

da man nur dann ein annähernd richtiges Durchschnittsergebnis erwarten darf. Wenn auch die Stoffmischung infolge der Vorbereitung als sehr vollkommen angesehen werden kann, so kommt es doch vielfach vor, daß beispielsweise bei einem aus gleichen Teilen Leinen- und Zellstoff bestehenden Papier in einem Bilde vorwiegend Leinen-, in einem anderen vorwiegend Zellstofffasern gefunden werden. Diese Schwankungen werden nur bei Benutzung einer großen Anzahl von Bildern wieder ausgeglichen.

Beim Auszählen der Gesichtsfelder ist es zweckmäßig, den Halbmesser bzw. Durchmesser des Gesichtsfeldes als Längeneinheit zugrunde zu legen, denn einer solchen bedarf es bei der großen Verschiedenheit in den Längen der einzelnen Faserstücke. Die in einem Bilde vorhandenen Bruchstücke von Fasern, welche kürzer als die gewählte Einheit sind, müssen als Bruchteile derselben geschätzt und dann verrechnet werden.

Die durch das Auszählen gewonnenen Zahlen — nehmen wir an, es seien Durchschnittswerte aus 50 Zählungen — können zur prozentualen Berechnung der Fasern ohne weiteres nur dann verwendet werden, wenn die Annahme gerechtfertigt ist, daß gleiche Faserlängen der in Betracht kommenden Stoffe auch gleich schwer sind. Wenn diese Voraussetzung beispielsweise bei Leinen und Baumwolle zuträfe, so bestände ein aus diesen Stoffen gefertigtes Papier, wenn in dem Gesichtsfelde im Durchschnitt gefunden worden sind

Leinenfasern 7,

Baumwollfasern 5,

ohne Berücksichtigung der unbestimmbaren Fasern und der Füllstoffe ungefähr aus

58% Leinenfasern und

42% Baumwollfasern.

Daß die gemachte Voraussetzung aber nicht für alle Fasern zutrifft, zeigt sich an dem anatomischen Bau der Fasern. Ein Beispiel soll dies noch näher erläutern.

Ein Ganzstoff wurde aus genau 50% leinenen Fasern und 50% Holzzellstoff erzeugt, und es wurden in 100 verschiedenen Gesichtsfeldern die einzelnen Fasern gezählt; im Mittel wurden gefunden 43,7% Längen Leinenfasern und 56,3% Längen Holzzellstoff.

Um auf die wahren Verhältnisse zu kommen, müßte man daher die gefundenen Werte noch mit Koeffizienten multiplizieren, deren Größe für die einzelnen Faserarten durch Auszählen einer großen Reihe von Stoffmischungen zwar bestimmt werden könnte, die aber immerhin von geringem praktischen Wert bleiben würden, weil das Verfahren allzu umständlich werden würde und trotzdem noch erhebliche Unsicherheiten bestehen blieben. Insbesondere ist für das Auszählen der Präparate ein außerordentlich großer Zeitaufwand erforderlich.

Bei einem Gehalt des Papiers an Strohzellstoff kommt ferner hinzu, daß es noch schwerer als im angeführten Beispiel, wenn nicht gar unmöglich ist, die mannigfachen, so verschieden gestalteten Fasern des Strohes (Oberhautzellen, Parenchymzellen, Gefäße, Sklerenchymzellen usw.) auf eine Längeneinheit zu bringen.

Diese Erwägungen lassen es zweckmäßig erscheinen, auf eine Auszählung der Fasern¹⁾ des Bildes zu verzichten und den Versuch der Mengenbestimmung der einzelnen Fasersorten auf dem zweiten der oben angegebenen Wege, nämlich dem der Schätzung zu unternehmen.

Man muß sich beim Schätzen klar darüber sein, worauf man die zu machenden prozentischen Angaben beziehen will, ob auf das Papier als solches, d. h. unter Berücksichtigung der etwa vorhandenen Füllstoffe, oder nur auf das vorhandene Fasermaterial. Die nachfolgenden Angaben beziehen sich nur auf den letzteren Fall.

Um dem Auge in der Abschätzung des mikroskopischen Bildes Übung zu verschaffen, ist es erforderlich, zunächst mit Stoffen bekannter Zusammensetzung zu arbeiten; da man auch später Vergleichsmischungen stets zur Hand haben muß, um in Zweifelsfällen einen sicheren Anhalt zu haben, so ist es zweckmäßig, diese Mischungen ein für allemal anzufertigen und dauernd aufzubewahren; es handelt sich hierbei nicht um fertige Dauerpräparate gewöhnlicher Art, sondern um Stoffmischungen, welche, wie schon S. 122 erwähnt, in Flaschen unter Alkohol aufbewahrt und von welchen in jedem einzelnen Bedarfsfalle frische Präparate angefertigt werden.

Man schätzt zunächst bei schwacher Vergrößerung die Gruppen ab und dann bei stärkerer die einzelnen Faserarten.

Dadurch, daß infolge der Färbung mit den Jodlösungen die Fasern gruppenweise auseinander gehalten werden, wird dem Auge das Schätzen wesentlich erleichtert, und die Erfahrung hat gezeigt, daß bei gehöriger Übung seitens des Untersuchenden die auf diese Weise gefundenen Werte den wirklichen Verhältnissen annähernd entsprechen.

Von großem Wert ist es natürlich, wenn die Schätzungen von mehreren Beobachtern vorgenommen und aus den geschätzten Prozentsätzen die Mittel gebildet werden.

Fabrikationsbücher und Stoffzettel.

Den Ergebnissen der Prüfung auf Stoffzusammensetzung und Aschengehalt werden vom Fabrikanten des Papiers zuweilen die Fabrikationsbücher und Stoffzettel oder eidesstattliche Versicherungen von

¹⁾ Litschauer hat im Z. 1905, S. 5, 37 und 74 ein umfangreiches Zahlenmaterial über die bei Auszählung des mikroskopischen Bildes gemachten Erfahrungen veröffentlicht. Bei der Auszählung von 150 Gesichtsfeldern von ein und derselben Stoffmischung ergab sich der Beobachtungsfehler zu weniger als 2%.

Beamten als angebliche Beweise dafür entgegengestellt, daß die Prüfungsergebnisse unzutreffend sind.

In den Mitt. 1895, S. 232, wurde eine Reihe solcher Fälle veröffentlicht, die sich aber dann als Belege dafür erwiesen, daß die Fabrikationsbücher und der Eid der Beamten und Arbeiter nicht immer einen einwandfreien Beweis für die Stoffzusammensetzung eines Papiers erbringen können. Ein solcher Fall sei hier als Beispiel mitgeteilt.

Eine Papierfabrik hatte neun Anfertigungen einer Druckpapier-sorten vorgenommen, für die sämtlich derselbe Stoffzettel ausgegeben war. Das Papier sollte, was Fasermaterial anlangt, aus 65% gebleichtem Zellstoff (45% Holzzellstoff und 20% Strohcellstoff) und 35% Baumwolle hergestellt werden. Der Abnehmer wies eine der Fertigungen mit dem Bemerkten zurück, daß sie in ihrer Zusammensetzung nicht der Vorschrift entspräche. Das gab der Fabrik Veranlassung, Muster sämtlicher neun Anfertigungen auf Stoffzusammensetzung untersuchen zu lassen. Das Ergebnis der Prüfung ist nachstehend zusammengestellt:

	Holzzellstoff	Strohcellstoff	Baumwolle	Leinen
Anfertigung 1 =	60%	20%	15%	5%
„ 2 =	75 „	15 „	10 „	— „
„ 3 =	80 „	15 „	5 „	— „
„ 4 =	85 „	15 „	— „	— „
„ 5 =	55 „	20 „	20 „	5 „
„ 6 =	60 „	20 „	20 „	— „
„ 7 =	60 „	15 „	20 „	5 „
„ 8 =	55 „	20 „	20 „	5 „
„ 9 =	60 „	15 „	20 „	5 „
Vorschrift:	45%	20%	35%	—%

Wie die Zusammenstellung zeigt, weichen die Proben zum Teil außerordentlich von der vorgeschriebenen Stoffmischung ab. Daß sogar eine Fertigung unterlaufen konnte, die Lumpen überhaupt nicht enthält, erscheint unerklärlich. Die Fabrik teilte später hierzu mit: „Wie sich nachträglich herausstellt, sind seitens der Betriebsleitung geradezu unverantwortliche Fehler vorgekommen.“

Der Fall gibt somit ein recht sprechendes Beispiel dafür ab, daß der Stoffzettel und die Fabrikationsbücher in letzter Linie lediglich besagen können, daß die Absicht vorlag, das Papier in der vorgeschriebenen Stoffmischung herzustellen. Ob dies wirklich geschehen ist, läßt sich einwandfrei nur durch Prüfung des fertigen Papiers feststellen.

Noch bedenklicher liegen die Verhältnisse, wenn der Eid der Angestellten die Zusammensetzung eines Papiers bestätigen soll, was im Interesse der Betroffenen nicht oft und dringend genug ausgesprochen werden kann. Kein Papierfabrikant und kein Angestellter der Fabrik ist ohne Untersuchung in der Lage, beispielsweise zu beedigen, daß ein

Papier, das aus reinen Lumpen hergestellt werden sollte, auch nur Lumpenfasern enthält, weil es ihm unmöglich ist, die gesamte Fabrikation in allen ihren Teilen stetig zu überblicken.

In den meisten Fällen werden sich natürlich die Angaben des Stoffzettels mit der wirklichen Zusammensetzung des Papiers decken und Fälle, wie hier und an anderen Stellen geschildert, zu den Ausnahmen gehören. Aber diese Ausnahmen beweisen, daß den Fabrikationsbüchern der Wert eines unumstößlichen Beweismittels für die Zusammensetzung eines Papiers nicht zuzusprechen ist.

Dieser Beweis kann nur durch die Prüfung des fertigen Materials erbracht werden.

Länge und Breite der Fasern.

Bei Papierprüfungen können Länge und Breite der Fasern im allgemeinen zur Bestimmung der Herkunft der letzteren nicht mit heran-

Faserart	Länge in mm			Breite in μ (= $\frac{1}{1000}$ mm)			Beobachter
	Kleinster Wert	Größter Wert	Häufigste Werte	Kleinster Wert	Größter Wert	Häufigste Werte	
Flachs	—	—	20—40	12	26	15—17	Wiesner
	4	66	25—30	15	37	20—25	Vétilart
	4	75	5—25 ¹⁾	15	36	19—28	Materialprüfungsamt ²⁾
Hanf	5	55	15—25	16	50	22	Vétilart
Baumwolle (verschiedener Arten)	—	—	10—40	12—29	22—40	19—38	Wiesner
Manila (Musa textilis)	3,0	12	6	16	32	24	Vétilart
Jute (Corchorus capsularis)	1,5	5	2	20	25	22,5	Vétilart
Fichte	0,73	5,36	Mittel 2,5	13	67	Mittel 39	Materialprüfungsamt
Kiefer	0,95	4,4	—	15	75	—	Kirchner

¹⁾ Als Mittel aus allen Messungen ergab sich: 26.

²⁾ Flachsprüfungen Von Prof. W. Herzberg. Mitt. 1902, S. 311. (Ergebnis der Messungen von rund 20 000 Einzelfasern.)

gezogen werden, weil sie im Papier als ganz erhaltene Elementarfasern nur selten vorhanden sind. Wir haben es überwiegend mit Faserbruchstücken zu tun, die in ihren Abmessungen bei verschiedenen Papieren sehr verschieden sein können, je nach dem Zweck, dem letztere dienen sollen.

Da aber die Abmessungen der unversehrten Elementarfasern immerhin auch für den Papiermikroskopiker von Interesse sind und deren Kenntnis ihm in besonderen Fällen gelegentlich von Nutzen sein kann, so sind vor- und nachstehend einige Angaben hierüber gemacht; sie sind teils aus der Literatur entnommen, teils im Materialprüfungsamt durch Ausmessung sehr zahlreicher Einzelfasern ermittelt.

Da sich in der Fachliteratur die Angaben über Faserlängen und Faserbreiten bei einigen Forschern vollständig decken, so kann man sie wohl teilweise als entlehnt ansehen; um Wiederholungen zu vermeiden, sind daher aus den Fachschriften nur die von Vétillart¹⁾, Wiesner²⁾ und Kirchner³⁾ angegebenen Zahlen hier wiedergegeben. Die Tabelle macht keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Bei gründlicher Durcharbeitung der Literatur hätte man sie noch erweitern können; dies mag einer späteren Bearbeitung vorbehalten bleiben; für den vorliegenden Zweck werden die Angaben genügen.

Strohfasern.

Strohart	Art der Fasern	Faserlänge in mm			Faserbreite in μ			Beobachter
		Mittel	Größe	Kleinste	Mittel	Größe	Kleinste	
Roggenstroh	Langgestreckte Fasern (sog. Bastfasern)	1,25 ⁴⁾	3,01	0,41	19	38	8	Materialprüfungsamt
	Parenchymzellen	—	0,85	0,06	—	113	50	
	Oberhautzellen	—	0,34	0,06	—	76	13	
Maisstroh (Stengel)	Langgestreckte Fasern (sog. Bastfasern)	1,19 ⁴⁾	5,26	0,41	17	38	8	
	Parenchymzellen	—	0,50	0,06	—	231	29	
	Oberhautzellen	—	0,22	0,06	—	71	17	

¹⁾ Études sur les Fibres Végétales Textiles. Paris 1876.

²⁾ Die Rohstoffe des Pflanzenreiches. Bd. 2. Leipzig 1903.

³⁾ Das Papier. II. A. S. 28.

⁴⁾ Mittel aus je 200 Messungen.

Der Unterschied zwischen den Häufigkeitswerten Wiesners, Vétillarts und des Amtes ist beim Flachs sehr auffallend. Das Amt hat sein Versuchsmaterial aus der Pflanze selbst entnommen (aus dem unteren, mittleren und oberen Stengelteil); die genannten Forscher haben vielleicht gehechelten Flachs verwendet.

Holzschliff und andere verholzte Fasern.

Bei der Besprechung der mikroskopischen Prüfung wurde darauf hingewiesen, mit Hilfe welcher Merkmale man den Holzschliff durch das Mikroskop nachweisen kann. Einfacher als dort angegeben, gestaltet sich der Nachweis, wenn es sich nur darum handelt, das Vorhandensein von verholzten Fasern überhaupt festzustellen. Wir besitzen eine große Anzahl chemischer Verbindungen, die mit denjenigen Bestandteilen des Holzes, die man kurzweg als Holzsubstanz (Lignin) bezeichnet, mehr oder minder starke, leicht und schnell zu erzeugende Färbungen geben.

Da die verholzten Fasern und insbesondere der Holzschliff, als Feinde jedes für lange Aufbewahrung bestimmten Papiers betrachtet werden müssen, so ist es von besonderer Wichtigkeit, Mittel zu besitzen, die schnell und leicht Aufschluß über das Vorhandensein dieser Fasern geben.

Von den Reagenzien, die zum Nachweis verholzter Fasern dienen, sollen hier nur diejenigen besprochen werden, mit deren Hilfe der Nachweis am schärfsten gelingt und welche daher auch am häufigsten angewendet werden, nämlich

Schwefelsaures Anilin (Anilinsulfat),
Phloroglucin-Salzsäure und
Dimethyl-paraphenylen-diamin¹⁾.

Angewendet können diese Lösungen aber nur werden bei ungefärbten oder sehr schwach gefärbten Papieren. Bei stark gefärbten Proben, namentlich bei dunklen Farbtönen, tritt die Färbung des Holzschliffes nicht oder nicht deutlich genug hervor. In solchen Fällen greift man

¹⁾ In Müllers Abhandlung „Die Bestimmung des Holzschliffes im Papier“ findet sich S. 10 eine ausführlichere Zusammenstellung von Holzschliffreagenzien, die alle aufzuzählen hier zu weit führen würde.

Im P.F. 1910, Festheft, S. 38 bespricht Dr. Renker die Ligninreaktionen bei Benützung von Amin- und Phenollösungen ausführlich.

zum Mikroskop, da das Entfärben des Papiers auf chemischem Wege, vorausgesetzt, daß es überhaupt zum Ziele führt, meist mühsamer ist als die mikroskopische Feststellung des Holzschliffes.

Die Reaktion mit schwefelsaurem Anilin.

Man löst etwa 5 g schwefelsaures Anilin in 50 g destilliertem Wasser und fügt einen Tropfen Schwefelsäure hinzu; das Salz löst sich bei einigem Umschütteln ziemlich leicht, und man erhält eine klare, farblose Flüssigkeit, welche jedoch nicht lichtbeständig ist, sondern sich ziemlich leicht zersetzt, wobei sie eine violette Färbung annimmt; trotzdem reagiert sie auch während der Zersetzung noch auf Holzschliff. Die Färbung, welche diese Lösung auf holzschliffhaltigem Papier hervorbringt, ist eine sehr schön hellgelbe.

Die Phloroglucin-Reaktion.

Diese von Wiesner¹⁾ entdeckte Reaktion für verholzte Zellen ist wohl die empfindlichste von allen und zugleich die farbenprächtigste. Zur Herstellung der Lösung verfährt man in folgender Weise. Man löst 1 g Phloroglucin in 50 ccm Alkohol und fügt etwa 25 ccm konzentrierte Salzsäure hinzu; es entsteht eine schwach gelb gefärbte Flüssigkeit, welche sich allmählich durch den Einfluß der Luft und des Lichtes zersetzt; man tut daher gut, nicht größere Mengen herzustellen, da eine frisch bereitete Lösung schneller und schärfer wirkt als eine schon in Zersetzung übergegangene.

Die Färbung, welche diese Lösung auf holzhaltigem Papier hervorbringt, ist sehr schön rot, und aus diesem Grunde ist die Phloroglucinlösung der oben besprochenen vorzuziehen, weil diese beispielsweise bei gelben Papieren keine so deutliche Reaktion veranlaßt als jene.

Man lasse bei der Untersuchung auf verholzte Fasern mittels Phloroglucin nicht außer acht, daß es gewisse Farbstoffe gibt, welche sich, wie das in der Papierfabrikation vielfach verwendete Metanilgelb, unter dem Einfluß freier Säuren ebenfalls rot färben und daher möglicherweise zu der Annahme führen können, man hätte es mit verholzten Fasern zu tun.

Die Art und Weise des Auftretens der Reaktion ist aber anders als beim Holzschliff. Bringt man Phloroglucin auf holzschliffhaltiges Papier, so entsteht ganz allmählich eine an Tiefe zunehmende Rotfärbung, wobei einzelne dickere Fasern besonders hervortreten und durch ihre dunklere Färbung auffallen. Ist indessen kein Holzschliff, sondern

nur Metanilgelb vorhanden, so entsteht der Fleck ziemlich plötzlich; das Papier erscheint ganz gleichmäßig gefärbt, und es sind keine einzelnen Fasern durch besonders hervortretende Färbung sichtbar; der Fleck verblaßt in wenigen Minuten und umgibt sich mit einem violetten Hof, während Holzschlifflecken erst nach längerer Zeit und ganz allmählich verblässen und sich hierbei nicht mit einem Hof umgeben. Sollten trotzdem noch Zweifel auftauchen, so befeuchte man das zu untersuchende Papier mit verdünnter Salzsäure allein; entsteht auch jetzt die Rotfärbung, so ist ein Farbstoff vorhanden, entsteht sie nicht, so handelt es sich um verholzte Fasern.

Wursters Reaktion mit Dimethyl-paraphenylen-diamin¹⁾.

Das Reagens gelangt entweder in Lösung oder in Form von Filterpapier, das mit der Lösung getränkt ist, zur Anwendung; der Kürze wegen bezeichnet der Entdecker die Mittel mit Di-Lösung und Di-Papier.

Bei Anwendung der Lösung bringt man diese durch Auftropfen oder mit Hilfe eines Pinsels auf das zu untersuchende Papier. Bei Gegenwart von verholzten Fasern entsteht nach einiger Zeit ein orangefarbener Fleck. Dieser Fleck wird mit Wasser befeuchtet und erscheint dann karmoisinrot.

Verwendet man statt der Lösung das Papier, so benetzt man es vor dem Versuch mit einigen Tropfen Wasser, faltet es einmal zusammen und bringt es unter Druck zwischen das zusammengelegte zu prüfende Papier. Ist letzteres unter dem Reagenzpapier durchfeuchtet, so wird diese Stelle mit Wasser benetzt, und es entsteht dann ebenfalls eine karmoisinrote Färbung.

Die geschilderten drei Färbungen sind nach dem jetzigen Stand der Forschungen auf diesem Gebiet nicht als typische Ligninreaktionen anzusehen, da sie offenbar von Beimengungen des Lignins herühren und nicht von diesem selbst²⁾. Dies zu wissen ist für den Papierprüfer von Wert, weil die Beimengungen z. B. durch Chlor mehr oder weniger leicht zerstört werden können, so daß so behandelte Holzschliff mit den erwähnten Reagenzien keine oder nur noch schwache Färbungen gibt, obwohl er noch beträchtliche Mengen Lignin enthält. In der Praxis kommen denn auch schon Papiere vor, die mit Phloroglucin nur eine sehr schwache Färbung geben, trotzdem aber, wie die mikroskopische Prüfung³⁾ zeigte, erhebliche Mengen Holzschliff ent-

¹⁾ Dr. C. Wurster, Die neuen Reagenzien auf Holzschliff und verholzte Pflanzenteile. 1900.

²⁾ Vgl. auch Heuser-Sieber, Zeitschrift für angew. Chemie 1913, S. 801: Über die Einwirkung von Chlor auf Fichtenholz.

³⁾ Die Gelbfärbung des Holzschliffes im mikroskopischen Bilde bei Behandlung mit Chlorzinkjodlösung ist eine typische Ligninreaktion; erst wenn diese

hielten, dem durch geeignete Behandlung die oben erwähnten Beimengungen entzogen waren.

Als Beispiel hierfür sei angeführt, daß sich der Gehalt an Holzschliff bei mehreren Druckpapieren nach der Phloroglucinreaktion zu 5—8% ergab, nach Abschätzung des mikroskopischen Bildes zu 20—25%.

Bei der Bestimmung der Menge des in einem Papier vorhandenen Holzschliffes, die später besprochen wird, muß auf dieses Verhalten der verholzten Fasern naturgemäß Rücksicht genommen werden.

Art der verholzten Fasern.

Hat man mit Hilfe einer der geschilderten Reaktionen verholzte Fasern nachgewiesen, so kann die weitere Frage, welcher Art die Fasern sind, ob es sich insbesondere um Holzschliff handelt, nur durch mikroskopische Untersuchung beantwortet werden.

In Frage kommen von anderen verholzten Fasern hauptsächlich nicht völlig aufgeschlossener Zellstoff, ungebleichte Jute und Adansonie, deren Erkennen auf Grund der bei Besprechung der mikroskopischen Untersuchung gemachten Angaben ermöglicht wird.

Über die Unterscheidung von Holzschliff und nicht völlig aufgeschlossenem Holzzellstoff sei noch kurz folgendes bemerkt.

Holzschliff zeigt infolge des Schleifprozesses nur Bruchstücke von Zellen oder Zellgruppen. Besonders ins Auge fallen die Holzzellen mit Tüpfeln und die gitterförmigen Markstrahlzellen. Natürliche Enden sind nicht oder nur selten zu beobachten.

Holzzellstoff zeigt infolge des Aufschließens auf chemischem Wege Einzelzellen und Bruchstücke solcher; natürliche Enden der Fasern sind in großer Anzahl vorhanden. Die Markstrahlzellen fehlen in den meisten Fällen.

Hiermit sind genug Anhaltspunkte gegeben, um Holzschliff und nicht völlig aufgeschlossenen Holzzellstoff voneinander zu unterscheiden.

Erkennung von Splittern im Holzschliff.

Der Holzschliff ist um so wertvoller, je splitterfreier er ist. Zur Erkennung der Splitter dient, falls sie nicht schon mit bloßem Auge

Färbung ausbleibt, haben wir es mit ligninfreier Zellulose zu tun, die sich mit Chlorzinkjod blau färbt.

Als makroskopische typische Ligninreaktion, die noch eintritt, wenn die Phloroglucinreaktion versagt, wird die von Mänle angegeben. Wird nach dieser verholzte Faser mit Permanganat behandelt, gewaschen, der braune Niederschlag mit verdünnter Salzsäure gelöst, die Faser gewaschen und mit konzentriertem Ammoniak behandelt, so färbt sie sich stark rot.

Eine weitere Reaktion dieser Art ist die Rotfärbung der Fasern nach Behandlung mit verdünntem Chlorwasser (10—15 Minuten) und 2%iger Natriumsulfitlösung. (P.F. 13, S. 826.)

zu sehen sind, zweckmäßig eine tiefdunkelblaue oder schwarze Glasscheibe, die in einen Holzrahmen mit hochstehendem Rand eingekittet ist. Auf der Scheibe wird der aufgelöste und stark mit Wasser verdünnte Holzschliff in dünner Schicht ausgebreitet, die Splitter heben sich dann sehr deutlich von dem dunklen Grunde ab. Das Auflösen trockener Holzschliffproben ist oft mit Schwierigkeiten verbunden und geschieht am besten so, wie es S. 90 geschildert ist.

Bei der Prüfung von holzschliffhaltigem Papier auf Splitter geht man in derselben Weise vor. Stoff, der im Holländer läuft, ist natürlich ohne weiteres für den Versuch geeignet.

Sehr deutlich zeigen sich die Splitter, wenn man aus dem zu beurteilenden Material dünne Papiere herstellt und diese direkt oder mit Phloroglucin, Malachitgrün o. a. gefärbt betrachtet. Die Splitter treten dann scharf und deutlich hervor.

Die Bestimmung der Menge des Holzschliffes.

Bekanntlich fehlt es zurzeit noch an Verfahren, den Holzschliff eines Papiers in wägbarer Form abzuscheiden und so eine genaue quantitative Feststellung zu ermöglichen; ob dies jemals gelingen wird, erscheint zweifelhaft und dürfte auch im allgemeinen nicht von großer Bedeutung sein. Wenn für eine Papiersorte überhaupt Holzschliff zugelassen ist, wird es sicher in den meisten Fällen ohne ernste Bedeutung sein, ob 5% mehr oder weniger vorhanden sind. Nur in Streitfällen wäre ein genaues Bestimmungsverfahren von Wert.

Die bis jetzt zur Bestimmung der Holzschliffmenge eines Papiers gemachten Vorschläge sind zweierlei Art; einmal soll der Gehalt auf kolorimetrischem Wege (durch Farbvergleich) und im zweiten Falle durch analytische Verfahren ermittelt werden.

Gädicke¹⁾ stellt sich durch Vermischen von Holzschliff und schwedischem Filtrierpapier in verschiedenen Verhältnissen Papiere von 10, 20, 30, 40, 50 usw. Prozent Holzschliffgehalt her, die er durch schwefelsaures Anilin gelb färbt. Die verschiedenen Farbtöne, welche je einen Holzschliffgehalt darstellen, werden als gelbe Deckfarbe aus geeigneten Farbstoffen gemischt und auf Papier aufgetragen; auf diese Weise entsteht eine Tabelle, aus welcher man die Menge des im Papier enthaltenen Holzschliffes annähernd entnehmen kann, sobald man es mit Anilinsulfat gefärbt hat; vorausgesetzt wird hierbei natürlich, daß stets mit Lösungen von gleichem Gehalt gearbeitet wird.

Dr. Wurster²⁾ verwendet das bereits erwähnte Di-Papier. Dieses

¹⁾ Sitzungen der Polytechnischen Gesellschaft zu Berlin 1882.

²⁾ P.Z. 1887, Nr. 14 ff. — Berichte der Deutschen chemischen Gesellschaft 1887, Jahrg. XX, Heft 5.

Di-Papier wird mit 1–2 Tropfen Wasser befeuchtet und in doppelter Lage zwischen das zu prüfende Papier gebracht. Ist letzteres durchfeuchtet, so wird die gefeuchtete Stelle mit viel Wasser benetzt. Enthält das Papier Holzschliff, so tritt Rotfärbung ein, und an dem Grad der Färbung des mit Filtrierpapier abgedrückten, aber noch feuchten Fleckes kann der Gehalt an geschliffenem Holz annäherungsweise bestimmt werden. Dem Di-Papier wird nämlich eine Farbtafel beigegeben, auf welcher zehn rote Farbtöne aufgetragen sind, deren jeder einem bestimmten Holzschliffgehalt entspricht. Hat man also das holzschliffhaltige Papier mit Hilfe des Di-Papiers gefärbt, so sucht man auf der Tafel den Farbton aus, welcher der erhaltenen Färbung am meisten entspricht. Die Zahl, welche sich auf der Tafel befindet, gestattet die Bestimmung des Prozentgehaltes an Holzschliff mit Hilfe der Gebrauchsanweisung, welche beigegeben ist.

Gottstein¹⁾ färbt das zu untersuchende Papier mit einem beliebigen Holzschliffreagens und zählt die Anzahl der gefärbten Fasern für eine bestimmte Fläche aus. Zum Vergleich werden Papiere mit bekanntem Holzschliffgehalt herangezogen. Es leuchtet ein, daß dieses Verfahren nur beim Vorhandensein ganz geringer Mengen Holzschliff ausführbar ist.

Die Verfahren von Dr. A. Müller²⁾ (Behandlung des Papiers mit Kupferoxydammoniak) und von Godeffroy und Coulon³⁾ (Behandlung des Papiers mit Goldchloridlösung) haben sich bei genauer Prüfung durch Prof. Finkener als nicht brauchbar erwiesen⁴⁾.

Prof. Rudolf Benedikt und Max Bamberger⁵⁾ wiesen an der Hand der S. Zeiselschen Methoxylbestimmungsmethode nach, daß dem Lignin (Holzsubstanz) eine ziemlich hohe Methylzahl zukommt; man versteht unter Methylzahl diejenige Methylenmenge in Zehntelprozenten, welche sich beim Kochen der Substanz mit Jodwasserstoffsäure in Form von Jodmethyl abspaltet. Die verschiedenen Holzarten verhalten sich

¹⁾ P.Z. 1885, S. 433.

²⁾ Die qualitative und quantitative Bestimmung des Holzschliffes im Papier. Von Dr. A. Müller. Julius Springer, Berlin.

Der Gedanke, Kupferoxydammoniak zur Bestimmung des Holzes im Papier zu verwenden, ist auch von Merz durchgeführt worden; er hat eine Anzahl von Versuchen angestellt (P.Z. 1886), ist indessen nicht zu befriedigenden Ergebnissen gelangt.

³⁾ Über die quantitative Bestimmung des Holzschliffes im Papier. Von Richard Godeffroy und Max Coulon. Mitt. des k. k. Technologischen Gewerbemuseums in Wien. Neue Folge. II. Jahrg. 1888. Nr. 1 und 2, S. 18 ff.. S. 67 und 1889, S. 9 ff.

⁴⁾ Mitt. 1892, S. 54.

⁵⁾ Über eine quantitative Reaktion des Lignins. Von Rudolf Benedikt und Max Bamberger. Monatshefte für Chemie 1890, S. 260.

Zur Bestimmung des Holzschliffes im Papier. Von Prof. Rudolf Benedikt und Max Bamberger. Chemiker-Zeitung 1891, Nr. 14, S. 221.

hierbei verschieden; es wurde im Mittel gefunden für Fichte die Methylzahl 22,6, Tanne 24,5, Aspe 22,6. Da man mit Hilfe des Mikroskopes feststellen kann, welcher Art das in einem Papier vorhandene Holz ist, so kann man dadurch ermitteln, welche Methylzahl man den Bestimmungen zugrunde legen muß.

Bei der Untersuchung auf diejenigen Bestandteile des Holzes, welche Methoxylgruppen enthalten und demgemäß die Abspaltung des Jodmethyls veranlassen, ergab sich, daß hierbei nur jene Teile in Frage kommen, die man mit dem Namen Lignin bezeichnet.

Reine Zellulose, gereinigte Baumwolle, Filtrierpapier liefern kein Jodmethyl; die mit Wasser, Alkohol und Äther behandelten Hölzer liefern nach der Extraktion dieselbe Methylzahl wie vorher.

Die Ausführung der Bestimmung der Methylzahl muß mit großer Sorgfalt geschehen, da ein Fehler von nur einer Einheit in der Methylzahl den Holzschliffgehalt schon um 5% ändert. Nicht ausführbar ist die Bestimmung in einem Papier, welches Gips und Bariumsulfat enthält, da ein größerer Schwefelgehalt die Methylzahl durch Bildung von Merkaptan herabdrückt.

Croß-Bevan-Briggs¹⁾ bestimmen den Holzschliff quantitativ durch Einbringen des zu prüfenden Materials in Phloroglucinlösung. Das Lignin bindet einen bestimmten Teil des Phloroglucins, der durch Titration der Lösung mit Furfurol oder Formaldehyd bestimmt wird. Näheres wolle man in der Originalarbeit nachsehen.

Im Materialprüfungsamt wird die annähernde Bestimmung der Menge des vorhandenen Holzschliffes, abgesehen von der Schätzung im mikroskopischen Bilde, u. a. auch in folgender Weise ausgeführt. Das Verfahren ist wie das von Gaedicke und Dr. Wurster ein kolorimetrisches, unterscheidet sich jedoch von den beiden genannten dadurch, daß zum Vergleich nicht ein künstlicher Farbton, sondern die Färbung, welche irgend ein Holzschliffreagens mit Holzschliff erzeugt, direkt benutzt wird.

Erforderlich zur Ausführung der Prüfung ist folgendes.

1. Eine Glasplatte von etwa 10×20 cm Fläche.
2. Eine Pinzette.
3. Ein beliebiges Reagens auf Holzschliff (Phloroglucin, schwefelsaures Anilin o. a.).
4. Eine Reihe von Papieren mit bekanntem Holzschliffgehalt²⁾; wenn möglich innerhalb der Grenzen 1–10% um je 1%, innerhalb 10–30% um je 5% und von da ab um je 10%

¹⁾ Lignin-Phloroglucid-Bildung ohne Farbenreaktion. Chemiker-Zeitung 1907, Nr. 58. (P.Z. 1907, S. 4479 und WB. 1907, S. 4150.)

²⁾ Wenn irgend möglich eine Reihe mit Holzschliff von Nadelholz und eine zweite mit solchem von Laubholz, da ersterer sich stärker färbt als letzterer.

steigend; wenn diese Papiermuster außerdem in verschiedenen Dicken zur Verfügung stehen, so ist dies für die Ausführung der Prüfung sehr vorteilhaft.

Die Art der Versuchsausführung selbst ist folgende.

Zunächst wird festgestellt, ob das Quadratmetergewicht des zu prüfenden Papiers ungefähr übereinstimmt mit dem der Vergleichsproben; ist dies nicht der Fall, so wird beim Versuch durch Aufeinanderlegen von zwei oder mehreren Blättern der dünneren Sorte der Unterschied möglichst ausgeglichen; durch eine kleine Vorprobe mit Phloroglucinlösung überzeugt man sich zunächst, ob das in Frage kommende Papier viel oder wenig Holzschliff enthält, damit nicht alle Abstufungen zum Vergleich herangezogen werden müssen. Von denjenigen Mustern, die man auf Grund dieser Vorprüfung ausgewählt hat, schneidet man kleine, etwa 3 qcm große Stücke ab, ebenso ein solches von dem zu untersuchenden Papier. Sämtliche Proben bringt man in eine Schale von Glas oder Porzellan, welche eine Phloroglucinlösung von beliebiger Stärke enthält; man verfährt hierbei derart, daß die nächste Probe erst dann in die Flüssigkeit gebracht wird, wenn die vorhergehende bereits von beiden Seiten benetzt worden ist. Auf diese Weise vermeidet man das Zusammenhaften der einzelnen Blätter, welches oft ein allseitiges Benetzen verhindert. Nachdem die Lösung etwa zwei bis drei Minuten (bei schwachen Lösungen fünf Minuten) eingewirkt hat, nimmt man zunächst die Proben von bekanntem Gehalt heraus, läßt die daran haftende Lösung abtropfen und legt die Abschnitte mit wachsendem oder abnehmendem Gehalt an Holzschliff der Reihe nach nebeneinander auf die Glasplatte; die zu untersuchende Probe legt man unter diese Reihe.

Man tut gut, die Proben nun sowohl im auffallenden als auch im durchfallenden Licht zu betrachten, das letztere besonders bei Proben von gleicher Dicke. Man wird sich weit eher als bei den anderen kolorimetrischen Methoden für einen bestimmten Gehalt an Holzschliff entscheiden können.

Von besonderem Wert hat sich dieses Verfahren erwiesen bei Papieren, welche sehr wenig Holzschliff enthalten, beispielsweise weniger als 10%. (Vergleiche auch Seite 144, Absatz 3.)

Eine Schwierigkeit des Verfahrens liegt zurzeit noch in der Beschaffung der Vergleichspapiere, die im Handel nicht zu haben sind; vielleicht entschließt sich die eine oder die andere Papierfabrik zur Herstellung solcher Muster, wobei die weiter unten aufgeführten Gesichtspunkte zu beachten sein würden.

Dem Amte stehen bei seinen Prüfungen Papiere zur Verfügung, die seitens einiger Papierfabrikanten mit besonderer Vorsicht hergestellt worden sind; sie enthalten 0,5, 1,0, 1,5 usw. bis zu 90% Holzschliff

und bilden ein wertvolles Material zur annähernden Bestimmung dieses Faserstoffes im Papier. Eine weitere Reihe von Papieren ist in dem Amte mit den denkbar einfachsten Mitteln hergestellt worden, und solche dürften in Ermangelung anderer in einer Papierfabrik mit allen Hilfsmitteln erzeugten Proben auch gute Dienste leisten.

Valenta¹⁾ hat ein kolorimetrisches Verfahren ausgearbeitet, bei dem er anstrebt, die Anzahl der Vergleichspapiere wegen der Schwierigkeit ihrer Beschaffung nach Möglichkeit zu beschränken und sie, wenn möglich, später ganz entbehrlich zu machen. Er bedient sich eines Kolorimeters und einer Teerfarbstofflösung, welche so gestellt ist, daß das von ihr durchgelassene Licht spektroskopisch ebenso wirkt wie Licht, das vom Papier mit bekanntem Holzschliffgehalt (z. B. 100%) nach der Behandlung mit Phloroglucin o. a. reflektiert wird. Für die Versuchsausführung wird auf die Originalarbeit verwiesen.

Fehlerquellen der kolorimetrischen Verfahren zur Bestimmung des Holzschliffgehaltes.

Alle kolorimetrischen Verfahren zur Bestimmung des Holzschliffgehaltes sind mit Fehlern behaftet. Über diese Fehler läßt sich zahlenmäßig noch nichts aussagen, aber so viel hat die Erfahrung beim Prüfen schon gezeigt, daß sie unter Umständen recht beträchtlich sein können.

Als erste Fehlerquelle kommt die Dicke des Papiers in Betracht. Papiere, aus derselben holzschliffhaltigen Stoffmischung in verschiedenen Dicken hergestellt, zeigen die Farbreaktion um so dunkler, je dicker sie sind. Dieser Einfluß der Dicke kann bei der Verwendung von Vergleichspapieren mit verschiedenem Holzgehalt in der S. 139 angegebenen Weise mehr oder weniger ausgeglichen werden, nicht aber bei der Benutzung von Farbtafeln.

Eine zweite Fehlerquelle bilden die Füllstoffe. Stellt man aus einer Mischung von beispielsweise 50% Holzschliff und 50% Zellstoff Papier her, teils ohne Zusatz von Füllstoffen, teils mit solchen, so ergibt das erstere mit Holzschliffreagenzien eine dunklere Färbung als das letztere; je mehr Füllstoff vorhanden ist, um so heller erscheint die Färbung. Dies ist erklärlich, da durch Zuteilung der Füllstoffe der Gehalt des Papiers an Holzschliff, bezogen auf die Gesamtmasse des Papiers, abnimmt, die Färbung also schwächer werden muß, während der Holzschliffgehalt, bezogen auf das Fasermaterial allein, wie es allgemein üblich ist, nach wie vor 50% ausmacht. Ferner bewirken die Füllstoffe an sich eine Aufhellung des Farbtones.

Als dritte Fehlerquelle kommt in Betracht, daß sich nicht alle Holzschliffsorten mit Phloroglucin usw. gleich stark färben. Nadel-

¹⁾ Chemiker-Zeitung 1904, S. 502.

holzschliff färbt sich erheblich stärker als Schliff von Laubböhlzern und gebleichter Holzschliff färbt sich weniger als ungebleichter.

Alle diese Umstände machen es notwendig, sich nicht mit der kolorimetrischen Prüfung allein zu begnügen, sondern die Menge des Holzschliffes auch durch Abschätzung des mikroskopischen Bildes im Vergleich mit Mischungen von bekanntem Gehalt an Holzschliff festzustellen.

Bei der Schätzung des Holzschliffes im mikroskopischen Bilde ist natürlich, wie bereits erwähnt und hier nochmals ausdrücklich hervorgehoben sein mag, ebensowenig ein genaues Ergebnis zu erwarten wie bei den kolorimetrischen Verfahren; indessen hat die Erfahrung gezeigt, daß die Schätzungen bei genügender Übung im allgemeinen mit einem Fehler von weniger als 10% behaftet sind.

Um für die Schätzungen einen festen Anhalt zu haben, ist zunächst die Herstellung bestimmter Stoffmischungen erforderlich; die Mischungen werden nicht in Blättern geschöpft, sondern, wie S. 122 geschildert, als Brei aufbewahrt, da sie nur in dieser Form Verwendung finden.

Man achte hierbei darauf, daß man Holzschliff verschiedener Feinheit zur Verfügung hat, damit man in jedem Falle diejenige Sorte zum Vergleich heranziehen kann, die mit dem Schliff der zu untersuchenden Probe am meisten übereinstimmt.

Auf die Herstellung der Präparate, sowohl des zu untersuchenden Papiers als auch der Mischungen, ist große Sorgfalt zu verwenden. Man nehme für die Präparate, soweit dies der Augenschein gestattet, immer möglichst gleich viel Material, breite dies immer auf eine möglichst gleich große Fläche aus und betrachte das Bild stets mit derselben Vergrößerung. Ein Wechsel in den Objektiven und Okularen erzeugt große Unsicherheit im Urteil. Die Abgabe des Urteils erfolgt nach dem Gesamteindruck, den das Auge erhalten hat.

Holzfreie Papiere.

Über den Umfang des Begriffes „holzfrei“ herrschen in den Fachkreisen verschiedene Ansichten; teils wird „holzfrei“ als gleichbedeutend mit „holzschliffrei“, teils als übereinstimmend mit „frei von verholzten Fasern“ angesehen; im ersten Falle will man also bei „holzfreien Papieren“ nur Holzschliff ausschließen, nicht aber andere verholzte Fasern (z. B. rohe Jute), im anderen Falle aber wird nicht nur der Ausschluß von Holzschliff, sondern auch der aller anderen verholzten Fasern verlangt und diese Forderung dürfte die richtige sein; denn die schädliche Wirkung des Holzschliffes rührt von der Holzsubstanz, dem Lignin, her, und dieses ist in mehr oder minder großer Menge in allen verholzten Fasern vorhanden.

Als „holzfrei“ können also nur diejenigen Papiere gelten, die ohne jeden Zusatz von verholzten Fasern hergestellt worden sind.

Wenn nun auch der Fabrikant holzfreier Papiere lediglich holzfreie Rohstoffe verarbeitet, so ist doch in jeder Fabrik die Möglichkeit gegeben, daß das fertige Papier verholzte Fasern, und zwar in erster Linie Holzsplitter, enthält. Während der Verarbeitung kommen die Rohstoffe vielfach mit Holz in Berührung, und hierdurch ist Gelegenheit zu Verunreinigungen mit Holzfasern gegeben.

Ein allgemein anerkannter Handelsbrauch darüber, ob und bis zu welchem Grade als holzfrei gehandelte Papiere verholzte Fasern enthalten dürfen, ohne als holzhaltig angesehen zu werden, besteht zurzeit nicht.

Die Ansichten der Fachkreise hierüber gehen weit auseinander¹⁾.

Am auffallendsten erscheint die vielfach vertretene Forderung, nach welcher auch nicht einmal ganz vereinzelt Holzfasern in holzfreien Papieren zugelassen werden sollen. Diese Forderung läßt sich mit den bei der Fabrikation von Papier obwaltenden Verhältnissen nicht in Einklang bringen. Die Möglichkeit, daß verholzte Fasern bei der Erzeugung holzfreier Papiere in den Stoff gelangen, ist in jeder Fabrik gegeben und läßt sich im gewöhnlichen Betrieb nicht mit Sicherheit ausschließen.

Zunächst bilden die Rohstoffe, welche bei der Herstellung holzfreier Papiere verwendet werden (Lumpen und Zellstoffe), selbst eine Quelle für die Verunreinigung mit verholzten Fasern; eine weitere Quelle sind die Rohrleitungen für die Fortbewegung des Stoffes bis zur Papiermaschine. Es können Stoffreste zurückbleiben und sich mit dem später durchfließenden Stoff vermengen; waren erstere holzschliffhaltig, so werden in dem fertigen Papier vereinzelt Holzschliff Fasern nachweisbar sein.

Der Stoff kommt ferner verschiedentlich mit Gerätschaften aus Holz in Berührung, die im Laufe der Zeit abgenutzt werden; die losgelösten Splitter gelangen zum großen Teil in den Stoff und somit in das Papier.

Es ist also, erwägt man nur diese Möglichkeiten, durchaus nichts Auffallendes, wenn man selbst in den feinsten Papieren ab und zu ein Holzfäserchen findet. Wenn man nun bedenkt, daß der Ausdruck „Spuren Holzschliff“ schon gerechtfertigt ist, sobald man in dem zu untersuchenden Material auch nur eine einzige Holzfaser findet, so muß doch wohl zugegeben werden, daß das Verlangen, solche Papiere als holzhaltig anzusehen, nicht aufrecht erhalten werden kann, denn dann gäbe es überhaupt keine holzfreien Papiere.

Um Belege für das Gesagte zu bringen, wurde von 45 Normal-

¹⁾ Vgl. Holzfreie Papiere. Vom Verfasser. Mitt. 1900, S. 279.

papieren aus zehn Fabriken, und zwar der Klassen 1, 2a, 2b, 3a, 3b, 4a und 4b, je ein halber Bogen (33×21 cm) durch salzsaure Phloroglucinlösung gezogen. Keine der 45 Proben war völlig frei von verholzten Fasern. Nach dem Auszählen ergab sich folgendes Bild.

Anzahl der verholzten Fasern in einem Blatt von 33×21 cm Größe.

Fabrik	1	2 a	2 b	3 a	3 b	4 a	4 b
1	10	6	20	4	mehr als 100	8	50
2	—	—	—	10	10	20	mehr als 100
3	—	10	—	5	5	10	—
4	—	—	—	20	mehr als 100	mehr als 100	—
5	5	5	7	6	50	8	—
6	—	—	—	—	—	—	10
7	—	6	10	5	10	15	12
8	—	—	—	mehr als 100	15	mehr als 100	50
9	—	—	—	7	5	8	5
10	—	10	25	5	20	10	10

Man geht also in der Annahme wohl nicht fehl, daß ein unter gewöhnlichen Verhältnissen erzeugtes Papier, welches auch nicht einmal Spuren verholzter Fasern enthält, zu den allergrößten Seltenheiten gehört.

Andererseits kann aber auch nicht verlangt werden, daß ein größerer Gehalt an verholzten Fasern (verlangt wird stellenweise bis zu 5%) durch die geschilderten Umstände gedeckt und für zulässig erklärt werden soll.

Das Materialprüfungsamt hat von jeher den Standpunkt eingenommen, daß man ein Papier nicht ohne weiteres als holzhaltig ansprechen soll, wenn man verholzte Fasern in ihm nachweisen kann; der Papierfabrikant verlangt mit Recht, daß man den Fabrikationsumständen Rechnung trägt, und diese sind wie geschildert derart, daß unter den gewöhnlichen Verhältnissen Verunreinigungen durch verholzte Fasern nicht sicher zu vermeiden sind. Die Möglichkeiten solcher Verunreinigungen werden um so mehr in den Hintergrund treten, je besser und wertvoller das erzeugte Papier ist, und man wird um so mehr mit ihnen zu rechnen haben, je geringer dessen Güte ist. Aus diesem Grunde werden auch die Ansprüche, die man an das Papier stellt, verschieden sein, und man wird z. B. an ein Packpapier 5a und an ein Schreibpapier 3a, die beide holzfrei sein sollen, nicht den gleichen Maßstab legen. Man wird in jedem einzelnen Falle unter Berücksichtigung der Güte des Materials, der Preislage und des Verwendungszweckes seine Entscheidung abgeben müssen.

Von diesem Gesichtspunkte aus dürfte es sich vielleicht empfehlen, bei holzfreien Packpapieren, Aktendeckeln usw. einen Gehalt an verholzten Fasern bis zu 3% zuzulassen; bei Schreib- und Druckpapieren dürften vielleicht höchstens bis zu 0,5% zulässig sein.

Diese Spielräume tragen wohl in reichlichem Maße den vorher geschilderten Umständen Rechnung, ohne andererseits die Güte der Papiere herabzudrücken; sind diese Grenzen aber überschritten, dann kann man nicht mehr verlangen, daß der Empfänger die „holzfrei“ bestellte Ware als solche ansieht und abnimmt.

Einen Anhalt zur Abschätzung geringer Mengen Holzschliff gibt Taf. XXIII; sie ist die Wiedergabe einer Zeichnung¹⁾ nach Originalmustern. Papiere mit 0,5%, 1%, 2%, 3% und 5% Holzschliff, etwa 75 g das Quadratmeter schwer, wurden mit salzsaurer Phloroglucinlösung behandelt und dann im auffallenden Licht gezeichnet.

Trockengehaltsbestimmung.

Zur Bestimmung des absoluten Trockengewichtes oder des Feuchtigkeitsgehaltes von Zellstoff, Strohstoff, Holzschliff, Halbstoff usw. kann man sich, wenn nur kleine Proben vorliegen, der in Laboratorien üblichen Trockenkästen bedienen. Man bringt das Material in ein Trockenglas (Fig. 39, S. 83), wägt und stellt das Ganze mit abgenommenem Stöpsel in den Trockenschrank. Man stellt das Glas nicht auf den Boden des Trockenkastens, da hier leicht Überhitzung eintritt, sondern auf eines der eingeschobenen Bleche. Das Thermometer wird so eingesetzt, daß sich die Quecksilberkugel unmittelbar neben dem unteren Teile des Glases befindet. Die Heizung regelt man so, daß das Thermometer dauernd 102–105° C zeigt. Die Trocknung ist beendet, wenn zwei aufeinanderfolgende Wägungen dasselbe Ergebnis liefern.

Vor den Wägungen wird der Deckel des Glases im Trockenkasten auf das Glas gesetzt und letzteres bis zur völligen Abkühlung in einen Exsikkator gestellt; erst dann kommt es auf die Wage.

Für die Trocknung größerer Mengen, wie sie in der Praxis bei der Abnahme von ganzen Ladungen vorgenommen werden, sind besondere Trockengehaltsprüfer gebaut worden. Die neueren sind meist so eingerichtet, daß dem zu trocknenden Material ununterbrochen große Mengen heißer, trockener Luft zugeführt werden, so daß die Trocknung schnell vor sich geht. Die Heizung erfolgt durch Spiritus, Petroleum, Gas, Dampf oder auf elektrischem Wege, je nach den vorhandenen Einrichtungen.

Das Trockengut wird in Körbe aus Drahtgeflecht gelegt und dann in die Trockenkammer gebracht; die Heizung muß so geregelt werden,

¹⁾ Angefertigt von meinem Kollegen Dr. Wisbar.

daß das Thermometer nicht unter 100° C sinkt und nicht über 105° steigt. Das Wägen erfolgt im Trockenraum selbst nach dem Anhängen des Korbes an die eine Wagschale.

Fig. 72 zeigt den von der Firma L. Schopper-Leipzig für das Materialprüfungsamt gebauten Trockenprüfer. Er hat zwei Kammern

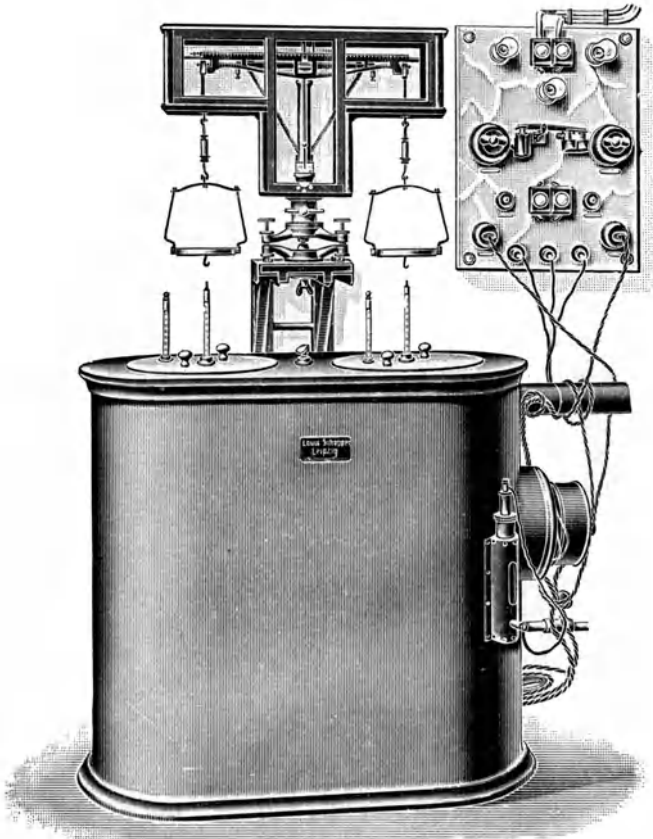


Fig. 72. Schoppers Trockenapparat für Zellstoff, Holzschliff usw.

und ist mit einem Ventilator zum Durchdrücken von Luft durch das Trockengut versehen; die eine Kammer wird mit Dampf, die andere elektrisch geheizt. Bei dem Bau ist besonders auf gute Ausnutzung der Wärme und auf geringe Wärmeausstrahlung Rücksicht genommen.

Bestimmte und allgemein eingeführte Vorschriften für die Probenentnahme und das Trocknen von Holzschliff oder Zellstoff, wie sie z. B. der britische Holzstoffverein zusammen mit dem Verein englischer Papierfabrikanten vereinbart hat (P.Z. 1908, S. 74), gibt es bei

uns zurzeit noch nicht. Es liegt dies daran, daß es sehr schwierig ist, einen für alle Fälle geeigneten Weg zu finden. Der skandinavische Holzstoffverein hat aber bereits seit Jahren auf Grund der Vorschläge von Schmelck-Kristiania und Alén-Gotenburg Vorschriften für die Entnahme aufgestellt (P.Z. 1911, S. 1761).

Zellstoffprüfungen.

Bestimmung des Lignins in Sulfitzellstoff.

Fichtenholz enthält etwa 30% Lignin; beim Aufschließen nach dem Sulfitverfahren bleiben stets Reste dieses Lignins im Zellstoff, mehr oder weniger, je nach der Art des Kochens. Für die Beurteilung der Brauchbarkeit von Sulfitzellstoffen ist die Kenntnis des Ligningehaltes von Wert, da die Ligninstoffe die Güte des zu erzeugenden Papiers, den Verbrauch an Bleichmitteln, die Dauer des Bleichens usw. beeinflussen.

Zur Bestimmung des Ligningehaltes hat Professor Klason¹⁾ ein einfaches, leicht und schnell auszuführendes Verfahren vorgeschlagen, das darauf beruht, daß sich reine Zellulose in reiner konzentrierter Schwefelsäure löst und eine wasserhelle Lösung ergibt. Ist Lignin zugegen, so tritt Braunfärbung ein.

Hat man nun Zellstoff von bekanntem Ligningehalt (bestimmt z. B. durch Behandlung mit Bromwasser und Ammoniak), so behandelt man diesen in gleichen Mengen wie die zu prüfende Probe mit gleichen Mengen der Säure und beurteilt nach der Färbung. Die zu vergleichenden Lösungen müssen hierbei gleich lange gestanden haben, da mit der Zeit (nach 1—2 Stunden) Dunkelfärbung auch ohne Vorhandensein von Lignin eintritt. Verdünnt man beim Vergleich zweier Sorten Zellstoff die dunklere Lösung mit reiner Säure bis zum Farbton der helleren, so kann man annähernd den Prozentsatz an Lignin berechnen.

Klason empfiehlt, bei den Versuchen stets 22 mg lufttrockenen Zellstoff in 20 ccm Schwefelsäure zu lösen (Glaszylinder mit Glasstopfen). Die Versuche Klasons, zum Vergleich eine Farbenskala von künstlichen Farbtönen zu schaffen, mit der man die zu prüfende Lösung vergleichen kann, sind bisher noch nicht geglückt.

Das Verfahren läßt sich auch auf Papiere anwenden, wenn letztere harz- und stärkefrei sind oder gemacht worden sind.

¹⁾ P.F. 1910, S. 1285.

Unterscheidung von Sulfit- und Natronzellstoff.

Der Fachmann wird, wenn Zellstoffe als solche vorliegen, leicht in der Lage sein, festzustellen, ob es Sulfit- oder Natronstoffe sind. In Zweifelsfällen kann der Harzgehalt, der bei beiden verschieden groß ist, mit zur Entscheidung herangezogen werden.

Bei der im Materialprüfungsamt an 79 Sulfit- und 17 Natronzellstoffen ausgeführten Bestimmung¹⁾ ergab sich folgendes.

1. Der Harzgehalt gebleichter Zellstoffe, ermittelt durch Ausziehen mit alkoholfreiem Äther, ist etwas geringer als der ungebleichter.
2. Der Harzgehalt der Sulfitzellstoffe beträgt rund 0,5%, der der Natronzellstoffe rund 0,05%.
3. Die verschiedenen Herstellungsverfahren für Sulfitzellstoffe haben keinen ausgesprochenen Einfluß auf den Harzgehalt.

Im Materialprüfungsamt werden die Bestimmungen stets so vorgenommen, daß man etwa 20 g lufttrockenen Zellstoff fünf Stunden lang im Soxhletapparat mit Äther auszieht und nach dem Verdampfen des Äthers den Rückstand bei 98–100° trocknet. An anderen Stellen wird Alkohol oder ein Gemenge von Alkohol-Äther benützt und hierbei in beiden Fällen ein höherer Gehalt an Harz oder harzähnlichen Körpern gefunden. Die Versuche von Opfermann²⁾ haben gezeigt, daß Alkohol aus dem Zellstoff mehr auszieht als Äther (Versuchsdauer acht Stunden).

Bei fünf verschiedenartigen Mitscherlich-Zellstoffen ergab sich im Mittel der Harzgehalt

mit Alkohol ausgezogen zu	0,94%
„ Äther	„ 0,58 „

bei vier Ritter-Kellner-Zellstoffen

Alkohol-Auszug	0,85%
Äther	„ 0,59 „

Opfermann hält die Anwendung von Äther zur Bestimmung des Harzes und der harzähnlichen Körper für allein richtig, weil die mit Alkohol erhaltenen Werte erheblich höher sind. Diese Tatsache allein kann aber nicht ausschlaggebend für die Entscheidung der Frage sein, ob man das Ausziehen einwandfreier mit Äther oder mit Alkohol vornimmt. Hierzu wird man in erster Linie feststellen müssen, ob die nach dem Ausziehen mit Äther im Zellstoff noch verbleibenden, mit Alkohol aber noch ausziehbaren Körper sich ebenso schädlich verhalten wie die in Äther allein löslichen.

¹⁾ Harzgehalt von Zellstoffen. Mitt. 1904, S. 180 und 1905, S. 306.

²⁾ Zeitschrift für angewandte Chemie 1909, Heft 10, P. F. 1909, S. 290.

Da wohl die meisten Harzbestimmungen bis jetzt unter Anwendung von Äther vorgenommen worden sind, so empfiehlt es sich, um nicht den Vergleich mit den bereits vorliegenden Werten zu verlieren, zunächst noch bei diesem Verfahren zu bleiben, bis eingehendere und auf breiterer Grundlage aufgebaute Versuche weitere Klarheit in diese Frage gebracht haben.

Das völlige Ausziehen des Harzes mit Äther nimmt mehrere Stunden Zeit in Anspruch. Für schnelle Orientierung darüber, ob viel oder wenig Harz vorhanden ist, hat daher Klemm die mikroskopische Prüfung wie folgt vorgeschlagen¹⁾.

Schon in Jod-Jodkalium- und Chlorzinkjodlösung machen sich Harzteilchen unter dem Mikroskop durch deutlich braune Färbung bemerkbar, noch besser bei Behandlung der Fasern mit dem Farbstoff Sudan III, der Harz färbt, nicht aber die Zellwand. In üblicher Weise hergestellter Faserbrei wird von dem mechanisch anhaftenden Wasser durch Absaugen befreit und auf dem Objektglas oder im Uhrglas mit einer konzentrierten Auflösung des Farbstoffes in einem Gemisch von drei Teilen Alkohol und einem Teil Wasser gefärbt. Nach wenigen Minuten saugt man die Farblösung mit Löschpapier so gründlich wie möglich wieder ab und betrachtet die Fasern unter dem Mikroskop in Wasser. Das Harz erscheint dann rot auf farbloser Faserwand; es sitzt bei harzreichen Sulfitzellstoffen teilweise in den Markstrahlzellen in Form von roten Kügelchen und Klümpchen, teilweise hängt es äußerlich an den Fasern; die Klümpchen haben unregelmäßige Form und sind oft von Bläschen durchsetzt.

Harzarme Sulfitzellstoffe zeigen ungebleicht stets, im gebleichten Zustand häufig, rote Harzkügelchen in den Markstrahlzellen, äußerlich an den Fasern haftende aber nicht mehr.

Natronzellstoffe, besonders gebleichte, sind meist ganz frei von Harzteilchen, auch in den Markstrahlzellen.

Klemm weist in seiner Abhandlung auch darauf hin, daß die Harzanhäufungen, die sich in der Papierfabrikation oft so unangenehm bemerkbar machen, von den äußerlich den Fasern anhaftenden Harzteilchen, die sich beim Kollern, Mahlen, Zerfasern usw. zusammenballen, herrühren.

Schwalbe²⁾ hat auf Grund der Verschiedenheit von Sulfit- und Natronzellstoff im Harzgehalt die sog. Cholesterinreaktion zur Unterscheidung beider vorgeschlagen.

Wird Harz mit Essigsäureanhydrid und konzentrierter Schwefelsäure versetzt, so tritt zunächst Rosafärbung, dann Blau-, bzw. Grünfärbung ein. Sulfitzellstoff zeigt wegen seines hohen Harzgehaltes

¹⁾ W.B. 1911, S. 967.

²⁾ Unterscheidung von Sulfit- und Natronzellstoff. W.B. 1906, Nr. 34.

diese Reaktion deutlicher als Natronzellstoff. Bei ersterem ergibt sich deutliche Grünfärbung, bei letzterem höchstens ein schmutziges Gelb.

Die Prüfung wird wie folgt ausgeführt.

Etwa 0,5 g Zellstoff übergießt man mit 1—2 ccm Tetrachlorkohlenstoff oder Chloroform und erwärmt zum Sieden; die Flüssigkeit gießt man in ein Reagensglas, kühlt ab, fügt 0,5 ccm Essigsäureanhydrid hinzu und tropft 6—10 Tropfen reine konzentrierte Schwefelsäure ein. Entsteht zunächst eine zarte, rosarote Färbung, die rasch verschwindet und einer grünen Platz macht, so liegt Sulfitzellstoff vor. Natronzellstoff zeigt die Reaktion nicht, höchstens tritt schmutzige Gelbfärbung ein.

Die Schwefelsäure ist so zuzusetzen, daß Trennung in zwei Schichten erfolgt, deren obere deutlich grün bzw. gelb ist, während die untere farblos bleibt.

Ob der Stoff gebleicht oder ungebleicht ist, ist für die Reaktion gleichgültig.

In Papier sind beide Zellstoffsorten nicht immer mit Sicherheit zu unterscheiden.

Wenn man darauf hinweist, daß die Sulfitzellstoffindustrie Fichte und Tanne, die Natronzellstofffabrikation Kiefer verarbeitet, daß man also dadurch in der Lage ist, die Unterscheidung vorzunehmen, so ist dem entgegenzuhalten, daß es, wenn auch nur ausnahmsweise, Sulfitzellstofffabriken, gibt, die Kiefer verarbeiten und Natronzellstofffabriken, die Fichte und Tanne aufschließen¹⁾. Es kann sich also bei der Feststellung des Kochverfahrens auf Grund der Holzart immer nur um einen Wahrscheinlichkeitsschluß und nicht um ein sicheres Urteil handeln.

Schwalbe hat auf Grund der nachfolgend geschilderten Beobachtung ein Prüfungsverfahren zur Unterscheidung der beiden Zellstoffsorten in Papier in Vorschlag gebracht²⁾.

Aus einer sehr verdünnten Eisenchloridlösung nimmt ungebleichter und gebleichter Sulfitzellstoff weit mehr Eisen auf als ungebleichter und gebleichter Natronzellstoff. Wäscht man die mit Eisen beladenen Fasern tüchtig mit Wasser aus, legt sie in verdünnte Schwefelsäure und fügt etwas Ferrocyankaliumlösung hinzu, so werden alle Sulfitzellstofffasern tiefblau gefärbt, während die ungebleichten Natronzellstofffasern sich schwach gelblich, grünlich, bräunlich, die gebleichten indessen sich entweder gar nicht oder nur ganz schwach bläulich anfärben. Man sieht im mikroskopischen Bild die Sulfitfasern deutlich blau hervortreten.

Die Prüfung wird in folgender Weise ausgeführt.

Das Papier wird behufs Entfernung des Harzes mit Alkoholäther ausgezogen, dann mit destilliertem Wasser gekocht und durch Schütteln

¹⁾ Kirchner, Das Papier. III. B und C, S. 153.

²⁾ W.B. 1913, S. 2196.

mit Granaten zerfasert. Das trockene Fasermaterial wird mit einer Zwanzigstelnormal-Eisenchloridlösung (4,5 g wasserhaltiges Eisenchlorid im Liter) übergossen und im Wasserbade so lange bei 60–80° C erwärmt, bis die anfänglich an die Oberfläche steigende Fasermasse wieder auf den Boden des Gefäßes gesunken ist, wozu etwa eine halbe Stunde erforderlich ist. Nunmehr wird abfiltriert und mit warmem, destillierten Wasser ausgewaschen. Man muß darauf achten, daß vor dem Ausgießen des Faserbreies zwecks Filtration die an dem Reagensglas oberhalb des Flüssigkeitsspiegels haftenden Faserteilchen mit etwas Filtrierpapier sauber herausgewischt werden, denn, da sie nicht genügend mit Eisenchlorid in Berührung waren, haben sie zu wenig Eisen aufgenommen, bleiben also bei der nachfolgenden Ausfärbung ungefärbt, und können zu Täuschungen Anlaß geben. Das ausgewaschene Fasermaterial wird mit einprozentiger Schwefelsäure übergossen, dann werden 6–8 Tropfen Ferrocyaniumlösung (zweiprozentig) hinzugefügt, und nun wird im Wasserbade von 60–80° C etwa 5–10 Minuten lang erwärmt. Das Fasermaterial färbt sich während dieser Zeit grün oder blau an; letztere Färbung gibt im allgemeinen die besten mikroskopischen Bilder. Ist die Färbung nicht blau genug, so kann man mit einigen weiteren Tropfen Ferrocyanium, nach neuer Zugabe von Schwefelsäure, nachfärben. Es wird dann abfiltriert und wiederum, nachdem die am Glase haftenden ungefärbten Fasern auf das sorgfältigste entfernt worden sind, ausgewaschen. Von dem noch feuchten Fasermaterial werden mikroskopische Präparate hergestellt; man kann in diesen das prozentuale Verhältnis der schwach gefärbten Natronzellstofffasern zu den stark gefärbten Sulfitzellstofffasern ermitteln.

Beurteilung der Reinheit von Zellstoffen.

Für die Beurteilung der Reinheit von Zellstoffen kommt in erster Linie in Frage, wieviel Zellulose, Lignin, Harz und Asche sie enthalten; zur Ermittlung dieser Bestandteile sind Mittel und Wege bekannt, aber nicht überall werden die gleichen Prüfungsverfahren angewendet, und das ist ein Übelstand, dessen Beseitigung man durch Festlegung bestimmter Verfahren anstreben sollte.

Zweigbergk¹⁾ hat auf die Beeinflussung der Prüfungsergebnisse durch verschiedenartige Versuchsausführung hingewiesen; er bespricht die Verfahren und gibt auf Grund seiner Erfahrungen verschiedene Winke für die Ausführungsweise; nachstehend ein ganz kurzer Auszug aus seinen Ausführungen.

Bestimmung des Wassergehaltes. Trocknen bei etwa 105° C,

¹⁾ Prüfung von Sulfitzellstoff. Svensk Papperstidning. 1912. (Übersetzt in P.Z. 1912, S. 2472 ff.).

nachdem diese Temperatur durch ganz langsames Anheizen erreicht ist. Dauer bis zur völligen Trocknung meist 8—10 Stunden. Trocken-
gut darf nicht für andere Prüfungen (ausgenommen zur Bestimmung
des Aschengehaltes) benützt werden, da sich Bestandteile des Zell-
stoffes beim Trocknen teils verflüchtigen, teils oxydieren.

Zur Schnellbestimmung des Wassergehaltes hat Zweigbergk die
Schwalbesche Petroleumprobe¹⁾ angewandt (Destillieren von Petroleum
über dem Zellstoff) und mit ihr Ergebnisse von hoher Genauigkeit er-
zielt. Versuchsdauer etwa 1½ Stunden.

Harzgehalt. Verschiedene Lösungsmittel geben verschiedene
Werte. Alkohol z. B. zieht erheblich mehr aus als Äther; deshalb Lö-
sungsmittel im Analysenbefund stets angeben. Meist wird der Äther-
extrakt bestimmt²⁾.

Aschengehalt. Asche nicht zu stark glühen, damit nicht Ver-
flüchtigung von Stoffen (z. B. Chloriden) eintritt.

Bleichbarkeit. Direkter Versuch mit Chlorkalklösung von be-
kanntem Gehalt und Zurücktitrieren.

Ligningehalt. Prof. Klasons Ligninprobe³⁾ (S. 146). Besser als
96 %ige Schwefelsäure, die Zellstoff bald gelblich färbt, also die Lig-
ninreaktion beeinflussen kann, hat sich eine Mischung von einem Ge-
wichtsteil Wasser und vier Gewichtsteilen konzentrierter Schwefelsäure
erwiesen.

Zellstoffbestimmung. Croß & Bevans Chlorgasverfahren.
Für technische Zwecke hat sich nach Zweigbergks Erfahrungen auch
das von denselben Forschern vorgeschlagene Salpetersäureverfahren gut
bewährt, das erheblich weniger Zeit beansprucht als das Chlorverfahren.

Andere vielfach zur Oxydation des Lignins vorgeschlagene Stoffe
(Kaliumpermanganat, Wasserstoffsuperoxyd, Kaliumchlorat und Sal-
petersäure usw.) sind unbrauchbar, da sie teils ungenügende Ausbeute
ergeben, teils den Zellstoff zu sehr angreifen.

Richter⁴⁾ hat über Erfahrungen berichtet, die er während mehrerer
Jahre bei der Prüfung von Zellstoffen auf Reinheit mit Hilfe des Hempel-
Seidelschen Verfahrens⁵⁾ (Einwirkung von 13%iger Salpetersäure und
Titrieren der aufgefangenen Stickoxyde) gesammelt hat und die durch-
weg zufriedenstellend ausgefallen sind. Wiederholungsprüfungen mit

¹⁾ P.F. 1908, S. 551.

²⁾ Nach Richter (W.B. 1912, S. 1633) ist es notwendig, sowohl mit Äther
als auch mit Alkohol auszuziehen, weil sich beim Lagern des Stoffes die Menge
der in Äther löslichen Bestandteile verringert, während die Menge der alkohol-
löslichen wächst.

³⁾ P.F. 1910, S. 1285.

⁴⁾ Dr. E. Richter-Hawkesburg-Ont. Zur Bestimmung der Güte eines Zell-
stoffes. W.B. 1912, S. 1631.

⁵⁾ Seidel, Dissertation. Dresden 1907.

demselben Zellstoff ergaben stets gut übereinstimmende Werte, was bei dem Croß & Bevanschen Chlor- bzw. Jödverfahren nicht der Fall war. (Ersteres ist sehr abhängig vom Licht, letzteres von der Härte des Stoffes.) Angewendet wurden stets 100 ccm Säure auf 5 g Zellstoff, der zuerst mit Äther, dann mit Alkohol und schließlich mit Wasser ausgezogen wurde. Das Anwärmen auf 100° C dauerte stets 15 Minuten, das Erhitzen auf dem kochenden Wasserbad 1 Stunde in einem langhalsigen Destillierkolben mit hochangesetztem Ableitungsrohr und in den Hals eingeschobenem Wasserkühler.

Bei sieben Zellstoffen ergaben sich auf 10 g Substanz 0,075 bis 0,134 g N_2O_3 . Bei planmäßig mit Fichtenholz ausgeführten Versuchen ergab sich als höchster Wert 1,076 g N_2O_3 . Richter setzt diesen Wert = 28 und erhält dann Ligninprocente von 2,0—3,5. Die an denselben sieben Proben vorgenommenen Bestimmungen des Zellulosegehaltes (Chlorverfahren Croß & Bevan) lieferten Werte, die sich mit den Ligninprozenten durchweg gut zu rund 100 ergänzten (96,3—97,8).

Die Erfahrungen Richters mit dem Klasonschen Ligninbestimmungsverfahren gehen dahin, daß es sich bewährt bei Zellstoffen von gleicher Kochungsart, daß es aber versagt, sobald härtere und weichere Stoffe vorliegen. Er hat dann die Schwefelsäure durch 13%ige Salpetersäure ersetzt und ist zu einem Verfahren gekommen, das er zur schnellen, technischen Beurteilung der Bleichbarkeit von Sulfitzellstoffen empfiehlt¹⁾. Gearbeitet wird im Vergleich mit einem Normalzellstoff, dessen Bleichfähigkeit vorher mit Chlorkalklösung genau bestimmt worden ist. Verglichen wird die Färbung der Salpetersäure nach ihrer Einwirkung auf die Zellstoffe. Die Art der Versuchsausführung ist an der erwähnten Stelle des W.B. näher angegeben.

Dr. Renker²⁾ hat die zur Bestimmung des Zellulosegehaltes zur Anwendung kommenden Verfahren einer eingehenden vergleichenden Prüfung unterzogen. Da die Meinungen über den Wert der verschiedenen Vorschläge zur Zellulosebestimmung recht geteilt sind, so war es ein verdienstvolles Unternehmen, letztere kritisch zu vergleichen. Als Rohmaterial für seine Versuche verwendete Renker Jutehalbstoff, ungebleichten Sulfitzellstoff, Hobelspäne von Weißtannenholz und rohe Baumwolle, also zellstoffhaltige Stoffe verschiedenen Ursprungs und verschiedener Reinheit. Die Trockengehaltsbestimmungen wurden im Vakuumexsikkator ausgeführt, die Prüfungen in folgender Reihenfolge vorgenommen: 1. Bestimmung der wasserlöslichen Bestandteile durch Ausziehen mit heißem Wasser. 2. Bestimmung des Gehaltes an Fett, Harz, Wachs durch Ausziehen mit einem Alkohol-Benzol-Gemisch. 3. Zellulosebestimmung

¹⁾ Über eine technische Methode zur schnellen Bleichfähigkeitsbestimmung bei Sulfitzellstoffen. W.B. 1912, S. 3485.

²⁾ Über Bestimmungsmethoden der Zellulose. Dissertation. Berlin 1909.

- a) durch Hydrolyse nach dem Hennebergschen Verfahren (Behandlung mit verdünnter Schwefelsäure, kochendem Wasser, verdünnter Kalilauge, kochendem Wasser, Alkohol und Äther),
- b) nach König (Erhitzen mit schwefelsäurehaltigem Glyzerin bei 131—133° C),
- c) Lange (Schmelzen mit Ätzkali und Wasser bei 180° C),
- d) König (Erhitzen mit Glyzerin auf 210° C),
- e) durch Behandlung mit verschiedenen Aufschlußmitteln, z. B. mit Chlor und Chlorwasser, Bromwasser, Kaliumchlorat und Salpetersäure, Salzsäure und Kaliumchlorat, Salpetersäure und salpetriger Säure, Kaliumpermanganat, Wasserstoffsperoxyd, Natriumhypochlorit und -hypobromit, Kohlenwasserstoffen und Phenolen, Kupferoxyd-Ammoniak.

Die Ergebnisse der Renkerschen Arbeit sind dahin zusammenzufassen, daß keines der geprüften Verfahren absolut genaue Werte liefert; entweder wird die Zellulose angegriffen oder die gewonnene Zellulose enthält noch Lignin.

Die höchsten Werte wurden bei der Behandlung des Rohmaterials mit gasförmigem Chlor nach der Vorschrift von Croß & Bevan erhalten. Dieses Verfahren verdient daher vor den übrigen den Vorzug, Unnütze mehr, als es sich auch in kurzer Zeit ausführen läßt.

Flecke im Papier.

Die Ermittlung der Ursache von Flecken im Papier bietet oft erhebliche Schwierigkeiten und setzt große Sachkenntnis des Beobachters voraus. Prof. Dalén hat seine Erfahrungen auf diesem Gebiete in einer umfangreichen Arbeit¹⁾ niedergelegt und hiermit eine Grundlage für die Untersuchung von Flecken geschaffen. Die nachfolgenden Ausführungen sind dieser Arbeit entnommen.

Auch in dem mit größter Sorgfalt hergestellten Papier treten kleine Flecke auf, die man als unvermeidlich ansehen muß. Praktische Bedeutung hat der Nachweis der Ursache dieser Flecke so lange nicht, als sie entweder unauffällig sind oder so selten vorkommen, daß sie durch Sortieren leicht entfernt werden können.

Zuweilen treten aber Flecke so zahlreich, anhaltend und auffällig auf, daß sie die Verwendbarkeit des Papiers beeinträchtigen, und in

¹⁾ Mitt. 1906, S. 235.

solchen Fällen ist der Nachweis der Ursache, die dann in der Regel für die Mehrzahl der Flecke gemeinsam ist, von Bedeutung, weil hierdurch Mittel und Wege für die Abhilfe des Übels gefunden werden können.

Viele Arten dieser massenweise auftretenden Fehler und Flecke sind dem Papiermacher wohlbekannt, so daß er ohne weiteres Abhilfe schaffen kann. Die Ursachen und Möglichkeiten des Entstehens von Flecken sind indessen so zahlreich und das Aussehen von Flecken verschiedener Art oft so gleich, daß es ohne chemische oder mikroskopische Prüfung nicht immer möglich ist, ihren Ursprung festzustellen. Sind die Bestandteile der Flecke ermittelt, so läßt sich oft ein Schluß auf die Entstehungsursache ziehen, in vielen Fällen sind aber genaue Kenntnisse der örtlichen Verhältnisse und der Herstellungsvorgänge nötig, um bestimmen zu können, an welcher Stelle des Betriebes oder in welchem Ausgangsmaterial die Quelle des Übels zu suchen ist.

Nach dem Aussehen kann man die am häufigsten auftretenden Flecke in folgende drei Gruppen einteilen.

a) Flecke, die im auffallenden Licht dunkler, im durchfallenden Licht heller als das umgebende Papier sind.

Harz- und Fettflecke, Schaumflecke, Sandflecke, Knoten oder Katzen aus zusammengeballten, stark gepreßten Fasern und Faserteilchen, schlecht aufgeschlossene Papierabfälle, Anhäufungen von verkieselten oder verkalkten Zellen, Stärkekleister.

b) Flecke, die sowohl im auffallenden wie im durchfallenden Licht dunkler oder anders gefärbt sind als das umgebende Papier.

Eisenflecke, Bronzeflecke, Blei-, Kohlen-, Farben-, Siegelack- und Kautschukflecke, gefärbte Fasern, Splitter von Holzschliff, Holz- und Strohstoff, Schäumen von Hanf und Flachs, Schalen von Baumwollsamensamen, Pilz- (Stock-)Flecke.

c) Flecke, die in dem Rohpapier zunächst nicht sichtbar oder wenigstens nicht auffallend sind, aber beim Weiterverarbeiten (Glätten, Streichen, Pergamentieren, Präparieren für Lichtpaus- und Photographiezwecke) auftreten.

Faserknoten, Chlorkalkreste, schwefligsaurer Kalk, Stärke, Eisen, Harz, Fett, Sand, Klümpchen von Füllstoffen, Holzschliff.

Nachweis der Art der Flecke.

Ein allgemein gültiges Verfahren zum sicheren Nachweis der Bestandteile der Flecke läßt sich nicht angeben, auch wenn man sich auf die oben aufgeführten Fälle beschränkt. Wohl ist es aber möglich,

durch planmäßige Ausführung einiger einfacher Proben wichtige Aufschlüsse über die Natur der Flecke zu erhalten, die dann als Richtschnur für die weitere Prüfung dienen können.

Der Gang der Untersuchung muß sich oft nach der Menge des Materials, d. h. in diesem Falle nach der Zahl der zur Verfügung stehenden Flecke richten. Die Aufgabe ist einfacher, wenn so viel Material vorhanden ist, daß für jeden Versuch neue Proben genommen werden können, schwieriger wenn dieselben Proben für mehrere Versuche dienen müssen. In der Papierfabrik wird es nicht an Material fehlen, so daß dort immer der für die Prüfung bequemste Weg eingeschlagen werden kann.

Im nachstehenden ist die Reihenfolge der in Frage kommenden Versuche so gewählt, daß man mit möglichst wenig Material auskommen kann.

Ehe zur Prüfung der einzelnen Flecke übergegangen wird, kennzeichnet man mittels eines kleinen Bleistiftkreises eine genügende Anzahl derjenigen Flecke, die durch ihr gleichartiges Aussehen und ihre Häufigkeit den Anlaß zur Prüfung gegeben haben. Unterläßt man dies, so kann es vorkommen, daß man im Laufe der Prüfung irreführt wird, weil andere, unschuldigere Flecke auffallender auftreten als die eigentlichen Übeltäter, die zuweilen ganz verschwinden.

Hat man die ganze Bahnbreite oder große Bogen vor sich, so ist auch darauf zu achten, ob die Flecke an bestimmten Stellen — in der Mitte oder in den Seitenbahnen — auftreten, sowie ob sie sich in der Laufrichtung in bestimmten Zwischenräumen wiederholen. Auf Grund solcher Beobachtungen läßt sich der Sitz des Übels oft schneller und sicherer als durch genaue Prüfung der einzelnen Flecke feststellen. Hat man die Flecke gekennzeichnet, so werden sie einzeln so herausgeschnitten, daß sie in die Mitte eines etwa 1 qcm großen Papierstückes zu liegen kommen. Mit diesen Abschnitten werden, wenn nicht das Aussehen des Fleckes anderes Vorgehen ratsam erscheinen läßt, der Reihe nach folgende Versuche ausgeführt.

1. Die Flecke werden ohne Einbettungsmittel im Mikroskop bei etwa 50facher Vergrößerung betrachtet und ihr Aussehen, ihre Form, Größe, Farbe usw. festgestellt. Bronzeflecke, die durch ihre besonders charakteristische Form auffallen (Fig. 73), Holzsplitter, Schäumen und Farbkörnchen werden hierbei sofort erkannt. Pilze in dieser Weise festzustellen, gelingt dagegen selten.

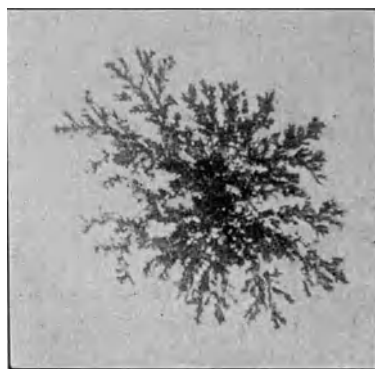


Fig. 73. Bronzefleck.

2. Behandlung erst mit Alkohol, dann mit Äther. Fett und Harz enthaltende Flecke können hierbei entweder vollständig verschwinden oder nur ihre Durchsichtigkeit verlieren. Fettflecke ändern sich durch Behandlung mit kaltem Alkohol kaum, verlieren aber leicht ihre Durchsichtigkeit nach der Behandlung mit Äther. Von Holzstoff herührende Harzflecke lösen sich sowohl in Äther wie in heißem Alkohol ziemlich schwer und hinterlassen oft einen schwach gefärbten, bröckligen Kern, der aus Gips besteht und in einzelnen Fällen auch etwas schweflige Säure enthalten kann. Die vom Leim herrührenden Flecke sind in der Regel leicht löslich und hinterlassen selten deutliche Mengen anorganischer Bestandteile. Teerfarben machen sich bei der Alkoholbehandlung durch Auslaufen der Farbe bemerkbar¹⁾).

3. Die nach der Alkohol-Äther-Behandlung noch vorhandenen Flecke werden mit Wasser aufgeköcht und einige Zeit im Wasser gelassen. Einige Flecke werden dann auf den Objektträger gelegt und im Mikroskop bei schwacher Vergrößerung betrachtet. Hierbei ist darauf zu achten, ob der Fleck im Papier eine Erhöhung oder Vertiefung bildet, sowie darauf, ob er in der Mitte der Papierschicht oder auf der Ober- oder Unterseite (Siebseite) des Papiers liegt. Mit der Präpariernadel sucht man den Fleck möglichst unbeschädigt aus dem Papier zu heben und auf einen zweiten Objektträger zu bringen. Hier wird er mit Hilfe der Präpariernadeln verteilt und mit einem Tropfen einer Einbettflüssigkeit (Glyzerin, Wasser, Jodjodkalium- oder Chlorzinkjodlösung usw.) versetzt und nach dem Auflegen des Deckglases mikroskopisch untersucht. Besteht er aus Fasern (Fig. 74 und 75), so ist genau darauf zu achten, ob auf und zwischen diesen Pilzfäden vorhanden sind.

3a. Wenn die Flecke nach der Behandlung mit Alkohol-Äther und Wasser nicht herausgelöst werden können oder so hart und fest sind, daß sie auf dem Objektträger nicht zerteilt werden können, so legt

¹⁾ Nach Schwalbe neigt das reine Harz weniger zur Bildung von Flecken als das mit Fettstoffen zusammen vorkommende, wie es im Holz und auch im Zellstoff stets vorhanden ist. Um bei Sulfitzellstoffen festzustellen, ob sie fettarmes oder fettreiches Harz enthalten, schlägt Schwalbe folgendes Verfahren vor¹⁾: 25 g Zellstoff, fein zerzupft, werden mit 300 ccm Äther übergossen. Nach 12 Stunden wird der Äther abgegossen und bis auf etwa 5 ccm abdestilliert, die auf ein Uhrglas von annähernd 15 cm Durchmesser gegossen werden. Beim freiwilligen Verdunsten scheidet sich das Harz am Rand des Glases als klarer Ring ab, das Fett in der Mitte in weißlich-trüber krystallinischer Schicht. Gleichzeitig läßt man Ätherextrakt aus einem Vergleichs-Zellstoff, der sich beim Verarbeiten gut bewährt hat, mitverdunsten und vergleicht die Menge der Fettstoffe auf beiden Gläsern. Enthält der zu beurteilende Stoff mehr Fett als der Vergleichs-Zellstoff, so wird er sich vorraussichtlich auch schwerer verarbeiten lassen als dieser.

¹⁾ Prüfung von Sulfitzellstoff auf schädliches Harz. W.B. 1914, S. 2286.

man sie einige Stunden in 5–10%ige Natronlauge, wäscht mit heißem Wasser aus und sucht sie dann herauszulösen, zu zerteilen und einzubetten.

3b. Gelingt es auch nach der Behandlung mit Natronlauge nicht, die Flecke zu zerteilen, so werden die herausgelösten Splitter kurze Zeit auf dem Objektträger mit Chromsäurelösung behandelt; sie lassen sich dann, wenn es sich um organische Substanzen handelt, leicht in Einzelzellen auflösen. Die Chromsäure wird mit einem porösen Porzellscherben aufgesaugt und die Fasern in beliebiger Einbettflüssigkeit mikroskopiert.

3c. Um in einem Fleck Gips nachzuweisen, erhitzt man den herausgelösten Kern auf dem Objektträger mit einem Tropfen Salzsäure und

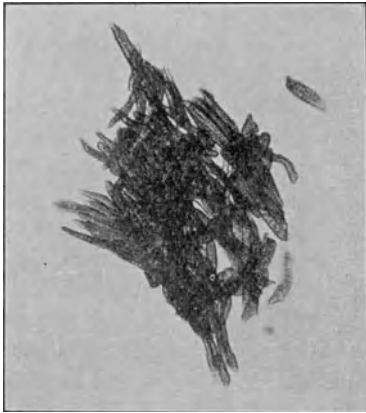


Fig. 74. Fleck aus verkieselten Strohzellen.

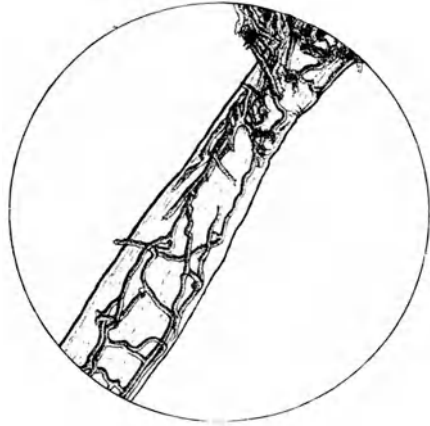


Fig. 75. Holzzellstofffaser aus einem Pilzfleck herauspräpariert.

sucht nach dem Eintrocknen etwaige Gipskristalle mittels des Mikroskopes nachzuweisen.

4. Einige der ursprünglichen, oder weil Fett und Harz die Reaktion verhindern oder verzögern können, besser einige der mit Alkohol-Äther behandelten Flecke werden in eine mit Salzsäure angesäuerte, verdünnte Lösung von gelbem und rotem Blutlaugensalz gelegt, nach 5–15 Minuten herausgenommen und gewaschen. Eisenflecke aller Art werden hierbei durch die Blaufärbung angezeigt. Durch Herauspräparieren mit einer magnetischen Stahlnadel läßt sich feststellen, ob es sich um metallisches Eisen, harte Oxydstücke oder leicht zerbröckelndes Pulver handelt.

Bei dem Eisennachweis mit Blutlaugensalz ist zu berücksichtigen, daß auch verholzte Fasern bei längerem Liegen in der Lösung starke Blaufärbung zeigen können, ohne daß sie Eisen in nennenswerter Menge enthalten.

5. Behandlung mit verdünnter Jodlösung (stark verdünnte Jod-Jodkaliumlösung). Zum Nachweis von Stärke in Flecken wird zweckmäßig das mit Alkohol behandelte Papier benutzt.

Zum Nachweis von Sulfiten wird das ursprüngliche Papier in mit Stärkelösung versetzte Jodlösung (wenn das zu untersuchende Papier Stärke enthält, so ist der Zusatz von Stärkelösung überflüssig) und dann schnell in verdünnte Säure eingetaucht und herausgezogen. Ist schweflige Säure vorhanden, so entfärbt sich das Papier in und an den Flecken. Da das Entfärben oft nur vorübergehend ist, so muß das Verhalten des Papiers während des Versuches dauernd beobachtet werden. Um schweflige Säure in den vom Holzstoff herrührenden Harzflecken nachzuweisen, werden diese nach Behandlung mit Alkohol herausgelöst und in einen Reagierzylinder gebracht, worin sich eine mit möglichst wenig Jod blaufärbte, angesäuerte Stärkelösung befindet. Die Entfärbung der Jodlösung zeigt schweflige Säure an. Durch blinde Probe überzeugt man sich, daß die Entfärbung nicht durch die Einwirkung der Papierfasern auf die Jodlösung erfolgt.

6. Mit Kaliumjodid versetzte dünne Stärkelösung dient zum Nachweis von freiem Chlor. Da die Chlorkalk enthaltenden Stellen meist nicht sichtbar sind, so bepinselt man große Flächen des Papiers mit der Jodstärkelösung und sieht zu, ob hierbei blaue Flecke auftreten. Durch Zusatz einiger Tropfen verdünnter Schwefelsäure zu der Stärkelösung wird die Empfindlichkeit der Reaktion erheblich gesteigert, aber hierbei ist zu bemerken, daß auch Eisenoxydverbindungen Jod freimachen und die Blaufärbung bewirken können. Wenn freies Chlor (Chlorkalk) vorhanden ist, so tritt die Blaufärbung sofort oder nach wenigen Minuten auf; nach längerem Liegen färbt sich das Papier infolge der Einwirkung von Luft und Licht auch ohne Anwesenheit von freiem Chlor oft blau.

7. Dr. Wursters Di-Lösung ist ein äußerst empfindliches Reagens auf freies Chlor, aber auch gleichzeitig auf Ozon und Wasserstoffsperoxyd. Zum Nachweis von freiem Chlor wird das Papier mit kaltem, schwach angesäuertem Wasser ausgezogen und zu dem Auszug ein Tropfen Di-Lösung gesetzt. Bei Anwesenheit von freiem Chlor färbt sich die Flüssigkeit rot.

8. Lösungen von Lackmus, Methylorange, Kongorot und Phenolphthalein (letzteres in Alkohol gelöst und so viel Wasser zugesetzt, daß die Lösung anfängt sich zu trüben) werden nur angewandt, um nachzuweisen, ob die Flecke eine von dem Papier abweichende Reaktion zeigen. Die Lösungen werden mittels eines Wattebauschs aufgestrichen. In vielen Fällen ist es besser, mit den Indikatoren getränktes angefeuchtetes Filtrierpapier auf die Flecke zu legen und nach einiger Zeit zu beobachten. Zum Nachweis von Alkali darf schwach angesäuerte Kongorotlösung nur mit großer Vorsicht angewendet werden, weil sie aus

blauer Fällung in überschüssiger roter Lösung besteht, die die Papierfasern, mit denen sie in Berührung kommt, so stark rot färbt, daß Alkali scheinbar nachgewiesen wird.

9. Silbernitrat dient vorzugsweise dazu, im Rohpapier nicht unmittelbar bemerkbare Fehler nachzuweisen. Das mit Silbernitrat (5 : 100) behandelte Papier wird im Dunkeln getrocknet und dann über eine Schale gelegt, in der sich etwas Jodlösung oder Bromwasser befindet. Wenn sich nach dieser Behandlung keine Flecke bemerkbar machen, so wird das Papier nach vorhergegangener Belichtung in gewöhnlicher Weise entwickelt und fixiert.

10. Dämpfen des Papiers mit Alkohol, Äther, Terpentin, Anilinöl, Salz- und Salpetersäure, Jod, Brom usw. Wenn es sich darum handelt, Fehler nachzuweisen, die in dem Rohpapier nicht sichtbar sind, so verwendet man zweckmäßig gasförmige Reagenzien. Das Papier wird über eine flache Glasschale, auf deren Boden sich eine geringe Menge des flüchtigen Reagenzes befindet, gelegt und mit einem Uhrglas überdeckt. Von Zeit zu Zeit wird nachgesehen, ob sich Flecke zeigen.

Auf eine besondere Art von Flecken, die man vielleicht kurz als Sand- oder Quarzflecke bezeichnen könnte, macht Dr. Klemm in seiner „Papierkunde“ aufmerksam¹⁾. Sie entstehen beim Glätten von Papier, wenn Sandkörnchen zerquetscht werden; die zerdrückte Masse bildet weiße Punkte, von denen oft Streifen ausgehen, gebildet durch weitergeführte Teile der Masse. Je dunkler die Farbe des Papiers ist, um so mehr treten diese Flecke in Erscheinung. In konzentrierter Schwefelsäure sind sie unlöslich; unter dem Mikroskop zeigen die zerquetschten Teilchen scharfen muscheligen Bruch und bei starker Vergrößerung oft Einschlüsse von flüssiger Kohlensäure mit Gasbläschen.

Leimung.

Tierische Leimung.

Die Leimung der Papiere mit Tierleim erfolgt entweder durch Eintauchen des fertigen Papiers (Bogen oder Bahn) in die Leimlösung (Oberflächenleimung) oder durch Eintragen der Leimlösung in den Holländer (Stoffleimung).

Papiere mit starker Oberflächenleimung zeichnen sich durch harten Griff aus. Drückt man das Blatt kräftig mit feuchten Fingern, so fühlt es sich klebrig an und haftet oft an den Fingern. Stark angehaucht

¹⁾ Zweite Auflage. 1910, S. 289.

und gerieben riecht es nach Tierleim. Beschreibt man es nach dem Zusammenballen und Reiben, so läuft die Tinte aus und schlägt durch (siehe S. 167).

Ein in der Praxis wegen seiner Einfachheit vielfach angewendetes Verfahren zur Unterscheidung von Tierleim und Harzleim besteht darin, daß man mit Hilfe eines brennenden Lichtes Stearin auf das Papier tropft. Bei nur mit Harz geleimten Papieren durchdringen die Tropfen das Papier sofort, bei tierisch geleimten nicht. Entfernt man das Stearin nach dem Erkalten, so ist auf dem tierisch geleimten Papier die getroffene Stelle kaum sichtbar, während sie bei dem Papier mit Harzleim glasig durchscheinend, wie ein Fettfleck erscheint.

Bei Anwendung dieses Verfahrens darf man aber nicht außer acht lassen, daß sich Papiere, die im Stoff mit Harz und im Bogen mit Tierleim geleimt sind, ebenso verhalten, wie die nur mit Tierleim geleimten. Auch bei diesen dringt der Tropfen nicht durch. Die Untersuchung auf Harzleim geschieht dann in der S. 164 geschilderten Weise.

Der Nachweis von Tierleim auf chemischem Wege kann auf verschiedene Weise erfolgen.

Kiliani¹⁾ empfiehlt, zur Bestimmung des tierischen Leims dessen Fähigkeit, in der Siedehitze gelbes Quecksilberoxyd zu reduzieren, zu benutzen.

Zum Versuch werden 10–15 g Papier möglichst fein zerkleinert in einem Becherglase mit destilliertem Wasser ausgekocht.

Während des Kochens versetzt man in einem zweiten Becherglase eine Lösung von Quecksilberchlorid mit verdünnter Ätznatronlösung, wobei man darauf zu achten hat, daß letztere im Überschuß zugesetzt wird.

Zu dem ausgefällten gelben Quecksilberoxyd fügt man den durch Kochen des Papiers erhaltenen wässrigen Auszug.

Kocht man diese Mischung eine Zeitlang, so wird bei Anwesenheit von tierischem Leim der gelbe Niederschlag erst schmutzigrün, dann schwarz; nach dem Kochen setzt sich am Boden des Becherglases ein schwarzer Niederschlag von metallischem Quecksilber ab.

Ist in dem Papier Tierleim nicht vorhanden, so verändert sich entweder die gelbe Farbe des Quecksilberniederschlags nicht, oder sie geht nur in schmutzigrün über.

Empfindlicher und einfacher als diese Quecksilberreaktion ist der Nachweis des Tierleims durch Gerbsäure, der darauf beruht, daß letztere mit Tierleim einen Niederschlag von gerbsaurem Leim (Leder) bildet. Versetzt man eine nicht allzu dünne Leimlösung mit Gerbsäure, so entsteht ein dicker, gallertartiger Niederschlag, und selbst bei starker Ver-

¹⁾ Hoyer, Das Papier. 1882, S. 34.

dünnung der Lösung ist noch eine milchigweiße Trübung zu bemerken, aus welcher sich bald Flocken absetzen.

Behufs Ausführung des Versuches kocht man zunächst das Papier mit destilliertem Wasser aus; zu diesem Auszug setzt man, wenn das Papier Stärke enthält, nach dem Erkalten Chlorammonium (als Salz) und nachdem sich dieses gelöst hat, verdünnte Jod-Jodkaliumlösung in geringem Überschuß; hierbei fällt die mitaufgelöste Stärke als blaue Jodstärke aus; sie wird abfiltriert und das Filtrat mit einigen Tropfen Alaunlösung und dann mit einer Lösung von Gerbsäure in Wasser versetzt. War das Papier tierisch geleimt, so entsteht sogleich oder nach wenigen Minuten ein mehr oder weniger dicker, flockiger Niederschlag. Ein Niederschlag, der sich erst nach mehreren Stunden bildet, deutet nicht auf Tierleim.

Enthält das Papier keine Stärke, so unterbleibt der Chlorammoniumzusatz, und man fügt die Gerbsäure direkt zu dem wässrigen Auszug.

Will man sich mit der Gerbsäurefällung allein nicht begnügen, so filtriert man den Niederschlag ab, trocknet und glüht ihn mit Natronkalk. War Tierleim vorhanden, so bildet sich Ammoniak, das man mit Curcuma- oder rotem Lackmuspapier (feucht) nachweisen kann, wenn es sich nicht schon durch den Geruch bemerkbar macht.

Eine weitere Möglichkeit, Tierleim nachzuweisen, bietet die Biuretreaktion¹⁾ (Blau- oder Violettfärbung bei der Behandlung von Eiweißkörpern mit Kupfersalzen in Gegenwart von Ätznatron). Die blaue Färbung geht allmählich in rot über. Die Reaktion wird bereits angewendet zum Nachweis von Eiweiß im Gewebe der Pflanzen. Zum Prüfen von Papier behandelt man dieses mit 2%iger Kupfersulfatlösung und tropft dann 5%ige Ätznatronlösung auf; wenn Tierleim vorhanden ist, entsteht Violettfärbung, bei Harzstärkeleimung eine schwach gelblich-grüne Färbung. Kasein reagiert wie Tierleim.

Wenn zur Prüfung nur sehr wenig Material verfügbar ist, wie bei der Untersuchung alter Handschriften, dürfte die Biuretreaktion besonders am Platze sein. Wiesner schlägt für diesen Fall das Millonsche Reagens vor, welches auf Eiweißstoffe, und diese sind im tierischen Leim stets vorhanden, sehr empfindlich reagiert.

Eine gewogene Menge metallisches Quecksilber wird mit dem gleichen Gewicht rauchender Salpetersäure versetzt und einige Stunden lang an einem kalten Orte sich selbst überlassen; hierauf setzt man eine gleich große Menge destilliertes Wasser zu und läßt das Ganze 24 Stunden stehen.

¹⁾ Levi, Qualitativer Nachweis von tierischem Leim in weißem Papier und Farbreaktionen zur Unterscheidung von Gelatine und Kasein. P.F. 11, S. 344.

Das zu untersuchende Papier wird auf ein Deckgläschen gelegt und mit dem Reagens befeuchtet; hierauf bringt man es auf ein Drahtnetz und erwärmt langsam. Ist tierischer Leim vorhanden, so färbt sich das Papier in wenigen Minuten rot und zwar je nach der Menge des vorhandenen Leimes rosenrot bis ziegelrot. Später bräunt sich das Papier, weshalb auf den Beginn der Färbung genau zu achten ist.

Aus dem Zutreffen der Millonschen Reaktion kann aber nur unter bestimmten Voraussetzungen auf Tierleim geschlossen werden. Diese sind:

1. Das Papier darf kein Eiweiß als solches enthalten.
2. Das Papier darf keine freien, einfach hydroxylierten aromatischen Gruppen enthalten.

Daß man bei Prüfung alter Beschreibstoffe, unter welchen oft feine Pergamente vorkommen, die mit Papier große Ähnlichkeit haben, auf die Beschaffenheit des Materials Rücksicht zu nehmen hat, ist selbstverständlich. Solche Pergamente geben die Millonsche Reaktion ausgezeichnet, weil sie aus leimgebender Masse bestehen.

Versetzt man nach Schmidt¹⁾ eine wässrige Leimlösung in der Kälte mit Ammoniummolybdat und wenigen Tropfen verdünnter Salpetersäure, so entsteht sofort ein flockiger, weißer Niederschlag, der sich zu Boden setzt. Er ist in überschüssiger Salpetersäure zum größten Teil löslich, vollständig aber nur, wenn man die gesamte Menge der Säure sehr rasch und mit einem Male zusetzt; die vorübergehend auftretende Fällung verschwindet dann sofort wieder, und man erhält eine vollkommen klare Lösung. Der einmal gebildete Niederschlag ist beim Kochen nicht völlig, sondern nur zum größten Teil löslich; beim Erkalten entsteht eine starke Trübung. In konzentrierter Salpetersäure und in konzentrierter Salzsäure ist er leicht, in konzentrierter Schwefelsäure schwerer löslich, sehr schwer löslich in 80%iger Essigsäure. Charakteristisch ist ferner eine beim Niederschlag, sowie bei der darüber befindlichen Flüssigkeit auftretende schwach blaugrüne Färbung. Die Reaktion soll sehr empfindlich sein, bei einem Gehalt von nur 0,001 g Leim noch starke Fällung, bei einem Gehalt von nur 0,00001 g noch deutliche Trübung hervorrufen.

Bei der Prüfung von Papier nach diesem Verfahren durch Heuser²⁾ arbeitete dieser mit wässrigen Auskochungen von etwa 1 g Material, die dann stark eingedampft wurden. Heuser weist besonders darauf hin, daß Kasein, in Lösung gebracht, bei dieser Behandlung ebenfalls einen Niederschlag gibt, da das Eiweiß durch die Einwirkung der Salpetersäure ausgefällt wird. Man muß daher den wässrigen Auszug auch mit Salpetersäure allein prüfen; ergibt sich hierbei kein Nieder-

¹⁾ Chemiker-Zeitung 1910 (94, 839).

²⁾ Eine neue Reaktion auf tierischen Leim. P.Z. 10, S. 2670.

schlag, so ist beim Auftreten der Schmidtschen Reaktion nur Tierleim vorhanden; ergibt sich ein Niederschlag, so kann sowohl Kasein allein als auch zusammen mit Tierleim vorhanden sein. Fälle, in denen beide Leimstoffe in Papier zusammen vorhanden sind, dürften aber wohl selten vorkommen.

Die quantitative Bestimmung des Tierleimes geschieht am besten durch Ermittlung des Stickstoffgehaltes nach einem der hierfür bekannten Verfahren (z. B. Kjeldahl).

Wenn man Chlor auf Tierleim einwirken läßt, so bildet sich Chloramin (NH_2Cl), welches Jodkaliumstärke blau färbt. Dieses Verhalten benützen Croß, Bevan und Briggs zur qualitativen Bestimmung des Tierleims in Papier¹⁾.

Behandelt man feuchte Papierstücke mit Chlor, legt sie in eine 2%ige Lösung von phosphorsaurem Natron (zur Entfernung schädlicher Eisenverbindungen) und dann in Jodkaliumstärkelösung, so tritt schon bei geringem Gehalt an Tierleim Blaufärbung auf. Quantitativ: Behandlung des feuchten Papiers mit Chlor, mindestens einstündiges Aufhängen der Proben in einem kräftigen Luftstrom (Fächer, Ventilator o. a.) behufs Entfernung des Chlors, Zerkleinern des Papiers und Einlegen in eine Lösung von arsenigsaurem Natron ($\frac{1}{100}$ normal), während einer Stunde, Zurücktitrieren des Überschusses der Arsenlösung mit Jod. 100 Teile Gelatine binden nach den Versuchen der Verfasser 15,4 Teile Chlor.

Vergleichsversuche zwischen dem vorgeschlagenen und dem Kjeldahlschen Verfahren haben zu gut übereinstimmenden Ergebnissen geführt.

Da das Verfahren nach Kjeldahl aber einwandfrei und leichter ausführbar ist als das Chloraminverfahren, so wird sich letzteres kaum einbürgern.

Kaseinleim.

Kasein wird in einigen Fabriken beim Leimen statt des Tierleims mitverwendet²⁾, um dem Papier erhöhte Leimfestigkeit und besseren Griff zu verleihen. Bei der Herstellung gestrichener Papiere findet es zum Binden des Striches gleichfalls Verwendung.

Um Kasein nachzuweisen, was zuweilen schwierig ist und nicht immer gelingt, wird es zunächst durch Behandeln des Papiers mit Boraxlösung oder schwachen Laugen in Lösung gebracht. Einige Tropfen dieser Lösung läßt man in einem Reagensglas, in dem sich eine Mischung von einem Raumteil konzentrierter Schwefelsäure und zwei Raumteilen Eisessig befindet, am Rande herunterlaufen. Ist Kasein vorhanden,

¹⁾ Journal of the Society of Chemical Industry 1908, S. 260.

²⁾ Hofmann, Handbuch der Papierfabrikation. 1891, S. 380.

so entsteht eine rotviolette Färbung (Reaktion nach Adamkiewicz). Tierleim gibt diese Färbung nicht.

Ein zweiter Weg ist der folgende. Der alkalische Auszug wird mit Säure versetzt, wobei etwa vorhandenes Kasein ausfällt (Tierleim bleibt in Lösung). Der Niederschlag wird durch Erhitzen mit Natronkalk auf Stickstoff geprüft.

Levi empfiehlt zum Nachweis von Kasein die Xanthoproteinreaktion. Tropft man auf Papier konzentrierte Salpetersäure, so tritt bei Gegenwart von Kasein sofort deutliche Gelbfärbung auf. Tierleim gibt die Reaktion nicht. Holzschliff stört die Reaktion, da die dann entstehende Braunfärbung die Gelbfärbung verdeckt.

Harzleimung.

Die Ansichten, welches bei der Anwendung des Harzleimes die wirkenden Faktoren seien, ob freies Harz, ob harzsaure Tonerde oder ein Gemenge beider, sind noch geteilt. Dr. Wurster behauptet, die Leimfestigkeit des Papiers werde lediglich durch freies Harz bedingt, andere behaupten, daß sie durch eine Verbindung des Harzes mit der Tonerde bewerkstelligt wird.

Daß auf alle Fälle etwas freies Harz im Papier vorhanden ist, dürfte wohl nicht mehr angezweifelt werden, und hierauf stützen sich im wesentlichen die Verfahren für den Nachweis der Harzleimung.

Eines der ältesten beruht darauf, daß sich eine alkoholische Lösung von Harz, sobald sie mit Wasser stark verdünnt wird, durch Ausscheidung von Harz milchig trübt.

Man übergießt einen in kleine Stücke zerrissenen halben Bogen des zu prüfenden Papiers mit absolutem Alkohol, setzt einige Tropfen Essigsäure zu und bringt das Gefäß, in dem das Ausziehen vorgenommen wird, etwa eine Viertelstunde lang in heißes Wasser. Wenn man von diesem Auszug etwas in destilliertes Wasser gießt, so scheidet sich, wenn das Papier harzgeleimt war, das Harz aus, und es entsteht eine milchigweiße Trübung. Den größten Teil des Alkoholauszuges dampft man zur Trockene ein. Ist der Rückstand bei Zimmerwärme hart und spröde, erwärmt zäh und klebrig, so handelt es sich um Harz, das aus der Leimung herrührt, also um harzgeleimtes Papier. Rückstände, die bei gewöhnlicher Temperatur nicht hart und spröde, sondern weich und zäh sind, rühren meist von den harzigen Stoffen der Zellstoffe her.

Statt Alkohol kann man auch Eisessig zum Ausziehen des Harzes verwenden.

Morawski¹⁾ schlägt vor, die Storchsche Reaktion zum Nach-

¹⁾ Über eine empfindliche Reaktion zum Nachweise von Fichtenharz. Mitt. aus dem K. K. Technologischen Gewerbemuseum in Wien. 1888, Nr. 1 und 2.

weis von Harzöl auch bei der Untersuchung von Papier auf Harzleimung anzuwenden. Löst man etwas Kolophonium in einem trockenen Glasröhrchen durch Erwärmen mit Essigsäureanhydrid und läßt nach dem Erkalten vorsichtig einen Tropfen konzentrierte Schwefelsäure in dem Glase hinunterfließen, so entsteht eine rote bis violette Färbung, die aber sogleich wieder verschwindet, um einer braungelben Platz zu machen. Die Reaktion ist sehr empfindlich und zeigt noch sehr geringe Mengen Harz an. Zum Nachweis im Papier verfährt man mit dem Anhydrid-Auszug von etwa 10 qcm Papier ebenso. Wegen der ätzenden Eigenschaften der beiden Flüssigkeiten ist Vorsicht geboten.

Wiesner¹⁾ benutzt zum Nachweis von Harzleim im Papier konzentrierte Schwefelsäure und stützt sich hierbei auf die sog. Raspailsche Reaktion.

Nach Raspail nehmen Harze und Fette, ähnlich wie Eiweißkörper, mit Zucker und Schwefelsäure behandelt eine deutlich rotviolette Farbe an. Da nun durch die Einwirkung von konzentrierter Schwefelsäure auf die im Papier vorhandene Zellulose Zucker entsteht, so läßt man auf das zu untersuchende Papier einen Tropfen Schwefelsäure fallen. Ist das Papier mit Harz geleimt, so entsteht eine rotviolette Färbung, welche ausbleibt, wenn kein Harzleim vorhanden ist.

Beim Eintreten der Reaktion hat man sich nachträglich zu vergewissern, ob im Papier nicht auch Fette oder Eiweißkörper vorhanden sind, da diese die Färbung ebenfalls geben. Dieser Umstand beeinträchtigt den praktischen Wert der Reaktion erheblich. Ferner ist sie nicht anwendbar, wenn das Papier verholzte Fasern enthält, da dann eine so stark schmutzgrüne Färbung entsteht, daß die Harzreaktion völlig verdeckt wird.

Wertvoll für den Untersuchenden ist bei Anwendung dieser Reaktion der Umstand, daß man zu ihrer Ausführung nur sehr wenig Papier braucht.

Ein weiteres Verfahren, das sich durch große Einfachheit in der Versuchsausführung auszeichnet, ist das folgende²⁾. Man schneidet aus dem zu prüfenden Material ein etwa handgroßes Stück heraus, legt es auf eine hohle Unterlage (Glasschale, Uhrglas, Trinkglas o. a.) und läßt aus einer Tropfflasche etwa 4–6 Tropfen Äther auf die Mitte des Blattes fallen. Der Äther breitet sich auf dem Blatt aus und ist nach kurzer Zeit verdunstet; die Verdunstung kann durch Zufächeln oder Zublasen von Luft noch befördert werden, so daß der ganze Versuch

¹⁾ Die mikroskopische Untersuchung des Papiers. Wien 1887.

²⁾ Über ein neues einfaches Verfahren zum Nachweis von Harzleim in Papier. Vom Verfasser. Mitt. 1892, S. 80.

kaum 15–20 Sekunden in Anspruch nimmt. Bei harzgeleitnen Papieren zeigt sich dann ein mehr oder weniger deutlicher Harzrand. Bildet sich nach der ersten Verdunstung kein Rand, so tut man gut, noch ein zweites und drittes Mal zu tropfen, da zuweilen bei Papieren mit wenig Harzleim, z. B. bei gleichzeitig harz- und tierisch geleimten, der Rand weniger deutlich erscheint als sonst.

Aus Fig. 76 ist zu ersehen, wie die Reaktion auftritt. Die Figuren zeigen vier verschiedene Papiersorten, welche in der eben geschilderten Weise behandelt und dann im durchfallenden Licht photographisch aufgenommen wurden.

Besonders wertvoll dürfte sich dieses Verfahren beim Prüfen von Büchern, Druckwerken, Handschriften, Landkarten usw. erweisen, da man diese direkt, ohne Teile davon zu entnehmen, dem Versuch unter-

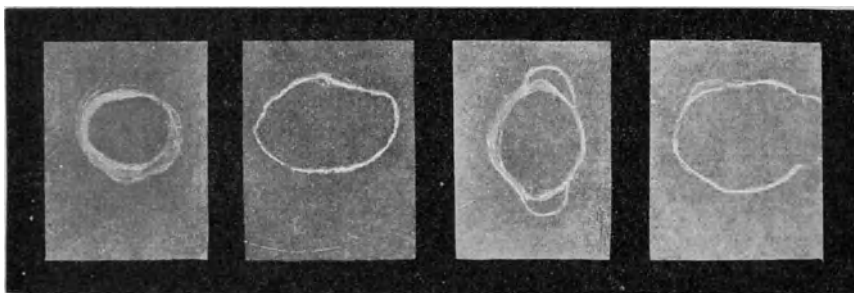


Fig. 76. Ätherreaktion bei harzgeleitnen Papieren.

werfen kann. Der zurückbleibende Harzrand wird das Versuchsblatt in den meisten Fällen nicht entwerten; man kann sich in diesen Fällen mit einem Raum begnügen, der für einen einzigen Tropfen ausreicht, da dieser schon, entweder beim ersten Male oder im Wiederholungsfall, das Harz anzeigt.

In den weitaus meisten Fällen wird es dem Ermessen des Untersuchenden freistehen, sich der einen oder anderen der geschilderten Verfahren zu bedienen; er wird sich dabei leiten lassen von äußeren Umständen, etwa von den zur Verfügung stehenden Chemikalien, der Menge des vorhandenen Papiers usw. In einigen besonderen Fällen aber wird er eine Auswahl zu treffen haben. Handelt es sich z. B. um ein gefettetes Papier, so kann man dieses nicht durch Ausziehen mit Alkohol oder Eisessig untersuchen, da dann auch das Fett in Lösung geht und nachher mit Wasser eine Trübung gibt; ebensowenig kann man in diesem Falle die Wiesnersche Reaktion anwenden, da schon das vorhandene Fett Ursache einer Färbung im Verein mit Schwefelsäure werden würde; auch die Äthertropfmethode läßt hier im Stich, da schon durch das Fett allein ein Rand erzeugt wird. Es bleibt also

für diesen Fall nur die Morawskische Reaktion übrig, wobei man allerdings die wohl immer zutreffende Voraussetzung machen muß, daß zum Fetten des Papiers keine Harzöle Verwendung gefunden haben, denn diese geben die Morawskische Reaktion ebenfalls. Auch bei gefärbten Papieren wird man nicht immer jede der angeführten Methoden anwenden können; je nach dem Verhalten des Farbstoffes den anzuwendenden Reagenzien gegenüber wird man eine Auswahl vorzunehmen haben. Kurz, man kann zum Nachweis des Harzes im Papier nicht gut eine allgemeine Vorschrift geben, die auch alle besonderen Fälle in sich schließt; der Untersuchende muß vielmehr von Fall zu Fall selbst seine Entscheidung treffen.

Zur Bestimmung der Menge des in Papier vorhandenen Harzes (frei und gebunden) behandelt man das Papier mit Äther oder Alkohol und zieht so den größten Teil des Harzes aus; dann kocht man die ausgezogene Probe mit etwa 5⁰/₀iger Natronlauge, filtriert, wäscht den Papierbrei mit heißem Wasser aus und setzt zu dem Filtrat Schwefelsäure. Das hierbei ausgeschiedene Harz wird durch Schütteln mit Äther aufgenommen, die Lösung mit dem ersten Harzauszug vereinigt und das in diesem Gemisch vorhandene Harz nach dem Verdampfen des Lösungsmittels bestimmt.

Nachweis von Tierleim und Harzleim auf mechanischem Wege.

Unter Umständen kann man schon auf mechanischem Wege die Art der Leimung eines Papiers feststellen. Man behandelt zu dem Zwecke einen halben Bogen so, wie es auf S. 46 bei Besprechung der Handknitterprüfung geschildert wurde, aber ohne Löcher in das Blatt zu reiben. Auf das zusammengeballte, zerknitterte und schwach geriebene Papier zieht man Tintenstriche. Schlagen diese durch, so ist das Papier nur tierisch geleimt (Bogen- oder Bahnleimung), schlagen sie nicht durch, so liegt Harzleimung vor. (Neben dieser kann auch noch Tierleim vorhanden sein, der dann auf chemischem Wege nachgewiesen werden muß.)

Aus Fig. 77 ist das verschiedene Verhalten der Tinte zu ersehen.

Die Erklärung der Erscheinung liegt in der verschiedenen Verteilung des Leimmaterials. Der Harzleim ist durch die ganze Masse des Papiers gleichmäßig verteilt, während der Tierleim im wesentlichen nur in den äußeren Schichten des Blattes abgelagert und die innere Schicht mehr oder weniger leimfrei ist.

Nach dem Reiben hat sich bei dem harzgeleimten Papier hinsichtlich der Lagerung der Leimteilchen nichts geändert, sie verhindern nach wie vor das Durchschlagen der Tinte (Fig. 77, Proben 1a—3a).

Bei den tierisch geleimten Papieren aber ist die Leimschicht auf

beiden Seiten vielfach durchbrochen und mit zahlreichen Löchern und Rissen durchsetzt. In diese Risse dringt die Tinte ein und durchdringt die Mittelschicht bis zur anderen Seite (Fig. 77, Proben 4a—6a).

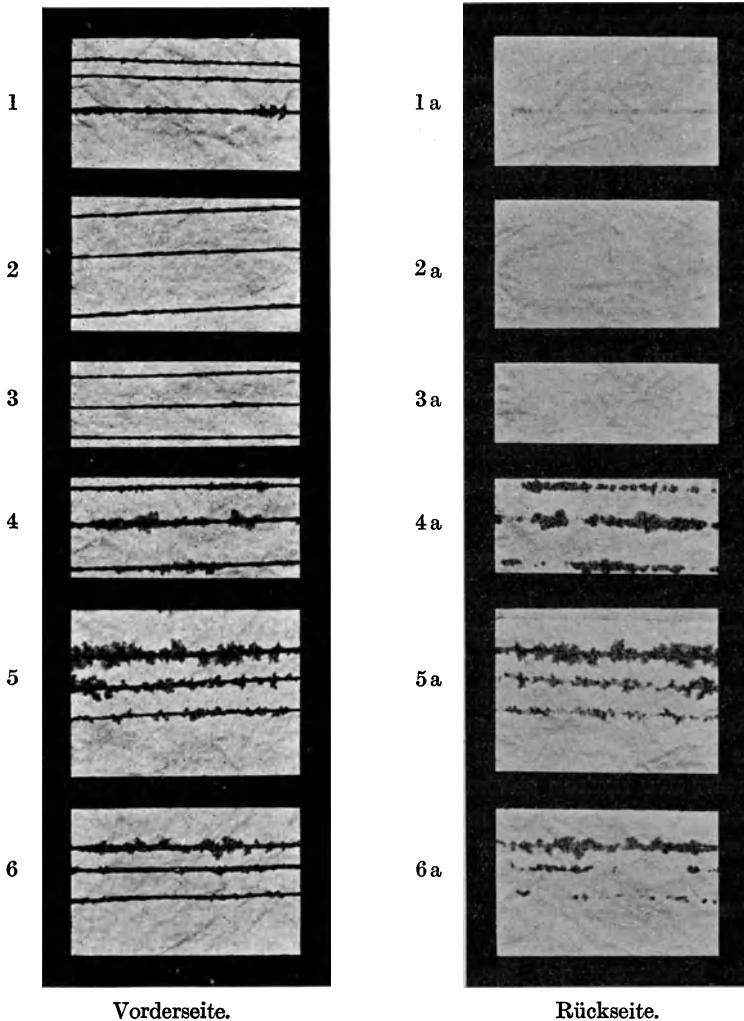


Fig. 77. Tintenstriche auf zerknittertem und geriebenem Papier.
Proben 1—3 harzgeleimt. Proben 4—6 tierisch geleimt (Bogenleimung).

Natürlich wird man diese Prüfung nur als Notbehelf benutzen in Fällen, in denen Mittel zum einwandfreien Nachweis auf chemischem oder physikalischem Wege nicht zur Hand sind.

Papierleimung und Ausdauerfähigkeit.

Die schwedische Chemikergesellschaft in Stockholm hat vor einigen Jahren die Frage aufgeworfen, wie die Leimung des Papiers dessen Haltbarkeit und Lebensdauer beeinflusst. Der Verein schwedischer Papier- und Zellstoff-Ingenieure nahm die Sache auf und beauftragte eine Kommission aus seiner Mitte mit der Bearbeitung des Gegenstandes. Der Ausschuß holte die Ansichten in- und ausländischer Sachverständiger ein, arbeitete die Fachliteratur durch und gab dann, auch unter Heranziehung der eigenen Erfahrungen, sein Gutachten ab¹⁾, das die gestellte Frage sehr klar und sachkundig behandelt und nach grundlegenden Ausführungen, auf die hier im einzelnen nicht näher eingegangen werden kann, zu folgenden Schlüssen kommt:

1. Sichere Beweise liegen weder dafür vor, daß harzgeleimtes Lumpenpapier dem mit Tierleim behandelten nachsteht, noch dafür, daß es demselben hinsichtlich Lebensdauer und Haltbarkeit ebenbürtig ist.
2. Mit größter Wahrscheinlichkeit ist das gut doppelt geleimte Papier dem nur mit Tierleim behandelten ebenbürtig.

Stärke.

Stärke wird dem Papierstoff vielfach zugesetzt zur Verbesserung der Leimung, zum besseren Festhalten der Füllstoffe, direkt als Füllstoff, als Schönungs- und Appreturmittel, zur Erhöhung der Dichte, Steifheit, Härte usw., meist in Form von Kleister, aber auch roh, nur mit Wasser angerührt. Verwendung findet meist Kartoffelstärke als billigste Stärkesorte.

Der Nachweis der Stärke im Papier geschieht mit Hilfe von stark verdünnter Jod-Jodkaliumlösung; bringt man einen Tropfen hiervon auf stärkehaltiges Papier, so entsteht eine Blau- oder Violettfärbung infolge der Bildung von Jodstärke. Die Jodlösung muß sehr verdünnt sein, weil sonst die Blaufärbung des Papiers durch die braune Farbe der Lösung verdeckt wird.

Zur Bestimmung der Menge der vorhandenen Stärke wird letztere durch Behandlung des Papiers mit Diastase oder verdünnter Säure in Zucker übergeführt und dieser mit Hilfe der hierfür bekannten Verfahren bestimmt²⁾.

Viskose.

Viskose, hergestellt durch Behandlung von Zellstoff mit Alkalien und Schwefelkohlenstoff, ein Zellulosexanthogenat, ist als Zusatz bei

¹⁾ Bedeutung der Leimung für die Haltbarkeit des Papiers. P.Z. 10, S. 1036 (nach „Svensk papperstidning“).

²⁾ Lunge, Chemisch-technische Untersuchungsmethoden.

der Harzleimung in Vorschlag gebracht und auch schon vielfach verwendet worden. Sie gibt dem Papier erhöhte Festigkeit, Härte und besseren Griff. Als eigentliches Leimmittel kommt sie nicht in Frage, da sie, auch in großen Mengen angewendet, kein leimfestes Papier ergibt. Ihre Anwendung ist zurzeit auf Packpapiere und ähnliche Erzeugnisse beschränkt, da sie wegen ihrer Färbung bei Herstellung weißer Papiere nicht verwendet werden kann.

Die Frage des Nachweises von Viskose im Papier bedarf noch gründlicher Durcharbeitung. Nach Klemm¹⁾ erfolgt er am besten auf mikroskopischem Wege. Mit Viskose gearbeitete Papiere zerfasern beim Kochen mit Lauge oft sehr schwer; man schabt daher von dem gekochten Papier etwas ab und benützt dieses Geschabsel zur Anfertigung der Präparate. Die Fasern sind von dem ausgeschiedenen Zelloseniederschlag wie mit einem Schleim umgeben, mit einem Gewirr von feinen Fäserchen und Häutchen, die sich mit Jodjodkalium grau, mit Chlorzinkjodlösung violett färben.

Wachs, Paraffin, Stearin, Fett, Öl.

Diese Stoffe werden bei der Herstellung von Sondererzeugnissen der Papierindustrie (Pauspapier, Paraffinpapier usw.) benutzt, teils als Zusatz zum Papierstoff, teils zum Tränken der fertigen Bahn.

Zum Nachweis zieht man möglichst große Mengen Papier in einem Extraktionsapparat mit Äther, Chloroform o. a. aus, verdunstet auf dem Wasserbade und untersucht den Rückstand auf sein chemisches Verhalten, seine Jodzahl, Verseifungszahl usw.²⁾.

Leimfestigkeit.

Von einem Schreibpapier verlangt man, daß es leimfest (tintenfest) ist, d. h., daß Tintenschrift weder ausläuft noch durchschlägt. Die Forderung, daß die Schriftzüge nicht auslaufen, ist ohne jede Einschränkung zu stellen; ob das Papier dick oder dünn ist, die Schriftzeichen müssen scharfe Ränder zeigen, wenn es als leimfest gelten soll.

Bei der Beurteilung des Widerstandes des Papiers gegen das Durchdringen der Tinte muß man seine Ansprüche mit der Dicke des Materials in Einklang bringen, da naturgemäß unter sonst gleichen Umständen dickeres Papier stärkere Schrift zu halten imstande ist als dünneres.

¹⁾ Klemm, Papierkunde 1910, S. 275.

²⁾ Lunge, Chemisch-technische Untersuchungsmethoden 1905.

Bestimmung der Leimfestigkeit nach Leonhardi.

Zur Beurteilung der Leimfestigkeit von Papier hat Leonhardi, gestützt auf grundlegende, von Schluttig ausgeführte Versuche, die Behandlung mit neutraler Eisenchloridlösung, deren Eisengehalt 1,531% beträgt, vorgeschlagen¹⁾. Nach seinen Beobachtungen soll diese Lösung in ihrer Fähigkeit, Papiere zu durchdringen, mit den besseren Schreib- und Kopiertinten übereinstimmen.

Mittels einer Ziehfeder werden auf dem zu untersuchenden Papier Striche mit der erwähnten Eisenchloridlösung gezogen; die Spitzen der Feder stehen hierbei 1 mm auseinander.

Nach dem Eintrocknen wird auf die Rückseite des Papiers eine geringe Menge ätherischer Tanninlösung gegossen.

Ist das Papier schlecht geleimt, so ist Eisenlösung durch das Blatt gedrungen, und diese Stelle färbt sich dann bei dem Aufgießen der Tanninlösung mehr oder weniger schwarz.

Bestimmung der Leimfestigkeit nach Post.

Post hat diesem Verfahren eine andere Ausführungsform gegeben, wobei er zugleich auf die Dicke des Papiers Rücksicht genommen hat.

Die Eisenchloridlösung wird in einer Flasche aufbewahrt, wie sie Fig. 78 zeigt. Der bis auf den Boden gehende Stopfen ist eine Pipette, welche oben



Fig. 78.

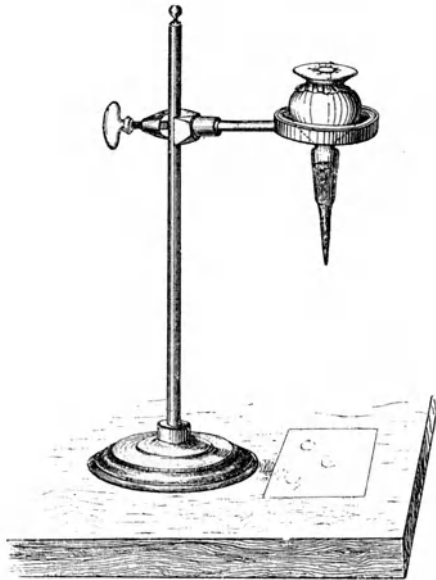


Fig. 79.

¹⁾ P.Z. 1884, S. 625.

mit einer feinen Gummimembran verschlossen ist. Die Pipette läßt bei einem Druck auf die Gummischeibe stets Tropfen von 0,03 g fallen.

Man hängt die gefüllte Pipette so auf (Fig. 79), daß ihre Spitze von der Tischplatte 10 cm entfernt ist, legt ein Stück des zu untersuchenden Papiers darunter und läßt durch Drücken auf die Gummimembran einen Tropfen der Eisenlösung fallen. Den Tropfen läßt man so viele Sekunden auf dem Papier, wie dieses Gramm pro Quadratmeter schwer ist. Nach Verlauf dieser Zeit nimmt man den Rest des Tropfens mit Filtrierpapier auf.

Hat man auf diese Weise 4—5 Flecke erzeugt, so behandelt man nach völligem Trocknen die Rückseite des Papiers mit Tanninlösung, wie vorher angegeben.

Von der Anwendung der ätherischen Tanninlösung sollte man indessen Abstand nehmen und statt dessen eine wässrige Auflösung benutzen, weil der Äther ein Lösungsmittel für Harz ist und deshalb trotz seiner schnellen Verdunstung in das Papier eindringen und so das Tannin in das Innere des Blattes führen kann; man hat deshalb, wenn ein schwarzer Niederschlag entsteht, nicht die Gewißheit, daß er auf der Rückseite entstanden ist; er kann sich auch im Innern des Papierblattes gebildet haben.

Um dem vorzubeugen, befeuchtet man einen Flock Baumwolle mit wässriger Tanninlösung und fährt hiermit über die Rückseite des zu prüfenden Papiers; das auf diese Weise schwach angefeuchtete Papier wird sofort mit Fließpapier nachgetrocknet, so daß Eindringen von Feuchtigkeit in das Papier von der Rückseite her nicht zu befürchten ist.

Bestimmung der Leimfestigkeit nach Schluttig-Neumann.

Osw. Schluttig und Dr. G. S. Neumann haben die Ausführung der Prüfung mit Eisenchlorid noch anders gestaltet¹⁾. Veranlassung hierzu gaben die Arbeiten Schuberts über das Postsche Verfahren²⁾ und der Wunsch, einen Weg zu finden, um auch über den Grad der Leimung ein Urteil abgeben zu können.

Schluttig und Neumann schlagen die Prüfung in folgender Weise vor.

Das Papier p wird auf einem hierfür hergerichteten dachartigen Gestell (Fig. 80—81) befestigt, dessen Seitenwände mit der Tischplatte einen Winkel von 60° bilden. Ein Aufsatz trägt eine Blechrinne f , die gegen p um 45° geneigt ist. In ein Glasröhrchen von bestimmten Abmessungen wird eine stets gleiche Menge Eisenchloridlösung gesaugt, die in 100 Gewichtsteilen 1 g Eisen (als Eisenchlorid), 1 g Gummi ara-

¹⁾ P.Z. 1891, S. 1532.

²⁾ P.Z. 1885, S. 1102.

bicum und 0,2 g Phenol enthält. Das Röhrchen wird oben mit dem Finger verschlossen und so gegen *f* gelegt, daß das untere Ende das Papier berührt. Wird nun die obere Öffnung freigegeben, so fließt die Lösung auf dem Papier herunter. In dieser Weise erzeugt man nach jedesmaligem Verschieben des Aufsatzes um 3 cm noch zwei Streifen (Fig. 82). 15 Minuten nach Bildung des dritten Streifens wird das Blatt umgedreht und auf der Rückseite in gleicher Weise mit wässriger

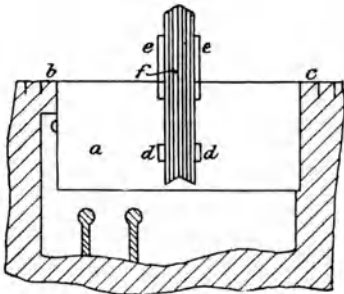


Fig. 80.

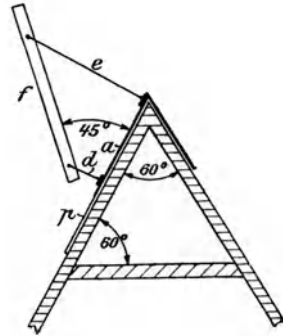


Fig. 81.

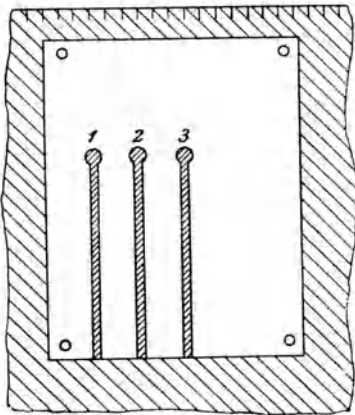


Fig. 82.

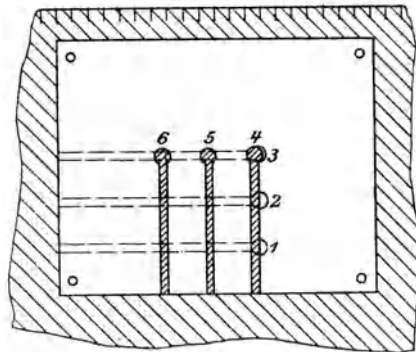


Fig. 83.

Tanninlösung (1%ige Lösung mit 0,2 g Phenol) so behandelt, daß sich die Streifen in der aus Fig. 83 ersichtlichen Weise kreuzen.

Bei nicht leimfesten Papieren färben sich die neun Kreuzungspunkte der Streifen wenige Sekunden nach dem Herunterlaufen der Tanninlösung schwarz. Ein Papier gilt als leimfest, wenn erst nach Verlauf einiger Minuten Farbreaktionen auftreten, beginnend bei 1/6, so daß die vier inneren Kreuzungspunkte 1/6, 2/6, 1/5 und 2/5, deutlich grau bis schwarz, wohl auch einige der äußeren grau gefärbt sind.

Zeigen die inneren Kreuzungspunkte nach 24 Stunden nur ganz schwache graue Färbung, so gilt das Papier als sehr leimfest; zeigt sich nach dieser Zeit an keinem der Kreuzungspunkte Färbungen, so ist das Papier außerordentlich leimfest.

Leimfestigkeitsprüfung mit Tinte.

Bei zahlreichen im Materialprüfungsamt ausgeführten vergleichenden Prüfungen auf Leimfestigkeit unter Benutzung der beiden zuletzt geschilderten Verfahren einerseits und unter Ausführung von Schreibversuchen mit verschiedenen Tinten andererseits, zeigte sich in den meisten Fällen Übereinstimmung in den Ergebnissen. Vereinzelt kamen aber Abweichungen, teilweise recht auffallender Art, vor, die zeigten, daß das Eindringen der Eisenlösung nicht immer in gleicher Weise erfolgt wie das der Tinte.

So wurden beim Arbeiten nach Post, namentlich bei der Untersuchung von blauen Aktendeckeln und Packpapieren, Fälle beobachtet, in denen die Eisenchloridtropfen das Material völlig durchdrangen, starke Tintenschrift aber weder auslief noch durchdrang.

Bei Anwendung des Schluttig-Neumannschen Verfahrens wurden Fälle beobachtet, in denen Papiere nach der Farbbildung an den Kreuzungspunkten als sehr leimfest hätten bezeichnet werden müssen, während Tintenschrift durchschlug. Hier spielte wohl die Oberflächenbeschaffenheit der Papiere eine Rolle, denn bei stark geglätteten Papieren wird das Eindringen der Prüfungsflüssigkeit bei horizontaler Lage des Papierblattes erheblich leichter und stärker erfolgen als bei schräg liegendem Blatt.

Auf die Einzelheiten der gemachten Beobachtungen kann hier nicht weiter eingegangen werden; sie haben aber gezeigt, daß zur Beurteilung der Leimfestigkeit von Papier unbedingt auch Versuche unter Verwendung von Tinte ausgeführt werden müssen, die man ja auch ohnehin vornehmen muß, um festzustellen, ob die Schrift scharfe Ränder gibt. Man wählt zweckmäßig 2—3 gute Handelstinten verschiedener Zusammensetzung aus, die man gut verschlossen aufbewahrt. Für den Versuch entnimmt man jedesmal kleine Mengen aus den Vorratsflaschen.

Der Versuch selbst wird am besten mit einer Ziehfeder ausgeführt. Man zieht Striche von verschiedener Breite und achtet auf möglichst gleichmäßige Ausführung. Zunächst werden die Spitzen der Feder für die gewünschte Strichbreite eingestellt, dann wird Tinte bis zu einer gewissen Marke eingefüllt und schließlich die Feder an einem Lineal entlang geführt, soweit es angeht, stets mit gleicher Geschwindigkeit und in derselben Neigung zum Papierblatt. Vor jedem neuen Strich wird die Feder wieder gefüllt. Die Striche werden untereinander gezogen und Kreuzungen vermieden.

In der Praxis ist die Beurteilung der Leimfestigkeit nach dem Verhalten gekreuzter Striche sehr verbreitet; sie ist aber nicht einwandfrei. Die zuerst gezogenen Linien erweichen das Papier; beim Kreuzen dieser Stellen kann die Feder das Papier leicht beschädigen, und die Tinte dringt dann hier naturgemäß stärker durch als an unbeschädigten Stellen. Da übrigens Kreuzungen von Strichen in der beim Prüfen meist angewandten kräftigen Ausführungsart beim gewöhnlichen Beschreiben von Papier nicht oder doch nur sehr selten vorkommen, so sollte man auch aus diesem Grunde davon absehen, sie der Beurteilung von Papier auf Leimfestigkeit zugrunde zu legen.

Will man über den Grad der Leimfestigkeit ein Urteil abgeben, so steigert man die Strichbreite, etwa von $\frac{1}{2}$ mm anfangend, von Versuch zu Versuch um $\frac{1}{4}$ mm, bis die Tinte durchschlägt. Man kann dann sein Urteil dahin zusammenfassen, daß man das Papier als leimfest für Strichbreiten bis zu . . . mm erklärt. Dieses Urteil gibt ein klares Bild über die Beschreibbarkeit des vorliegenden Materials, klarer als die Angaben leimfest, sehr leimfest usw. Die Strichbreite, bis zu welcher die Tinte vom Papier gehalten wird, könnte als „kritische Strichbreite“ bezeichnet werden.

Gewöhnliche Schreibpapiere, wie Kanzlei- und Konzeptpapiere von etwa 80–100 g Quadratmetergewicht, wird man als genügend geleimt ansehen können, wenn $\frac{3}{4}$ mm dicke Striche weder auslaufen noch durchschlagen.

Hat man das Papier mit der Ziehfeder behandelt, so beschreibe man es auch in gewöhnlicher Weise, wobei man gut tut, stets den gleichen Wortlaut, z. B. Namen und Wohnort, anzuwenden, da hierdurch größere Gleichmäßigkeit in der Ausführung gesichert wird als bei stets wechselnden Worten.

Bei Papieren, die nur auf einer Seite beschrieben werden, wie Briefumschlagpapier, kann man sich mit der Forderung begnügen, daß die Schriftzüge scharfe Ränder aufweisen; ob sie Neigung zum Durchschlagen zeigen, kommt praktisch nicht in Betracht. Bei Wechsellpapieren kann schwache Leimung sogar von besonderem Wert sein, da durch das tiefe Eindringen der Tinte Fälschungen erschwert werden.

Eine wertvolle Ergänzung der Schreibversuche, bei denen doch insgesamt immer nur eine verhältnismäßig kleine Fläche des Papiers der Einwirkung der Tinte unterliegt, bildet das Bepinseln einer größeren Papierfläche mit Tinte. Dieser Versuch liefert einen Anhalt zur Beurteilung der Gleichmäßigkeit der Leimung und läßt diejenigen Papiere leicht und schnell erkennen, die die Tinte punktförmig durchlassen, sonst aber leimfest sind. Auf das Vorkommen derartiger Fälle ist in der Fachliteratur wiederholt hingewiesen¹⁾. Sie treten auf, wenn das

¹⁾ Mitt. 1897, S. 85 und 1906, S. 217.

Papier Bestandteile enthält, die das Leimen an der betreffenden Stelle verhindern (Chlorkalkteile, Füllstoffklümpchen usw.).

Die Stellen, an denen die Tinte durchdringt, sind im Papier vorher nicht zu erkennen; sie zeigen sich aber sofort als helle und durchscheinende Stellen, wenn man es einige Sekunden in Wasser taucht. Nach dem Trocknen des Bogens sind sie wieder unsichtbar. Infolge des punktförmigen Durchdringens der Tinte ist das Papier für beiderseitiges Beschreiben meist ungeeignet, und es erfolgt dann häufig Beanstandung.

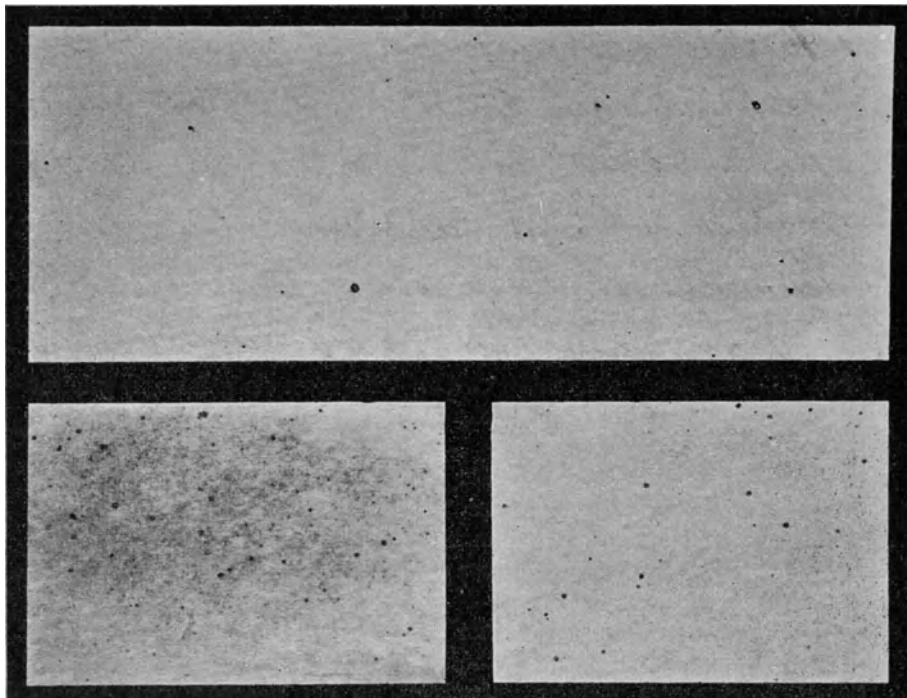


Fig. 84. Papier mit durchlässigen Stellen.

Fig. 84 zeigt die Art dieses Durchdringens an der Rückseite von drei Papierabschnitten, die auf der Vorderseite teils beschrieben (die obere größere Probe), teils mit Tinte bepinselt wurden (die zwei kleineren unteren Proben).

Gegen die Ausführung der Versuche mit Tinte lassen sich naturgemäß eine Reihe von Einwänden erheben. Einmal ist man abhängig von der Beschaffenheit der Tinte¹⁾, die auch in den besten Fabriken nicht immer

¹⁾ Die Tinten des Handels sind zwar recht verschieden, aber die Erfahrung hat doch gezeigt, daß man auf gut geleimten Papieren fast mit allen Handeltinten schreiben kann, ohne Auslaufen oder Durchschlagen der Schrift befürchten zu müssen.

von gleicher Zusammensetzung hergestellt werden kann, ferner ist die Art und Weise des Auftragens nicht immer gleich, es wird nicht immer die gleiche Menge Tinte auf eine bestimmte Strichlänge kommen u. a. m.

Man kann aber die Versuche mit Tinte, wie schon erwähnt, nicht entbehren und man muß sich mit den Mängeln, so gut es geht, abfinden, bis das Verfahren weiter ausgearbeitet ist. Vielleicht gelingt es, eine Vorrichtung zu schaffen, mit Hilfe deren man die Tinte in stets gleicher Weise auf das Papier bringen kann (gleiche Geschwindigkeit beim Ziehen mit der Feder, gleiche Neigung der Feder zum Blatt, gleiche Tintenmenge für die Längeneinheit, gleicher Druck der Feder usw.).

Bei den Prüfungen auf Leimfestigkeit mit Hilfe von Tinte wird das Ergebnis auch von der Widerstandsfähigkeit des Papiers gegen mechanische Einflüsse, wie sie durch den Druck der Zieh- oder Schreibfeder hervorgerufen werden, mit beinflußt, und es gibt Papiere, die in dieser Hinsicht, wie Klemm¹⁾ festgestellt hat, sehr empfindlich sind. Ferner kommen bei der Beurteilung des Papiers als Schreibpapier etwaige chemische Nachwirkungen zwischen den Bestandteilen der Tinte und denen des Papiers in Frage, die nicht sogleich zu erkennen sind, sondern erst allmählich, namentlich beim Vorhandensein genügender Feuchtigkeit, eintreten und nachträglich weiteres Eindringen der Tinte in den Papierkörper bewirken können.

Das Verhalten des Papiers gegen den Druck der Feder kommt bei der Prüfung auf Leimfestigkeit mit Hilfe der Zieh- und Schreibfeder mit zum Ausdruck. Um es gesondert beurteilen zu können, empfiehlt Klemm, auf dem Papier zunächst mit trockener Feder Linien zu ziehen und Worte zu schreiben, die natürlich unsichtbar sind. Das Blatt läßt man dann 10 Minuten auf Tinte schwimmen, die trocken beschriebene Seite der Tinte zugekehrt. Ist das Papier gegen Federdruck unempfindlich, so bleiben die Schriftzüge auch nach Einwirkung der Tinte unsichtbar, ist das Papier etwas empfindlich, so erscheinen die Schriftzüge in Form von dunkeln Doppellinien, aber nur auf der mit der Tinte in Berührung gewesenen Seite, ist es sehr empfindlich, so können die Schriftzüge selbst auf der Rückseite sichtbar werden.

Bemerkenswert ist, daß der Widerstand des Papiers gegen Federdruck nicht parallel verläuft mit dem gegen das Eindringen von Tinte; es gibt Papiere, die an sich sehr widerstandsfähig gegen Tinte sind, durch die Wirkung der Feder aber sehr an Widerstandsfähigkeit verlieren. Die Ursachen dieser eigenartigen Erscheinung sind noch nicht aufgeklärt. Vermutlich handelt es sich hierbei um dieselbe Erscheinung, wie sie beim Einpressen künstlicher Wasserzeichen eintritt; auch hier wird durch den Druck die Leimfestigkeit ungünstig beeinflußt²⁾.

¹⁾ Papierkunde 1910, S. 225.

²⁾ Herzberg, Zerstörung der Leimfestigkeit von Papier beim Einpressen künstlicher Wasserzeichen. Mitt. 1910, S. 178.

Auf die oben erwähnten Nachwirkungen zwischen Tinte und Papierbestandteilen prüft Klemm in der Weise, daß er den Schwimmversuch nach einigen Tagen mit einer neuen Probe wiederholt. Zeigt dann die Rückseite des ersten Blattes anderes Aussehen als die des zweiten, so hat man mit Nachwirkungen zu rechnen.

Zur Verbreiterung der Grundlagen für die Beurteilung der Leimfestigkeit von Papier hat Klemm¹⁾ den Vorschlag gemacht, nicht bloß die Widerstandsfähigkeit des Papiers gegen das Eindringen von Tinte, gemeinhin Leimfestigkeit genannt, sondern auch die gegen andere Flüssigkeiten, z. B. Öl, alkalische Lösungen usw. zu bestimmen. Klemm unterscheidet somit nicht nur Leimfestigkeitsgrade, sondern auch Leimfestigkeitsarten (Tinten-, Öl-, Wasser-, Lack- usw. Festigkeit).

Er läßt Stücke des zu prüfenden Papiers verschiedene Zeit lang (2, 5, 10, 20 usw. Minuten) auf der in Frage kommenden Flüssigkeit schwimmen, streicht beim Herausnehmen der Blätter den größten Teil der anhaftenden Lösung am Rande des Gefäßes ab und drückt dann die Abschnitte zwischen Löschpapier. Das Probestück, bei dem das erste Durchdringen beobachtet worden ist, und die weiteren Stücke bis zum völligen Durchtreten geben dann ein Bild von der Widerstandskraft des Papiers gegen das Durchdringen der Prüfungsflüssigkeit.

Bestimmung der Leimfestigkeit nach Kollmann²⁾.

Kollmann behandelt das Papier auf der einen Seite mit Phenolphthaleinlösung, auf der anderen mit Natronlauge; die Lösungen dringen in das Papier ein, und sobald sie aufeinandertreffen, entsteht eine Rotfärbung. Die Zeit zwischen dem Aufbringen der Flüssigkeiten und dem Auftreten der Färbung wird in Sekunden bestimmt, so daß die Widerstandsfähigkeit des Papiers gegen das Durchdringen der Lösungen zahlenmäßig zum Ausdruck kommt.

Die vorgeschlagene Versuchsausführung ist an der unten angegebenen Stelle ausführlich geschildert.

Um die Brauchbarkeit des Kollmannschen Verfahrens zu prüfen, wurden im Materialprüfungsamt 200 Papiere verschiedener Art: weiße und gelbliche Schreibpapiere, darunter zahlreiche Normalpapiere verschiedener Klassen, Briefumschlagpapiere, teils mit einseitiger Glätte, teils auf beiden Seiten geglättet, Packpapiere, Aktendeckel, Druckpapiere, teils schwach, teils voll geleimt, Kartons usw. nach Kollmann und durch direkte Behandlung mit Feder, Ziehfeder und Tinte (vier gute Handelstinten) behandelt³⁾.

¹⁾ Papierkunde 1910, S. 312.

²⁾ Z. 1906, S. 681.

³⁾ Der hierüber verfaßte umfangreiche Bericht ist in den Mitt. 1911, Sonderheft II abgedruckt.

Jede Papiersorte wurde bei 65% Luftfeuchtigkeit mit allen vier Tinten beschrieben und bezogen. Die Ziehfeder wurde vor jedem Strich bis zu einer bestimmten Höhe mit Tinte gefüllt, das Ziehen erfolgte an einem Lineal entlang unter möglichst gleicher Neigung der Ziehfeder zum Papierblatt und mit möglichst gleicher Geschwindigkeit. Auf diese Weise wurde erreicht, daß bei jeder Strichbreite auf eine bestimmte Strichlänge annähernd gleich viel Tinte gebracht wurde.

Als nicht leimfest wurden diejenigen Papiere angesehen, bei denen

- a) die Tinte auslief, gleichgültig ob sie dann auch noch durch das Papier drang oder nicht,
- b) $\frac{3}{4}$ mm breite oder auch schon dünnere Tintenstriche durchschlugen.

Zuerst wurden Striche von $\frac{1}{2}$ mm Breite gezogen und dann die Strichdicke von $\frac{1}{4}$ zu $\frac{1}{4}$ mm so lange gesteigert, bis die Tinte durchschlug.

Die Quadratmetergewichte der untersuchten Proben schwankten bei den Papieren von 37—144 g, den Kartons von 215—271 g, den Aktendeckeln von 235—479 g.

Das Endergebnis der Prüfung läßt sich kurz wie folgt zusammenfassen.

Die Ergebnisse der Prüfung nach dem Kollmannschen Verfahren stimmen mit denen der Tintenversuche auch nicht einmal annähernd überein. Während letztere gezeigt haben, daß nur 7% der geprüften Papiere den Ansprüchen nicht genügen, die man an vollgeleimte Papiere zu stellen berechtigt ist, hätten nach Kollmann 44% wegen mangelhafter Leimung als zum Beschreiben ungeeignet beanstandet werden müssen.

Wenn hierbei zahlreiche Papiere, die sich beim Beschreiben und Beziehen mit 1—2 mm dicken Tintenstrichen in sehr hohem Maße als leimfest erwiesen haben, durch Prüfung mit Natronlauge und Phenolphthalein als leim schwach gekennzeichnet werden, und wenn ferner bei Papieren, die sich der Tinte gegenüber annähernd gleich verhalten, die Durchdringungszeiten so außerordentlich schwanken, wie es der Fall war und die der Arbeit beigefügte Tabelle zeigt, so ist hierdurch einwandfrei bewiesen, daß der von Kollmann vorgeschlagene Weg nicht gangbar ist.

Wir sind also in der Frage der Leimfestigkeitsbestimmung mit anderen Mitteln als Tinte keinen Schritt weiter gekommen, und noch heute gilt das, was bereits im Jahre 1745 in dem „Entwurf einer Papiermüllerordnung für die Kurmark Brandenburg“ gesagt wurde: „Die Probe eines gut geleimten Papiers aber ist diese, daß es, wenn mit Tinte darauf geschrieben wird, auf der anderen Seite nicht durchschlägt“¹⁾.

¹⁾ Wehrs, Vom Papier 1789, S. 469.

Alle Vorschläge, Tinte durch andere Flüssigkeiten zu ersetzen, haben versagt, und nach wie vor ist die direkte Behandlung des Papiers mit Tinte der einzig sichere Weg, Aufschluß über dessen Tintenfestigkeit zu erhalten. Da die Tinten in ihrer Zusammensetzung und Wirkung voneinander abweichen, so muß man sich zum Prüfen nur der Erzeugnisse solcher Fabriken bedienen, die ihre Tinten nach wissenschaftlichen Grundsätzen in großen Mengen herstellen. Man bezieht sie direkt von den Fabriken in kleinsten Abfüllungen, um der unvermeidlichen Zersetzung der Tinte an der Luft einen möglichst geringen Einfluß auf das Versuchsergebnis einzuräumen. Bewahrt man diese kleinen Abfüllungen unter Abschluß von Licht und bei mäßiger Zimmerwärme auf, so hat man Prüfungstinten von annähernd stets gleicher Beschaffenheit.

Bestimmung der Leimfestigkeit nach Teclu.

Teclu¹⁾ läßt aus einer Bürette von 2 mm Ausflußöffnung Tropfen einer 0,2%igen Lösung von kristallisiertem Neublau ($C_{18}H_{15}N_2OCl$) fallen, wobei sich die Ausflußöffnung der Bürette 5 cm über dem Papierblatt befindet. Nach dem Trocknen durchschneidet er das Papier so, daß der Schnitt durch die Mitte der betropften Stelle geht, und mißt nun mit Hilfe eines besonders hierfür gebauten Mikroskopes²⁾ die Tiefe, bis zu welcher die Lösung in das Papier eingedrungen ist. Als Maß für die Leimfestigkeit dient die Dicke der ungefärbten Schicht, bezogen in Prozenten auf die Dicke des Papiers.

Mitteilungen über Erfahrungen bei Anwendung dieses Verfahrens, insbesondere darüber, ob die Abstufung der Papiere in gleicher Weise erfolgt wie bei der Behandlung mit Tinte, sind bisher nicht bekannt geworden.

Einfluß der Luftfeuchtigkeit auf die Leimfestigkeit von Papier.

Wenn man berücksichtigt, daß die relative Luftfeuchtigkeit in weiten Grenzen schwankt, etwa von 40–80% und darüber, so ist von vornherein zu erwarten, daß der mehr oder minder hohe Feuchtigkeitsgehalt der Luft die Ergebnisse der Leimfestigkeitsprüfung beeinflussen wird. Der Verbraucher kann aber mit Recht verlangen, daß sich sein Papier nicht nur bei trockener, sondern auch bei feuchter Luft einwandfrei beschreiben läßt, und bei gut geleimten Papieren ist dies auch der Fall; bei weniger gut geleimten indessen kann man beobachten, daß sie sich bei der Prüfung in trockener Luft noch als leimfest erweisen, nicht aber in feuchter.

¹⁾ Dingler, Polyt. Journal 1901, S. 387.

²⁾ Dingler, Polyt. Journal 1895, S. 187.

Dieses Verhalten ist vorzugsweise bei denjenigen Prüfungsverfahren zu beobachten, bei denen die auf das Papier gebrachte Flüssigkeit ganz zum Eintrocknen kommt, also insbesondere bei dem praktischen Schreibversuch.

In diesem Falle hängt die Trocknungsdauer der Schrift oder Linien und somit die Einwirkungsdauer der Tinte auf das Papier wesentlich von dem Feuchtigkeitsgehalt der Luft ab. Ist er klein, so verdunstet die Flüssigkeit schnell, die Tinte kann dann weniger tief in das Papier dringen als bei feuchter Luft, in der der Verdunstungsprozeß nur langsam von statten geht.

Man wird daher darauf achten müssen, daß man die Versuche nicht bei zu trockener Luft ausführt, was namentlich im Winter vorkommen kann. Im Materialprüfungsamt werden sie stets bei 65% Luftfeuchtigkeit vorgenommen, also in einer Luft, die feuchter ist als die, mit der wir während des allergrößten Teiles des Jahres zu rechnen haben.

Leimfestigkeit bedruckter Schreibpapiere.

Bei der Prüfung von Schreibpapieren, die mit Aufdruck versehen sind, wie Geschäftsbücherpapiere, Standesamtsregister, Rechnungsvor-

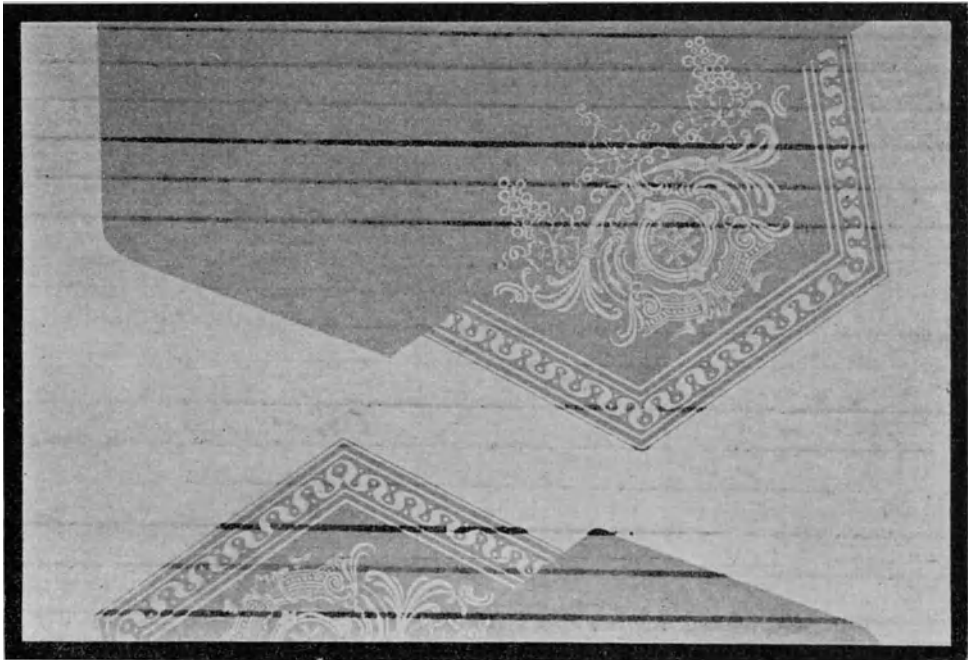


Fig. 85.

drucke, Briefumschläge usw. berücksichtige man, daß zuweilen die Leimfestigkeit an den vom Druck getroffenen Stellen zerstört wird, wie nachstehend an zwei Beispielen gezeigt werden soll.

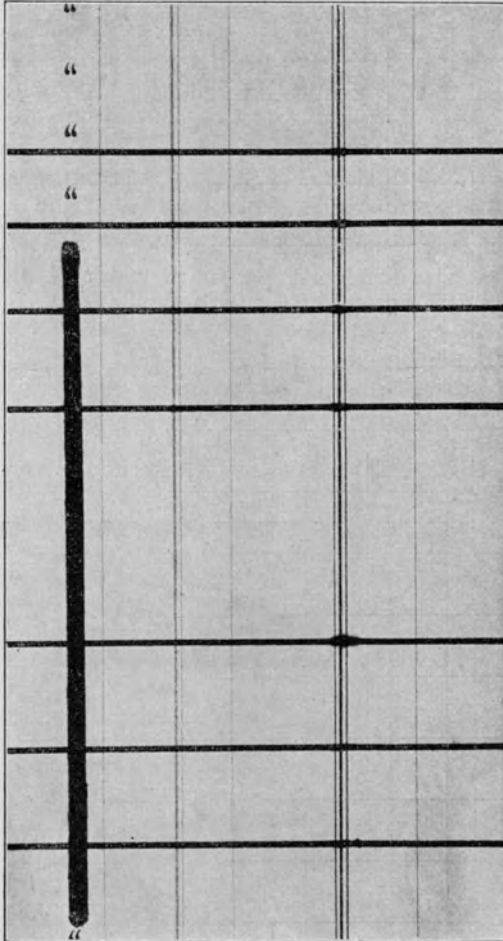


Fig. 86. Vorderseite.

Briefumschläge werden im Innern zur Verhinderung des Durchscheinens vielfach mit einem Farbaufdruck versehen; durch diesen Farbaufdruck, vermutlich durch den Firnis der Farbe, werden die Umschläge an den bedruckten Stellen in der Leimung zuweilen so geschwächt, daß die Tinte durchschlägt.

Fig. 85 zeigt die Innenseite eines derartig bedruckten Briefumschlags, der auf der Vorderseite mit Linien von etwa $\frac{3}{4}$ mm Dicke bezogen wurde. Die Tinte ist an den nicht bedruckten Stellen nicht durchgeschlagen, wohl aber mehr oder weniger an den bedruckten.

Namentlich an den Stellen, wo die Linien über die Verschußklappe des Umschlages laufen, ersieht man an den vielen Unterbrechungen den Einfluß der Farbe recht deutlich. Nennenswerte praktische Be-

deutung hat dieses Durchschlagen nicht, weil es nur auf der Innenseite des Umschlages in Erscheinung tritt.

Ein Bücherpapier erwies sich in der Fabrik bei wiederholt ausgeführter Prüfung als leimfest. Nach dem Bedrucken mit Kopfdruck und roten, blauen und schwarzen Linien wurde es wegen mangelhafter Leimung beanstandet. Der Empfänger hatte zur Prüfung der Leim-

festigkeit eine Anzahl sich kreuzender Striche mit Tinte gezogen, und an einigen Kreuzungsstellen war die Tinte stark durch das Papier gedrungen. Da diese Stellen aber zusammenfielen mit Stellen, an denen das Papier mit den Wiederholungszeichen „ bedruckt war, so lag die Vermutung nahe, daß der Druck die Leimung des Papiers ungünstig beeinflusst hatte. Die weitere Prüfung des Materials bestätigte diese Annahme.

Das Papier war an den Stellen, an denen es nicht bedruckt war, leimfest, an den bedruckten Stellen indessen, und zwar namentlich an den mit Schwarzdruck versehenen, schlug die Tinte durch.

Auch in diesem Falle ist die Beeinträchtigung der Leimung wohl nur auf die Wirkung des Firnisses zurückzuführen.

Fig. 86, Vorderseite und Rückseite eines Abschnittes des Papiers, veranschaulicht das Gesagte. Die sieben mit Tinte gezogenen Querstriche sind überall, wo sie die dreifache schwarze Längslinie des Druckes kreuzen, ausgelaufen und durchgeschlagen, ebenso

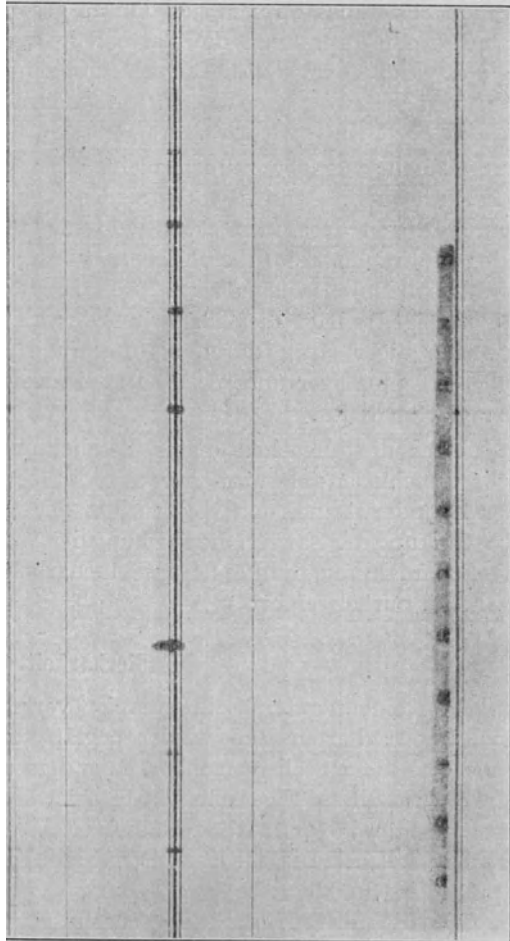


Fig. 86. Rückseite.

die starke, mit Tinte gezogene Längslinie an denjenigen Stellen, an denen sie über die Wiederholungszeichen gegangen ist.

Bei der Begutachtung der Leimfestigkeit bedruckter Papiere hat man also, falls sich mangelhafte Leimung zeigt, festzustellen, ob das Papier an sich ungenügend geleimt ist oder nur an den vom Druck getroffenen Stellen, da nur so entschieden werden kann, ob das Papier oder das Bedrucken schuld an dem Übelstand ist.

Leimfestigkeit einseitig glatter Papiere.

Bei der Prüfung von einseitig glatten Pack- und Briefumschlagpapieren auf Leimfestigkeit zeigt sich oft die Erscheinung, daß die beiden Seiten des Papiers sich Tinten gegenüber verschieden verhalten. Ist dies der Fall, so ist die glatte Seite meist weniger leimfest als die rauhe. Fig. 87 zeigt diese Verschiedenheiten bei einem einseitig glatten Zellstoffpackpapier von etwa 70 g Quadratmetergewicht.

Die Tinte ist, wie die Figur zeigt, auf der glatten Seite stark ausgelaufen, auf der rauhen nicht oder nur an vereinzelt Stellen ganz schwach. Die Rückseite des Papiers zeigt, daß auch das Durchdringen der Tinte etwas verschieden ist, je nachdem die glatte oder die rauhe Seite beschrieben wurde, und zwar sowohl in dem Grad des Durchschlagens als auch in der Art und Weist. Wie die Figur zeigt, schlägt die Tinte von der glatten nach der rauhen Seite etwas weniger stark durch als umgekehrt, und das Durchdringen erfolgt gleichmäßiger und nicht so stellenweise wie von der rauhen nach der glatten Seite.

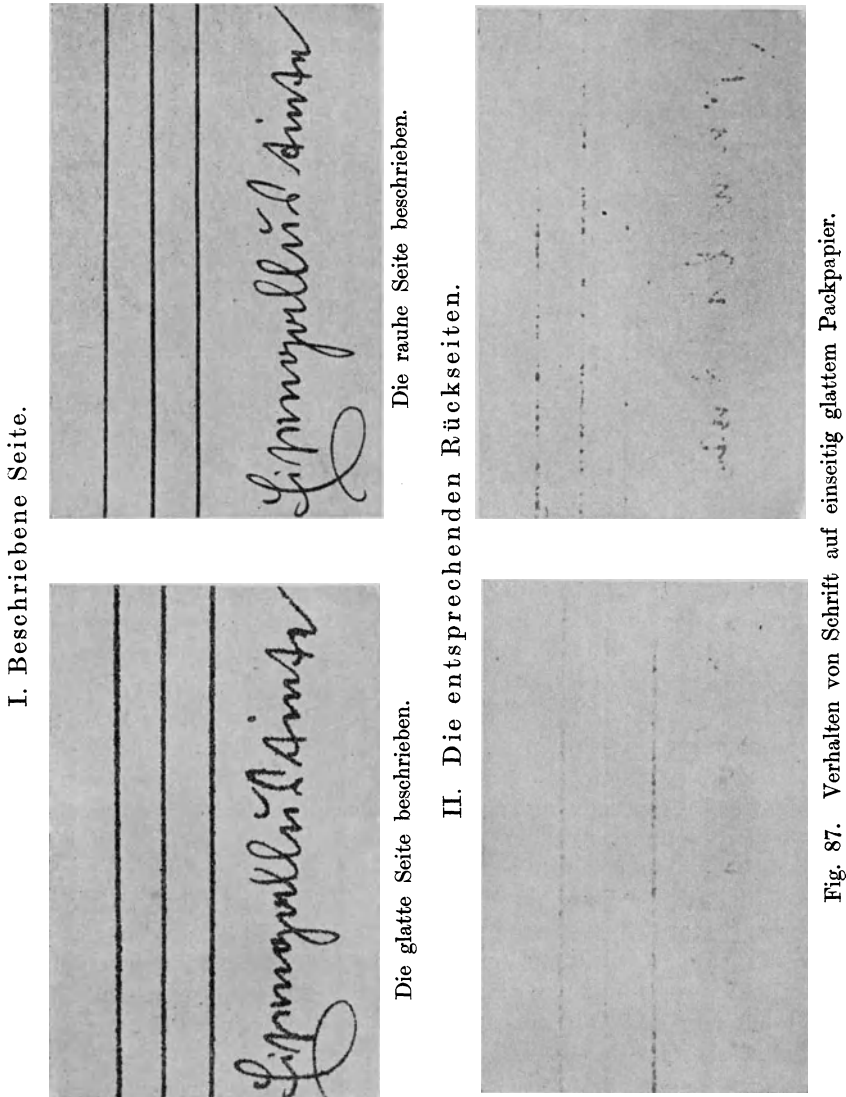
Über die Ursachen dieser Erscheinung sind die Ansichten noch sehr verschieden; sie werden von verschiedenen Seiten auf den Einfluß der Zylinderwärme, den Harzverlust der Siebseite des Papiers infolge der Wirkung der Sauger, die Wirkung des Wasserdampfes beim Trocknen, die Stoffmahlung, die Papiermaschinenarbeit, die Trocknung des Papiers u. a. m. zurückgeführt¹⁾.

Radierbarkeit.

Von einem guten Schreibpapier verlangt man, daß es sich auch noch auf radierten und wieder geglätteten Stellen beschreiben läßt, ohne daß diese Stellen nachher besonders auffallen. In noch höherem Maße wird diese Eigenschaft bei Zeichenpapieren verlangt, die auch noch nach wiederholtem Radieren glatte, nicht auslaufende Linien ergeben sollen. Diese Eigenschaft kann nur durch geeignete Mahlung des Stoffes und sorgfältige Leimung der Papiermasse erzielt werden. Papiere, die nur im Bogen mit Tierleim geleimt sind, zeigen diese Eigenschaft nicht, da sie im Innern eine nicht oder nicht voll geleimte Schicht haben. Radiert man auf derartigen Papieren und beschreibt die radierten Stellen nach dem Glätten wieder, so dringt die Tinte in den ungeleimten Teil des Blattes und verläuft hier. Um diesen Übelstand zu beseitigen, leimt man daher vielfach im Stoff mit Harzleim und im Bogen oder in der Bahn mit Tierleim. Derartige Papiere zeichnen sich dann durch besonders große Leimfestigkeit aus.

¹⁾ Ausführlicher ist hierüber in den Mitt. 1906, S. 214, der P.Z. 1906, Nr. 97, dem W.B. 1906, Nr. 48 berichtet.

Bei harzgeleimten Papieren ist bei richtiger Durchführung des Leimprozesses die ganze Masse des Blattes geleimt und demgemäß



letzteres auch noch an den Stellen beschreibbar, an denen durch Radieren eine mehr oder weniger dicke Schicht entfernt worden ist.

Der beste Weg, sich über die Radierbarkeit eines Papiers zu unterrichten, ist der, es zu beschreiben, Teile nach dem Trocknen durch

Rasur zu entfernen und die radierten Stellen wieder zu beschreiben. Meist wird dies ohne Auslaufen der Schrift möglich sein; es gibt aber auch im Stoff geleimte Papiere, die im ursprünglichen Zustande gute und scharfe Schriftzüge geben und die Tinte nicht durchlassen, auf den radierten Stellen aber fließen.

Klemm¹⁾ schlägt zur schnellen Feststellung der Radierfähigkeit vor, das Papier flach so zu zerreißen, daß an der Reißstelle ein breites Abschälen stattfindet. Man zieht dann Tintenstriche bis auf den durch das schräge Abschälen bloßgelegten inneren Teil des Blattes. Bei gut geleimten Papieren läuft die Tinte hierbei weder aus, noch schlägt sie durch. Solche Papiere werden sich meist gut radieren lassen, vorausgesetzt, daß die Papieroberfläche beim Radieren nicht aufraut, was ja durch den Versuch nicht zum Ausdruck kommt.

Fettdichtigkeit.

Zum Verpacken von Nahrungsmitteln wird Pergament-, Pergamentersatz- und Pergamynpapier in großen Mengen verwendet. Verlangt wird von diesen Papieren, falls sie zum Einwickeln von Butter, Schmalz, Speck usw. dienen sollen, in erster Linie, daß sie fettdicht sind.

Zur Feststellung der Fettdichtigkeit von Pergamentersatz- und Pergamynpapieren wird in der Praxis meist die sog. Blasenprobe angewendet. Wenn man eine Kerzenflamme, Bunsenflamme oder auch ein brennendes Streichholz kurze Zeit auf Papier der erwähnten Art wirken läßt, so entstehen mit knisterndem Geräusch Blasen von der Größe eines Stecknadelkopfes bis zu der einer Bohne und darüber. Am besten verfährt man so, daß man mit einem handgroßen Stück Papier die Flamme von oben her mit kurzem Ruck auf die Hälfte herunterdrückt, das Papier einen Augenblick stillhält und dann aus der Flamme entfernt, bevor es sich entzündet. Hierbei entsteht im Innern des Papiers Dampfentwicklung, und da die Dämpfe wegen der dichten Oberfläche des Papiers nur schwer entweichen können, so treten blasige Auftreibungen des Papierblattes auf. Je dichter die Oberfläche ist, um so stärker ist die Blasenbildung.

Fig. 88 zeigt ein fettdichtes Papier, das an mehreren Stellen der Einwirkung einer Flamme ausgesetzt worden ist.

Die Erfahrung hat nun gezeigt, daß Pergamentersatz- und Pergamynpapiere, die in der Flamme Blasen bilden, in den meisten

¹⁾ Handbuch der Papierkunde 1910, S. 317.

Fällen auch fett dicht sind. Es kommen aber auch Ausnahmen vor; es gibt Papiere der genannten Art, die keine Blasen bilden und dennoch fett dicht sind, und andererseits solche, die trotz (meist sehr schwacher) Blasenbildung nicht völlig fett dicht sind.

Es ist daher nötig, sich nicht auf die Blasenprobe allein zu stützen, sondern das Papier auch noch direkt mit Fettstoffen (Schmalz, Butter Speck o. a.) oder Öl (Terpentinöl, Olivenöl, o. a.) zu prüfen.

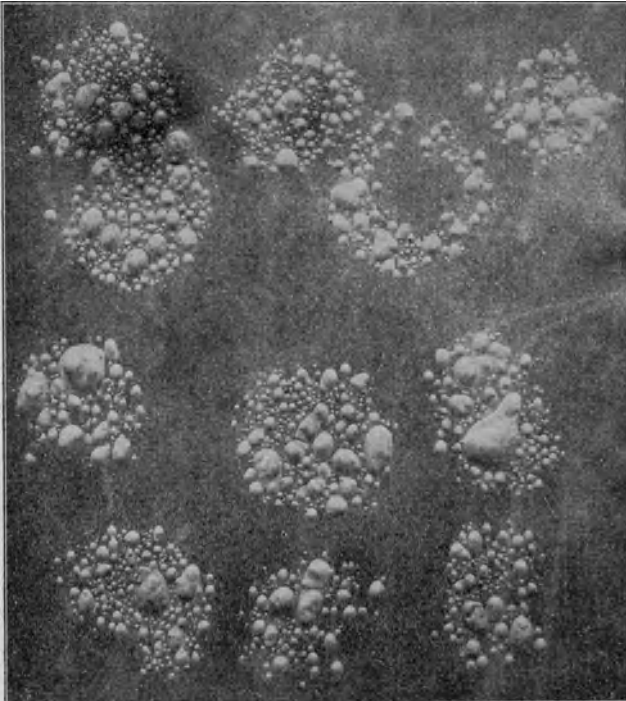


Fig. 88. Blasenprobe.

Im Materialprüfungsamt wird hierbei bis auf weiteres wie folgt verfahren.

1. 0,2 ccm Terpentinöl werden 30 Sekunden lang auf 1 qdm Papierfläche mit dem Finger verrieben. Untergelegtes Schreibpapier zeigt an, ob hierbei Öl durch die zu prüfende Probe gegangen ist oder nicht. Gut fett dichte Papiere lassen bei diesem Versuch das Öl nicht durch; bei nicht fett dichten dringt es sofort mehr oder weniger durch das Papier.

2. 2 g Schweineschmalz werden unter Benutzung einer Schablone in etwa 1 mm dicker Schicht auf 5×5 qcm des zu prüfenden Papiers

ausgebreitet und mit einem zweiten Blatt des Papiers bedeckt. Diese Packung wird auf eine Glasscheibe gelegt und mit einer zweiten, etwa 100 g schweren Scheibe belastet, nachdem man vorher zwischen Glas und Packung Schreibpapier gelegt hat. Man kann so die Wirkung des Fettes von beiden Seiten durch die Glasscheibe sehr bequem beobachten.

Gut fettdichte Papiere lassen hierbei das Fett selbst nach mehreren Stunden noch nicht durch. Bei längerer Einwirkung zeigt dann aber das Schreibpapier Fettflecke, denn absolut fettdichte Pergamentersatz- und Pergamynpapiere gibt es nicht.

Zeigt bei den Versuchen zu 1 und 2 das Schreibpapier nur ganz vereinzelte kleine Fettflecke, so sollte man das geprüfte Material deshalb nicht beanstanden, denn derartige vereinzelte schwache Stellen sind bei der praktischen Verwendung des Papiers ohne Bedeutung.

Die Blasenprobe und die Terpentinölprobe haben als Schnellversuche den Vorteil, daß sie das Versuchsergebnis sofort erkennen lassen; deshalb wird man im praktischen Verkehr wohl meist zu diesem Verfahren greifen. Prüfungsanstalten aber sollten stets auch die unter 2. geschilderten Dauerversuche ausführen.

Echte Pergamentpapiere sind infolge der Art ihrer Herstellung (Behandlung ungeleimten Papiers mit Schwefelsäure von bestimmter Stärke und Temperatur) fast immer fettdicht; da aber die Nachahmungen dieser Papiere, die Pergamentersatzpapiere, äußerlich den echten Pergamentpapieren meist so ähnlich sind, daß man sie durch Auge und Hand nicht immer ohne weiteres als solche erkennen kann, so seien nachfolgend einige Anhaltspunkte zu ihrer Unterscheidung gegeben.

Unterscheidung zwischen echtem und unechtem Pergamentpapier.

Das einfachste Mittel, diese beiden Papierarten zu unterscheiden, ist die „Kauprobe“. Kann man sich entschließen, das Papier gründlich durchzukauen, so entscheidet diese „Kauprobe“ einwandfrei, ob es sich um pergamentiertes Material handelt oder nicht. Nicht pergamentiertes Papier verliert bald seinen Zusammenhang und bildet einen klumpigen Faserbrei, den man leicht zerpfücken kann, Pergamentpapier bleibt unverändert und kann nicht zu Brei gekaut werden.

Wer diesen Kauversuch einige Male mit Pergamentpapier und mit nichtpergamentierten Papieren durchgeführt hat, wird später bei der Prüfung von Papier nicht mehr im Zweifel sein, ob er es mit pergamentiertem oder nichtpergamentiertem Material zu tun hat.

Ein weiterer Anhaltspunkt ist das Verhalten der beiden Papierarten beim Kochen mit Lauge.

Man kocht ein handgroßes Stück des zu untersuchenden Papiers tüchtig in verdünnter (2—3% iger) Natronlauge und rührt hierbei kräftig

um. Nicht pergamentiertes Papier zerfällt hierbei und liefert einen mehr oder weniger feinen Faserbrei; echtes Pergamentpapier behält seine Form, gibt keine Fasern ab und kann aus der Lauge so wieder herausgenommen werden wie es hineingelegt wurde.

Der Verband deutscher Pergamentpapierfabriken hat für die Unterscheidung der beiden Papierarten folgende Anweisung gegeben¹⁾.

„Der Unterschied beider Arten läßt sich am sichersten dadurch ermitteln, daß man die Papiere in heißem Wasser einweicht; beim Herausnehmen aus diesem zeigt sich, daß das echte, mit Schwefelsäure behandelte Papier fest, zäh und dehnbar bleibt, erst bei kräftigem Ziehen reißt und dann an der Reißstelle, wenn es gut pergamentiert wurde, keine oder, wenn es weniger stark pergamentiert wurde, nur wenige und kurze Fasern zeigt. Das imitierte oder unechte Pergamentpapier (im Handel auch Pergamentersatz, fettreiches Pergamentpapier, fettreiches Butterpapier, Pergamyn usw. genannt), welches direkt von der Papiermaschine kommt, verliert durch das Einweichen in heißem Wasser vollständig seine Festigkeit, läßt sich in feuchtem Zustande auseinanderziehen und zeigt an der beim langsamen Ziehen meist heller werdenden Stelle bzw. Reißfläche ganz deutlich die längeren und zahlreichen Fasern, aus denen das Papier zusammengesetzt ist. Bei nur ganz geringer Übung dieser Versuche wird man stets sofort feststellen können, ob man es mit echtem oder unechtem (imitiertem) Pergamentpapier zu tun hat.“

Bei der Beurteilung des mehr oder weniger faserigen Risses der Papiere ist Vorsicht geboten. Der Riß ist bei Pergamentpapier nur dann faserfrei, wenn das Rohpapier völlig durchpergamentiert wurde, wie es ja wohl meist der Fall ist. Hat aber die Pergamentierflüssigkeit nur oberflächlich eingewirkt, sei es, daß der Prozeß absichtlich so geleitet wurde, sei es, daß es sich um ein Versehen handelt, so bleibt in der Mitte des Blattes eine Schicht erhaltener Fasern, die an den Reißstellen einen deutlichen Faserrand geben. Derartige Risse können dann fälschlicherweise zu der Annahme führen, daß das Papier nicht pergamentiert ist.

Schwalbe hat vorgeschlagen, Pergament- und Pergamentersatzpapier auf chemischem Wege durch Auftropfen von Jod-Jodkalium- oder Chlorzinkjodlösung zu unterscheiden. Man läßt die Tropfen 10 Sekunden einwirken und legt hierauf das Papier 10 Minuten in Wasser. Die auf dem Papier entstandenen blauen Flecke sind dann bei Pergamentersatzpapier meist verschwunden, bei Pergamentpapier bleiben sie noch lange sichtbar.

Diese Reaktion ist aber, wie Schwalbe selbst berichtet, nicht

¹⁾ Unterscheidungsmerkmale für echtes und imitiertes Pergamentpapier. W.B. 10, S. 3568.

ganz zuverlässig. Sie muß zunächst irreführen bei stärkehaltigen Ersatzpapieren, bei denen die Blaufärbung ebenfalls längere Zeit bleibt, und selbst bei Pergamentersatzpapieren ohne Stärke haben sich die blauen Flecke so verhalten wie bei echtem Pergamentpapier. Ein sicherer Schluß ist somit nur möglich, wenn die Blaufärbung verschwindet, da alsdann echtes Pergamentpapier nicht vorliegen kann.

Dicke Pergamentpapiere werden meist durch Zusammenpressen mehrerer Lagen im nassen Zustand hergestellt. Man erkennt nach Klemm¹⁾ an Querschnitten unter dem Mikroskop, ob dies der Fall ist. Die verschiedenen Schichten lassen sich in Chlorzinkjodlösung meist deutlich unterscheiden.

Zu erwähnen ist an dieser Stelle noch das „Neupergament“, eine Papiersorte, die man vielleicht als Zwischenstufe zwischen Pergamentpapier und Pergamentersatzpapier ansehen kann; sie wird hergestellt durch Tränken der geleimten oder ungeleimten Papierbahn mit sehr verdünnten anorganischen oder organischen Säuren unter Zusatz von Formaldehyd und Erhitzen der Bahn auf 100⁰²). Das Papier hat danach ähnliche Eigenschaften wie das Pergamentpapier und verhält sich auch wie dieses beim Kochen mit verdünnter Natronlauge. Von dem so gekochten Papier läßt sich aber Faserbrei von der Oberfläche abschaben, der, unter dem Mikroskop betrachtet, aus ziemlich gut erhaltenen, deutlich erkennbaren Fasern besteht, während bei echtem Pergamentpapier sich die typischen Zerstörungserscheinungen zeigen. Hierdurch ist die Möglichkeit der Unterscheidung beider Papierarten gegeben.

Nachweis von freiem Chlor und freier Säure.

Papiere, die freies Chlor und freie Säure enthalten, gehören zu den Seltenheiten³⁾. Die ganzen Verhältnisse, unter denen das Papierblatt entsteht, machen das Hineingelangen von Chlor und Säure in das Papier außerordentlich schwierig. Überschüssiges Chlor aus dem Halbstoff wird durch Hinzufügen von Entchlorungsmitteln und durch die großen Wassermengen, mit denen die Faser in Berührung kommt,

¹⁾ Papierkunde 1910, S. 326.

²⁾ D.R.P. Nr. 251159. Dr. E. Fues-Hanau.

³⁾ Bei der Untersuchung der Normalpapiere sind zur Zeit der Gültigkeit der ersten „Grundsätze für amtliche Papierprüfungen“ sehr zahlreiche Prüfungen auf das Vorhandensein freier Säure ausgeführt worden, alle mit negativem Erfolg. — Kollmann hat bei der Untersuchung von 200 Papieren keine freie Säure nachweisen können. (Z. 1907, S. 261.)

unschädlich gemacht. Die in dem Stoff etwa vorhandene Säure, (es kann sich handeln um Schwefelsäure, Salzsäure, schweflige Säure), sei sie nun beim Bleichen direkt zugesetzt oder durch den Alaun oder Sulfitzellstoff hineingelangt, oder durch Umsetzung von Alaun und Chloriden entstanden, wird teils gebunden, teils durch den Waschprozeß entfernt.

Findet man daher ab und zu ein Papier, in dem man freies Chlor und freie Säure nachweisen kann, so dürfte deren Anwesenheit auf besondere Umstände bei der Fabrikation zurückzuführen sein. So kann ein Papier, wenn beim Bleichen Chlorkalkschlamm in den Stoff gelangt ist, Chlorkalkreste enthalten und noch eine Zeitlang die Chlorreaktion geben.

Der Nachweis des freien Chlors im Papier geschieht in ähnlicher Weise wie bei Prüfung des Halbzeuges; man nimmt hierbei bekanntlich eine geringe Menge des zu prüfenden Stoffes aus dem Holländer, preßt mit der Hand aus und läßt wenige Tropfen einer Kaliumjodidstärke Lösung darauf fallen; ist noch freies Chlor vorhanden, so färbt sich das Halbzeug infolge der Bildung von Jodstärke mehr oder weniger blau.

Bei der Prüfung des fertigen Papiers verfährt man am besten in der Weise, daß man es in Stücke zerschneidet, diese durch destilliertes Wasser zieht, sie dann abwechselnd mit Kaliumjodidstärkepapier übereinander schichtet und das Ganze mit einer Glasplatte beschwert.

Das Wasser zieht etwa vorhandenes Chlor allmählich aus, das Chlorwasser wirkt auf das Stärkepapier und erzeugt mehr oder weniger blaue Streifen und Flecken.

Das Kaliumjodidstärkepapier stellt man sich her, indem man gewöhnliche Stärke mit kaltem Wasser zu einem Brei anrührt, diesen unter Umrühren in siedendes Wasser gießt, in welchem man eine geringe Menge Jodkalium aufgelöst hat und durch die erkaltete Lösung Filtrierpapier zieht.

Der Nachweis von Chloriden geschieht durch Ausziehen des Papiers mit stark verdünnter Salpetersäure und Versetzen des Auszuges mit Silbernitratlösung. Waren Chloride vorhanden, so entsteht ein weißer, käsiger Niederschlag von Chlorsilber, der im Licht sehr bald violett wird.

Zum Nachweis freier Säure übergießt man 5–10 g des zerkleinerten Papiers in einem Becherglase mit einer möglichst geringen Menge destillierten Wassers; das Ganze erwärmt man etwa eine Stunde lang mäßig, wobei häufiges Umrühren der Masse von Vorteil ist. Man darf dann mit Sicherheit annehmen, daß der weitaus größte Teil aller im Papier enthaltenen, durch Wasser ausziehbaren Stoffe, also auch die freie Säure, in Lösung gegangen ist; die letzten Reste von Säure werden allerdings vom Papier außerordentlich hartnäckig zurückgehalten. Man

gießt den Auszug ab und arbeitet nun bei der weiteren Untersuchung mit diesem allein. Dasjenige Mittel, dessen man sich in der Chemie gewöhnlich zum Nachweis freier Säure bedient, das blaue Lackmuspapier, läßt sich im vorliegenden Falle nicht anwenden, da in dem Auszug geleimter Papiere in den meisten Fällen Tonerdesalze vorhanden sind, welche blaues Lackmuspapier ebenfalls rot färben.

Ein Farbstoff, der nicht durch Tonerdesalze, wohl aber durch freie Säure verändert wird, ist das Kongorot, und dieses kann man im vorliegenden Falle verwenden. Man bringt in einen Teil des erhaltenen Auszuges ein Stück Kongopapier¹⁾, das sich dann bei Gegenwart freier Säure mehr oder weniger rein blau färbt. Eine dunkelviolette Färbung kann auch von Alaun herrühren. Man kann auch so vorgehen, daß man eine schwache Kongorotlösung auf das Papier gießt und beobachtet, ob der Farbton rein rot bleibt.

Die Empfindlichkeit des Kongofarbstoffes ist erheblich geringer als die des Lackmus, und man wird sich nicht immer mit der Kongoreaktion zufriedengeben können. In solchen Fällen bestimmt man nach Edlund die Gesamtsäurewirkung (freie Säure und ein Teil der Säure des Alauns) des wässerigen Auszuges²⁾.

Für den Nachweis freier schwefliger Säure im Papier hat Stockmeier vorgeschlagen, 50 g Papier in einem Destillationsapparat mit Wasser zu kochen, das Destillat in Jod-Jodkaliumlösung zu leiten und die entstandene Schwefelsäure mit Bariumchlorid zu fällen.

Das Vorhandensein von Verbindungen der schwefligen Säure (Sulfiten) in Papier stellt man leicht mit Hilfe eines Reagenspapiers fest, das man sich wie folgt herstellt. Wenige Körnchen Stärke (1–2 g) werden durch Kochen mit Wasser (50–100 g) gelöst und zu dieser Aufkochung wird wässrige Lösung von jodsauerm Kalium gesetzt. In diese Mischung taucht man Streifen von Filtrierpapier, die dann zum Trocknen aufgehängt werden.

Bei der Prüfung befeuchtet man Stücke des zu prüfenden Papiers mit 1%iger Salzsäure, legt das Reagenspapier dazwischen und belastet das Ganze mit einer Glasplatte. Sind schwefligsaure Verbindungen vorhanden, so wird schweflige Säure frei, die dann Jod abspaltet, wobei Blaufärbung des Reagenspapiers eintritt.

Wichtiger als die Frage, ob ein Papier freie Säure enthält oder nicht, kann die Frage nach der gesamten sauren Wirkung des Papiers sein, gleichgültig ob letztere von freier Säure oder von sauren Salzen, die

¹⁾ Hergestellt durch Eintauchen von Filtrierpapier in eine kochende Lösung von wenig Kongorot in Wasser.

²⁾ Edlund (P.F. 1910, S. 765) hat wässrige Auszüge von acht schwedischen Papieren (sieben tierisch-, einem harzgeleimten) mit Normal-Kalilauge und Tropäolin titriert und die Gesamtsäurewirkung, ausgedrückt als Gehalt an Schwefelsäure, bestimmt. Die ermittelten Werte schwankten von 0,4 bis 1,6%.

durch die Leimung in das Papier gekommen sind, herrührt, denn freie Säure gehört zu den Seltenheiten, saure Salze sind in fast allen geleimten Papieren vorhanden. Die Gesamtsäurewirkung zu kennen, kann von Wert sein bei Papieren, die zum Umhüllen von Metallen bestimmt sind, zum Einschlagen gefärbter Waren usw. Man sollte für solche Zwecke anstreben, Papiere zu erzeugen, die entweder überhaupt nicht sauer reagieren oder wenigstens solche, deren Gesamtsäurewirkung möglichst gering ist. Bestimmt wird letztere, wie schon erwähnt, indem man den wässerigen Papierauszug mit Normalkalilauge titriert.

Um vergleichbare Werte für die Säurewirkung von Papier zu gewinnen, schlägt Vandevelde¹⁾ folgenden Prüfungsgang vor.

10 g Papier, in kleine Stücke geschnitten, werden mit 100 ccm destilliertem Wasser übergossen und während 24 Stunden häufig umgeschüttelt. Der Auszug wird abgegossen, das Papier nochmals mit 25 ccm Wasser ausgewaschen und dieser zweite Auszug dem ersten zugefügt. Titriert wird mit Zehntel-Barythydratlösung (BaH_2O_2) und Phenolphthalein. Angegeben wird, wieviel Kubikzentimeter Bariumlösung für 100 g Papier erforderlich sind; diese Zahl ist der „Säurekoeffizient“ des Papiers. Vandevelde fand bei seinen Versuchen Werte, die zwischen 0 und 280 schwankten; für Urkundenpapiere sollten nach seinem Vorschlag höhere Werte als 50 nicht zugelassen werden²⁾. Nach seinen Beobachtungen ist das Verblässen von Tintenschrift vielfach auf die saure Wirkung des Papiers zurückzuführen.

Pergamentpapiere, die säurehaltig sind, gehören nicht zu den Seltenheiten. Dem Materialprüfungsamt sind wiederholt derartige Papiere vorgelegt worden, die infolge ihres Gehaltes an freier Schwefelsäure auf dem Lager so mürbe und brüchig wurden, daß sie nicht mehr zusammengefaltet werden konnten. Bei dem geringsten Versuche, sie zu biegen, brachen sie durch.

Begießt man derartige Papiere mit Kongorotlösung, so schlägt die Farbe sofort in Blau um. Die Mengen Säure, berechnet als wasserfreie Schwefelsäure (H_2SO_4), die bei dem Titrieren des wässerigen Auszuges derartiger Papiere gefunden wurden, schwankten von 0,17 bis 0,57%.

Gut ausgewaschene Pergamentpapiere sollten höchstens Spuren freier Säure enthalten.

Metallschädliche Bestandteile.

Von den Papieren, welche zum Umhüllen von Metallen Verwendung finden, also zum Verpacken von Nähnadeln, Messern, Blattmetallen

¹⁾ Revue des Bibliothèques et Archives de Belgique. 1906. Band 4. S. 77 bis 85 und W.B. 1906, S. 2642.

²⁾ Ein Papier aus dem Jahre 1673 hatte den Säurekoeffizienten 77.

usw., verlangt der Verbraucher mit Recht, daß sie frei von Stoffen sind, die das in Frage kommende Metall angreifen. Von diesem Gesichtspunkt ausgehend, wird bei Bestellung derartiger Papiere dem Fabrikanten gewöhnlich vorgeschrieben, das Papier „chlor- und säurefrei“ zu liefern. Mit dieser Bestimmung im Vertrage glaubt der Bezieher alles getan zu haben, um seine Metallwaren gegen schädliche Einflüsse durch das Papier geschützt zu wissen. Es herrscht eben weit verbreitet die Ansicht, daß Papier, welches frei von Chlor und Säure ist, sich ohne weiteres zum Einschlagen jedweder Metallwaren eignet. Obwohl schon wiederholt, so insbesondere von Dr. Stockmeier in Nürnberg, der auf diesem Gebiete besonders erfahren ist, auf das Irrtümliche dieser Auffassung hingewiesen worden ist¹⁾, taucht sie immer wieder auf. Beschwerden über das Anlaufen von Metallen durch „chlor- und säurehaltige Papiere“ kehren immer wieder.

Zu fest scheint die Annahme gewurzelt, daß es bei der Beurteilung eines Papiers zu dem erwähnten Zweck lediglich darauf ankommt, zu wissen, ob es „chlor- und säurefrei“ ist.

Gemeint ist hiermit natürlich freies Chlor und freie Säure, denn Chlor und Säure in gebundenem Zustand sind in jedem Papier vorhanden.

Der Lieferant eines Papiers, das zum Umhüllen von Metallwaren bestimmt ist, kann die Bedingung „chlor- und säurefrei“ leicht eingehen²⁾, denn selbst wenn ein Papier unmittelbar nach der Herstellung Spuren von freiem Chlor und freier Säure enthalten sollte, nach kurzer Zeit werden beide in den gebundenen Zustand übergeführt sein; daher wird die Prüfung auf freies Chlor und freie Säure wohl meist zu einem negativen Ergebnis führen. Auf dieses Ergebnis fußt dann der Verbraucher, hält das Papier für geeignet und ist erstaunt, wenn es dennoch Metallgegenstände angreift.

Es erscheint daher angebracht, auch an dieser Stelle darauf hinzuweisen, daß die Ursache der Einwirkung auf Metalle ganz verschiedenartig sein kann, und daß die Gewährleistung für die Güte des Papiers von einem anderen Gesichtspunkte aus gefordert und gegeben werden sollte, als es jetzt zumeist geschieht.

Wird Blattsilber von dem zum Verpacken benutzten Papier angegriffen, so werden meist Schwefel oder Schwefelverbindungen, die durch Zellstoffe oder Antichlormittel in das Papier kommen können, die Ursache sein; dasselbe Papier, zum Umhüllen blanker Stahlwaren benutzt, könnte sich vorzüglich bewähren, weil eine Einwirkung von Schwefel oder Sulfiden auf Stahl nicht so leicht vorkommen dürfte.

¹⁾ Dr. H. Stockmeier, Nähnaedel-Verpackung. P.Z. 1893, Nr. 84.

²⁾ Namentlich wenn, wie dies sehr oft der Fall ist, die Papiere ausschließlich aus ungebleichtem Natronzellstoff hergestellt wurden.

Enthält ein Papier gleichzeitig Chloride und Alaun, so sind, worauf Dr. Wurster schon 1888 in der „Papier-Zeitung“ hingewiesen hat, bei feuchter Luft die Bedingungen für die Bildung von Salzsäure gegeben; in einem solchen Papier würden Stahlwaren Rost ansetzen, und Dr. Stockmeier hat einzelne solcher Fälle in der „Papier-Zeitung“ 1893, S. 2584, bekanntgegeben und durch Analysenergebnisse belegt. Beim Verpacken von Blattsilber in einem solchen Papier hätte man schädliche Einflüsse viel weniger zu befürchten.

Man wird also gut tun, dem Fabrikanten bei Bestellung von Papieren zum Umhüllen von Metallen anzugeben, um welche Metalle es sich handelt; er kann dann bei der Herstellung auf diejenigen Verbindungen besonders Rücksicht nehmen, die dem Metall schädlich werden können. Die Verbraucher solcher Papiere sollten sich aber die Frage vorlegen, ob die Papiersorten, die man infolge jahrelanger Gewohnheit zum Verpacken von Metallen verwendet, für diesen Zweck auch besonders geeignet sind. So kommen Stahlnadeln fast ausschließlich in dem bekannten schwarzen Nadelpapier verpackt zum Verkauf; der Käufer ist an diese Verpackung gewöhnt, der Verkäufer ist daher bestrebt, sie beizubehalten, hält sie auch wohl für besonders geeignet. Dies scheint aber nicht der Fall zu sein. Bei einer Reihe von Vergleichsversuchen über das Verhalten blank polierter Stahlwaren in schwarzem Nadelpapier einerseits und gewöhnlichem Schreib- und Filtrierpapier andererseits zeigte sich in den meisten Fällen, daß das Nadelpapier zum Verpacken am wenigsten geeignet war. Die bisher ausgeführten Versuche sind allerdings zu einem abschließenden Urteil nicht ausreichend; da sich die Erfahrungen aber stets in der gleichen Richtung bewegten, so läge es wohl im Interesse der Erzeuger und Verbraucher derartiger Papiere, wenn die Frage auf breiter Grundlage gründlich studiert würde.

Die reine Faser greift Metalle nicht an; man sollte also dahin streben, Einschlagpapiere für Metalle lediglich aus reinem Fasermaterial herzustellen und alle sonstigen Zusätze nach Möglichkeit vermeiden oder doch, soweit es angeht, beschränken.

Wie schon vorhin erwähnt, gehören Alaun und Chloride zu denjenigen Stoffen, die unter Umständen Stahlwaren angreifen können; man sollte also bei der Herstellung von Nadelpapier hinsichtlich der Verwendung von Alaun sehr vorsichtig sein und außerdem nur ungebleichte Stoffe verarbeiten; auch das Färben sollte unterbleiben, wenigstens die jetzt übliche Färbung mit Blauholz, bei der die Fasern vorher gebeizt werden. Von der Beize bleibt ein Teil im Stoff zurück, der unter geeigneten äußeren Bedingungen schädlich wirken kann.

Gegenständen aus Silber, leonischen Fabrikaten usw. sind, wie schon erwähnt, Papiere, die Schwefel oder Schwefelverbindungen enthalten, besonders gefährlich; bei der Auswahl der Rohstoffe sollte

man hierauf gebührend Rücksicht nehmen. Schwefelhaltige Farbstoffe, wie z. B. Ultramarin, sollte man natürlich ganz ausschließen¹⁾.

Es handelt sich also beim Angriff von Metallen durch Papier um zwei verschiedene Arten der Einwirkung, nämlich um Oxydationswirkungen, die entstehen können beim Vorhandensein von freien Mineralsäuren, Chlor, Alaun, und um Sulfidbildungen, veranlaßt durch Schwefelverbindungen (herrührend von Zellstoffen, Antichlor, Farbstoffen usw.).

Die Feststellung, ob ein Papier Stoffe enthält, die Metall angreifen, erfolgt nicht auf dem analytischen Wege, sondern auf dem des praktischen Versuches; die chemische Analyse läßt hier häufig im Stich, da die erwähnten Körper meist nur in Spuren vorhanden sind.

Den ersten Vorschlag zur Prüfung von Papier auf metallschädliche Verbindungen machte Stockmeier²⁾, und hiernach wird im Prinzip heute noch verfahren. Das zu untersuchende Papier wird mit dem in Frage kommenden Metall (polierte Stahlplatten, Blattgold, Blattsilber usw.) innig in Berührung gebracht, am besten abwechselnd geschichtet, und das Ganze eine Zeitlang in erwärmter feuchter Luft bei etwa 50° C aufbewahrt; von Zeit zu Zeit wird dann festgestellt, ob das Metall angegriffen ist.

Zeigen die Metalle nach mehreren Tagen keine Veränderung, so kann man die Papiere technisch als frei von Stoffen ansehen, die das in Frage kommende Metall angreifen. Um sicher zu sein, daß bei einer Veränderung der Metalle nicht äußere Einflüsse mitgewirkt haben, setzt man gleichzeitig einen blinden Versuch unter Verwendung von reinem Filtrierpapier an.

Nach Klemm³⁾ ist die Temperaturerhöhung bei der Feststellung von Oxydationswirkungen entbehrlich, man braucht nur für einen hohen, dem Sättigungspunkt nahen Feuchtigkeitsgehalt der Luft zu sorgen, wie er z. B. unter einer mit feuchtem Filtrierpapier ausgekleideten Glasglocke entsteht. Starke Abkühlung und Bestrahlung der Glocke durch die Sonne ist wegen der damit verbundenen Tropfenbildung zu verhindern. Für die Herstellung der Versuchskörper schlägt Klemm³⁾ eine neue, durch eine Abbildung veranschaulichte Form vor, bei der

¹⁾ Der Nachweis von Ultramarin in Papier geschieht in folgender Weise.

1. Betrachten des Papiers bei etwa 50—100facher Vergrößerung; bei Ultramarinfärbung kleine blaue Farbteilchen auf und in dem Papier.
2. Behandlung des Papiers im Reagensglas mit verdünnter Schwefelsäure; bei Ultramarinfärbung Geruch nach Schwefelwasserstoff, Schwarzfärbung von feuchtem, über das Glas gelegtem Bleipapier.
3. Beobachten der blauen Körperchen unter dem Mikroskop, namentlich bei wenig Ultramarin, und Hinzufügung verdünnter Schwefelsäure; bei Ultramarinfärbung lösen sich die Farbteilchen unter Schwefelwasserstoffentwicklung — Blasenbildung — auf.

²⁾ P.Z. 1892, Nr. 89.

³⁾ W.B. 1909, S. 1675.

Stahldraht und schmales Stahlband in geeigneter Weise durch das Papier gesteckt werden.

Im Materialprüfungsamt wurden die Versuche früher in ähnlicher Weise ausgeführt; jetzt dienen polierte Stahlplatten als Versuchsstücke und es hat sich gezeigt, daß man Rosterscheinungen an diesen Platten wegen der großen Beobachtungsflächen leichter beobachten kann als an Drähten, Nadeln o. a.

Über die im Amt übliche Versuchsausführung selbst sei kurz folgendes mitgeteilt. In den meisten Fällen handelt es sich darum, festzustellen, ob ein Papier Stoffe enthält, die blanke Stahlwaren angreifen, oder ob es Silber oder unechtes Blattgold zum Anlaufen bringt.

I. Versuche mit Stahlplatten.

Polierte Stahlplatten, von verschiedenen Stahlsorten herrührend, werden teils in das zu prüfende Papier, teils in ein für diese Zwecke stets benutztes Vergleichspapier (reines Filtrierpapier) eingewickelt und bei 90–95% Luftfeuchtigkeit und Zimmerwärme eine Zeitlang aufbewahrt und beobachtet. Die Versuchsanordnung ist so getroffen, daß die Feuchtigkeit in den Versuchsglocken nicht auf 100% steigen kann, so daß Tropfenbildung demnach ausgeschlossen ist. Erreicht wird dies dadurch, daß die Glocken luftdicht abschließend über einer Kaliumkarbonatlösung von etwa 250 g Salz in 750 g Wasser stehen.

Beobachtet wird, ob die Platten in dem Versuchspapier stärker anrosten als die im Filtrierpapier; ist dies der Fall, so enthält das Papier Stoffe, die Stahl angreifen können, und es ist daher zum Umhüllen von Stahlwaren nicht geeignet.

II. Versuche mit unechtem Blattgold.

Fünf Blätter unechtes Blattgold werden einzeln zwischen Abschnitte des zu prüfenden Papiers gelegt und diese Packungen in sehr feuchter Luft unter schwachem Druck aufbewahrt. Eine Versuchsreihe wird bei Zimmerwärme ausgeführt, eine zweite bei Zimmerwärme und täglich etwa sechsständiger Erwärmung auf 45° C.

Zum Vergleich werden Blattgoldproben zwischen reines Filtrierpapier gelegt, mitgeprüft und beobachtet. Die Beobachtung setzt man so lange fort, bis man ein klares Bild über das Verhalten des Papiers erhalten hat. Es gibt Papiere, die bei diesem Versuch unechtes Blattgold schon nach 24 Stunden zum Anlaufen bringen und wiederum andere, in denen es nach Wochen noch unverändert ist. Im letzteren Fall wird der Versuch meist nach drei Wochen abgebrochen und das Papier für unschädlich angesehen.

Die Prüfung auf das Verhalten des Papiers gegen Silber wird in gleicher Weise unter Verwendung von echtem Blattsilber ausgeführt.

Die Ursache des Anlaufens von unechtem Blattgold, Silber, Goldbronze usw. ist auf das Vorhandensein von Schwefel oder Schwefelverbindungen oder beides zurückzuführen. Chemisch nachweisen kann man diese in folgender Weise. Man befeuchtet das Papier mit verdünnter Salzsäure, bringt es in ein Reagensglas, legt über dessen Öffnung nasses Bleipapier (Filtrierpapier mit essigsaurer Bleilösung getränkt) und erwärmt langsam, am besten durch Eintauchen in heißes Wasser. Beim Vorhandensein schädlicher Schwefelverbindungen färbt sich das Bleipapier infolge des sich entwickelnden Schwefelwasserstoffes allmählich gelbbraun bis braunschwarz.

Vergilbung.

Als Vergilbung bezeichnet man die Änderung des Farbtones eines Papiers beim Lagern; sie ist in mehr oder minder hohem Maße und in mehr oder weniger langen Zeiträumen bei allen Papieren zu beobachten¹⁾ und ist vorzugsweise auf die Einwirkung von Licht, Luft und Wärme zurückzuführen. Am schnellsten geht die Vergilbung bei Einwirkung von Licht oder Wärme von statten; werden diese beiden Faktoren ausgeschlossen, wird das Papier also unter Abschluß von Licht in ungeheizten Räumen aufbewahrt, so hält es sich lange unverändert.

Am leichtesten vergilben, wie bekannt, Papiere mit verholzten Fasern, also in erster Linie holzschliffhaltige Erzeugnisse; bei diesen bemerkt man schon, wenn sie nur kurze Zeit von der Sonne beschienen wurden, den Beginn der Vergilbung. Je mehr verholzte Fasern sie enthalten, um so stärker vergilben sie. Das gleiche Verhalten zeigen Papiere, die mit Farbstoffen getönt sind, welche nicht lichtecht sind.

Aber auch holzfreie Papiere, ohne Zusatz derartiger Farben hergestellt, vergilben oft ziemlich stark.

Der einwandfreieste Weg, sich ein Urteil über die Vergilbungsneigung von Papier zu bilden, ist der, es längere Zeit der Einwirkung des Sonnenlichtes auszusetzen, am besten im Vergleich mit Proben, deren Widerstandsfähigkeit man durch grundlegende Versuche vorher ermittelt hat. Da aber diese Versuche sehr zeitraubend sind, kann man sie nur selten ausführen.

Einen Ersatz für die Sonnenwirkung kann man sich bis zu einem gewissen Grade durch Bestrahlung mit elektrischem Bogenlicht, das

¹⁾ Vgl. Dr. P. Klemm. Über die Farbbeständigkeit der Papiere. Klimschs Jahrbuch 1901, S. 32.

besonders viele chemisch wirksame Strahlen enthält, schaffen. Im Materialprüfungsamt ist eine Einrichtung hierfür geschaffen, und sie hat sich, namentlich in den Jahreszeiten, in denen Sonnenlicht spärlich ist, bewährt. Immerhin kann sie das Sonnenlicht nicht ersetzen und daher nur als Notbehelf angesehen werden.

Die Ursachen des Vergilbens holzfreier Papiere fand Dr. Klemm vorzugsweise in seifenartigen Verbindungen des Eisens mit Harz- und Fettkörpern. Die Menge dieser Verbindungen gibt ein Maß für die Beurteilung der Vergilbungsneigung. Als bestes Mittel, diese Seifen aus dem Papier herauszulösen, empfiehlt Klemm eine Mischung von zwei Teilen Äther und einem Teil Alkohol¹⁾.

Aus einer abgewogenen Menge Papier (3 g) werden die Eisenseifen in einem Extraktionsapparat (z. B. Thorn, Soxhlet) mit Hilfe des Äther-Alkoholgemisches ausgezogen, und dann wird der Gehalt an Eisen analytisch bestimmt. Hierzu wird der Auszug zur Trockene verdampft, geglüht und der Rückstand mit Salpetersäure aufgenommen.

Für die Eisenbestimmung leistet in vielen Fällen auch das auf Farbvergleich beruhende Verfahren mit Hilfe von Rhodanammonium und einer titrierten Lösung von Eisenchlorid oder Ammoniak-eisena-laun in der von Lunge und v. Kéler²⁾ ausgearbeiteten Form gute Dienste. Es erlaubt die Bestimmung auf eine Genauigkeit von $\pm 0,000001$ g Eisen, wenn 5 ccm des Auszuges zur Untersuchung benutzt werden. Die Gesamtmenge des vorhandenen Eisens darf aber nicht mehr als 0,00002 g betragen. Ist mehr Eisen vorhanden, und hat man den Auszug zunächst so hergestellt, daß 5 ccm 1 g Papier entsprechen, so muß man entweder den Auszug entsprechend verdünnen oder aber das Eisen in anderer Weise bestimmen.

Der in Form von Eisenseifen in Papieren vorhandene Gehalt an Eisen schwankt nach den bisherigen Erfahrungen zwischen 0,0002 und 0,01 g in 100 g Papier oder 0,2 bis 10 g in 100 kg Papier.

Nach Klemms Angaben hat die Firma Schopper-Leipzig einen Eisenkolorimeter in 20 Farbabstufungen hergestellt, durch dessen Benutzung man sich die Titration der Eisenlösung ersparen kann.

In einfacher, wenn auch nicht so einwandfreier Weise, kann man den Versuch ausführen, wenn man die Eisenseifen mit Natronlauge auszieht. Hierbei treten vielfach Zersetzungen ein, und man wird daher dieses Verfahren nur wählen, wenn es sich um eine schnelle Orientierung und annähernde Schätzung handelt.

Man kocht 1 g Papier im Reagensglas mit 5 ccm einer einprozentigen alkoholischen Natronlauge aus, gießt die mehr oder weniger

¹⁾ P.Z. 1902, S. 961. W.B. 1902, S. 810.

²⁾ Zeitschrift für angewandte Chemie 1906, S. 3 und Lunge, Chemisch-technische Untersuchungsmethoden. Bd. I.

stark gelb gefärbte Flüssigkeit, welche nunmehr die organischen Eisenverbindungen enthält, in ein anderes, zuvor mit Salzsäure sorgfältig gereinigtes Glas und fügt Salpetersäure bis zur deutlich sauren Reaktion hinzu; dabei fällt das zur Leimung verwendete Harz aus. Hierauf versetzt man die Lösung mit ungefähr 2 ccm einer 10%igen Rhodan-ammoniumlösung, wodurch sie sich bei Gegenwart von Eisen mehr oder weniger rot färbt. Zum Schluß setzt man noch 4 ccm Äther hinzu und schüttelt tüchtig durch.

Der sich an der Oberfläche ansammelnde Äther nimmt den roten Farbstoff auf und zeigt nun eine der Farbabstufungen von blaßrot bis blutrot. Je dunkler die Farbe, um so mehr ist das Papier des Vergilbens fähig.

Klemm hat nach seinem Verfahren eine große Anzahl holzfreier Papiere geprüft und sie gleichzeitig der Einwirkung des Lichtes ausgesetzt. Hierbei zeigte sich, daß sie durch die infolge der Belichtung erzielte Farbänderung einerseits und durch die Eisenreaktion andererseits in gleicher Weise abgestuft wurden.

Zur Bestimmung des Eisengehaltes von Papieren schlagen Dr. Wittels und Welwart ein Verfahren vor¹⁾, das alle bisher benutzten²⁾ an Genauigkeit übertreffen und leichter als diese ausführbar sein soll. Der Analysengang ist kurz folgender:

Papierasche mit Kaliumbisulfat aufschließen, Schmelze in Wasser auflösen und mit Schwefelsäure ansäuern, Reduzieren des Eisenoxysalzes zu Oxydulsalz durch eine in die Lösung gebrachte elektrolytisch mit Wasserstoff geladene Palladiumspirale (Luft absperren), Titrieren des Eisenoxyduls mit $\frac{1}{100}$ Normalpermanganatlösung. Die Titerstellung der letzteren erfolgt zweckmäßig mit Natriumoxalat (0,6705 g auf 1 Liter). Zur Ladung der Palladiumspirale mit Wasserstoff wird diese in eine mit verdünnter Schwefelsäure gefüllte Platinschale gehängt (Wände nicht berühren), die Spirale mit dem negativen Pol (Zink) eines Bunsenelementes, die Platinschale mit der Kohle verbunden.

Reduktion mit Zink würde zu Fehlern führen, da dieses Metall stets Kohlenstoff enthält und somit zur Bildung von Kohlenwasserstoffen führt, die Permanganat reduzieren. (Ausführlich beschrieben ist dieses von Dr. Gintl erdachte Verfahren in der Zeitschrift für angew. Chemie 1902, S. 398: Studien über die maßanalytische Bestimmung

¹⁾ Z. 1909, S. 603—604.

²⁾ Kolorimetrische Eisenbestimmung nach Lunge und v. Kéler (Zeitschr. für angew. Chemie 1906, S. 3) und Lunge (Untersuchungsmethoden, Band I, S. 325). Fälln des Eisens mit Nitroso- β -Naphthol (Ilinski und v. Knorre. Ber. d. chem. Ges. 1885, S. 2728 und 1887, S. 286). Jodometrisches Verfahren von Schwarzer (Journal f. prakt. Chemie 1871, S. 139). Titrimetrisches Verfahren von Hamburger (Zeitschrift f. physiol. Chemie 1878, S. 195; 1880, S. 249).

des Eisens und eine neue Methode der Reduktion von Eisenoxydverbindungen.)

Will man sich ein Bild über die mehr oder weniger gleichmäßige Verteilung des Eisens im Papier machen, eine Frage, die für photographische Papiere von Bedeutung ist (bei ganz gleichmäßiger Verteilung des Eisens sind selbst größere Mengen weniger schädlich als geringe, aber fleckig und klumpig abgelagerte Teilchen), so legt man Abschnitte des Papiers in eine salzsaure Lösung von gelbem Blutlaugensalz. Die entstehende Blaufärbung gibt Aufschluß über die Verteilung des Eisens.

Diese überaus empfindliche Reaktion soll nicht empfindlich genug sein, wenn das Eisen als metallisches Eisen und in sehr feiner Verteilung vorhanden ist¹⁾. Es wird hierfür folgendes Verfahren empfohlen.

A. Man lasse 100 g harte Emulsionsgelatine zwei Stunden quellen und gieße das nicht eingezogene Wasser ab; alsdann wird die Gelatine auf dem Wasserbade in 1000 ccm destilliertem Wasser geschmolzen und die Lösung auf 50° C gebracht; ferner werden 4 g Zitronensäure, in 10 ccm Wasser gelöst, zugesetzt.

B. 50 ccm destilliertes Wasser und 20 g Silbernitrat werden ebenfalls auf 50° erwärmt und nach dem Auflösen unter kräftigem Rühren mit einem Glasstabe zu der Gelatinelösung gegeben.

Die Mischung wird durch Musselin oder Filtriergaze filtriert und bei ca. 40° C in einem wenig erhellten Raum auf das an allen vier Seiten aufgebozene Papier gleichmäßig aufgegossen; den Überschuß läßt man an der unteren Ecke ablaufen. Das so überzogene Muster wird an einem mäßig warmen, staubfreien Orte getrocknet. Schon nach wenigen Minuten treten die in dem Papier enthaltenen Metallteilchen als dunkle Punkte hervor.

Die Frage des Vergilbens holzfreier Papiere hat neuerdings Schoeller zum Gegenstand eingehender Versuche gemacht, und er ist bei seinen Arbeiten zu neuen und wertvollen Beobachtungen über diesen für Papiererzeuger und Papierverbraucher wichtigen Gegenstand gekommen²⁾.

Um für seine Versuche einwandfreies Probematerial von genau bekannter Zusammensetzung zu haben, stellte sich Schoeller die Papiere im kleinen zum größten Teil selbst her. Außerdem wurden fertige Papiere in den Kreis der Beobachtungen gezogen, aber nur solche, deren Zusammensetzung durchweg sicher bekannt war.

Zur Feststellung der Vergilbungsneigung wurden sie teils dem Sonnenlicht ausgesetzt, teils in einem Trockenschrank auf 95° C erhitzt. In beiden Fällen ergab sich angenähert die gleiche Abstufung

¹⁾ Eisen in Papier. P.F. 11, S. 284.

²⁾ Dr.-Ing. Victor Schoeller-Düren. Über Vergilben von Papier. Dissert. München 1912.

der Versuchsproben hinsichtlich der Vergilbung. Da das Erhitzen der Papiere schon nach kurzer Zeit, bei geleimten Proben meist schon nach 3—5 Stunden, den Farbton der Papiere ändert, so gibt es ein schnell und leicht auszuführendes Mittel an die Hand, um die Neigung der Papiere zum Vergilben zu erkennen.

Auf dieselbe Weise prüfte Schoeller die selbst hergestellten Papiere, in allen Stufen der Verarbeitung, zur allgemeinen Orientierung über den Sitz der Vergilbungsursache; er fand sie in der Chlorbleiche und besonders in der Harzleimung. Frisch gebleichter und leicht gewaschener Papierstoff ist beständig, nicht ausgewaschener und gelagerter Stoff neigt zum Vergilben. Harzleim zeigte sich in allen Fällen als wesentlicher Faktor der Vergilbung. Wurde der Leim durch Ätheralkohol aus den vergilbten Proben ausgezogen, so wurden auch die Vergilbungskörper mit entfernt und die Papiere erhielten ihre ursprüngliche Farbe mehr oder weniger wieder, ein Beweis, daß der Harzleim ein Vergilbungsträger ist. Enthält ein Papier harzsaures Eisen, einen sehr lichtempfindlichen Körper, in größeren Mengen, so kann dieser mit zur Vergilbung beitragen; meist enthält das Papier aber nur geringere Mengen dieser Eisenverbindung als zur Entstehung deutlicher Vergilbung erforderlich ist. Trotzdem empfiehlt Schoeller möglichst eisenfreien Alaun zu verwenden, um die Bildung von harzsaurem Eisen auf das möglichst geringste Maß zu beschränken.

Bei den weiteren Versuchen zeigte sich, daß die Eigenvergilbung des Harzes kein Oxydationsprozeß ist, denn die Vergilbung ist auch in einer Stickstoffatmosphäre zu beobachten.

Als brauchbares Mittel, die Eigenvergilbung des Harzes zu verhindern, erwies sich die Oxydation mit Chlor (Eintragen von in salzsäurehaltigem Wasser fein suspendiertem Harz in genügend starke Chlorkalklösung). Ungeleimte gebleichte Stoffe vergilben durch die Einwirkung von unterchloriger Säure, die Zellulose stark oxydiert.

Am Schluß seiner interessanten und wertvollen Ausführungen empfiehlt Schoeller, zur Herstellung eines fast unvergilbbaren Papiers Lumpen ohne Zusatz von Zellstoffen zu verarbeiten; die Lumpen können ziemlich stark gebleicht werden, dürfen aber nicht lange in der Bleichflüssigkeit gelagert haben. Geleimt wird mit chloriertem Harz oder Stearinleim, als Fällungsmittel dient möglichst eisenarmes Aluminiumsulfat.

Gleichzeitig mit Schoeller hat sich Zschokke¹⁾ mit Untersuchungen über das Vergilben von Papier beschäftigt und ist hierbei im großen und ganzen zu denselben Schlüssen gekommen wie dieser. Auch Zschokke erblickt in dem Harzleim den Haupterreger der Vergilbung bei holzfreien Papieren, und zwar handelt es sich hierbei um

¹⁾ W.B. 1913, S. 2976.

eine chemische Veränderung des Harzes. Auch er empfiehlt zur Beurteilung der Vergilbungsneigung holzfreier Papiere als beschleunigtes Verfahren den Erhitzungsversuch; er gibt in kurzer Zeit Aufschluß darüber, ob ein Papier zum Vergilben neigt oder nicht. Einen Maßstab über den Grad der Vergilbungsneigung liefert der Versuch indessen nicht.

Saugfähigkeit von Löschpapier.

Diejenige Eigenschaft der Löschpapiere, auf die es bei Beurteilung ihrer Brauchbarkeit in erster Linie ankommt, ist die Saugfähigkeit, also die Fähigkeit, Flüssigkeiten, insbesondere Tinte, aufzusaugen. Als

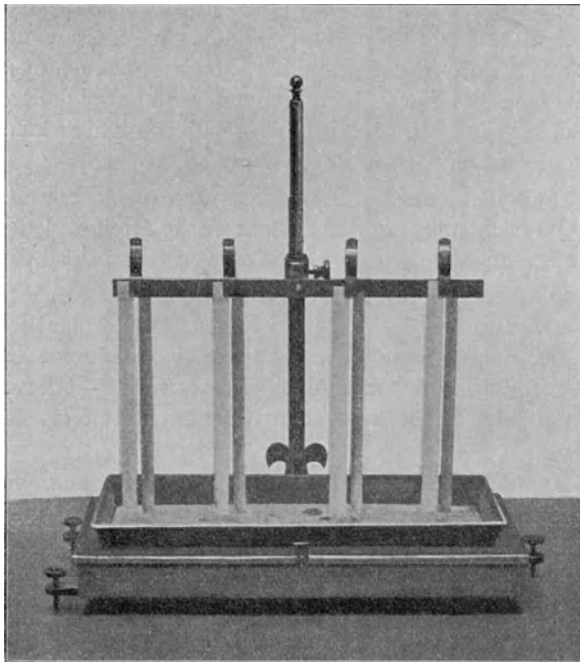


Fig. 89. Löschpapierprüfer nach Dr. Klemm.

Maß für diese Eigenschaft hat man fast allgemein die Höhe angenommen, bis zu welcher Wasser in zehn Minuten in dem senkrecht aufgehängten und in Wasser tauchenden Papier aufsteigt.

Zur Bestimmung der Saugfähigkeit bedient man sich zweckmäßig eines von Dr. Klemm vorgeschlagenen Apparates, dessen Bau aus Fig. 89 zu ersehen ist.

An dem in senkrechter Richtung verschiebbaren und in jeder Lage durch eine Schraube festzulegenden Querbalken befinden sich vier Maßstäbe mit Millimeterteilung und daneben vier Klemmen zum Festhalten des zu prüfenden Papiers. In dem unteren Teil des Gestelles befindet sich eine Schale aus Zinkblech, in die so viel Wasser gegossen wird, daß die Maßstäbe beim tiefsten Stand des Querbalkens die Oberfläche eben berühren.

Zum Versuch entnimmt man Streifen von etwa 15 mm Breite (die Breite der Streifen ist ohne Einfluß auf das Ergebnis) und 180 mm Länge, je 5 aus der Längs- und Querrichtung. Diese bringt man bei hochgehobenem Querbalken in die Klemme, wie es Fig. 89 zeigt, so daß sie neben den Maßstäben, und von diesen 1—2 mm entfernt, herunterhängen. Die untere Kante der Streifen muß die Maßstäbe um 5—10 mm überragen. Bringt man nun den Querbalken in seine tiefste Lage, so tauchen sämtliche Streifen in Wasser, und letzteres steigt im Papier auf, zuerst schneller, dann immer langsamer. Die Schnelligkeit des Aufsteigens hängt von der Saugfähigkeit des Papiers ab. Als Maß für die Beurteilung hat sich die Saughöhe nach zehn Minuten allgemein eingebürgert.

Da die Saughöhe in der Längsrichtung meist etwas größer ist als in der Querrichtung, so prüft man fünf Streifen jeder Richtung und bildet aus den abgelesenen zehn Werten das Mittel.

Die Saughöhen der im Handel vorkommenden Löschpapiere sind sehr verschieden; die schlechtesten, wie man sie namentlich in Schulheften vorfindet, zeigen Saughöhen herunter bis zu 15 mm. Bei mittlerer Handelsware findet man Saughöhen von etwa 40—60 mm, bei den besten Erzeugnissen solche von über 100 mm herauf bis 150 mm und mehr.

Bei 205 aus dem Handel aufgekauften und auf Saughöhe geprüften Löschpapieren ergaben sich die nachstehend in Gruppen geordneten Werte.

	Saughöhe nach 10 Minuten in mm															
	0—10	11—20	21—30	31—40	41—50	51—60	61—70	71—80	81—90	91—100	101—110	111—120	121—130	131—140	141—150	151—160
Anzahl der Papiere	—	4	27	47	15	17	18	29	15	15	18	3	1	2	2	1
Prozent (rund) . .	—	2	13	22	7	8	8	14	7	7	8	1	0,5	1	1	0,5

Dr. Klemm¹⁾ hat für die Abstufung der Löschpapiere nach ihrer Saughöhe folgende Einteilung in Vorschlag gebracht, die sich nach jahrelangen Erfahrungen als zweckmäßig erwiesen und demgemäß eingebürgert hat.

Stufe 0:	weniger als 20 mm Saughöhe . . .	ungenügend
„ 1:	20—40 mm	schwach
„ 2:	41—60 „	mittel
„ 3:	61—90 „	groß
„ 4:	91—120 „	sehr groß
„ 5:	mehr als 120 mm	außerordentlich groß.

Man kann darüber streiten, ob es zweckmäßig war, die Saughöhe nach zehn Minuten als Maß zu wählen, da ja bei der Benutzung von Löschpapier zum Abdrücken von Tintenschrift für das Aufsaugen nur eine ganz kurze, Bruchteile einer Sekunde betragende Zeit in Frage kommt²⁾; mit dieser geringen Zeit könnte man natürlich bei den Versuchen nicht rechnen, weil dann die Ablesungen zu ungenau würden; selbst bei einer Versuchszeit von mehreren Sekunden würde die Ablesung noch mit erheblichen Fehlern behaftet sein. Da sich aber, wie gesagt, die Saughöhe nach zehn Minuten allgemein eingeführt und die Beurteilung hiernach gut bewährt hat, so liegt zurzeit kein schwerwiegender Grund vor, die Prüfung durch wesentliches Heruntergehen in der Zeit zu erschweren. Die Erfahrung hat aber doch schon gezeigt, daß nicht bei allen Löschpapieren, die nach zehn Minuten annähernd gleiche Werte liefern, auch in den ersten Sekunden das Wasser gleich schnell aufsteigt; es zeigen sich zuweilen beim ersten Eindringen des Wassers deutliche Unterschiede, die sich dann später wieder ausgleichen.

Ein zweiter Vorschlag zur Bestimmung des Saugvermögens von Löschpapier rührt von Favier³⁾ her. Nach diesem wird die Wasseraufnahmefähigkeit von der Fläche aus bestimmt. Es kann keinem Zweifel unterliegen, daß ein Verfahren, nach dem man die Saugfähigkeit von Papier von der Fläche aus einwandfrei bestimmen könnte, vor dem jetzt üblichen den Vorzug verdiente, weil es der praktischen Verwendung des Papiers näher käme und die Benetzbarkeit der Oberfläche mit zum Ausdruck brächte. Dem Papier wird nach Faviers Vorschlag unter Benutzung eines Mariotteschen Gefäßes Wasser unter stets gleichem Druck (5 mm Wassersäule) zugeführt, bis eine Fläche von 1 qdm durchdrungen ist. Die Sauggeschwindigkeit (S) wird dann berechnet nach der Formel

$$S = \frac{M}{Z}$$

¹⁾ Handbuch der Papierkunde 1910, S. 319.

²⁾ Auf diesen Umstand ist schon in der P.Z. Nr. 73 vom Jahre 1904 von einem ungenannten Verfasser eingehend hingewiesen.

³⁾ La Papétrie 1894.

M = Menge des von 1 qdm aufgenommenen Wassers, abgelesen an der Mariotteschen Röhre, Z = Zeit des Durchdringens von 1 qdm Papier.

Das Verfahren hat in dieser Form so viel Mängel, daß es als ungeeignet für den vorgeschlagenen Zweck bezeichnet werden muß¹⁾.

Ein zweiter Vorschlag zur Prüfung der Saugfähigkeit von Löschpapier von der Fläche aus, bei dem insbesondere Rücksicht auf die Benetzbarkeit genommen ist, rührt von Dr. Fromm her²⁾; er stanzt aus fünf aufeinanderliegenden Bogen kreisförmige Stücke, legt die fünf infolge des Stanzrandes noch zusammenhängenden Blätter auf Wasser und bestimmt die Zeit, die bis zum völligen Durchtränken des obersten Blattes nötig ist. (Mit einem einzigen Blatt läßt sich dieser Versuch wegen der dann sehr kurzen Durchtränkungszeit nicht ausführen.)

Auch das Frommsche Verfahren erscheint nicht einwandfrei. Einmal können die äußeren Bedingungen während des Versuches nicht immer die gleichen sein; die fünf Blätter (bei guten Löschpapieren werden es wegen des starken Saugvermögens erheblich mehr sein müssen, da sonst die Durchdringungszeit zu klein ist) werden teils mehr, teils weniger fest aufeinander liegen und somit die zwischenliegenden Luftschichten geringer oder größer sein. Hierdurch muß notwendigerweise das Aufsteigen des Wassers in dem Papierballen beeinflusst werden.

Ferner ist die Dicke des Papiers von Einfluß; je dicker das Blatt, um so größer die Durchtränkungszeit. Papiere aus demselben Stoff von verschiedener Schwere würden also verschiedene Werte ergeben, obwohl ihr Aufsaugvermögen, gemessen durch die Saughöhe, dasselbe ist. Allerdings könnte man diesem Übelstande durch wechselnde Anzahl der Blätter bis zu einem gewissen Grade begegnen.

Zur Beurteilung des Saugvermögens von Löschpapier wird man sich daher bis zur Auffindung eines anderen Verfahrens nach wie vor der Saughöhe bedienen müssen. Ein Bild von der Benetzbarkeit des Papiers kann man sich mangels besserer Verfahren dadurch verschaffen, daß man Tintenstriche von bestimmter Dicke und möglichst gleichem Tintengehalt mit dem auf einen Löscher gespannten Papier schnell abdrückt und feststellt, ob und bis zu welchem Grade die Tinte ausgequetscht wird.

Einen neuen Vorschlag zur Beurteilung der Löschfähigkeit von Papier, der die Saughöhenbestimmung ergänzen soll, haben Beadle und Stevens³⁾ gemacht. Er bezweckt, festzustellen, wie sich Löschpapier bei wiederholtem Ablöschen von Tinte verhält. Nach jedesmaligem Ablöschen nimmt das Papier etwas von den festen Bestand-

¹⁾ Eingehend sind diese Mängel in den Mitt. 1896, S. 49—50 besprochen.

²⁾ W.B. 1909, S. 4172.

³⁾ Paper and Pulp 1904, P.Z. 1904, Nr. 104, W.B. 1905, Nr. 3.

teilen der Tinte auf, die getroffenen Stellen werden bei weiterem Ablöschen weniger saugen als vorher, und allmählich wird es so weit kommen, daß die Schrift ausgedrückt wird. Für dieses Verhalten des Papiers bei wiederholtem Ablöschen ein Maß zu geben, bezweckt das Verfahren der erwähnten Forscher, die durch folgende Beobachtung zu ihrem Vorschlag gekommen sind.

Läßt man auf Löschpapier einen Tintenklecks eintrocknen und zieht dann quer über den Rand weg Tintenstriche, so wird die Tinte des Striches in der Mitte des Kleckses noch gut aufgesaugt, am Rande

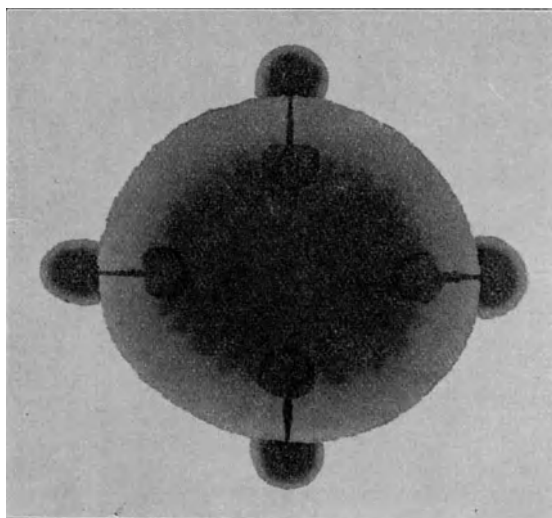


Fig. 90. Randzone bei Tintenklecksen.

des Kleckses aber nicht mehr (Fig. 90). In einer gewissen Randzone also, die bei verschiedenen Papieren verschieden groß ist, hat das Papier die Fähigkeit, Tinte aufzusaugen, verloren. Je breiter diese Randzone ist, um so weniger wird das Papier für wiederholtes Ablöschen geeignet sein. Als Maß schlagen Beadle und Stevens die Breite dieser nicht löschenden Randzone bei einem Kleckse vor, der durch Aufbringen von 1 ccm Tinte auf das Löschpapier erzeugt worden ist; ausgedrückt wird die Zonenbreite in Prozenten bezogen auf den Durchmesser des Kleckses. Bei ihren Versuchen ermittelten die genannten Forscher bei Klecksdurchmessern von 76—90 mm nicht löschende Randzonen von 1,7 bis 10%¹⁾.

¹⁾ Bei den gleich noch zu besprechenden im Materialprüfungsamt ausgeführten Prüfungen ergaben sich Klecksdurchmesser von 58—120 mm und Randzonen von 1—23%.

Nach der Größe der Randzone beurteilt, wären also die Löschpapiere mit kleiner Zone am längsten gebrauchsfähig, die mit großer Randzone weniger. Nun hat sich aber bei vergleichenden Versuchen im Materialprüfungsamt gezeigt, daß man vielfach bei besonders saugfähigen Papieren große und bei schlecht saugenden Papieren kleine Randzonen beobachtet, wie nachstehende Tabelle zeigt. Die größte Randzone hat das Papier mit der größten Saugfähigkeit (Nr. 1).

Ergebnisse der Prüfung von 14 Löschpapieren auf Saughöhe und Randzone¹⁾.

Laufende Nummer	Quadratmeter- gewicht	Stoffzusammensetzung	Aschengehalt	Mittlere Saughöhe nach 10 Minuten	Alizarintinte (Leonhardi)			Eisengallustinte (Leonhardi)		
					Durchmesser des Kleckses	Breite der Randzone		Durchmesser des Kleckses	Breite der Randzone	
						mm	mm		%	mm
g	%	mm	mm	mm	mm	%	mm	mm	%	
1	141	Laubholz Zellstoff, Zusatz Baumwolle	3,0	202	70	16	23	66	13	20
2	175	Laubholz Zellstoff, geringe Mengen Baumwolle	1,3	195	63	7	11	58	8	14
3	178	Laubholz Zellstoff	1,0	189	87	13	15	79	10	13
4	119	Baumwolle, geringe Mengen Leinen	1,0	132	100	7	7	83	6	7
5	113	Baumwolle, geringe Mengen Leinen	0,8	121	94	8	8	97	10	10
6	142	Baumwolle, Laubholz- zellstoff	3,0	90	105	15	14	88	11	13
7	137	Holz Zellstoff (Nadelholz)	0,8	89	92	12	13	94	10	11
8	58	Baumwolle, Leinen	0,8	85	104	6	6	110	11	10
9	78	Baumwolle	2,8	68	114	1	1	114	11	10
10	67	Baumwolle, Leinen	0,8	59	120	12	10	99	12	12
11	143	Laub- und ger. Mengen Nadelholz Zellstoff	0,5	52	94	12	12	91	12	13
12	64	Baumwolle, Zusatz Leinen	3,0	44	118	1	1	113	11	10
13	86	Baumwolle, ger. Mengen Leinen	12,8	34	107	1	1	103	10	10
14	157	Baumwolle, ger. Mengen Leinen	1,0	31	90	11	12	83	11	13

Man würde also nach der Randzone die Löschpapiere meist in umgekehrter Reihenfolge wie jetzt bewerten; die mit hoher Saughöhe würden vielfach die schlechteren sein, die mit geringerer Saughöhe die besseren. Es fragt sich nun, welche Bewertung ist die richtige? Zweifels- ohne die nach der Saughöhe, denn in erster Linie kommt es darauf

¹⁾ Ausgeführt im Materialprüfungsamt. Alle Werte auf Ganze abgerundet.

an, daß die Tinte schnell und vollkommen vom Löschpapier aufgenommen wird, und das geschieht um so mehr, je größer die Saughöhe ist. Die Frage der Benutzungsdauer des Papiers, die praktisch gewiß auch von Bedeutung ist, kommt erst in zweiter Linie.

Wie die Tabelle zeigt und wie auch von vornherein zu erwarten war, geben verschiedene Tinten bei demselben Papier verschieden große Randzonen, und die Unterschiede sind teilweise (vgl. Nr. 9, 12, 13) recht erheblich.

Bei vier verschiedenen in einer Berliner Papierhandlung aufgekauften Tinten ergaben sich bei Verwendung desselben guten Löschpapiers (Saughöhe 115 mm) folgende Werte.

Eisengallustinte	9%	Randzone
Reichstinte	10	„ „
Hohenzollerntinte	20	„ „
Pelikantinte	20	„ „

Man müßte also, um zu vergleichbaren Werten zu gelangen, stets mit einer Tinte von bestimmter Zusammensetzung prüfen.

Das Beadle-Stevenssche Verfahren kann somit zweckmäßig nur in der Weise zur Anwendung gelangen, daß man bei einem gegebenen Löschpapier, das in bezug auf Saughöhe den zu stellenden Ansprüchen genügt, eine Tintensorte auswählt, die eine möglichst kleine Randzone liefert.

Als Ursache der Entstehung der nicht löschenden Randzone haben Beadle und Stevens in erster Linie die im Papier vorhandenen Kalksalze angegeben.

Diese Ansicht dürfte nicht zutreffen, denn dann müßten unsere besten Löschpapiere, beurteilt nach der Saughöhe, auch den größten Kalkgehalt aufweisen, eine Annahme, die man wohl auch ohne Analyse als nicht richtig ansprechen kann. Der Anschauung steht auch verschiedenes Beobachtungsmaterial entgegen, das in den Mitt. veröffentlicht ist¹⁾ und aus dem kurz folgendes wiedergegeben sein mag.

1. Bei sieben Löschpapieren, die je mit zwei Tintensorten geprüft wurden, ergaben sich teils übereinstimmende, teils außerordentlich voneinander abweichende Werte für die Randzone. Die Zusammensetzung der Tinte ist also von großem Einfluß.
2. Filtrierpapier, mit Flußsäure gewaschen, also frei von Kalk und anderen basischen Verbindungen, erlitt durch Aufbringen von Tinte ebenfalls teilweise Einbuße an Saugfähigkeit.

Der Gehalt an basischen Stoffen allein kann somit die Größe der nicht saugenden Randzone nicht bedingen. Vermutlich wird die Größe derselben in erster Linie von der Menge der in der Tinte befind-

¹⁾ Mitt. 1909, S. 46.

lichen festen Bestandteile abhängen. Hierdurch allein werden aber die aus der Tabelle hervorgehenden auffallenden Erscheinungen (die Randzone ist nicht durchweg bei einer Tinte größer als bei anderen, die Unterschiede sind verschieden groß) noch nicht erklärt. Es muß weiteren Forschungen vorbehalten bleiben, hier Klarheit zu schaffen.

Abgesehen von äußeren Eigenschaften, hat man bisher an Löschpapiere andere Anforderungen als solche auf Saugfähigkeit nicht gestellt; man hat z. B. weder besonderen Wert auf ein Mindestmaß an Festigkeit, noch auf bestimmte Stoffzusammensetzung o. a. gelegt, und so ist es denn gekommen, daß bei dem Bestreben, immer bessere Löschpapiere zu machen, nur die Erlangung möglichst großer Saughöhen das Ziel war. In dieser Hinsicht sind denn auch in den letzten Jahren recht hübsche Erfolge erzielt worden. Bei den im Materialprüfungsamt zur Prüfung vorgelegten Proben haben die höchsten Werte

	ein österreichisches Erzeugnis mit 189 mm Saughöhe,		
„	deutsches	„	„ 199 „
„	„	„	„ 202 „

erreicht.

Dies sind gewiß Leistungen, denen man seine Anerkennung nicht versagen kann, aber es hat sich auch gezeigt, daß die praktische Verwendbarkeit derartiger Papiere für gewöhnliche Löschzwecke wegen ihrer überaus geringen Festigkeit und des losen Zusammenhanges des Fasermaterials sehr begrenzt ist.

Von einem brauchbaren Löschblatt muß man außer guter Saugfähigkeit auch gewisse Festigkeit verlangen, damit man die gute Löschfähigkeit praktisch ausnutzen kann; es darf daher nicht übermäßig leicht einreißen und abbrechen und muß ferner so viel Zusammenhang besitzen, daß es nicht abfasert.

Praktische Versuche mit den drei oben erwähnten Papieren haben gezeigt, daß sie diesen Ansprüchen nicht genügen. Ihre Festigkeit ist so gering, daß die Blätter schon nach kurzem Gebrauch einreißen und zerbrechen. Das Papierblatt, auf dem mit diesen Blättern abgelöscht wird, zeigt nach dem Abdrücken der Schrift vielfach Fasern, die dann beim Weiterschreiben die Feder verschmutzen.

Diese unangenehmen Erscheinungen sind die Folge des Arbeitens nach so hohen Saughöhen und sie zeigen, daß es notwendig ist, sich in dieser Hinsicht Beschränkungen aufzuerlegen. Nicht die ausschließliche Steigerung der Saughöhe, unbekümmert um andere für den praktischen Gebrauch wichtige Eigenschaften, muß das Ziel der Löschpapierfabrikation sein, sondern bei hoher, allen berechtigten Anforderungen entsprechender Saughöhe, die Erzielung genügend hoher Festigkeit des Blattes und möglichst innigen Zusammenhanges der Fasern. Daß diese Eigenschaften sich in ausreichendem Maße gleichzeitig erreichen lassen, wird später an einem Beispiel gezeigt werden.

Im allgemeinen wird bei den heutigen Erzeugnissen der Löschpapierindustrie mit zunehmender Saughöhe die Festigkeit abnehmen. Nachstehende Werte, die bei der Prüfung von 12 Löschpapieren auf Festigkeit und Saughöhe im Materialprüfungsamt ermittelt wurden, geben Beispiele hierfür.

Ergebnisse der Prüfung von 12 Löschpapieren auf Festigkeit und Saughöhe.

Laufende Nummer	Mittlere		Saughöhe nach 10 Minuten mm
	Reißlänge m	Dehnung %	
1	275	1,1	199
2	300	1,2	202
3	325	0,5	189
4	525	0,7	132
5	550	1,0	131
6	625	1,2	85
7	725	0,6	52
8	825	0,6	68
9	1025	1,7	59
10	1350	0,9	44
11	1825	1,1	34
12	2250	2,2	89

Die Werte zeigen zunächst, daß bei der Mehrzahl der untersuchten Papiere die Saughöhe mit zunehmender Festigkeit abnimmt; sie zeigen ferner, daß sich das Papier Nr. 12 dem Verhalten der übrigen nicht anpaßt; bei einer Saughöhe von 89 mm hätte man nach der Ausgleichlinie die Reißlänge von etwa 700 m erwarten sollen; statt dessen zeigt es eine solche von 2250 m.

Das Papier machte den Eindruck eines kernigen, griffigen Packpapiers. Im praktischen Gebrauch hat es sich sehr gut bewährt; es nahm die Tinte leicht auf, und auch nach langer Verwendung, als es von beiden Seiten schon so oft benutzt war, daß nur noch wenig unbenutzte Stellen vorhanden waren, zeigte es keine Risse und Brüche und faserte nicht ab.

Es unterliegt nach den ausgeführten Versuchen keinem Zweifel, daß dieses Papier im praktischen Gebrauch, namentlich in Form von losen Blättern (für Schulhefte, Geschäftsbücher usw.), die Papiere mit der Saughöhe von rund 200 mm bei weitem übertrifft, und vielleicht veranlaßt dieses Beispiel unsere Löschpapierfabrikanten, ihr Augenmerk außer auf die Saughöhe auch auf die Festigkeit des Löschpapiers zu richten; bei genügender Festigkeit wird dann auch das Abfasern des Blattes von selbst verschwinden.

Bei Erzeugnissen, die nur für gewöhnliche Löschzwecke bestimmt sind, könnte man sich für die besten Sorten wohl mit 100 mm Saughöhe begnügen und dann das Streben nach weiteren Verbesserungen anderen Eigenschaften, insbesondere der Festigkeit, zuwenden. Man wird dann ein Material von erheblich größerer Lebensdauer erhalten als es die jetzigen Proben mit sehr großer Saughöhe, aber sehr geringer Festigkeit darstellen.

In Verbraucherkreisen zeigt sich vielfach eine besondere Vorliebe für ausländische, namentlich englische Löschpapiere, die sachlich nicht begründet ist. Zahlreiche Versuche¹⁾ haben gezeigt, daß man nicht nach ausländischen Erzeugnissen zu greifen braucht, um einer großen Löschfähigkeit sicher zu sein; es gibt zur Genüge deutsche Fabrikate, die den höchsten in dieser Hinsicht zu stellenden Anforderungen genügen.

Filtrierpapier.

Bei der Beurteilung von Filtrierpapier spielt die Geschwindigkeit, mit der Flüssigkeiten durchlaufen, eine hervorragende Rolle; unter sonst gleichen Umständen wird ein Papier um so wertvoller sein, je schneller das Durchlaufen erfolgt. Diese Eigenschaft des Filtrierpapiers kann man zahlenmäßig zum Ausdruck bringen, indem man die Zeit bestimmt, die eine bestimmte Menge Wasser braucht, um unter einem bestimmten Druck durch eine bestimmte Papierfläche hindurchzulaufen. Meist geht man so zu Werke, daß man Filter von bestimmter Größe in Trichter von bestimmtem Winkel legt und eine bestimmte Wassermenge auf das Filter bringt. Bei diesem Vorgehen sind aber die Versuchsbedingungen nicht immer gleich; die wirkende Fläche des Filters ist nicht immer gleich groß, der Wasserdruck schwankt, und außerdem kann das Ergebnis durch Nebenumstände (z. B. Saugwirkungen) beeinflußt werden.

Bei dem nachstehenden unter Zugrundelegung des Mariotteschen Prinzips gebauten Apparat (Fig. 91) sind diese Fehlerquellen vermieden.

Ein oben und unten offenes Glasrohr *G* ist unten in eine Messinghülse *M* eingekittet. Oben ist eine mit zwei Bohrungen versehene Messingkappe *N* luftdicht aufgebracht; durch die eine Öffnung geht ein Trichterrohr *T*, durch die andere ein mit einem Hahn *H* versehenes Glasrohr.

¹⁾ Mitt. 1896, S. 46.

Das so durch das Glasrohr *G* gebildete Gefäß steht durch das mit einem Dreiwegehahn *D* versehene Rohr *R* mit dem aus Messing gefertigten Filtrierzylinder *F* in Verbindung; der obere, abnehmbare und mit der Ablaufrinne *A* versehene Teil *E* des Zylinders kann durch Schrauben mit dem unteren Teil verbunden werden. Zwischen *F* und *E* wird das zu prüfende Papier eingelegt; das aus *E* und durch die Ablaufrinne *A* ablaufende Wasser wird in dem Kolben *K* aufgefangen und gemessen.

Aus dem zu prüfenden Papier werden zunächst kreisrunde Stücke von etwa 5 cm Durchmesser, wenn möglich je eins aus zehn verschiedenen Bogen, entnommen. Man entfernt dann *E* von *F*, stellt *D* so, daß durch *R* kein Wasser abfließen kann, öffnet *H* und gießt durch *T* destilliertes, vor dem Gebrauch stark ausgekochtes Wasser von etwa 20° C in *G*; nach beendigter Füllung wird *H* wieder geschlossen.

Dann wird *D* so gestellt, daß langsam Wasser in den unteren Teil des Filtrierzylinders tritt; ist dieser gefüllt, und zwar so weit, daß die Wasserkuppe über dem oberen Rand von *F* hervorragt, so stellt man den Wasserzufluß bei *D* ab und legt eins der zehn Blätter auf den abgeflachten Rand von *F*; hierauf wird *E* aufgesetzt, fest auf *F* geschraubt und dann durch Drehen von *D* die Verbindung von *G* mit *F* wieder hergestellt. Das Wasser dringt nun durch das Papier, füllt *E* und läuft durch *A* in den Kolben *K*. Man kann dann bestimmen, innerhalb welcher Zeit eine bestimmte Menge Wasser (z. B. 100 ccm) durch das Papier hindurchgeht.

Der Druck, unter dem das Ausfließen erfolgt, wird bedingt durch die Entfernung der unteren Öffnung des Trichters *T* von dem Wasserspiegel in *E*; durch Verschieben von *T* kann man also den Druck beliebig einstellen.

Im Materialprüfungsamt wird stets mit einer Druckhöhe von 50 mm gearbeitet; die Abmessungen des Filtrierzylinders sind so gewählt, daß bei dem Filtrierpapier eine wirksame Fläche von 10 qcm abgegrenzt wird. Die Durchlaufzeit von 100 ccm wird in Sekunden bestimmt; als Endergebnis wird diejenige Wassermenge angegeben, die in einer Minute bei einem Wasserdruck von 50 mm und einer Wasserwärme von 20° C durch 100 qcm Papier läuft.

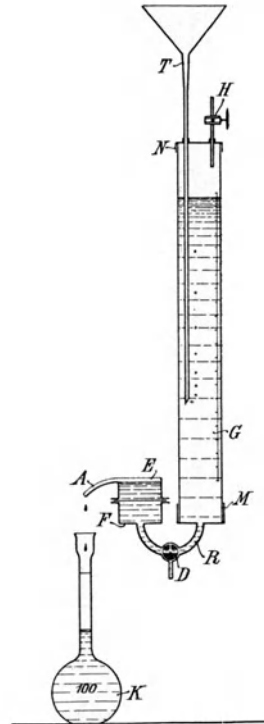


Fig. 91. Herzbergs Filtrierpapierprüfer.

Mit Hilfe des Filtrierapparates kann man auch die Festigkeit des Filtrierpapiers im nassen Zustande feststellen, indem man durch Höherziehen des Trichterrohres *T* den Wasserdruck so lange steigert, bis das eingespannte Papier durchreißt.

Um einen Überblick über die Filtriergeschwindigkeit der im Handel vorkommenden Filtrierpapiersorten für analytische Zwecke zu gewinnen, wurden 30 verschiedene Proben aufgekauft und in geschilderter Weise geprüft. Die in der Minute durchgelaufene Wassermenge schwankte von 23—760 ccm; die Verteilung innerhalb dieser Grenzen zeigt die nachfolgende Zusammenstellung.

0—100 ccm	101—200 ccm	201—300 ccm	301—400 ccm	401—500 ccm	501—600 ccm	601—700 ccm	701—800 ccm
4 Papiere	3 Papiere	7 Papiere	4 Papiere	3 Papiere	3 Papiere	4 Papiere	2 Papiere

Eine zweite wichtige Eigenschaft der Filtrierpapiere ist ihre Scheidungsfähigkeit; man versteht hierunter die Fähigkeit, feste, in Flüssigkeiten schwebende Körper, wie Niederschläge usw., beim Filtrieren mehr oder weniger vollkommen zurückzuhalten. Um sich in dieser Hinsicht ein Bild von der Brauchbarkeit eines Filtrierpapiers für chemische Arbeiten zu verschaffen, prüft man es zweckmäßig mit einem Bariumsulfatniederschlag in folgender Weise.

Gleiche Teile einer Bariumchloridlösung (122 g Salz in 1 Liter Wasser) und Kaliumsulfatlösung (87 g Salz in 1 Liter Wasser) werden einmal heiß und einmal kalt miteinander vermischt. Die heiße Fällung wird heiß, die kalte in kaltem Zustande filtriert. Aus dem zu prüfenden Papier wird ein Rundfilter von etwa 10 cm Durchmesser geschnitten, in gewöhnlicher Weise in den Trichter glatt eingelegt und mit Wasser angefeuchtet.

Papiere mit hervorragender Scheidungsfähigkeit ergeben selbst bei kalt gefälltem und kalt filtriertem Bariumsulfat klare Filtrate; andere lassen bei kalter Fällung die Flüssigkeit trübe durchlaufen, liefern aber bei heiß gefälltem und heiß filtriertem Niederschlag eine klare Lösung; noch andere zeigen in beiden Fällen trübe durchlaufende Flüssigkeiten.

Zu achten ist bei den Versuchen auf möglichst gleichmäßige Behandlung der Bariumniederschläge; durch starkes Schütteln z. B. kann sich der Niederschlag so verändern, daß er weniger stark durch das Filter geht als vorher.

Handelt es sich um Filtrierpapiere für gewerbliche Zwecke oder um solche des Haushaltes, so wird man naturgemäß bei der Prüfung den Verwendungszweck berücksichtigen und nicht etwa die Brauchbarkeit eines Kaffeefiltrierpapiers nach seinem Verhalten zu einer Bariumsulfatfällung beurteilen.

Die Prüfung eines Filtrierpapiers auf Fettstoffe und Eisen geschieht in bekannter Weise durch Ausziehen mit Äther, bzw. durch Behandeln mit Kaliumeisencyanür (oder Untersuchung der Asche). Über die Art des zur Herstellung verwendeten Rohmaterials gibt die mikroskopische Untersuchung, über den Gehalt an unverbrennlichen Bestandteilen die Veraschung des Papiers Aufschluß.

Lichtdurchlässigkeit.

Für die Bestimmung der Lichtdurchlässigkeit (Transparenz) von Papier, deren Kenntnis von besonderem Wert ist bei Druckpapieren und solchen Papieren, bei denen es entweder auf besonders hohe (Pergamynpapiere) oder auf besonders geringe (Briefumschlagpapiere) Lichtdurchlässigkeit ankommt, hat Dr. Klemm einen Apparat empfohlen¹⁾, der in Fig. 92 abgebildet ist.

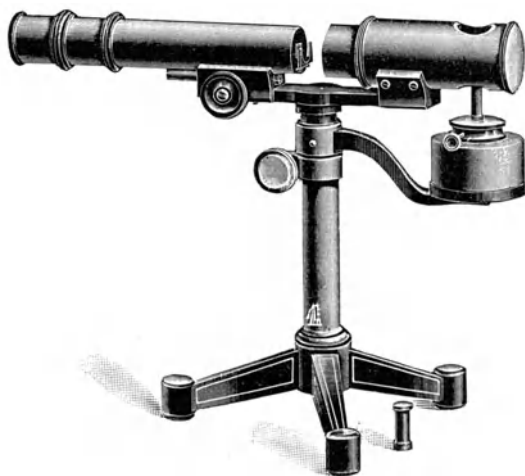


Fig. 92. Klemms Lichtdurchlässigkeitsprüfer.

Klemm ging bei der Ausarbeitung seines Verfahrens von der Erwägung aus, daß es möglich sein müßte, das Durchsicheren eines Papiers zahlenmäßig zum Ausdruck zu bringen, wenn es gelänge festzustellen, wie dick oder wie schwer ein gegebenes Papier sein müßte, damit Licht von bestimmter Stärke nicht mehr hindurchdringt. Dies gelingt mit

¹⁾ W.B. 1903, S. 2108 und Klemms Papierkunde 1910, S. 322.

seinem Apparat. Er besteht im wesentlichen aus einem Beobachtungsrohr und einem Beleuchtungsrohr, zwischen denen die Vorrichtung zur Aufnahme der Versuchsblättchen liegt. Als Lichtquelle dient eine Hefner-Alteneck-Amylazetatlampe von einer Normkerzenstärke. Man legt nach und nach so viel Papierblättchen in die hierfür bestimmte Vorrichtung, daß das Licht der Lampe nicht mehr durchscheint.

Die Ausführung des Versuches geschieht nach Klemm in folgender Weise.

Nach dem Anzünden der Lampe ist die Flammenhöhe auf 4 cm zu regeln. Dies geschieht durch Visieren gegen die Kanten des Ausschnittes an dem Beleuchtungsrohr. Wenn die Spitze der Flamme eben mit den beim Visieren sich deckenden Kanten abschneidet, ist die richtige Flammenhöhe, die man von Zeit zu Zeit kontrollieren muß, erreicht. Zehn Minuten nach dem Einstellen der Flamme beginnt man mit dem Versuch.

Man zieht das Beobachtungsrohr mittels Zahn und Trieb zurück, so daß die aus zwei Haken bestehende Einlegevorrichtung an der von einem Fenster durchbrochenen, dem Licht zugekehrten Endplatte frei liegt; darauf legt man nach und nach Abschnitte des zu prüfenden Papiers so lange ein, bis die Grenze der Lichtdurchlässigkeit erreicht ist.

Der Bruch mit dem Zähler 1 und der Anzahl der Blättchen als Nenner gibt den absoluten Durchlässigkeitswert an, nämlich denjenigen Teil des Lichtes, den ein einzelnes Blatt abblendet.

Zur Berechnung des relativen Durchlässigkeitswertes, den man auf das Quadratmetergewicht oder die Dicke beziehen kann, multipliziert man die bis zur Lichtundurchlässigkeit erforderliche Blattzahl mit dem Quadratmetergewicht (g) oder mit der Dicke (mm). Man erfährt dann, welches Quadratmetergewicht oder welche Dicke das Papier haben müßte, um für Licht von einer Kerzenstärke undurchlässig zu sein.

Bei sehr dünnen und lichtdurchlässigen Papieren kann nach den bisher vorliegenden Beobachtungen der absolute Lichtdurchlässigkeitswert bis auf $\frac{1}{66}$ herabgehen. Der Spielraum für die relativen Werte liegt, soweit bisher beobachtet, zwischen rund 300—2300 g Quadratmetergewicht.

Zu bemerken ist noch, daß das Durchscheinen des Druckes bei bedruckten Papieren und der Schrift bei Schreibpapieren nicht allein von der Lichtdurchlässigkeit, sondern auch noch von dem Widerstand abhängt, den das Papier dem Eindringen der Druckfarbe und Tinte entgegensetzt¹⁾.

¹⁾ Klemm, Das Durchschimmern des Druckes. Klimschs Jahrbuch 1903, S. 199.

Ein weiterer Vorschlag zur Bestimmung der Lichtdurchlässigkeit von Papier rührt von Dr. Werner Schmidt her¹⁾. Er unterscheidet:

1. Lichtdurchlässigkeit (bei senkrechter Bestrahlung des Papiers durchgehende Lichtmenge, ausgedrückt in Prozenten).
2. Klarheit (Möglichkeit, unter das Papier gelegte Schrift zu lesen).

1. wird bestimmt mit einer für diese Zwecke besonders hergerichteten optischen Bank, auf der das Papier so zwischen zwei aufeinander abgestimmte Lampen eingestellt wird, daß es auf beiden Seiten gleich hell erscheint; dann ist die Lichtdurchlässigkeit gleich dem Quotienten aus den Quadraten der beiden Lampenabstände vom Schirm.

Schmidt hat einige Papiersorten nach diesem Verfahren geprüft und u. a. erhalten für

Briefumschlagpapier (63 g)	rund	22%	Lichtdurchlässigkeit
„ mit Paraffin be-			
handelt (52 bis			
59 g)	„	25—27	„
„ mit trocknenden			
Ölen behandelt			
(60—70 g)	„	64—70	„
Pergamynpapier (40 g)	„	54—77	„

Diese Werte geben für die Lesbarkeit von Schrift durch die Papiere (Pauspapiere, Fensterbriefe usw.) noch kein richtiges Bild, weil das Licht, von der Schrift reflektiert, das durchsichtige Papier nochmals durchdringen muß; hierfür geben die Quadrate der Werte erst eine Unterlage, für die Schmidt den Begriff der „Lesehelligkeit“ vorschlägt.

Bei gefärbten Papieren entstehen Schwierigkeiten, weil sich dann die verschiedene Helligkeit des Papiers auf den beiden Seiten nicht mehr feststellen läßt. Papiere, die auf hohe Durchsicht gearbeitet sind, werden aber selten stark gefärbt.

Die „Klarheit“ wird wie folgt bestimmt. Auf Schreibpapier zieht man mit schwarzer Tusche zwei parallele 1 mm dicke und 1 mm voneinander entfernte Linien. Zwischen diese und dem zu prüfenden Papier legt man Glasscheiben von stets größerer Dicke, bis man nicht mehr imstande ist, zu erkennen, daß es sich um zwei Linien handelt, sondern beide als eine Linie sieht. Die Dicke der Glasplatte in Millimeter gibt ein Maß für die „Klarheit“ des Papiers. Es ergaben sich für die oben unter 1. erwähnten Papiere in derselben Reihenfolge: 1—2 mm, 1—3 mm, 11—13 mm, 8—10 mm.

Für die Praxis wird die Prüfung mit Hilfe der parallelen Linien, die leicht und schnell auszuführen ist, in den meisten Fällen ausreichen.

¹⁾ P.Z. 1908, S. 1951.

Böhm¹⁾ hält das Schmidtsche Verfahren als wissenschaftliches für das geeignetste. Er selbst hat in gleicher Richtung und mit den gleichen Mitteln gearbeitet wie Schmidt, aber nicht wie dieser nach einer Bewertung stark durchscheinender Papiere (Pergamyn-, Paus- usw. Papiere), sondern nach einer solchen stark undurchlässiger Papiere (Bibeldruck- usw. Papier) gesucht. Schmidt bringt zum Ausdruck die Menge des durchgegangenen Lichtes, Böhm den Lichtverlust; im Grunde genommen ergeben beide Verfahren dasselbe: die Beeinflussung des Lichtdurchganges durch das Papier. Die verschiedenen von Schmidt und Böhm vorgeschlagenen Bewertungsausdrücke haben das für sich, daß in beiden Fällen zunehmende Werte Zunahme der gewünschten Eigenschaft anzeigen, bei Schmidt Zunahme der Durchlässigkeit, bei Böhm Zunahme der Undurchlässigkeit. Im Interesse der Einheitlichkeit und zur Vermeidung von Zweifeln und Mißverständnissen sollte man sich aber für die Beurteilung nach einer Richtung hin entscheiden, und da Dr. Schmidt zuerst den Weg gezeigt und die Menge des durchgegangenen Lichtes als Maßstab vorgeschlagen hat, so sollte man hierbei bleiben, auch bei der Prüfung von Papieren, die wenig Licht durchlassen.

Die mit Hilfe des Photometers für die Undurchlässigkeit von Papier ermittelten Werte (relative Undurchsichtigkeit) werden naturgemäß durch die Dicke des Materials beeinflusst; dicke Papiere geben unter sonst gleichen Umständen höhere Werte als dünnere. Um zu einer Begutachtung des Materials an sich zu kommen, teilt Böhm den relativen Wert durch das Quadratmetergewicht und schafft die „absolute Undurchsichtigkeit“.

Maximowitsch hat zum Messen der Lichtdurchlässigkeit von Papier den Martensschen Apparat zur Bestimmung der Schwärzung photographischer Platten²⁾ umgebaut³⁾. Aus Fig. 93 gehen Bau und Wirkungsweise des Apparates hervor.

Als Lichtquelle dienen zwei fünfkerzige Glühlampen, von denen eine durch eine Milchglasplatte das Papier, die andere das Vergleichsfeld des Photometers erhellt. Als besonderen Vorzug rühmt Maximowitsch dem Apparat nach, daß man selbst noch an Kartons von 1 mm Dicke die Schwächung, die das Licht beim Durchgang durch das Material erfährt, sicher und leicht messen kann. Der Versuch wird wie folgt ausgeführt.

Zuerst wird der Zeiger des Teilkreises K auf 45° eingestellt, das Lampenpaar G_1 und G_2 eingeschaltet und die Milchglasplatte M_2 mittels Triebes solange verschoben, bis die beiden Vergleichsfelder des Photo-

¹⁾ W.B. 1910, S. 4404.

²⁾ Photographische Korrespondenz 1901, S. 528.

³⁾ P.Z. 1909, S. 2272.

meters gleichmäßig beleuchtet sind. Nun legt man das Papierblatt auf die Milchglasplatte M_2 und stellt die beiden Gesichtsfeldhälften wieder auf gleiche Helligkeit ein. Die Lichtdurchlässigkeit des Papiers wird dann angegeben durch das Quadrat der Tangente des neuen Einstellwinkels (Tabellenablesung). Der Apparat ist in der Versuchsstation

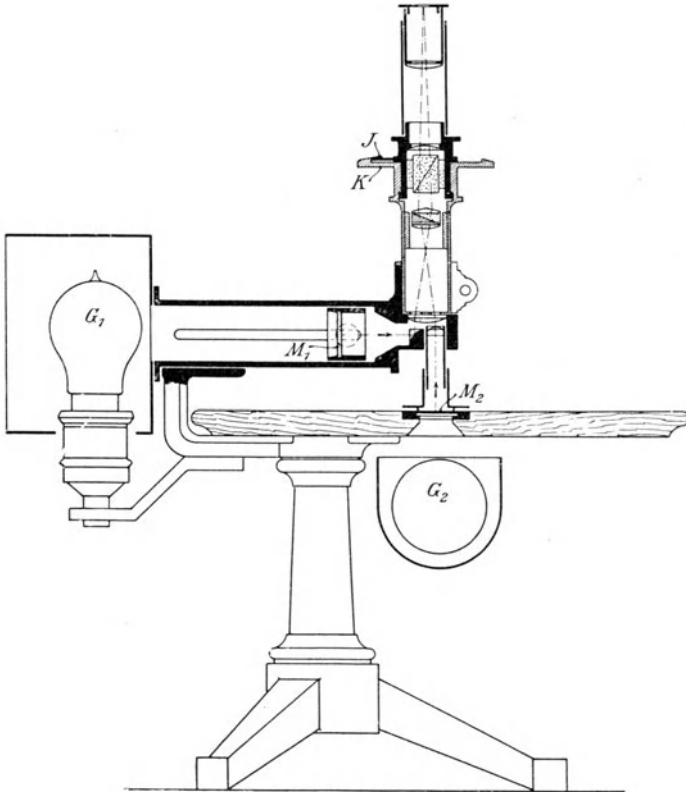


Abb. 93. Lichtdurchlässigkeitsprüfer nach Maximowitsch.

der Kaiserlichen Expedition zur Anfertigung von Staatspapieren in St. Petersburg ausgearbeitet und geprüft worden und soll sich gut bewährt haben.

Frank Sammet¹⁾ hat zur Bestimmung der Lichtdurchlässigkeit von Papier einen neuen Weg vorgeschlagen, von folgender Erwägung ausgehend.

Fällt Licht (L) auf ein Papier, das auf weißer Unterlage ruht, so

¹⁾ Lichtdurchlässigkeit von Papier. P.Z. 1912, S. 2687.

wird ein Teil (L_1) von der Oberfläche des Papiers zurückgeworfen, ein weiterer Teil dringt durch das Papier und wird von der Unterlage wieder zurückgeworfen (L_2). Liegt das Papier auf schwarzer Unterlage, so wird nur L_1 zurückgeworfen, L_2 aber von der Unterlage verschluckt. Der Unterschied in der zurückgeworfenen Lichtmenge einmal bei weißer und dann bei schwarzer Unterlage ist somit ein Maßstab für das durch das Papierblatt gedrungene Licht, also für seine Lichtdurchlässigkeit. Zur Ermittlung der beiden Werte hat Sammet ein Farbenphotometer gebaut, das in seiner Arbeit leider nicht abgebildet oder durch Skizzen erläutert ist. Auch aus der Beschreibung ist nicht klar zu ersehen, wie der Apparat gebaut ist und wie sich die Versuchsausführung gestaltet¹⁾.

Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Papier.

Zur Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Papier, einer Eigenschaft, die für Papiere zum Umhüllen gewisser Nahrungs- und Genußmittel (Kakao, Tee usw.) von Wichtigkeit ist, hat Sindall²⁾ das nachstehend kurz gekennzeichnete Verfahren in Vorschlag gebracht.

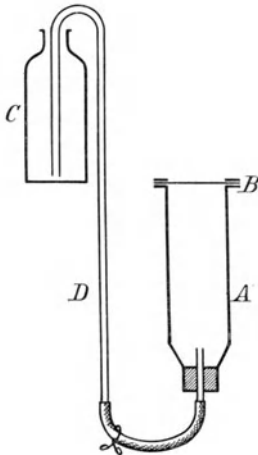


Fig. 94.

A in Fig. 94 ist ein Glaszylinder mit umgebogenem und glatt geschliffenem Rand B. Auf diesen wird ein dünner Kautschukring sowie das zu prüfende Papierblatt gelegt und das Ganze mittels eines Messingringes und mehrerer metallener Bügelschrauben gegen den Rand des Zylinders gedrückt. Das untere Ende des Zylinders schließt ein Gummistopfen ab, durch dessen Bohrung eine Glasröhre geht, die mittels Kautschukschlauches mit dem Heber D verbunden ist.

Dieser Heber führt Wasser aus der Flasche C nach A. In Flasche C fließt aus beliebiger Quelle Wasser; sie ist mit Überlauf versehen, damit in ihr stets gleicher Wasserstand herrscht. Entfernt man den Quetschhahn von dem Kautschukschlauch, so tritt Wasser in

¹⁾ Im Anschluß hieran sei hier auf das Ergebnis einer Umfrage bei 25 Papierfabriken über Mittel und Wege zur Verminderung des Durchscheinens der Schrift bei Normalpapieren hingewiesen, das in den Mitt. 1903, S. 176—188 veröffentlicht ist und wertvolle Angaben für den Papierfabrikanten enthält.

²⁾ Paper Trade Review 1911, Nr. 16, S. 1 mit Abb. (vgl. auch P.Z. 1911, S. 1524).

den Zylinder *A* und verdrängt die darin befindliche Luft. Diese Verdrängung erfolgt unter sonst gleichen Umständen um so langsamer, je weniger luftdurchlässig das über den Zylinder gespannte Papier ist. Gemessen wird die Zeit, in welcher sich der Zylinder *A* mit Wasser füllt. Sindall rechnet dann das Ergebnis um und ermittelt, in welcher Zeit 100 englische Kubikzoll Luft durch eine Papierfläche von 10 Quadrat-zoll gehen¹⁾. Die so erhaltene Minutenzahl gilt als Maß für die Luftdurchlässigkeit.

Nachstehend einige Beispiele aus Sindalls Versuchsreihe.

Art des Papiers	Dicke in mm	Luftdurchlässigkeit in Minuten
Zeitungspapier	0,106	35
Espartoschreibpapier	0,099	35
Patronenpapier	0,152	38
Kraftpapier	0,124	38
Gut geleimtes Holzstoffpapier	0,104	44
Zinnfolienpapier	0,167	44
Fest geleimtes Holzstoffpapier	0,114	47
Kunstdruckpapier	0,101	53
Dünnes Schreibmaschinenpapier	0,038	59
Pergamentpapier	0,142	undurchlässig

Der Vorschlag, die Luftdurchlässigkeit von Papier auf dem geschilderten Wege zu bestimmen, ist, was den Grundgedanken anbelangt, von Winkler-Karstens²⁾ gemacht worden, die hierfür eine sehr einfache Apparatur in Anwendung gebracht haben. Ein an beiden Enden offener Glaszylinder *A* (Fig. 95) wird oben durch geeignete Vorrichtungen mit dem zu prüfenden Papier abgedichtet und dann so weit in ein Gefäß *B* mit Wasser getaucht, daß das Wasser in *B* 10 cm höher steht als in *A*. Die Luft in *A* steht nun unter Druck, entweicht allmählich durch *P*, und sobald der Wasserspiegel in *A* sich mit dem von *B* in gleicher Höhe befindet, ist der Versuch beendet.

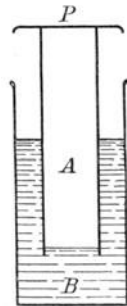


Fig. 95.

Beide Verfahren haben den Nachteil, daß der Druck, unter dem die Luft durch das Papier entweicht, während des Versuches ständig abnimmt, in der Zeiteinheit also eine immer kleinere Luftmenge durchgedrückt wird. Hierdurch wird die Versuchsdauer sehr verlängert.

¹⁾ 36 Zoll = 91 cm.

²⁾ Papier-Untersuchung, 1902, S. 41.

Ein weiterer Übelstand liegt darin, daß die durch das Papier entweichende Luft sehr feucht ist, während des Versuches immer feuchter wird und daher den physikalischen Zustand des Papierblattes bis zum Ausgleich ständig ändert. Die Fasern quellen und verengen die Kanäle, durch die die Luft entweicht.

Beide Übelstände werden vermieden bei der im Materialprüfungsamt üblichen Bestimmung der Luftdurchlässigkeit. Fig. 96 gibt ein Bild über die hierbei benützte, von Prof. Dalén zusammengestellte Apparatur, die im wesentlichen aus der Vorrichtung zum Einspannen des Papiers, einem Gasmesser und einer Luftpumpe besteht.

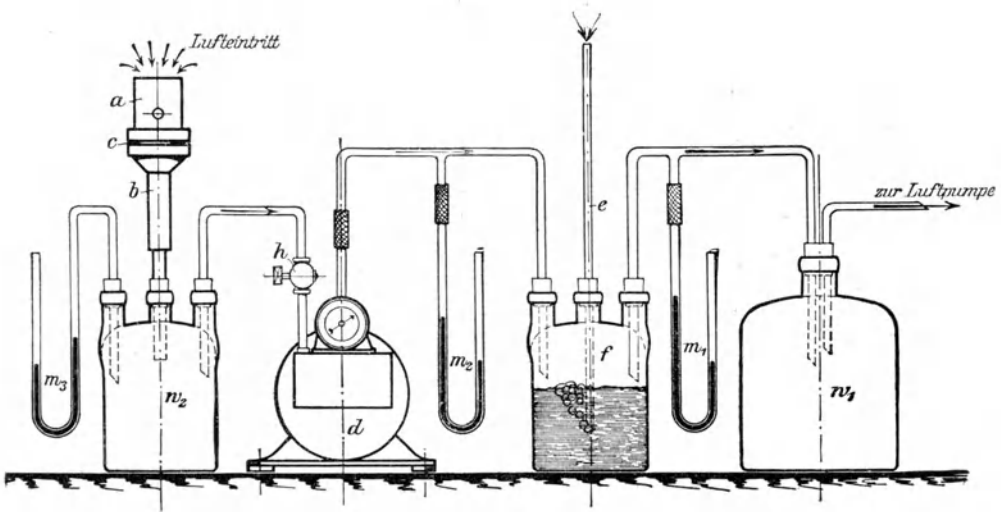


Fig. 96.

Das zu prüfende Papier wird bei *c* zwischen den beiden Teilen *a* und *b* der Einspannvorrichtung, deren unteres Ende luftdicht abgedichtet in die Flasche *w*₂ hineinragt, eingespannt, durch eine zweite Öffnung dieser Flasche ist das Rohr des Wasser-Manometers *m*₃ geführt und durch die dritte geht das Verbindungsrohr zum Gasmesser *d*, der über einen Druckregler *f* hinweg mit einer Luftpumpe in Verbindung steht. Wirkt letztere, so entsteht von ihr aus bis zur Papierscheibe ein Unterdruck und die äußere atmosphärische Luft ist bestrebt, durch das Papier zu dringen.

Da die Schwankungen des von einer Wasserstrahl Luftpumpe bewirkten Unterdruckes nicht unerheblich sind, muß durch Einschaltung größerer Lufträume (Windkessel *w*₁, Luftraum von *f* und Windkessel *w*₂) für einen Ausgleich des Druckes gesorgt werden, damit die Schwankungen möglichst verringert werden und die genaue Ablesung des Druckes

am Manometer m_3 nicht behindert wird. Manometer m_1 zeigt annähernd die Pumpleistung an, m_2 den Druck, nachdem der Druckregler f seine Wirkung ausgeübt hat. m_1 wird einen etwas höheren Druck anzeigen als m_2 , die Anzeige von m_2 wird der Tauchtiefe des Rohres e entsprechen. m_3 gibt den Druck an, unter dem die Außenluft durch das Papier dringt, also den für den Versuch maßgebenden.

Zum Messen der Luftmenge wird ein Gasmesser nassen Systems benutzt. Dieser ist zur Verhinderung einer etwaigen Veränderung des normalen Flüssigkeitsstandes infolge des Unterschiedes im Druck vor und hinter dem Messer mit einer besonderen Überlaufvorrichtung versehen.

Geprüft wird bei einem Druck, der einer Wassersäule von 10 cm Höhe entspricht und bei m_3 abgelesen wird.

Die Einstellung auf diesen Druck erfolgt nach dem Einlegen der Papierscheibe durch Höher- oder Tieferstellen des Rohres e . Die dem Luftdruck ausgesetzte Fläche des Papiers ist 10 qcm groß. Die Dauer des Einzelversuches ist bis auf weiteres auf 5 Minuten festgesetzt. Ausgeführt werden mit jedem Papier 10 Versuche. Als Endergebnis wird angegeben, wieviel Liter Luft bei 10 cm Wasserdruck in einer Minute durch 100 qcm Papier gehen.

Um eine Vorstellung davon zu geben, um welche Werte es sich hierbei bei Papieren verschiedener Art handelt, seien nachstehend die bei der Prüfung einiger Papiersorten ermittelten Ergebnisse angeführt.

Lfd. Nr.	Art der Papiere	Quadratmetergewicht g	Dicke mm	Luftmenge in l ¹⁾
1	Löschpapier	127	0,29	64,3
2	Rotationsdruckpapier	53	0,09	2,9
3	Seidenpapier	12	0,02	1,3
4	Normal 3a	92	0,09	0,3
5	„ 4b	92	0,09	0,6
6	Pergamynpapier	60	0,05	0,1
7	Pergamentersatzpapier (sehr fettdicht)	80	0,09	0,1
8	Desgl. (schwach fettdicht)	56	0,07	0,1
9	Pergamentpapier, dünn	79	0,10	0,1
10	„ dick	160	0,16	0,1

Bei den letzten fünf Papieren ist so wenig Luft durchgegangen, daß man sie wohl technisch und für praktische Verwendungszwecke, bei denen ja der Druck wegfällt, als luftdicht bezeichnen kann.

¹⁾ Zeit: 1 Minute. Druck: 10 cm Wasser. Fläche: 100 qcm.

Die Ausführung der Versuche geschieht in einem Versuchsraum mit 65% Luftfeuchtigkeit, und da die Luft aus dem Versuchsraum direkt angesaugt wird, so verändert das Papier während des Versuches seinen physikalischen Zustand nicht.

Die Einzelwerte, die sich bei der Prüfung nach dem geschilderten Verfahren ergeben, stimmen sehr gut überein; sie schwankten in 10 Versuchen bei dem untersuchten

Löschpapier	von 62,8—66,0 Liter
Rotationsdruckpapier	„ 2,6—3,5 „
Seidenpapier	„ 1,1—1,6 „
Normalpapier 3 a	„ 0,26—0,32 „
„ 4 b	„ 0,60—0,72 „
Pergamynpapier	„ 0,08—0,12 „
Pergamentersatzpapier (sehr fettdicht)	„ 0,08—0,12 „
Desgl. (schwach fettdicht)	„ 0,12—0,16 „
Pergamentpapier, dünn	„ 0,10—0,12 „
„ dick	„ 0,10—0,12 „

Mahlungsgradprüfer.

Zur Bestimmung des Feinheitsgrades und der Beschaffenheit von Papierstoffen hat Klemm¹⁾ einen „Sedimentierungsprüfer“ (Fig. 97) vorgeschlagen, der von der Firma Schopper-Leipzig gebaut wird und sich in der Praxis bereits eingeführt hat.

Den Hauptteil des Apparates bildet ein von 0 bis 200 ccm eingeteilter Glaszylinder mit besonders ausgebildetem Boden- und Deckel-Apparat aus Metall. Der Bodenapparat besteht aus einem Metallsieb und einer an einem Scharnier schwingenden Bodenplatte. Diese wird, so lange der Apparat verschlossen sein soll, durch einen Exzenterhebel festgehalten und öffnet beim Drehen des Hebels durch Abwärtsklappen den Raum unter dem Siebboden. Der Bodenapparat kann nach Lösung dreier Schrauben mit dem auf dem Siebboden sitzenden Papierstoffzylinder abgenommen werden.

Der Deckel ist durch Bajonettverschluß auf dem Zylinder befestigt und besitzt einen Hahn, um den Zylinderraum nach außen abzuschließen oder zu öffnen.

Der Zylinder ist in den wagerechten Arm einsetzbar und kann durch Drehung an der Kurbel, deren Achse den Arm bildet, ebenfalls gedreht

¹⁾ W.B. 1908, S. 1005.

werden. Die Einrichtung dient zur gleichmäßigen Verteilung des Stoffbreies im Zylinder.

Der Arm kann bei senkrechter Stellung des Zylinders durch eine Einschnappvorrichtung festgehalten werden. Zur genauen Senkrechstellung des Zylinders ist auf der mit der Zylinderachse parallelen Säule eine Wasserwaage angebracht.

Während früher die Beurteilung der erwähnten Stoffeigenschaften nur auf Grund praktischer Erfahrungen erfolgen konnte, oder in wichtigen Fällen zunächst eine kleine Papierprobe hergestellt werden mußte, liefert der Apparat Zahlenwerte. Man kann messen, ob der Stoff „rösch“ oder „schmierig“ gemahlen ist. Röschler Stoff nimmt beim Absetzen in Wasser einen größeren Raum ein als schmierig gemahlener, und diese Erfahrung ist der leitende Gedanke bei dem Bau des Apparates gewesen.

Als Maß für die Beschaffenheit des Papierstoffes dient dessen Absitzraum oder das Sedimentierungsvolumen.

Absitzraum ist der Rauminhalt, den der Papierstoff einnimmt, wenn er aus Wasser von Zimmertemperatur ($17,5^{\circ}\text{C}$) auf einem Siebboden, durch den das Wasser ablaufen kann, sich absetzt.

Als Vergleichswert benutzt man die Zahl der Raumteile (in ccm), die ein Gewichtsteil (1 g) lufttrockenen Papierstoffes nach den Messungen mit Hilfe des Apparates einnimmt. Die Angabe: Absitzraum (Sedimentierungsvolumen) 25 bedeutet also, daß 1 g Stoff einen Raum von 25 ccm nach dem Abfluß des Wassers einnimmt.

In den mit Teilung versehenen Zylinder bringt man eine bestimmte Menge wässrigen Stoff in bestimmter Verdünnung, schwenkt tüchtig durch, stellt den Zylinder senkrecht und läßt das Wasser unten durch den Siebboden ablaufen. Der Stoff setzt sich als Kuchen auf

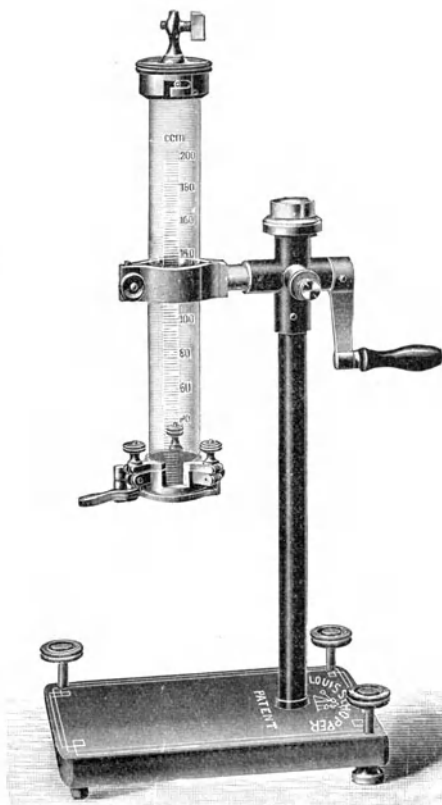


Fig. 97. Klemms Sedimentierungsprüfer.

dem Sieb ab, und die Höhe des Stoffkuchens gibt das Maß für den Feinheitsgrad und die Beschaffenheit des Fasermaterials.

Die Ausführung des Versuches bereitet bei lufttrockenen, leicht zerteilbaren Stoffen keine Schwierigkeiten; bei schmierigen Leinenstoffen, Strohstoffen und Holzschliff ist die Zerteilung oft mit Umständen verbunden. Bei feuchten Halbstoffen muß man vor dem Ver-

such eine Trockenprobe vornehmen, desgleichen bei Stoff, den man aus dem Holländer entnimmt.

Skark¹⁾ geht zur Bestimmung des Feinheitsgrades ebenso vor wie Klemm, mißt aber nicht die Höhe des Stoffkuchens, sondern von 30 zu 30 Sekunden die Menge des ausgeflossenen Wassers; aus den Werten für Zeit und Wassermenge bildet er dann eine „Stoffkurve“, die ein Bild von dem Mahlunzustand gibt. Rösche Stoffe ergeben steile, schmierig gemahlene hingegen flache Kurven. Nach Skarks Erfahrungen eignet sich dieses Vorgehen besonders für schmierige Stoffe.

Schopper hat nach den Angaben von Riegler einen Mahlungradprüfer gebaut (Fig. 98), der die Ausführung der Prüfung in sehr kurzer Zeit gestattet. Der Apparat besteht aus einer Füllkam-

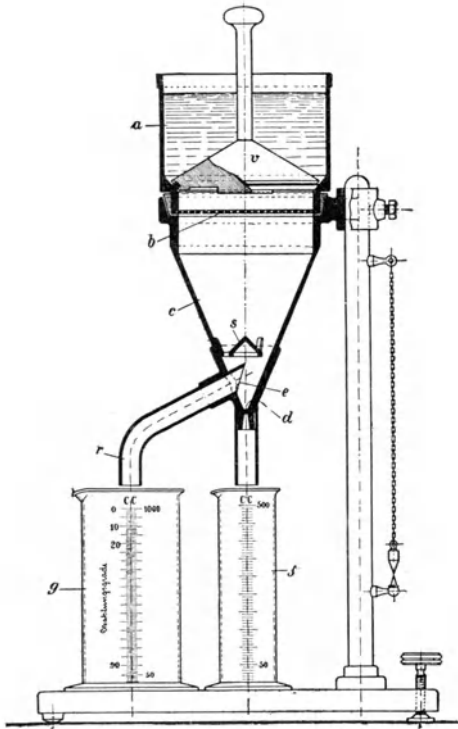


Fig. 98.

Mahlungradprüfer Schopper-Riegler.
D.R.P.

mer *a* mit einem Dichtungskegel *v*. Der Boden der Kammer wird durch ein Sieb *b* von bestimmter Feinheit und bestimmtem Flächeninhalt gebildet. Unter der Füllkammer befindet sich eine konische Scheidekammer *c*, die mit einer kleinen und einer großen Ausflußöffnung (*d* und *r*) versehen ist. Der Durchmesser der kleinen Öffnung und die Lage der Öffnungen zueinander sind so gewählt, daß das Wasser des zu prüfenden Papierbreies, solange es mit einer größeren Geschwindigkeit als $\frac{1}{4}$ Liter in der Minute durch das Sieb läuft, vor-

¹⁾ P.F. 1910, Festheft, S. 49 und 1911, Festheft, S. 83.

zugsweise durch die große Öffnung abfließt, aber sobald die Geschwindigkeit geringer wird, nur durch die kleine. In dieser Weise schafft der Apparat selbsttätig eine zwar willkürliche, aber für die verschiedenen Zustände der Fasern charakteristische Trennung des schnell und langsam abfließenden Wassers, das in untergestellten Meßzylindern aufgefangen wird.

Die Ausführung des Versuches geschieht in folgender Weise: Mit einem geeigneten Schöpfgefäß wird eine Probe des zu prüfenden Faserbreies aus dem Holländer entnommen¹⁾, in einen Vorbereitungszyylinder gebracht und mit Wasser auf 1 l aufgefüllt. Der so verdünnte und durch Schütteln gleichmäßig verteilte Stoffbrei wird in die Füllkammer gegossen und der Dichtungskegel herausgehoben. Das Wasser dringt durch das Sieb in die Scheidekammer und von dort zunächst durch beide Öffnungen, später nur durch die tiefer gelegene, enge Öffnung, in die Auffanggefäße *f* und *g*. Wieviel durch die eine oder andere Öffnung abfließt, hängt von der Art und dem Mahlunugszustand des Stoffes ab. Bei „röschem“ Stoff fließt das Wasser schnell ab und sammelt sich vorzugsweise in *g*, bei „schmierigem“ Stoff langsamer und dann vorzugsweise in *f*. Mit Abmessen und Mischen des Stoffes dauert der ganze Versuch etwa 5 Minuten. Nimmt man als äußerste Grenzfälle an, daß ein stark durchlässiger, also sehr röschler Stoff alles Wasser schnell durchläßt, und daß ein möglichst undurchlässiger, also im höchsten Grade schmierig gemahlener Stoff kein Wasser schnell durchläßt, und bezeichnet man den Mahlunugszustand des ersten Stoffes mit 0, den des zweiten mit 100, so läßt sich der Mahlunugsgrad jedes beliebigen Stoffes durch eine zwischen 0 und 100 liegende Zahl ausdrücken. Diese wird erhalten, wenn man die Anzahl Kubikzentimeter des schnell durchgegangenen Wassers von 1000 abzieht und den Rest durch 10 teilt. Um diese Rechnung zu ersparen, ist der Zylinder mit einer besonderen Teilung versehen, die das direkte Ablesen der „Mahlunugszahl“ gestattet.

Die geschilderten Verfahren geben die Möglichkeit, den Mahlunugsgrad eines beliebigen Stoffes in vergleichbaren Zahlen auszudrücken und die Arbeit im Holländer planmäßig zu überwachen.

¹⁾ Enthaltend etwa 2 g trockenen Stoff.

Verschiedenes.

Faserfestigkeit von Halbstoffen.

Halbstoffe kommen in Form von Blättern in den Handel, bei deren Herstellung es sich lediglich um die Entwässerung der Stoffbahn handelt, nicht aber um die Erzielung eines möglichst festen Blattes. Die Festigkeit des letzteren kann also, gleichgültig, ob man sie durch Einreißen oder mit Hilfe eines Festigkeitsprüfers beurteilt, keinen sicheren Maßstab für die Festigkeit des Fasermaterials selbst abgeben. Bei der Beurteilung von Halbstoffen, die auf derselben Entwässerungsmaschine und unter Innehaltung möglichst gleicher Bedingungen hergestellt wurden, würden Prüfungen des Stoffes, so wie er vorliegt, noch einen gewissen praktischen Wert haben; in allen Fällen aber, in denen das nicht der Fall ist, sollte man es vermeiden, aus der Festigkeit des Stoffblattes Schlüsse auf die des Papiers, das man aus dem Halbstoff herstellen kann, zu ziehen.

Das Materialprüfungsamt macht daher stets, wenn die Prüfung von Zellstoff auf Festigkeit beantragt wird, auf die Mängel eines solchen Vorgehens aufmerksam und empfiehlt, in der kleinen Versuchsanlage des Amtes aus dem Zellstoff Papier herstellen und dieses prüfen zu lassen.

Dalén hat sich mit dieser Frage wiederholt befaßt¹⁾, und seine Versuche haben gezeigt, daß es möglich ist, Mahl- und Schöpfversuche im kleinen so zu regeln, daß ihre Ergebnisse mit denen der Praxis gut übereinstimmen. Diese Tatsache ist wichtig, denn man kommt um die Herstellung von Papier und Feststellung der Eigenschaften desselben nicht herum. Die Ansicht, daß es möglich sein müßte, auch ohne Papier herzustellen, die Brauchbarkeit eines Halbstoffes durch mikroskopische Prüfung zu beurteilen (Länge, Breite, Wandstärke und Gestalt der Fasern, Verholzungsgrad, Verhalten zu Jodlösungen oder anderen Färbemitteln usw.), hat sich längst als hinfällig erwiesen. Fasern, die für die Herstellung fester Papiere in hohem Maße geeignet sind, wurden auf diesem Wege als geringwertig beurteilt.

Erst das fertige Papier liefert das letzte Glied in der Kette der Beurteilungsunterlagen für einen Papierrohstoff, und daher ist es wichtig, daß das in kleiner Laboratoriumsanlage aus wenig Material gewonnene Papier Eigenschaften besitzt, die den im Großbetriebe erzeugten sehr nahe stehen.

¹⁾ Beurteilung der Festigkeitseigenschaften des Fasermaterials von Halbstoffen. Mitt. 1905, S. 279, und 1911, Ergänzungsheft II, S. 12.

Festigkeitseigenschaften von Pergamentpapier.

Über die Festigkeitseigenschaften von Pergamentpapier sind in der Fachliteratur nur spärliche Angaben zu finden; auf diesen Mangel wurde aus Fachkreisen wiederholt mit Bedauern hingewiesen. Dies gibt Veranlassung, nachstehend eine Reihe von Werten mitzuteilen, die im Materialprüfungsamt ermittelt wurden¹⁾.

Geprüft wurden 43 Papiere, deren Quadratmetergewicht von rund 30 bis rund 230 g schwankte, auf Reißlänge und Dehnung. Die Werte für die mittlere

Reißlänge bewegten sich zwischen 1100 m und 6100 m,
Dehnung „ „ „ 1,7% „ 12,7%.

Der Feuchtigkeitsgehalt der Papiere bei 65% Luftfeuchtigkeit, bestimmt durch Trocknen bei 100° C, umfaßte den Spielraum von 7,6 bis 16,3%. Der wirkliche Feuchtigkeitsgehalt wird aber durchweg etwas höher gewesen sein wegen des Gehaltes der Papiere an hygroskopischen Stoffen (Glyzerin, Sirup, Chlormagnesium o. a.).

Beziehungen zwischen der Schwere der Papiere und ihrer Festigkeit und Dehnung ließen sich nicht erkennen. Sowohl bei den dicken als auch bei den dünnen Proben waren hohe und niedrige Werte für Reißlänge und Dehnung vertreten.

5 weitere Pergamentpapiere aus Baumwolle und 7 aus Baumwolle mit Holzzellstoffzusatz (10 bis 45%) wurden auf Reißlänge, Dehnung und Falzwiderstand geprüft. Es ergaben sich hierbei in den beiden Gruppen folgende Werte.

	Quadratmeter- gewicht	Reißlänge	Dehnung	Falzzahl
A. Papiere aus				
Baumwolle	119—199 g	3775—6000 m	10,2—12,4%	407—2670
B. Papiere aus				
Baumwolle u.				
Holzzellstoff	47—99 „	3850—4750 „	4,1—10,3 „	149—6550

Die Gesamtmittel in beiden Gruppen waren folgende:

	Reißlänge	Dehnung	Falzzahl
A:	4655 m	10,8%	987
B:	4300 „	6,1 „	1232

Schlußfolgerungen über den Einfluß des Zellstoffgehaltes lassen sich aus den Ergebnissen nicht ziehen, weil es sich bei den Papieren um Erzeugnisse verschiedener Fabriken handelt, also Rohstoffe verschiedener Güte in den Papieren stecken.

¹⁾ Mitt. 1911, S. 248 und P.F. 1911, Festheft, S. 23.

Farbreinheit von Füllstoffen.

Für die Farbreinheitsprüfung von Kaolin und anderen Füllstoffen hat Klemm ein Verfahren vorgeschlagen¹⁾, das wesentlich bessere Ergebnisse liefert und namentlich zur Herstellung von Dauer-Vergleichsproben geeigneter ist als die vielfach übliche Prüfung durch Betupfen mit Terpentinöl.

Ein kleines Fläschchen mit quadratischem Querschnitt des Flaschenkörpers, hergestellt aus farblosem Glas und von 10 ccm Rauminhalt, wird etwa zur Hälfte mit Glyzerin gefüllt, auf das man dann 5 g des Füllstoffes schüttet. Dieser durchtränkt sich bald mit Glyzerin und nach dem Umrühren hat man eine gleichmäßige Durchmischung. Die ebenen Flächen der Flaschen ermöglichen dann eine durch Lichtbrechung nicht gestörte Beurteilung der Farbe des Füllstoffes. Das Verfahren gestattet noch Verschiedenheiten in der Farbtonung von Füllstoffen zu erkennen, die unmittelbar nicht zu beobachten sind. Die Flaschen können als Dauerpräparate aufbewahrt werden, da sich Glyzerin im Laufe der Zeit nicht wie Terpentinöl verändert.

Will man nur die Betupfprobe vornehmen, so leistet auch hierbei, wie Klemm nachgewiesen hat, Glyzerin bessere Dienste als Terpentinöl.

Haftfestigkeit des Aufstriches gestrichener Papiere.

Zur Beurteilung der Haftfestigkeit des Aufstriches gestrichener Papiere werden in der Praxis vielfach die nachfolgend beschriebenen Verfahren angewendet²⁾.

1. Abhebeprobe. Man drückt mit angefeuchtetem Daumen fest auf den Strich des Papiere; nach dem Abheben darf am Daumen keine Aufstrichmasse sitzen.
2. Reibeprobe. Wenn man das zusammengelegte Papier, Strich auf Strich, zwischen den Fingern reibt, darf der Farbstrich nur in ganz geringen Mengen loslassen.
3. Tintenprobe. Man zieht mit der Ziehfeder Tintenstriche auf der Strichseite. Bei mangelhafter Leimung laufen die Striche mehr oder weniger aus. Die Zeitdauer des Eindringens der Tinte gibt ein Maß für den Leimungsgrad.
4. Klebeprobe. Man klebt einen Streifen gut geleimtes Schreibpapier mit Fischleim zur Hälfte auf das gestrichene Papier. Nach dem Trocknen zieht man den Streifen wieder ab. Bei guter Leimung des Striches werden Teile des Rohpapiers mit herausgerissen.

¹⁾ W.B. 1908, S. 163.

²⁾ P.F. 1908, S. 2251.

Die Prüfungen 1—3 erscheinen zweckmäßig; bei 4 ist indessen zu bedenken, daß bei schlecht geleimtem Strich der Fischleim in den Strich dringen und diesen so innig mit dem Rohpapier verbinden kann, daß beim Trennen Fasern des Rohpapiers durch den Fischleim mit abgerissen werden.

Unterscheidung handgeschöpfter Papiere von maschinengeschöpften.

Mit der Frage der Unterscheidung von Rauhrandpapieren, die einerseits nach dem alten Handverfahren aus der Bütte geschöpft wurden, andererseits auf maschinellem Wege unter Anwendung von Formen hergestellt waren, hat sich das Materialprüfungsamt in Groß-Lichterfelde auf Veranlassung des Vereins Deutscher Papierfabrikanten beschäftigt¹⁾. Geprüft wurden zehn aus vier verschiedenen Fabriken stammende Papiere der ersten Art (im nachfolgenden kurz als H-Papiere bezeichnet) und 13 aus drei verschiedenen Fabriken herrührende Papiere der zweiten Art (M-Papiere).

Die Prüfung wurde beschränkt auf die Feststellung derjenigen Eigenschaften, bei denen am ehesten verschiedenes Verhalten der beiden Papierarten zu erwarten war. Zunächst wurden Reißlänge, Dehnung und Falzzahl festgestellt und das Verhältnis der Werte in den beiden Hauptrichtungen berechnet. Ferner wurden die Längenänderungen der Papiere nach fünftägigem Lagern in absolut feuchter Luft sowie nach darauffolgendem fünftägigem Liegen in Luft von 65% Feuchtigkeit bestimmt und weiter nach dem Vorschlag von Sindall²⁾ Probestreifen über Nacht zwischen feuchtes Löschpapier gelegt, gemessen, gewogen und auf Festigkeit geprüft.

Die Ergebnisse der Prüfungen sind an den in Fußnote ¹⁾ erwähnten Stellen in drei Tabellen niedergelegt; sie zeigen, daß die Werte für Reißlänge, Dehnung und Falzzahl in den beiden Richtungen des Bogens bei den M-Papieren durchschnittlich größere Unterschiede aufweisen als bei den H-Papieren. Betrachtet man aber die Verhältniszahlen der einzelnen Papiere, so findet man, daß die Werte für die beiden Papierarten so durcheinander gehen, daß sie unmöglich zur Feststellung der Herstellungsart der Papiere dienen können.

Die Längenänderung beim Lagern in feuchter Luft ist bei den H-Papieren durchschnittlich etwas größer als bei den M-Papieren; aber auch hier gehen die Einzelwerte so durcheinander, daß eine Trennung der Papiere auf Grund dieser Werte nicht möglich ist.

¹⁾ Handgeschöpftes Büttenpapier von maschinengeschöpftem zu unterscheiden. P.Z. 1909, S. 3634. W.B. 1909, S. 3821.

²⁾ Imitierte Handpapiere. P.F. 1909, S. 387.

Die Längenzunahme durch Feuchten ist bei den H-Papieren in der starken Richtung etwas größer als bei den M-Papieren; in der schwachen Richtung ist sie für beide Papierarten fast gleich groß.

In der Reißlänge sind die Verhältniszahlen der beiden Richtungen für M- und H-Papiere im Durchschnitt fast gleich, in der Dehnung ist der Unterschied in den beiden Richtungen bei den M-Papieren durchschnittlich etwas größer als bei den H-Papieren. Aber auch hier gehen die Einzelwerte so durcheinander, daß eine Trennung der Papiere auf Grund dieser Werte nicht möglich ist.

Sindall¹⁾ hat an der vorher erwähnten Stelle ausgesprochen, daß, wenn man den bekannten Versuch zur Bestimmung der Längsrichtung im Papier (einseitiges Feuchten kreisrunder Stücke) mit H- und M-Papieren vornimmt, das Verhalten beider Papierarten verschieden ist. H-Papiere sollen sich langsam und wenig aufrollen und bald wieder flach liegen, M-Papiere hingegen sollen schnell einen vollständigen Zylinder bilden.

Bei der Prüfung der 10 H- und 13 M-Papiere nach diesem Verfahren ergab sich, daß die Geschwindigkeit und das Maß des Rollens mehr von der Dicke des Papiers, als von der Herstellungsart abhängt. Die dünnen Papiere, und zwar sowohl die der M- wie auch der H-Sorten, hatten größere Neigung zum Aufrollen als die dicken Proben beider Arten. Die bei der Prüfung der 23 Papiere gemachten Beobachtungen zeigten also, daß auch das Verhalten einseitig gefeuchteter kreisförmiger Stücke keinen Anhalt zur Unterscheidung der M- und H-Papiere bietet.

Das Gesamtergebnis der Versuche ist dahin zusammenzufassen, daß es nicht gelungen ist, Unterscheidungsmerkmale zwischen den H- und M-Papieren aufzufinden. Die M-Papiere stimmten in bezug auf die Schwankungen in der Reißlänge, Dehnung, Falzzahl usw. mit den H-Papieren so überein, daß eine Unterscheidung auf Grund ihrer inneren Eigenschaften ausgeschlossen erscheint.

In der Fachpresse ist vereinzelt die Behauptung aufgestellt worden, daß man H- und M-Papiere durch Verschiedenheiten des Randes unterscheiden könne. Demgegenüber steht aber eine Äußerung aus der Industrie, die diese Möglichkeit glatt verneint.

In einer Arbeit über „Imitierte Büttenpapiere“ von Papierfabrikdirektor G. Janata (Z. 1912, S. 426), in der sich der Verfasser mit den verschiedenen Arten und Maschinen zur Erzeugung von Rauhrandpapieren befaßt, heißt es nach Anführung der Sembritzkischen Maschine zur Herstellung von geschöpftem Papier:

„Es läßt sich denken, daß eine derartige Arbeitsweise ein Fabrikationsprodukt zeitigen muß, das alle die für echtes, hand-

¹⁾ P.F. 1909, S. 387. (Nach Paper Makers Monthly Journal.)

geschöpftes Büttenpapier gegebenen Kennzeichen in vollem Maße aufweist.“

Janata führt dies dann noch des weiteren aus unter Bezugnahme auf den rauhen Rand, die Körnung des Blattes, die Festigkeit und das Wasserzeichen; er ist also auch der Ansicht, daß man hand- und maschinengeschöpfte Papiere nicht sicher unterscheiden kann.

Aber selbst wenn die sichere Trennung, was zu bezweifeln ist, gelingen sollte, so würde es, sobald die Unterscheidungsmerkmale bekannt gegeben würden, den Herstellern von M-Papieren voraussichtlich bald gelingen, ihren Erzeugnissen dieselben Eigenschaften zu verleihen, wie sie die H-Papiere zeigen.

Unterscheidung natürlicher und künstlicher Wasserzeichen.

Unter Wasserzeichen versteht man bekanntlich diejenigen Zeichen, Buchstaben, Figuren usw. eines Papiers, welche im durchfallenden Licht heller¹⁾ erscheinen als die übrigen Teile des Blattes. Erzeugt werden sie durch Eindringen der Zeichen in das Papier. Erfolgt dieses Eindringen auf der Papiermaschine oder auf dem Schöpfsiebe in das noch nasse Papier, so erhält man das „natürliche“ Wasserzeichen, erfolgt es in das fertige Papier, das „künstliche“.

Der Fachmann wird zwar in den meisten Fällen ohne Schwierigkeiten erkennen können, mit welcher Art Zeichen er es zu tun hat, aber auch dem Kundigen werden Fälle vorkommen, in denen er sich nicht mit Sicherheit entscheiden kann.

Ein einfaches Mittel zur Unterscheidung bietet die Behandlung des Papiers mit starker Natronlauge²⁾.

Wenn man Papier mit natürlichem Wasserzeichen in solche Lauge bringt, so tritt das Wasserzeichen nach kurzer Zeit sehr viel deutlicher hervor und bleibt auch bei längerem Liegen des Papiers in der Lauge stets deutlich sichtbar; behandelt man in derselben Weise Papier mit künstlichem Wasserzeichen, so verschwindet dieses nach kurzer Zeit vollständig aus dem Papier.

Die Ursache des Verschwindens ist in dem Aufquellen der zusammengereißten Fasern bei Berührung mit Lauge zu suchen; da wir es bei dem natürlichen Wasserzeichen mit einer dünneren, weniger Stoff als die benachbarten Teile enthaltenden Schicht zu tun haben, bei dem künstlichen aber nur mit einer zusammengereißten, ebensoviel Stoff wie die benachbarten Teile aufweisenden, so ist hiermit die Erklärung der Erscheinung gegeben.

¹⁾ In seltenen Fällen auch teilweise dunkler.

²⁾ Eine Lauge aus 60 g Ätznatron in 200 g Wasser hat sich gut bewährt; ein bestimmter Konzentrationsgrad ist nicht erforderlich.

Die Ausführung des Versuches geschieht zweckmäßig in der Weise, daß man aus dem zu untersuchenden Papier etwa 3 cm breite Streifen, welche Teile des Wasserzeichens enthalten, entnimmt und diese in das Gefäß mit Lauge taucht.

Beurteilung von Kopierpapier.

Für die Prüfung und Beurteilung von Kopierpapier fehlt es zurzeit noch an völlig durchgearbeiteten und allgemein anerkannten Grundlagen. Die gelegentlich in der Fachpresse veröffentlichten Beobachtungen und Erfahrungen geben noch keine Unterlage für Normen, aber die Schaffung solcher wäre für Erzeuger und Verbraucher von gleichem Wert, um so mehr, als der Kaufmann die Kopien seiner Briefe zehn Jahre lang aufbewahren muß und sie sich während dieser Zeit in gutem, brauchbaren Zustand erhalten müssen.

Für Normen kämen wohl vorzugsweise in Frage

1. eine gewisse Mindestfestigkeit des Papiers, auch in feuchtem Zustand, deren Höhe nach Prüfung bewährter Erzeugnisse festzustellen wäre,
2. Vorschriften über die Stoffzusammensetzung,
3. eine Mindest- und eine Höchstsaughöhe für Wasser. (Das Papier muß genügend saugen, um die Tinte aufzunehmen, und es darf nicht zu viel saugen, da es sonst unklare, verschwommene Abdrücke liefert.)

Einen Beitrag zur Frage der Prüfung dieses Sondererzeugnisses hat Jo. geliefert¹⁾. Er schlägt folgende Prüfungen vor:

- a) Wasseraufnahmefähigkeit: Papierstücke wiegen, drei Minuten in Wasser liegen lassen, herausnehmen und zwischen Fließpapier abdrücken, Gewichtszunahme bestimmen und in Prozenten ausrechnen.
- b) Saughöhe nach fünf Minuten, in üblicher Weise mit dem Klemmschen Saughöhenprüfer bestimmt. (Daß ein Zeitraum von fünf Minuten statt des sonst bei der Prüfung von Saugpapieren üblichen von zehn Minuten gewählt ist, ist unzweckmäßig. Es geht dadurch der Vergleich verloren mit den bei zehn Minuten Saughöhe gefundenen Werten.)
- c) Kopierfähigkeit nach praktischen Versuchen: insbesondere Aufnahmefähigkeit gebräuchlicher Kopiertinten und Dauer des Druckes zur Erzielung gut lesbarer Kopien. Für die Ausführung der Versuche werden nähere Angaben unter Beifügung einer Skizze gemacht.

¹⁾ P.Z. 1908, S. 3539.

Leider gibt Jo. weder zu a) noch zu b) Werte an, die er bei seinen Prüfungen ermittelt hat.

Von anscheinend sehr sachkundiger Seite ¹⁾ wurde darauf hingewiesen, daß das Fehlen von Normen für die Beurteilung von Kopierpapier wohl hauptsächlich darin seinen Grund hat, daß an Kopierpapier zu viel verschiedenartige Ansprüche gestellt werden. Alle Verbraucher verlangen gute Abzüge und jeder erwartet, daß er solche mit dem von ihm geübten Verfahren erhält; allen Verschiedenheiten der mannigfachen Arbeitsweisen soll das Kopierpapier gewachsen sein, und wenn die Abzüge dann nicht gelingen, wird meist dem Papier, seltener dem Verfahren oder der Unerfahrenheit des Kopierenden die Schuld beigemessen.

Die wichtigste Eigenschaft des Kopierpapiers ist nach Ansicht des ungenannten Verfassers das Verhalten zu Wasser und zwar

- a) Gesamtaufnahmefähigkeit für Wasser,
- b) Saugfähigkeit.

Für a) sind noch keine einwandfreien Verfahren ausgearbeitet, für b) ist auf die Saugfähigkeit in den ersten Sekunden, nicht erst nach 10 Minuten, Wert zu legen. Die Oberfläche muß leicht Wasser aufnehmen. Stoffe wie Holzschliff, ungebleichter Sulfitstoff usw. sind daher zur Herstellung von gutem Kopierpapier ungeeignet.

Weiter ist beim Prüfen von Kopierpapier Rücksicht zu nehmen auf die Kopiertinte, das Farbband, Art der Schriftzüge, insbesondere der Strichdicke, Art und Wirkung der Schreibmaschine, den Preßdruck usw. Deshalb dürfte es sich empfehlen, zur Herstellung der Probeabzüge Kopiermaschinen anzuwenden, bei denen Anfeuchtung, Auspressung des überschüssigen Wassers, Anpressung der Urschrift an das feuchte Papier in stets gleicher Weise erfolgen kann. Als Wertmesser kann die Anzahl leserlicher Abzüge gelten, die von einer Urschrift herzustellen waren.

Der Aufsatz enthält eine Fülle von Anregungen, die bei etwaiger Ausarbeitung von Normen für die Prüfung von Kopierpapier wertvolles Material liefern werden.

Ausdauerfähigkeit moderner Papiere.

Über die Ausdauerfähigkeit unserer modernen Papiere wird man zum Teil erst nach Ablauf langer Zeitperioden ein sicheres und abschließendes Urteil fällen können, teils auf Grund von Beobachtungen bei der praktischen Verwendung, teils durch Ausführung planmäßig angelegter Versuchsreihen. Zu letzteren gehören auch die im Materialprüfungsamt ausgeführten Wiederholungsprüfungen mit Papieren, die seinerzeit

¹⁾ Kopierseiden und Rollenkopierpapier. P.Z. 1909, S. 1882.

im Auftrage von Behörden und Privaten auf Festigkeit und Dehnung geprüft worden sind, und über deren Ergebnisse wiederholt berichtet worden ist¹⁾.

Bisher hat sich bei der Prüfung von

347	Papieren	der	Stoffklasse	I,
361	„	„	„	II,
430	„	„	„	III,

die nach der ersten Prüfung 12—15 Jahre in Aktenschränken und offenen Regalen und nicht verpackt aufbewahrt und dann von neuem geprüft wurden, folgendes ergeben.

Die Festigkeit hatte im Mittel rund 5%, die Dehnung rund 10 bis 12% abgenommen.

Ein Teil der Papiere hat bei der zweiten Prüfung etwas höhere Werte ergeben (Festigkeit rund 4%, Dehnung rund 5%) als bei der ersten; dies dürfte eine Folge der unvermeidlichen Schwankungen sein, die bei wiederholter Prüfung von Papier stets auftreten, und ihre Erklärung in Ungleichmäßigkeiten des Papierblattes, Fehlern der Prüfungsmaschinen, wechselnden Einflüssen während der Versuche usw. finden. Allerdings ist hierbei auch zu erwähnen, daß es erfahrungsgemäß Papiere gibt, namentlich solche aus Holzzellstoff, deren Festigkeit auf dem Lager zunächst etwas zunimmt; es tritt gewissermaßen ein nachträgliches Erhärten des Papierblattes ein. Genaueres über diesen Vorgang ist zurzeit noch nicht bekannt.

Bei einigen Papieren lieferte die zweite Prüfung dieselben Ergebnisse wie die erste; dies ist natürlich auf Zufälligkeiten zurückzuführen, die ihre Erklärung in denselben Erscheinungen finden, wie sie bei den Papieren, die bei der zweiten Prüfung höhere Werte gaben als bei der ersten, erwähnt wurden.

Die Papiere der Stoffklasse I haben sich im Durchschnitt etwas günstiger verhalten als die der Klassen II und III. Der Unterschied ist aber nicht derartig, daß man daraufhin einwandfreie Schlüsse auf das Verhalten der verschiedenen Papierstoffe beim Lagern ziehen könnte. Die Versuche zeigen aber schon, daß unsere heutigen Zellstoffe Papierrohstoffe sind, die man in bezug auf Ausdauerfähigkeit nicht mehr mit dem Mißtrauen zu betrachten braucht, das man ihnen vor Jahren fast allgemein entgegenbrachte.

Die Versuche haben ferner gezeigt, daß ein Zeitraum von 15 Jahren zu kurz ist, um über die Frage der Ausdauerfähigkeit von Papieren der Stoffklasse I bis III zu endgültigen Schlüssen zu kommen. Das Versuchsmaterial soll deshalb nun erst wieder nach vielleicht 25 Jahren geprüft werden.

¹⁾ Mitt. 1907, S. 82, und 1911, S. 169.

Warum muß es immer das Papier sein?

Fälle, in denen Papier zu unrecht beschuldigt worden ist, die Ursache von Übelständen zu sein, gehören nicht zu den Seltenheiten, und so mancher Fabrikant kann ein Lied von den Scherereien singen, die ihm auf diese Weise verursacht worden sind.

Wenn beim Beschreiben von Papier die Tinte ausläuft, warum muß ohne weiteres das Papier der schuldige Teil sein? Der Schluß, daß die Tinte die Ursache des Auslaufens ist, liegt doch ebenso nahe!

Die gleiche Beobachtung kann man machen, wenn beim Bedrucken von Papier Störungen eintreten; wenn das Papier reißt, wenn es rupft, wenn die Farben nicht decken usw., das Papier ist an allem schuld; die anderen Materialien, wie Farbe und Firnis, oder die Maschinen, oder die Arbeiter selbst, werden in erster Linie selten in Betracht gezogen.

Wenn ein Löschpapier schon nach kurzem Gebrauch versagt, die Tinte nicht mehr genügend aufnimmt und die Schrift verschmiert, so werden ihm alle möglichen schlechten Eigenschaften nachgesagt. Daß die Tinte aber vielleicht große Mengen fester Stoffe enthält, die auch die Poren des besten Löschpapiers nach kurzer Zeit verstopfen, bedenkt der Verbraucher in den seltensten Fällen.

Wenn in Papier gewickelte Stahlwaren angerostet, leonische Erzeugnisse angelauten, Silbersachen braun oder schwarz geworden sind, wem wird in erster Linie die Schuld beigemessen? Dem Papier! Warum denkt man nicht zuerst an atmosphärische Einflüsse (feuchte Luft, saure Verbrennungsgase, schwefelwasserstoffhaltige Luft), die die aufgezählten Erscheinungen leicht hervorrufen können und sie sicher häufiger hervorgerufen haben als die Einwickelpapiere?

Wenn bunte, in Papier eingeschlagene Textilwaren den Farbton ändern, fleckig oder streifig werden, „verschießen“, wie man gewöhnlich sagt, muß in erster Linie das böse Papier herhalten; es ist „säurehaltig“ und hat daher die Farbe der eingeschlagenen Ware zerstört. Daß es zahlreiche Farben gibt, die so wenig lichtecht sind, daß sie unter dem Einfluß der Atmosphärien schon in kurzer Zeit ihren Farbton ändern, ist doch heute allgemein bekannt und sollte in solchen Fällen bedacht werden.

Seitens des Materialprüfungsamtes sind verschiedene derartige Fälle aufgeklärt und den Fachkreisen unterbreitet worden¹⁾. Einige derselben seien hier zur Erläuterung kurz wiedergegeben.

¹⁾ Mitt. 1905, S. 95, 1910, S. 170, und 1912, S. 404. Die P.Z. hat Abdrücke dieser Berichte anfertigen lassen, die sich für die Interessenten bei der Zurückweisung ungerechtfertigter Beschwerden schon wiederholt als recht wertvoll erwiesen haben; es liegt daher im Interesse jeder Papierfabrik, sich eine Anzahl dieser Abdrücke zu halten, denn Fälle, in denen sie gebraucht werden können, werden immer wiederkehren.

1. Einer Papierfabrik wurden mehrfache Beschwerden über ungenügende Leimung ihres Papiers unterbreitet; alle kamen aus einer bestimmten Gegend. Es ergab sich, daß die dort vorzugsweise gebrauchte Tinte schuld an dem Auslaufen der Schrift war, nicht das Papier, das sich bei der Prüfung als einwandfrei leimfest erwies.
2. Aluminiumgeschirre, in Packpapier verpackt, zeigten bei der Ankunft in Südamerika weiße Flecke. Schlußfolgerung: Das Papier war chlor- und säurehaltig und hatte die Flecke verursacht. Die Prüfung ergab das Haltlose dieser Beschuldigung. Äußere Einflüsse (Meerwasser usw.) waren schuld.
3. Papier, in das Flaschen mit Riechwasser gewickelt waren, verbreitete üblen Geruch; die Schuld wurde dem Papier als solchem beigemessen. Es stellte sich aber heraus, daß es auf dem Bahnwege mit übelriechenden Stoffen in Berührung gekommen war und von diesen den Geruch aufgenommen hatte.
4. Baumwollene Unterhemden waren in Packpapier verpackt auf Lager gelegt worden. Das Papier wies bald zahlreiche Fettflecken auf. Der Hemdenlieferant erklärte, das Papier sei an dem Übelstand schuld, das Fett sei „aus dem Papiere selbst ausgeschlagen“. Die Prüfung ergab, daß die Nähte der Hemden stark ölhaltig waren.
5. Gefärbte Baumwollstoffe, in Packpapier auf Lager gelegt, zeigten nach kurzer Zeit fleckiges und strichweises Verblassen und Verschießen der Farbe; die Schuld an dem Übelstand wurde seitens der Stoffhandlung dem Packpapier zugeschrieben, das den Baumwollstoff „durch Säure, Chlor oder Farbstoffe“ angreife. Die Prüfung ergab, daß das Papier an dem Vorgang unschuldig war und daß die Färbung so wenig echt war, daß schon Luftzutritt genügte, um sie zu verändern.

Das Materialprüfungsamt wird auch in Zukunft alle derartigen Beobachtungen veröffentlichen, denn nur durch steten Hinweis auf solche Vorkommnisse ist zu erwarten, daß allmählich eine Änderung in der einseitigen Beurteilung Platz greift.

Anhang.

Bestimmungen über das von den Staatsbehörden zu verwendende Papier.

Auf das von den Staatsbehörden zu verwendende Papier, mit Ausnahme des Stempelpapiers, finden die nachstehenden Bestimmungen Anwendung.

§ 1.

Das Papier ist auf der Grundlage von Stoff- und Festigkeitsklassen (s. nachstehend A und B) in Verwendungsklassen (C) eingeteilt.

A. Stoffklassen.

- I. Papiere nur aus Hadern (Leinen, Hanf, Baumwolle).
- II. Papiere aus Hadern mit höchstens 25% Zellstoff (aus Holz, Stroh, Esparto, Jute, Manila, Adansonia usw.), jedoch unter Ausschluß von verholzten Fasern.
- III. Papiere von beliebiger Stoffzusammensetzung, jedoch unter Ausschluß von verholzten Fasern.
- IV. Papiere von beliebiger Stoffzusammensetzung.
Aschengehalt der Papiere aller Stoffklassen beliebig.

B. Festigkeitsklassen.

Klasse	Mittlere Reißlänge in Metern	Mittlere Dehnung in Hundertsteln der ursprünglichen Länge (%)	Zahl der Doppelfaltungen nach Schopper	Verteilung der Anzahl der Doppelfaltungen auf die Falzklassen 0—7.
1	6000	4	190	Falzkl. 0 = 0—2 Doppelfaltungen
2	5000	3,5	190	„ 1 = 3—6 „
3	4000	3	80	„ 2 = 7—19 „
4	3000	2,5	40	„ 3 = 20—39 „
5	2000	2	20	„ 4 = 40—79 „
6	1000	1,5	3	„ 5 = 80—189 „
				„ 6 = 190—999 „
				„ 7 = 1000 und mehr Doppelf.

Bruchlast, Dehnung und Widerstand gegen Falzen (Zahl der Doppelfaltungen) werden bei 65% Luftfeuchtigkeit ermittelt. Der Berechnung der Reißlänge wird das Gewicht der bei 100° C getrockneten Probestreifen zugrunde gelegt.

C. Verwendungsklassen.

Klasse	Verwendung	Stoff- klasse	Festigkeits- klasse	Bogen- größe cm	Gewicht für	
					1000 Bogen kg	1 Quadrat- meter g
1	Papier für dauernd auf- zubewahrende, beson- ders wichtige Urkunden	I	1	33×42	15	—
	Papier zu Kabinettorders (Quartgröße)	I	1	26,5×42	12	—
2	Papier zu Urkunden (s. auch Klasse 1), Stan- desamtsregistern, Ge- schäftsbüchern u. dgl.					
2a	erste Sorte	I	2	33×42	14	—
2b	zweite Sorte	I	3	33×42	13	—
3	Aktenpapier für länger als 10 Jahre aufzube- wahrende Schrift- stücke					
3a	Kanzleipapier	II	3	33×42	13	—
	Briefpapier (Quartgröße)	II	3	26,5×42	10,4	—
	Briefpapier (Oktavgröße)	II	3	26,5×21	5,2	—
	Schreibmaschinen-Durch- schlagpapier	II	3	33×42	7	—
3b	Konzeptpapier	II	4	33×42	13	—
4	Aktenpapier für Schrift- stücke von geringerer Bedeutung u. kürzerer Aufbewahrungsfrist					
4a	Kanzleipapier	III	Reißlänge 3500 m, Deh- nung 2,75%, 40 Doppel- faltungen	33×42	12	—
	Briefpapier (Quartgröße)	III		26,5×42	9,6	—
	Briefpapier (Oktavgröße)	III		26,5×21	4,8	—
4b	Konzeptpapier	III	4	33×42	12	—
5	Briefumschläge, Pack- papier					
5a	erste Sorte	—	3	—	—	—
5b	zweite Sorte	—	5	—	—	—
	Gewicht d. Briefumschläge 5a und b					
	1. Umschläge bis zur Größe 13×19 cm	—	—	—	—	70
	2. Größere Umschläge u. Umschläge für Wert- sendungen	—	—	—	—	115
	Gewicht des Packpapiers					
	1. der Klasse 5a	—	—	—	—	130
	2. der Klasse 5b	—	—	—	—	115

Klasse	Verwendung	Stoff- klasse	Festigkeits- klasse	Bogen- größe cm	Gewicht für	
					1000 Bogen kg	1 Quadrat- meter g
6	Schreibpapier zu untergeordneten Zwecken des tägl. Verbrauches	—	nur soweit in einzelnen Fällen erforderlich 5 oder 6	—	—	—
7	Aktendeckel	I	Reißlänge 2500 m, Dehnung 3,5%	36 × 47	81,2	480
7a	für viel gebrauchte oder lange aufzubewahrende Akten					
7b	für andere Akten	III	Reißlänge 2500 m, Dehnung 2,5%	36 × 47	42,3	250
8	Druckpapier	I	4	—	—	—
8a	für wichtige, länger als zehn Jahre aufzubewahrende Drucksachen					
8b	für wenig wichtige Drucksachen	III	4	—	—	—
8c	zu untergeordn. Zwecken des tägl. Verbrauches	—	nur soweit in einzelnen Fällen erforderlich 5 oder 6	—	—	—

Jedes Papier muß eine seinem Verwendungszweck entsprechende Leimfestigkeit besitzen.

Die Bogengröße 33 × 42 ist auch bei Vordrucken, Büchern usw. vorzugsweise in Anwendung zu bringen. Soweit dies nicht angängig ist, sind die nachstehenden Bogengrößen, in der Regel unter Innehaltung der angegebenen Einheitsgewichte, zu benutzen.

Bogengröße Nr.	Gewichte für	
	1000 Bogen kg	1 Quadratmeter g
2 = 34 × 43 cm	14,6	} 100
3 = 36 × 45 „	16,2	
4 = 38 × 48 „	18,2	
5 = 40 × 50 „	20,0	
6 = 42 × 53 cm	24,5	} 110
7 = 44 × 56 „	27,1	
8 = 46 × 59 „	29,9	
9 = 48 × 64 „	33,8	
10 = 50 × 65 cm	—	} nach Bedarf
11 = 54 × 68 „	—	
12 = 57 × 78 „	—	

Für Schreibpapier der Klassen 1 und 2, das für seinen besonderen Zweck in hohem Maße undurchsichtig sein muß, kann nach Bedarf eine Gewichtserhöhung bis zu 25% vorgeschrieben werden.

Die Papiere der Klassen 1—4 dürfen sowohl in der Reißlänge und der Dehnung als auch in den Falzzahlen bis zu 10% nach unten hin von den festgesetzten Werten abweichen.

Gegen die bei den Verwendungsklassen aufgeführten Einheitsgewichte dürfen

a) Schreib- und Druckpapiere um 2,5%,

b) Aktendeckel und Packpapiere um 4% des Gewichtes nach oben oder unten abweichen. Die Riesumhüllung (das zum Verpacken von 1000 Bogen verwendete Umschlagpapier) wird bei der Gewichtsfeststellung mitgerechnet.

§ 2.

Die Schreibpapiere der Verwendungsklassen 1 bis 4 sind mit einem auf dem Siebe hergestellten Wasserzeichen zu versehen. Das Wasserzeichen muß die Firma des Fabrikanten sowie neben dem Worte „Normal“ das Zeichen der Verwendungsklasse enthalten; die Hinzufügung einer Jahreszahl sowie eines Zeichens zur Kennzeichnung der Fertigung ist zulässig. Die Abkürzung der Firma ist nur insoweit gestattet, als dadurch keine Zweifel über den Ursprung des Papiers hervorgerufen werden können. Das Wasserzeichen muß vollständig, wenn auch unterbrochen, in jedem Bogen vorhanden sein.

§ 3.

Es dürfen nur solche Papiere der Klassen 1 bis 4 zum amtlichen Gebrauche verwendet werden, deren Wasserzeichen bei dem Königlichen Materialprüfungsamt in Groß-Lichterfelde eingetragen ist.

Die eingetragenen Wasserzeichen werden im Reichs- und Staatsanzeiger bekannt gemacht; ein Verzeichnis derselben kann unentgeltlich von dem Materialprüfungsamt bezogen werden.

§ 4.

Vor der Erteilung von Lieferungsaufträgen ist, sofern es sich nicht um einmalige Lieferungen geringen Umfanges handelt, von jeder Papiersorte zunächst eine Probe einzufordern, die für die äußere Beschaffenheit (Aussehen, Glätte, Griff usw.) des zu liefernden Papiers maßgebend ist.

Die Prüfung des Papiers nach äußerer Beschaffenheit, sowie nach Gewicht und Bogengröße erfolgt durch die Behörde, der das Papier geliefert ist.

§ 5.

Zur Prüfung auf Stoffzusammensetzung, Festigkeit und Leimung sind sogleich nach erfolgter Lieferung und vor der Ingebrauchnahme des Papiers Proben an das Königliche Materialprüfungsamt in Berlin-Lichterfelde-West einzusenden. Das Bedrucken des Papiers mit Kopfaufdruck oder Formularvordruck ist als „Ingebrauchnahme“ nicht anzusehen. Soweit jedoch das Papier nicht schon bedruckt geliefert wird, hat die Prüfung vor dem Bedrucken zu erfolgen.

Die Gebühr für die Prüfung einer Papiersorte durch das Materialprüfungsamt beträgt 20 Mk. Ergibt die Prüfung, daß das Papier den Anforderungen genügt, so hat die Behörde, anderenfalls der Lieferant die Prüfungsgebühr zu zahlen.

§ 6.

Die an das Materialprüfungsamt einzusendenden Proben müssen aus zehn Bogen Papier, zehn Briefumschlägen oder Aktendeckeln von jeder zu prüfenden Sorte bestehen und einzeln aus verschiedenen Stellen der Lieferung und aus Paketen, die noch nicht geöffnet waren, bei größeren Lieferungen aus mindestens fünf Paketen, entnommen werden; sie sind zwischen steife Deckel zu verpacken und dürfen nur so weit gekniff werden, daß die ungekniffenen Flächen mindestens $26,5 \times 21$ cm groß bleiben.

§ 7.

Das Materialprüfungsamt hat in seinen Prüfungszeugnissen neben der Angabe der Einzelergebnisse der Prüfung zu bescheinigen, ob das Papier die Bedingungen für die Stoffzusammensetzung, Festigkeit und Leimung erfüllt oder nicht erfüllt. Letzterenfalls ist ersichtlich zu machen, inwieweit den Anforderungen nicht genügt ist.

Auf Antrag und gegen Erstattung der Kosten können den Papierfabriken, deren Wasserzeichen eingetragen ist, die Ergebnisse der amtlicherseits veranlaßten Prüfungen ihrer Papiere von dem Materialprüfungsamt mitgeteilt werden.

§ 8.

Papiere, die nach dem Urteil der Behörden (§ 4 Abs. 2) oder nach den Prüfungszeugnissen des Materialprüfungsamtes (§ 7 Abs. 1) den Bedingungen nicht genügen, sind zurückzuweisen.

Hat das Materialprüfungsamt bei den im Auftrage von Behörden vorgenommenen Prüfungen der Erzeugnisse einer Fabrik im Laufe eines Jahres mehrfach grobe Verstöße gegen die Bestimmungen festgestellt, so ist die Fabrik von dem Materialprüfungsamt zu verwarren.

Als grobe Verstöße gelten Abweichungen gegen die Stoff- und Festigkeitsklasse, die bei achtsamer Fabrikation und gewissenhafter Kontrolle der Ware vor Abgang aus der Fabrik hätten erkannt werden müssen.

Bleibt die Verwarnung erfolglos, so kann die Fabrik durch Streichung ihres Wasserzeichens in dem amtlichen Verzeichnis von ferneren Lieferungen für staatliche Behörden ausgeschlossen werden. Die Entscheidung hierüber erfolgt durch den Minister für Handel und Gewerbe.

Die Löschung des Wasserzeichens wird im Reichs- und Staatsanzeiger bekannt gemacht.

Nach Ablauf von zwei Jahren kann die betreffende Fabrik unter Vorlegung von Proben ihres Papiers bei dem Materialprüfungsamt die Wiedereintragung ihres Wasserzeichens beantragen. Über den Antrag entscheidet auf Grund gutachtlichen Berichtes des Materialprüfungsamtes der Minister für Handel und Gewerbe.

§ 9.

Die Behörden dürfen in ihren Lieferungsbestimmungen andere als die bei den Verwendungsklassen angegebenen Grenzwerte für Stoff, Festigkeit und Gewicht des Papiers nicht vorschreiben.

In den Verträgen über Papierlieferungen, bzw. bei mündlicher Erteilung des Lieferungsauftrages, ist auszubedingen, daß der Lieferant sich den für ihn aus diesen Bestimmungen folgenden Verpflichtungen zu unterwerfen habe.

Diese Bestimmungen sind jedem Lieferungsvertrage anzuheften und zu dem Zwecke von dem Königlichen Materialprüfungsamt in Großlichterfelde auf Verlangen abzugeben.

§ 10.

Die unter dem 17. November 1891 erlassenen Vorschriften für die Lieferung und Prüfung von Papier zu amtlichen Zwecken treten außer Kraft.

Berlin, den 28. Januar 1904.

Königliches Staatsministerium.

Dienstanweisung zur Ausführung der „Bestimmungen über das von den Staats- behörden zu verwendende Papier“

vom 28. Januar 1904.

1.

Zu § 1 Tabelle C. Es ist unzulässig, für den einzelnen Zweck Papier einer geringeren als der dafür bestimmten Klasse zu verwenden.

Dem Minister der öffentlichen Arbeiten bleibt jedoch die Befugnis vorbehalten, für den Geschäftsbereich der Eisenbahnverwaltung, soweit die besonderen Verhältnisse dieser Verwaltung es bedingen, die bei den Verwendungsklassen 3 und 8a angegebenen Zeitgrenzen anderweit festzusetzen, sowie für einzelne Zwecke ausnahmsweise die Verwendung eines geringeren als des dafür vorgeschriebenen Papiers zuzulassen.

2.

Zu § 3 Abs. 1. Die Provinzialbehörden haben von Zeit zu Zeit in geeigneter Weise festzustellen, ob von den nachgeordneten Dienststellen ausschließlich Normalpapier mit eingetragendem Wasserzeichen verwendet wird.

3.

Zu § 5 Abs. 1. a) Alle mit einem Bureau ausgestatteten Dienststellen — einschließlich der einzeln stehenden Beamten (Landräte usw.) — haben ihr Papier der Verwendungsklassen 1—4 und 8a und b, soweit es ihnen nicht aus den geprüften Beständen einer anderen Behörde geliefert wird, selbständig prüfen zu lassen. Indessen sind die Provinzialbehörden ermächtigt, kleinere Behörden und einzeln stehende Beamte, die ihr Papier von demselben Lieferanten beziehen, ohne Rücksicht auf ihre Ressortzugehörigkeit zum Zwecke der Papierprüfung zu Gruppen von 2—4 Teilnehmern zu vereinigen. Das Papier der verschiedenen Teilnehmer ist alsdann in möglichst unregelmäßiger Folge zu prüfen.

Die einzeln stehenden Beamten ohne Bureau haben ihren Papierbedarf durch Vermittelung der vorgesetzten Dienstbehörde zu decken. Die Zusendung des Papiers kann gleichfalls unmittelbar durch den Lieferanten erfolgen und die Prüfung darauf beschränkt werden, daß die auftraggebende Behörde gelegentlich neben dem eigenen Papier oder, wo die jährliche Gesamtbestellung den Wert von 300 Mk. nicht erreicht, an Stelle des eigenen das anderweitig gelieferte Papier prüfen läßt. In einzelnen besonderen Ausnahmefällen können jedoch die Provinzialbehörden den einzeln stehenden Beamten ohne Bureau die selbständige

Beschaffung ihres Papiers gestatten; in diesen Fällen entfällt der Prüfungszwang.

b) Die Prüfungspflicht der Behörden hängt von dem Umfange der Papierbestellung ab; wenn die jährliche Bestellung den Wert von 300 Mk. erreicht oder übersteigt, hat in jedem Etatsjahre, wenn sie diesen Wert nicht erreicht, im Laufe von zwei Etatsjahren mindestens eine Prüfung stattzufinden.

Inwieweit gelegentliche Prüfungen des Papiers der Verwendungs-klasse 5 und 7 und gegebenenfalls der Klassen 6 und 8c vorzunehmen sind, bleibt dem Ermessen der Behörden überlassen.

4.

Zu § 5 Abs. 2. a) Die von den Staatsbehörden zu entrichtende ermäßigte Prüfungsgebühr wird auf 16 Mk. festgesetzt.

b) Es ist unstatthaft, die Prüfungskosten in den Lieferungsverträgen allgemein und ohne Rücksicht auf den Ausfall der Prüfung dem Lieferanten aufzuerlegen. Dagegen kann der Lieferant für den Fall der Lieferung ungenügenden und deshalb von ihm zurückzunehmenden Papiers verpflichtet werden, die Kosten der Prüfung des als Ersatz gelieferten Papiers auch dann zu tragen, wenn dieses Papier den Anforderungen genügt.

5.

Zu § 8 Abs. 1. a) Von der Vorschrift, daß ungenügend befundenes Papier zurückzuweisen ist, darf nur ausnahmsweise in besonderen Fällen abgewichen werden. Das Papier ist alsdann für Zwecke derjenigen Klasse zu verwenden, deren Anforderungen es nach dem Ergebnisse der Prüfung entspricht.

b) Ist einer Behörde wiederholt nicht vorschriftsmäßiges Papier derselben Fabrik geliefert worden, so ist sie berechtigt, Papier dieser Fabrik ihrerseits von weiteren Lieferungen auszuschließen. Die Ausschließung hat sich alsdann aber auf sämtliche Erzeugnisse der Fabrik zu erstrecken. Von einer derartigen Ausschließung ist unter näherer Darlegung der Gründe dem Ressortminister Anzeige zu erstatten, welcher erforderlichenfalls auch die übrigen Verwaltungschefs davon in Kenntnis setzt.

6.

Zu § 8 Abs. 5 und 6. Gründe für die Löschung des Wasserzeichens sind im Reichs- und Staatsanzeiger nicht anzugeben.

Die Löschung oder Wiedereintragung eines Wasserzeichens wird den Behörden auf amtlichem Wege mitgeteilt.

Berlin, den 28. Januar 1904.

Königliches Staatsministerium.

Normen für Rohdachpappe¹⁾.

1. Zur Herstellung von Rohpappe dürfen lediglich folgende Arten von Rohstoffen verwendet werden:
 - a) Lumpen,
 - b) Abfälle aus der Textil-Industrie, soweit sie faseriger Art sind,
 - c) Altpapier.Auswahl und Mischungsverhältnis der Rohstoffe bleiben den Fabrikanten überlassen. Direkter Zusatz von Holzschliff, Strohstoff, Torf, Sägemehl und mineralischem Füllstoff ist verboten.
2. Der Aschengehalt darf nicht mehr als 12% betragen.
3. Lufttrockene Pappe darf nicht mehr als 12% Wassergehalt führen.
4. Alle Pappen, die geringere Aufnahmefähigkeit von Anthracenöl als 120% nach dem Eintauchen aufweisen, gelten für mangelhaft.
5. Rohpappen von normaler Dicke (333 g für das Quadratmeter und mehr) müssen ein Reißgewicht (für 15 mm breite Streifen) von mindestens 4 kg in der Längsrichtung haben.
6. Als oberste technische Instanz für die Frage der Erfüllung der Normen gilt das Königlich Preußische Materialprüfungsamt in Berlin-Lichterfelde.

Bestimmungen über die Ausführung der Prüfungen von Rohdachpappen.

Die Untersuchung von Rohpappen auf das Vorhandensein der durch die Normen festgelegten Eigenschaften muß in folgender Weise ausgeführt werden:

Probeentnahme.

Aus fünf Rollen bzw. Ballen einer jeden Sorte werden, einige Meter vom Ende entfernt, Stücke von 25 cm Länge über die ganze Breite der Bahn entnommen und einmal zusammengekniff (Rand auf Rand). Bei ungünstigem Ausfall der Prüfung sollen auf Antrag des Lieferanten weitere fünf Rollen bzw. Ballen in gleicher Weise zur Prüfung herangezogen werden können. Ausschlaggebend ist dann das Mittel aus den Werten aller 10 Proben.

Bestimmung der Festigkeit.

Aus jedem der fünf Probestücke wird neben dem Kniff und parallel zu diesem ein Streifen von 15 mm Breite in ganzer Länge (25 cm) ent-

¹⁾ Ausgearbeitet unter Mitwirkung des Königlich Materialprüfungsamtes in Berlin-Lichterfelde und im Mai 1913 angenommen von dem Verband Deutscher Dachpappenfabrikanten, Verein Deutscher Rohpappenfabrikanten und dem Verein Westdeutscher Rohpappenfabrikanten. Die Normen gelten nur für Rohpappe in der Stärke bis einschließlich Nr. 150, d. h. 333 g für das qm und mehr.

nommen, am besten mit Hilfe einer für derartige Zwecke besonders gebauten Schneidevorrichtung. (Abgebildet und beschrieben in Herzbergs Papier-Prüfung, 4. Aufl., S. 10.) Diese 5 Streifen werden einzeln auf einem Festigkeitsprüfer zerrissen, der allen Ansprüchen, die die Materialprüfung an derartige Apparate stellt, entsprechen muß. (Im Materialprüfungsamt werden zurzeit Festigkeitsprüfungen mit Papier, Pappe usw. ausschließlich mit Schopperschen Festigkeitsprüfern ausgeführt.) Das aus den fünf Werten für die Bruchlast gebildete Mittel ist für die Festigkeit maßgebend.

Streifen, die in oder ganz nahe den Einspannklemmen des Apparates reißen, werden nicht berücksichtigt; an ihrer Stelle sind andere aus demselben Probestück entnommene Streifen zu prüfen. Bei der Vornahme der Prüfung ist darauf zu achten, daß die Luftfeuchtigkeit im Versuchsraume annähernd 65% beträgt.

Bestimmung des Aschengehaltes.

Aus zwei der fünf Probestücke wird je 1 g Material entnommen und mit Hilfe der hierfür üblichen Vorrichtungen verascht. Das Mittel aus beiden Bestimmungen ist maßgebend. (Auf Veranlassung des Materialprüfungsamtes hat die Firma Schopper-Leipzig eine besondere Zeigerwaage gebaut, die nach dem Veraschen der Pappe den Aschengehalt direkt anzeigt.)

Bestimmung der Feuchtigkeit (Wassergehalt).

Aus zwei der fünf Probestücke wird unmittelbar nach dem Aufrollen und Abschneiden je ein 10 mm breiter Streifen über die ganze Breite der Bahn entnommen. Beide Streifen werden zusammen in ein Wägegglas gebracht (gekniffelt, zerschnitten o. a.), gewogen, bei 100 bis 105° C völlig getrocknet und wieder gewogen. Der Gewichtsverlust ergibt den Feuchtigkeitsgehalt der Probe.

Aufnahme von Anthracenöl.

Aus zwei der fünf Probestücke wird je ein Pappstreifen von 1 g entnommen. Die Streifen werden in aufrechter Stellung langsam in das Öl (Zimmerwärme) gesenkt, völlig untergetaucht, nach fünf Minuten herausgenommen und sobald sie nicht mehr tropfen, gewogen. Die Gewichtszunahme gibt die Menge des aufgenommenen Öls an, in Zentigramm ausgedrückt also direkt die Prozente. Zur Prüfung darf nur Anthracenöl verwendet werden, das von einer unter Kontrolle des Materialprüfungsamtes stehenden Stelle bezogen worden ist. Bis auf weiteres ist dies die Firma C. A. F. Kahlbaum, Berlin C 25, Kaiser-

Wilhelmstraße 18c. Das Öl wird in Gefäßen abgegeben, die vom Amt versiegelt sind und die Prüfmarke des Amtes tragen.

Stoffzusammensetzung.

Aus den fünf Probestücken werden je etwa 10 qcm Pappe entnommen. Die Proben werden zusammen in Wasser gekocht und dabei durch kräftiges Rühren mit einem Glasstab in Brei verwandelt. Dieser wird auf ein feines Sieb gebracht, ausgewaschen und dann in üblicher Weise für die mikroskopische Prüfung weiter behandelt (Herzbergs Papier-Prüfung, S. 90—99).

Entscheidung durch das Materialprüfungsamt.

Wird die Entscheidung des Materialprüfungsamtes über das Vorhandensein der Normen-Eigenschaften beantragt, so sind die bei der Probeentnahme erwähnten fünf Stücke zwischen steifen Deckeln verpackt an das Amt (Berlin-Lichterfelde) zu senden. In Streitfällen ist anzugeben, welche Eigenschaften der Pappe beanstandet worden sind. Wird der Feuchtigkeitsgehalt bemängelt, so sind in Gegenwart einer unparteiischen Person oder eines Vertreters der liefernden Fabrik aus dem Innern von fünf verschiedenen Rollen zusammen etwa 5 kg Pappe in Streifen über die ganze Breite der Bahn zu entnehmen und sofort genau zu wiegen. Die Proben werden dann in festes, glattes Packpapier verpackt, versiegelt und dem Amt zugeschickt.

Normen für Bucheinbände.

Die Bibliotheken haben in den letzten Jahren mit den Einbänden ihrer Bücher üble Erfahrungen gemacht, die dazu geführt haben, Normen für alle beim Einbinden benützte Materialien (Leder, Pergament, Webstoffe, Bezug- und Vorsatzpapiere, Leim, Zwirn, Pappe) und auch für die Buchbindertechnik aufzustellen¹⁾. In der Kommission, die die Normen bearbeitet hat, saßen Vertreter von Bibliotheken, des Buchgewerbes, des Materialprüfungsamtes, der Lederindustrie, Textilindustrie, Papierindustrie, der öffentlichen chemischen Laboratorien, des Buchbinderhandwerks usw., so daß man wohl annehmen kann, daß alle Gesichtspunkte, die bei der Aufstellung dieser Normen in Frage kommen konnten, berücksichtigt worden sind. Die Erfahrung wird zeigen, wo sie noch ergänzungsbedürftig sind.

¹⁾ Vorschriften für Bibliothekseinbände. Beschlossen vom Verein Deutscher Bibliothekare. Zentralblatt für Bibliothekswesen 1911, Heft 7—8 und 1912, S. 170.

Die für Papier und Pappe getroffenen Bestimmungen sind folgende:

Bezug- und Vorsatzpapiere.

1. Stoffzusammensetzung, Stärke und Glätte der Bezugspapiere.

Bezugspapiere müssen der Stoffklasse III und der Festigkeitsklasse 3 angehören. Es ist gestattet, zum Mustern und zum Erzielen besonderer Wirkungen Jutefasern im Höchstbetrage von 10% zu verwenden.

Bezugspapiere für kleinere Bände müssen mindestens 100 g pro Quadratmeter wiegen, für größere Bände mindestens 140 g.

Alle Bezugspapiere sollen eine gewisse Glätte haben.

2. Einfarbige Bezugspapiere.

Die Papiere müssen durch und durch gefärbt sein. Gestrichene Papiere müssen auf ein durch und durch gefärbtes Grundpapier gestrichen sein; die Farbe des Aufstrichs muß der des Grundpapiers entsprechen.

Das Papier muß mit lichtechten Farben gefärbt sein. Die Musterung einfarbiger Papiere durch Wasserzeichen ist zulässig.

3. Gemusterte bunte Bezugspapiere.

Die gemusterten Buntpapiere, die zum Beziehen verwendet werden, wie Tunkpapiere, Sprengpapiere, Kleisterpapiere, Modelldruck- und Walzenpapiere, Steindruckpapiere müssen auf durchgefärbtem Grundpapier von entsprechender Farbe gearbeitet sein.

Sie müssen mit lichtechten Farben und ohne Anwendung schädlicher Säuren und Beizen hergestellt sein.

Sie dürfen im Gebrauch nicht abfärben.

4. Vorsatzpapiere.

Als Vorsatzpapier ist weißes oder schwach getöntes, vollgeleimtes Papier der Stoffklasse III und der Festigkeitsklasse 3 im Gewicht von mindestens 100 g pro Quadratmeter für kleinere Bände, von mindestens 140 g für größere Bände zu verwenden.

5. Benennung und Garantie.

Für Bezug- und Vorsatzpapiere, die den vorstehenden Anforderungen entsprechen, werden folgende Benennungen festgesetzt:

- a) Normal-Bezugpapier, leicht,
- b) „ „ schwer,
- c) „ Vorsatzpapier, leicht,
- d) „ „ schwer,

jedesmal mit dem Zusatz:

„Hergestellt gemäß den Vorschriften des Vereins Deutscher Bibliothekare vom 8. Juni 1911.“

Eine Garantie für die Befolgung der vorstehenden Vorschriften ist durch die Möglichkeit der wissenschaftlichen Nachprüfung gegeben.

Pappe. Es ist beste graue Pappe, frei von groben Verunreinigungen, gut ausgetrocknet und gut gewalzt, zu verwenden. Pappe aus Stroh oder Holzschliff ist ausgeschlossen.

Rückeneinlage. Für Rückeneinlagen ist Normalaktendeckel oder Hanfschrenz zu nehmen.

Für die Klebstoffe, die zum Zusammenkleben von Gewebe, Papier und Pappe zu benützen sind, ist folgendes festgesetzt.

Leim. Es soll nur bester, säurefreier Lederleim verarbeitet werden, der nicht zu dick und nicht zu heiß aufzutragen ist.

Kleister. Es ist ausschließlich Kleister aus Weizenstärke zu verwenden, der gut gekocht sein muß und nicht in Fäulnis übergegangen sein darf. Zur Verhinderung der Fäulnis ist ein Alaunzusatz erforderlich.

Die Kommission tritt in Verbindung mit Fabrikanten aus den oben erwähnten Industrien und veröffentlicht die Namen derjenigen Firmen im Zentralblatt für Bibliothekswesen, die sich bereit erklärt haben, Material zu liefern, das den Normen entspricht.

Es ist zu erwarten, daß sich nach Einführung dieser Normen die Haltbarkeit der Bucheinbände ganz erheblich steigern wird und daß Zustände, wie sie jetzt beklagt werden, in Zukunft nicht mehr auftreten.

Papiernormalien in den deutschen Bundesstaaten.

Dem Beispiele Preußens, die Beschaffung des für die Staatsbehörden erforderlichen Papiers auf feste Grundlagen zu stellen und so für den guten Zustand der Aktenbestände und Archive zu sorgen, sind verschiedene Bundesstaaten gefolgt. Die Überzeugung von dem Werte der Papierprüfungen bricht sich eben immer mehr Bahn. Die hiermit verbundenen, verhältnismäßig geringen Kosten fallen gegenüber der großen Bedeutung, die die Verwendung zweckmäßiger Papiere für uns und unsere Nachkommen hat, gar nicht ins Gewicht.

Die Bestimmungen der Bundesstaaten schließen sich ganz eng, meist wörtlich, an die preußischen Normalien vom 28. Januar 1904 an, und das ist im Interesse unserer Papierindustrie mit Freude zu begrüßen.

Nachstehende Zusammenstellung gibt eine Übersicht über die Bundesstaaten, die bis jetzt Normalbestimmungen eingeführt haben, soweit diese öffentlich bekannt geworden sind.

Bundesstaat.	Datum des Erlasses der Normalbestimmungen	Prüfungsstelle und Stelle für die Anmeldung des Wasserzeichens
Preußen	28. Januar 1904 ¹⁾	Kgl. Materialprüfungsamt Groß-Lichterfelde-West.
Bayern	28. Dezember 1892 ²⁾	Amtliche Papierprüfungsstelle der Technischen Hochschule zu München und Bayrisches Gewerbemuseum in Nürnberg.
Baden	11. Oktober 1897 ³⁾	Großherzogliche chemisch-technische Prüfungs- und Versuchsanstalt in Karlsruhe und Materialprüfungsamt Groß-Lichterfelde.
Hessen	17. Januar 1907 ⁴⁾	Großherzoglich Hessische Prüfungsanstalt für Papier in Darmstadt. Technische Hochschule.
Württemberg	21. Januar 1907 ⁵⁾	Kgl. Zentralstelle für Gewerbe und Handel in Stuttgart.
Elsaß-Lothringen	8. März 1913 ⁶⁾	Materialprüfungsamt Groß-Lichterfelde.

**Liste der Papierfabriken,
die ihr Wasserzeichen beim Materialprüfungsamt zu Groß-
Lichterfelde angemeldet haben.**

(Vgl. § 3 der „Bestimmungen“ S. 242.)

Firma	Wortlaut des Wasserzeichens (abgesehen von dem Worte „Normal“ und dem Klassenzeichen)
Aktiengesellschaft Papierfabrik Hegge in Hegge bei Kempten, Allgäu	Papierfabrik Hegge.
Aktien-Papierfabrik Regensburg in Regensburg .	Aktienpapierfabr. Regensburg.
Carl Beckh Söhne in Faurndau (Württemberg) .	Beckh Söhne Faurndau.
Bohnenberger & Cie., Niefern bei Pforzheim . .	Bohnenberger & Cie. Niefern.
Brückner & Co. in Calbe (Saale)	Brückner & Co. Calbe a. S.
Gebr. Buhl in Ettlingen (Baden)	Gebrüder Buhl Ettlingen.

¹⁾ Frühere Bestimmungen: Grundsätze für amtliche Papierprüfungen, 5. Juli 1886. Vorschriften für die Lieferung und Prüfung von Papier zu amtlichen Zwecken, 17. Nov. 1891.

²⁾ Amtsblatt des Königl. Bayr. Staatsministeriums des Innern 1892, Nr. 50.

³⁾ Gesetzes- und Verordnungsblatt für das Großherzogtum Baden 1897, Nr. 21.

⁴⁾ Großherzoglich hessisches Regierungsblatt 1907, Nr. 7.

⁵⁾ Regierungsblatt für das Königreich Württemberg Nr. 5 vom 9. II. 1907.

⁶⁾ Reichsländisches Zentralblatt 1913, S. 163.

Firma	Wortlaut des Wasserzeichens (abgesehen von dem Worte „Normal“ und dem Klassenzeichen)
Chemnitzer Papierfabrik in Einsiedel (Chemnitz)	Papierfabrik Einsiedel.
Cröllwitzer Aktien-Papierfabrik in Cröllwitz bei Halle a. S.	Papierfabrik Croellwitz.
Dalbker Papierfabrik Max Dresel in Dalbke . . .	Dalbker Papierfabrik.
Oskar Dietrich in Weißenfels (Saale)	Oscar Dietrich Weißenfels a. S.
Dresdener Papierfabrik in Dresden-A.	Dresdener Papierfabrik.
Georg Drewsen in Lachendorf bei Celle	G. Drewsen Lachendorf.
Gebr. Ebart in Spechthausen bei Eberswalde . .	Gebr. Ebart Spechthausen.
Friedr. Wilh. Ebbinghaus in Letmathe	F. W. Ebbinghaus Letmathe.
Eichberger Papierfabrik (R. v. Decker) in Eichberg bei Schildau (Bober)	Eichberger Papierfabrik.
Elberfelder Papierfabrik A.G., Berlin-Zehlendorf	Elberfelder Papierfabrik.
J. H. Eppen in Winsen (Luhe)	J. H. Eppen Winsen.
Ferd. Flinsch in Berlin	Flinsch Blankenberg.
Ferd. Flinsch in Freiburg (Breisgau)	Ferdinand Flinsch Freiburg.
Freiberger Papierfabrik in Weißenborn (Erzgebirge)	Papierfabrik Weißenborn.
Carl P. Fues in Hanau a. M.	Carl P. Fues Hanau.
Heinrich Goßler in Frankeneck b. Neustadt (Haardt)	H. Goßler Frankeneck.
J. J. Goßler in Frankeneck bei Lambrecht (Pfalz)	J. J. Goßler Frankeneck.
G. F. Halbrock in Hillegosen bei Bielefeld . . .	G. F. Halbrock Hillegosen.
Hannoversche Papierfabriken Alfeld-Gronau vorm. Gebr. Woge in Alfeld (Leine)	Alfeld-Gronau.
Emil Hösch in Düren (Rheinland)	Emil Hoesch Düren.
Hugo Hösch in Königstein (Sachsen)	Hugo Hoesch Koenigstein i. S.
Gebr. Hoffsummer in Düren (Rheinland)	Gebr. Hoffsummer Düren.
Illigsche Papierfabrik in Eberstadt (Darmstadt) .	Illig Papierfabrik Eberstadt.
Knöckel, Schmidt & Co. in Neustadt (Haardt) . .	Knöckel, Schmidt & Cie. Neustadt a. H.
J. Krauß Erben in Pfullingen (Württemberg) . .	Krauß Pfullingen.
Gebrüder Laiblin in Pfullingen (Württemberg) .	Gebrüder Laiblin Pfullingen.
Mahla & Gräser in Remse (Sachsen)	Mahla & Graeser Remse.
Marggraff & Engel in Wolfswinkel bei Eberswalde	Marggraff Wolfswinkel.
Maschinenpapierfabrik Hoffmann & Engelmann in Neustadt (Haardt)	Hoffmann & Engelmann Neustadt Haardt.
Müller & Schimpf in Gengenbach (Baden)	Müller & Schimpf Gengenbach.
München-Dachauer A.-G. für Maschinenpapierfabrikation in München	München-Dachau.
Neue Papiermanufaktur in Straßburg i. E.	Papierfabrik Straßburg i. E.
Neußer Papier- und Pergamentpapierfabrik A. G. in Neuß	Neußer Papierfabrik.
Nossener Papierfabriken vorm. Roßberg & Co. in Nossen (Sachsen)	Nossener Papierfabriken.
Papierfabrik am Baum (C. Roser) in Miesbach (Oberbayern)	Papierfabrik am Baum Miesbach.
Papierfabrik Gauting von Dr. Haerlin in Gauting bei München	Papierfabrik Gauting.

Firma	Wortlaut des Wasserzeichens (abgesehen von dem Worte „Normal“ und dem Klassenzeichen)
Papierfabrik Kirchberg, Aktiengesellschaft in Kirchberg bei Füllich	Papierfabr. Kirchberg A.G.
Papierfabrik Köslin A. G. in Köslin (Pommern) .	Coeslin.
Papierfabrik Louisenthal C. Haug & Cie. in Louisenthal, Post Gmund (am Tegernsee)	C. Haug & Cie. Louisenthal.
Papierfabrik Napoleonsinsel, Zuber, Rieder & Cie. in Rixheim (Elsaß)	Papierfabrik Rixheim.
Papierfabrik Sacrau G. m. b. H. in Breslau . .	Papierfabrik Sacrau.
Papierfabrik Salach-Süßen in Salach (Post Süßen)	Papierfabrik Salach-Süßen.
Papierfabrik Treuenbrietzen vorm. Wilhelm Seebald & Comp. G. m. b. H. in Treuenbrietzen (Mark Brandenburg)	Seebald Treuenbrietzen.
Papierfabrik in Unterkochen (Württemberg) . .	Papierfabrik Unterkochen.
Papierfabrik Weißenstein, Haas & Co. in Weißenstein (Baden)	Papierfabrik Weißenstein.
Papierfabrik Wolfegg A. G. in Wolfegg (Württemberg)	Papierfabrik Wolfegg.
Papierfabrik zum Bruderhaus in Dettingen bei Urach (Württemberg)	Papierfabrik zum Bruderhaus, Dettingen bei Urach.
Papier- und Papierstofffabrik in Niederkaufungen (Bez. Cassel)	Papierfabrik Niederkaufungen.
Patent-Papier-Fabrik in Hohenofen bei Neustadt (Dosse)	Patent-Papier-Fabrik Hohenofen.
Patentpapierfabrik in Penig (Sachsen)	Penig.
Poensgen & Co. in Berg. Gladbach	Papierfabrik Kieppemühle.
Pommersche Papierfabrik in Hohenkrug Post Mühlenbeck (Pommern)	Hohenkrug.
Rathsdamnitzer Cellulose- und Papierfabriken A.G. vorm. C. F. Meißner & Sohn in Rathsdamnitz	Papierfabrik Raths-Damnitz.
Gebr. Rauch in Heilbronn a. N.	Gebrüder Rauch Heilbronn oder Rauch-Heilbronn.
Rheinische Aktien-Gesellschaft für Papierfabrikation in Neuß	Rhein. Papierfabrik Neuß.
Sebnitzer Papierfabrik A.-G. in Sebnitz (Sachsen)	Sebnitzer Papierfabrik.
Sieler & Vogel, Inh. der Schröderschen Papierfabrik in Golzern (Sachsen)	Sieler & Vogel Papierfabrik Golzern.
Simoniussche Cellulosefabriken A. G. Papierfabrik Fockendorf in Fockendorf	Fockendorf Simonius.
J. P. Sonntag in Emmendingen (Baden) . . .	J. P. Sonntag Emmendingen.
Gustav Schaeuffelensche Papierfabrik in Heilbronn a. N.	Gustav Schaeuffelen Heilbronn.
H. A. Schöller Söhne in Düren (Rheinland) . .	H. A. Schoeller Soehne Düren.
Felix Schöller & Bausch in Neu-Kaliß (Mecklenburg)	Schoeller & Bausch Neu-Kaliß

Firma	Wortlaut des Wasserzeichens (abgesehen von dem Worte „Normal“ und dem Klassenzeichen)
Felix Schöller Söhne & Co. in Offingen a. D. . .	Felix Schoeller Söhne & Co. Offingen a. D.
Felix Schöller jr. in Burg Gretesch bei Osnabrück	F. Schoeller jr. Gretesch oder Schoeller Gretesch.
Felix Heinr. Schöller in Düren (Rheinland) . . .	Papierfabrik Walzmühle bei Düren oder Felix Heinr. Schoeller Düren.
L. Schwindenhammer in Türkheim (Elsaß) . . .	L. Schwindenhammer Türk- heim i. E.
Louis Staffel in Witzenhausen	Louis Staffel Oberschmitt oder L. Staffel Witzen- hausen.
Paul Steinbock in Frankfurt (Oder)	Paul Steinbock Frankfurt a. O.
Gebr. Stettner in Düren (Rheinland)	Gebr. Stettner Düren.
Joh. Sutter, Papierfabrik Schopfheim, Baden .	Joh. Sutter Schopfheim.
Thodesche Papierfabrik A. G. in Hainsberg (Sachsen)	Thode Hainsberg.
Varziner Papierfabrik Hammermühle R. B. Köslin	Varzin.
Vereinigte Bautzner Papierfabriken in Bautzen .	Bautzner Papierfabriken.
Jul. Vorster, Papierfabrik, Ges. m. b. H. in Hagen i. W.	Jul. Vorster Ges. m. b. H. Hagen W.
Wintersche Papierfabriken in Wertheim bei Hameln	Wintersche Papierfabriken Hameln.
Wintersche Papierfabriken in Altkloster bei Buxtehude	Wintersche Papierfabriken Altkloster.
Wiede's Papierfabrik Rosenthal in Rosenthal (Reuß)	Wiedes Papierfabrik Rosen- thal.
Wiede & Söhne in Trebsen (Mulde)	Wiede & Söhne Trebsen.
J. W. Zanders in Berg. Gladbach	Papierfabrik Schnabelsmühle B. Gladbach oder J. W. Zanders B. Gladbach.

Auszug aus den Vorschriften für Frachtbriefpapiere.

(Reichs-Eisenbahnamt. 13. Oktober 1892.)

Zu den Frachtbriefen ist Normalpapier 4a mit vorschriftsmäßigem Wasserzeichen zu verwenden. Die Farbe des Papiers muß entschieden weiß sein und das Gewicht bei der für Frachtbriefe durch die Verkehrsordnung vorgeschriebenen Bogengröße von 76×60 cm für je 1000 Bogen (4000 Frachtbriefe) 39 kg betragen. Eine Abweichung von diesem Einheitsgewicht um 2,5 % nach oben und unten ist gestattet. Bei der Gewichtsfeststellung wird die Riesumhüllung (das zum Verpacken von 1000 Bogen verwendete Umschlagpapier) mitgewogen.

Fabrikanten, die Frachtbriefe herstellen, haben ihr Wasserzeichen bei einer mit der Prüfung von Papier zu amtlichen Zwecken in einem Bundesstaat

beauftragten Behörde anzumelden. Die Prüfung, ob das Frachtbriefpapier den vorbezeichneten Bedingungen entspricht, erfolgt nach Maßgabe der bei diesen Behörden bestehenden Vorschriften.

Vorschriften der Reichsdruckerei für verschiedene im Postverkehr benützte Papier- und Kartonsorten.

(Oktober 1914.)

Papier bzw. Karton zu	Stoffklasse	Mittlere		Falz- wider- stand (An- zahl der Dop- pelfalzen)	Leimfestigkeit	Quadrat- meter- gewicht g
		Reiß- länge m	Deh- nung %			
Postkarten	IV	3000	2,5	40	voll geleimt	200
Postanweisungen	IV	2000	2,0	20	„ „	175
Postpaketadressen	IV	2000	2,0	20	„ „	175
Zahlkarten	III	3500	2,75	40	„ „	85
Briefmarken	III	3000	2,0	20	schwach geleimt	60
Beitragsmarken für die Invalidenversicherung	mindestens 20% Hadern, im übrigen III	—	—	—	„ „	60
Stempelmarken	III	3000	2,0	20	„ „	60
Nachnahmekarten	IV	2000	2,0	20	voll geleimt	175
Postlagerkarten	III	2000	2,0	20	„ „	250
Nachnahmepaketadressen	IV	2000	2,0	20	„ „	175
Posteinlieferungsscheine	IV	2000	2,0	20	„ „	60

Auszug aus den Vorschriften für Quittungskarten-Karton.

(Gesetz betr. Invaliditäts- und Altersversicherung vom 22. Juni 1889.)¹⁾

Die Quittungskarten für die Invalidenversicherung sind aus Hadern und Zellstoff herzustellen. Die Hadern sollen etwa zu gleichen Teilen aus Leinen (oder Hanf) und Baumwolle bestehen und mindestens 50% des Stoffes ausmachen.

¹⁾ Reichsgesetzblatt 1889, S. 97, und 1911, S. 937.

Der Karton muß eine mittlere Reißlänge von 4500 m und eine mittlere Dehnung von 4% haben, darf bei der Verbrennung einen Aschengehalt von nicht mehr als 4% zurücklassen und muß im Quadratmeter ein Gewicht von 270 bis 290, im Durchschnitt 280 g aufweisen.

Die gelbe Färbung ist durch Zusatz von Eisenoxyd und Bleichromat, die graue Färbung (Karten für die Selbstversicherung) durch Zuteilen von naturblauer Leinenfaser zum Stoff und Abtönen mit Miloriblauf und Chromgelb zu erzielen.

Auszug aus den Vorschriften für das Papier zu Standesregistern und Registerauszügen.

(Ministerium des Innern. 2. April 1892.)

Das Papier für die
Standesregister muß der Stoffklasse I, Festigkeitskl. 2 (Verwendungskl. 2a),
Registerauszüge „ „ „ I, „ 3 („ 2b)
angehören.

Auszug aus der Gebührenordnung des Königlichen Materialprüfungsamtes zu Berlin-Lichterfelde.

a) Papier.

Gegenstand	Art und Umfang der Versuche	Ansatz Nr.	Betrag M.
Festigkeit	Bestimmung der Reißlänge und Dehnung in den beiden Hauptrichtungen in je 5 Versuchen	3001	10,00
	Bestimmung der Bruchlast und Dehnung in den beiden Hauptrichtungen (ohne Berechnung der Reißlänge) in je 5 Ver- suchen	3002	7,50
Falzwiderstand . .	Bestimmung der Falzklasse mit dem Schopperschen Falzer, 10 Versuche .	3003	3,00 ¹⁾
Aschengehalt . . .	Bestimmung des Aschengehaltes in Pro- zenten	3004	3,00
Dicke	Bestimmung der Dicke, 10 Versuche . .	3005	2,00
Einheitsgewicht . .	Bestimmung des Quadratmetergewichtes	3006	2,00
	Bestimmung des Raumgewichtes	3007	5,00

¹⁾ Bei Papieren mit einer mittleren Falzzahl von mehr als 2000 erhöhen sich die Gebühren nach Maßgabe der aufgewendeten Zeit, höchstens jedoch auf 10,00 M.

Gegenstand	Art und Umfang der Versuche	Ansatz Nr.	Betrag M.
Verholzte Fasern .	Untersuchung auf das Vorhandensein verholzter Fasern	3008	2,00
	Desgleichen mit Bestimmung der Art der verholzten Fasern	3009	4,00
	Angabe der Art und Schätzung der Menge der verholzten Fasern	3010	5,00
Faserarten	Mikroskopische Feststellung der im Papier vorhandenen Faserarten	3011	5,00
	Desgleichen mit Schätzung des Mengenverhältnisses der einzelnen Faserarten	3012	10,00
Leimung	Bestimmung der Leimfestigkeit	3013	5,00
	Bestimmung der Art der Leimung (Tierleim, Harzleim, Stärke)	3014	10,00
Vollständige Untersuchung	Vollständige Untersuchung nach den Ansätzen: 3001, 3003, 3011, 3013	3015	20,00
Saugfähigkeit . . .	Bestimmung der Saughöhe von Löschpapier, 10 Versuche	3016	5,00
Filtriergeschwindigkeit	Bestimmung der Filtriergeschwindigkeit von Filtrierpapier, 10 Versuche . . .	3017	10,00
Scheidungs-fähigkeit	Bestimmung der Scheidungs-fähigkeit von Filtrierpapier	3018	10,00
Trockengewicht . .	Bestimmung des Trockengewichtes von Papierrohstoffen in Proben bis zu 2 kg	3019	5,00
Wirkung auf Metalle	Ermittlung der Einwirkung von Umschlagpapier auf eine Metallsorte (für jedes weitere Metall 10 Mk. mehr) . .	3020	20,00
Fettdichtigkeit . . .	Ermittlung der Fettdichtigkeit von Pergament-, Pergamyn- usw. Papier . .	3021	10,00
Vergilbung	Ermittlung der Vergilbungsneigung(durch direkte Belichtung)	3022	10,00
Harzgehalt	Bestimmung des Harzgehaltes im Zellstoff	3023	10,00
	„ „ „ „ Papier	3024	20,00

b) Rohpappen für Dachpappen.

Gegenstand	Art und Umfang der Versuche	Ansatz Nr.	Betrag M.
Festigkeit	Bestimmung der Bruchlast in der Längsrichtung	3025	5,00
Asche	Bestimmung des Aschengehaltes	3026	3,00
Faserarten	Mikroskopische Feststellung der Fasergruppen (Tierfasern, Pflanzenfasern) . .	3027	5,00
Anthrazenölaufnahme	Aufnahme von Anthrazenöl bei Zimmerwärme	3028	2,00
Nummerbestimmung	Bestimmung der Nummer der Rohpappe in Dachpappen	3029	15,00

c) Verschiedenes.

Verschiedenes . .	Untersuchung von Papier, Karton, Pappe usw. auf freies Chlor, freie Säure, Ursache von Flecken usw.	3030	nach Vereinbarung
--------------------------	---	-------------	-------------------

Ein Gebührenaufschlag von 50% wird berechnet:

- a) bei Anträgen aus dem Auslande
- b) wenn der Antrag außer der Reihe mit besonderer Beschleunigung vorweg erledigt werden soll,
- c) wenn der Antrag nur Einzelprüfungen nach den Sätzen:
3 003, 3 004, 3 005, 3 006, 3 008, 3 009, 3 026, 3 028, umfaßt.

Außer den Gebühren kommen zur Anrechnung

- die gesetzlichen Stempelkosten für die Ausfertigung des Prüfungszeugnisses mit 3 M. und
- die Schreibgebühren.

Wenn der Antragsteller kein Prüfungszeugnis, sondern lediglich eine „Mitteilung“ über den Ausfall der Versuche wünscht, so ist dies im Prüfungsantrage ausdrücklich anzugeben. Diese Mitteilungen werden ohne Stempel und amtliche Unterschrift abgegeben; sie dienen lediglich zur Benachrichtigung des Antragstellers und dürfen nicht als Ausweiszeugnis verwendet werden.

Probematerial.

Für Papierprüfungen, welche auch die Ansätze 3001 bis 3003 umfassen, sind 10 Bogen jeder Sorte, zwischen steifen Deckeln verpackt (nicht gerollt), einzusenden. Bei Prüfungen nach den übrigen Ansätzen genügt weniger Material in beliebiger Verpackung.

Bei Einreichung des Antrages sind die Ansatznummern anzugeben, nach denen geprüft werden soll.

Literatur¹⁾.

- Behrens, Anleitung zur mikrochemischen Analyse. Hamburg 1896.
 Beveridge, Papermakers' Pocket Book. London 1901.
 Clapperton, Practical Paper Making. London 1894.
 Cross & Bevan, Cellulose. London 1895.
 Cross & Bevan, Researches on Cellulose I und II. London 1895—1905.
 Dalén, Chemische Technologie des Papiers. Leipzig 1911.
 Erdmann-König, Warenkunde. Leipzig 1895.
 Exner, Untersuchungen der Eigenschaften des Papiers. Wien 1864.
 Griffin & Little, The Chemistry of Paper Making. New York 1894.
 Groß, An Essay of Paper-Testing. London 1903.
 Hanausek, Lehrbuch der technischen Mikroskopie. Stuttgart 1901.
 Herzberg, Papier-Prüfung. 1915.
 Herzberg-Marteau, Analyse et Essais des Papiers. Paris 1894.
 Herzberg, Il Saggio delle Carte. Übersetzt und herausgegeben vom Königl. Ital. Handelsministerium in Rom. 1897.
 Hinrichsen, Das Materialprüfungswesen am Königlichen Materialprüfungsamt Berlin-Lichterfelde. (Das Kapitel Papier hat Prof. Dalén bearbeitet)
 Hofmann, Handbuch der Papierfabrikation. Berlin 1891.
 Hofmann, Normalpapier. Berlin 1892.
 v. Höhnel, Die Mikroskopie der technisch verwendeten Faserstoffe. II. Aufl. Wien 1896.
 v. Hoyer, Das Papier, seine Beschaffenheit und deren Prüfung. München 1882.
 v. Hoyer, Die Fabrikation des Papiers. Braunschweig 1887.
 v. Hoyer, Über die Entstehung und Bedeutung der Papiernormalien, sowie deren Einfluß auf die Fabrikation. München 1888.
 Kirchner, Das Papier. Biberach.
 Klemm, Papier-Industrie-Kalender. Leipzig.
 Klemm, Handbuch der Papierkunde. Leipzig 1910.
 Lohnes, Papier-Kalender. Dresden.
 Lunge, Chemisch-technische Untersuchungsmethoden. 3. Band. Berlin 1906.
 Artikel „Papier“ von W. Herzberg.
 Mierzinski, Handbuch der praktischen Papierfabrikation. Wien 1886.
 Müller, Qualitative und quantitative Bestimmung des Holzschliffes im Papier. Berlin 1887.
 Müller-Haußner, Die Herstellung und Prüfung des Papiers. Berlin 1905.
 Muspratts Chemie. 6. Band. Braunschweig 1898. Artikel „Papierprüfung“ von Dr. Klemm.
 Muth, Jahrbuch der Papierindustrie. Leipzig 1890.
 Rejtö, Anleitung für Private zur Durchführung der Papierprüfung. Budapest 1893.
 Rossel, Papiere und Papierprüfung mit Berücksichtigung der in der Schweiz verwendeten Schreib- und Druckpapiere. Biel 1895.
 L. Rostaing, M. Rostaing et Fleury Percie du Sert, Végétaux propres à la fabrication de la Cellulose et du papier. Paris 1899.
 Schacht, Prüfung der im Handel vorkommenden Gewebe. Berlin 1853.
 Sindall, Paper Technology. London 1906.
 Valenta, Das Papier. Halle 1904.
 Vétillard, Études sur les fibres végétales textiles. Paris 1876.

¹⁾ Selbständige Werke, die sich in mehr oder minder umfangreichem Maße mit der Papierprüfung befassen.

- Wiesner, Die Rohstoffe des Pflanzenreiches. 8. Lieferung. Leipzig 1902. Artikel: Papierfasern.
Wiesner, Einleitung in die Technische Mikroskopie. Wien 1867.
Wiesner, Die mikroskopische Untersuchung des Papiers. Wien 1887.
Wiesner, Mikroskopische Untersuchung alter ostturkestanischer und anderer asiatischer Papiere. Wien 1902.
Winkler, Der Papierkenner. Leipzig 1887.
Winkler, Die Trockengehaltsbestimmung der Papierfaserstoffe (Ermittelung des Wassergehaltes). Leipzig 1892.
Winkler-Karstens, Papier-Untersuchung. Leipzig 1902.
Wurster, Collage et Nature du Papier. Paris 1901.
-

Die aus dem Materialprüfungsamt in den Jahren 1885—1914 herausgegangenen Arbeiten über Papierprüfung.

B. = Bartsch. D. = Dalén. F. = Frederking. H. = Herzberg.
M. = Martens. W. = Wisbar.

Wiederholt ist von Vertretern der Papierindustrie der Wunsch ausgesprochen worden, man möge eine Zusammenstellung schaffen, aus der man sich leicht und schnell über die zahlreichen Arbeiten über Papierprüfung, die seit 1885 aus dem Materialprüfungsamt hervorgegangen sind, unterrichten kann. Es wurde darauf hingewiesen, daß die Arbeiten zurzeit in 29 Jahrgängen der „Mitteilungen aus dem Königlichen Materialprüfungsamt“ verteilt sind und das Aufsuchen bestimmter Arbeiten mit Schwierigkeiten und Zeitverlust verbunden sei. Auch in der vom Verein Deutscher Papierfabrikanten eingesetzten Normalpapierkommission wurde über diese Schwierigkeiten gesprochen und gleichzeitig angeregt, wenigstens ein alle Arbeiten umfassendes Inhaltsverzeichnis herauszugeben, um auf diese Weise dem Papiermacher den Zugang zu diesem umfangreichen Teil der Papierprüfungsliteratur zu erleichtern. Diesen vielfachen Wünschen entsprechend ist zunächst ein Inhaltsverzeichnis angefertigt worden, das die Titel aller seit 1885 erschienenen Arbeiten, nach Jahren geordnet und mit Seitenangaben versehen, enthält.

Um dieses Verzeichnis auch für weitere Fachkreise verwendbar zu machen, sind in ihm ferner diejenigen Stellen angeführt, an denen die Arbeiten in den gelesenen Papierfachzeitungen (Papier-Zeitung, Wochenblatt für Papierfabrikation, Papier-Fabrikant) abgedruckt worden sind. Dies ist in früheren Jahren seltener geschehen, später häufiger und geschieht nunmehr seit Jahren fast regelmäßig.

Zusammenstellung.

M. = Martens, H. = Herzberg, D. = Dalén, W. = Wisbar,
B. = Bartsch, F. = Frederking.

Verfasser	Titel	Mitt. ¹⁾	P.Z. ²⁾	W.B. ³⁾	P.F. ⁴⁾
		S.	S.	S.	S.
M.	1885. Über den Einfluß der Länge und Breite der Probestreifen auf die Ergebnisse der Festigkeitsuntersuchungen von Papier	3, 47, 103	—	—	—
„	Zusammenstellung von Ergebnissen der amtlichen Papierprüfungen im Betriebsjahre 1884/1885	95, 140	4	—	—
H.	Über den Nachweis freien Chlors und freier Säuren im Papier	103	—	1644, 1742	—
„	Über den Einfluß wiederholter animalischer Leimung auf die Festigkeit und Dehnung des Papiers	137	—	—	—
	Jahresbericht (Papier)	135	—	—	—
M.	1886. Untersuchungen über den Einfluß der Leimung und des Holzschliffgehaltes auf die Festigkeitseigenschaften von Papier	40	1196	—	—
„	Untersuchungen über den Einfluß des Satinierens auf die Festigkeitseigenschaften von Maschinenpapier	93	—	—	—
	Jahresbericht (Papier)	125	—	—	—
„	1887. Ergebnisse der Prüfungen von 78 Papierproben aus den Beständen der Provinzen Ost- und Westpreußen	2	—	—	—
H.	Der Einfluß wiederholter Leimung auf die Festigkeitseigenschaften von Papier . .	115	—	—	—
	Jahresbericht (Papier)	97	—	—	—
„	1887. (Ergänzungsheft III.) Mikroskopische Untersuchung des Papiers	1	—	—	—
M.	Ergebnisse der Prüfungen von Apparaten zur Untersuchung der Festigkeitseigenschaften von Papier	13	—	—	—
„	1887. (Ergänzungsheft IV.) Über Druckpapiere der Gegenwart	3	—	—	—

¹⁾ Von 1885—1903: Mitteilungen aus den Königlichen mechanisch-technischen Versuchsanstalten. Von 1904 ab: Mitteilungen a. d. Königl. Materialprüfungsamt.

²⁾ P.Z. = Papier-Zeitung.

³⁾ W.B. = Wochenblatt für Papierfabrikation.

⁴⁾ P.F. = Papier-Fabrikant.

Die Zahlen geben die Seiten an. Sind die Abdrücke in den Fachblättern in einem späteren Jahr erfolgt als in den Mitteilungen, so ist die Jahreszahl unter die Seitenzahl in () gesetzt (siehe z. B. S. 265).

Ver- fasser	Titel	Mitt. S.	P.Z. S.	W.B. S.	P.F. S.
M.	1888. Bestimmung der Reißlänge des Papiers aus dem Trockengewicht der Papierstreifen	35	451	—	—
H.	Über die Ergebnisse der Untersuchungen von 49 dänischen Papiersorten	70	—	—	—
„	Über Abweichungen der Werte für Reißlänge und Bruchdehnung bei Versuchstreifen aus demselben Bogen	78	—	—	—
M.	Über Ausstellungen, welche gegen die amtlichen in der Königl. mechanisch-technischen Versuchsanstalt ausgeführten Papierprüfungen erhoben worden sind	99	—	—	—
„	Bericht über einen Streitfall, betreffend die mikroskopische Untersuchung von Papier	106	164	—	—
„	Über Druckpapiere der Gegenwart	126	18, 163	—	—
„	Jahresbericht (Papier)	121	—	—	—
„	1888. (Ergänzungsheft IV.) Untersuchung japanischer Papiere im Auftrage des Herrn Ministers für Handel und Gewerbe	3	—	—	—
„	1889. Einrichtungen zur Regelung der Luftfeuchtigkeit bei der Papierprüfung . .	2	523	—	—
H.	Schwarze Flecke auf Zellulose	62	—	—	—
„	Beiträge zur Kenntnis der Leimung im Papier	107	—	—	—
„	Mikroskopische Untersuchung des Papiers	113	1221, 2260	—	—
„	Nachahmungen von japanischem Papier	152	—	—	—
„	Jahresbericht (Papier)	93	—	—	—
„	1890. Papierprüfung und Praxis	8	838	—	—
„	Adansonia-Papier	82	987	—	—
„	Aschengehalt verschiedener Papierrohstoffe	89	1035, 1130	—	—
„	Über den Einfluß der Dicke auf die Festigkeitseigenschaften von Papier	92	1154	—	—
„	Die Sicherheit der qualitativen Holzschliffbestimmung	132	1518	—	—
„	Bütten-Aktendeckel	141	—	—	—
„	Über die Veränderung des Papiers beim Lagern	50	—	—	—
„	Jahresbericht (Papier)	274	—	—	—
„	1891. Über die Schätzung des Holzschliffes im Papier	44	939	—	—
D.	Untersuchung eines Schopperschen Festigkeitsprüfers	75	519	—	—

Ver- fasser	Titel	Mitt. S.	P.Z. S.	W.B. S.	P.F. S.
H.	Die Bestimmung der Maschinenrichtung eines Papiers	293	2156, 2792	—	—
	Jahresbericht (Papier)	275	—	—	—
„	1892. Über die Feststellung der Mengenverhältnisse der in einem Papier vorhandenen Faserarten	7	736	—	—
„	Über eine Methode zur schnellen Unterscheidung von natürlichen und künstlichen Wasserzeichen	45	679	—	—
„	Normalpapiere mit Wasserzeichen . . .	77	1263	—	—
„	Über eine neue einfache Methode zum Nachweis der Harzleimung im Papier . .	80	1291	—	—
„	Normalpapiere	108	1586	—	—
„	Sicherheitspapiere	114	1974	—	—
„	Holländische Büttenpapiere	119	2006	—	—
„	Die Siebrückstände der Kartoffelstärkefabrikation (Pülpe) als Zusatzstoff für Papier	124	2034	—	—
„	Alte und neue Vorschriften über die Herstellung und Eigenschaften von Papier . .	238	—	—	—
„	Erklärung (zu Stoffklasse 1)	187, 318, 317	—	—	—
„	Jahresbericht (Papier)	234	—	—	—
M.	1893. Über die Bestimmung des Zellulosegehaltes im Papier	170	2417	2949	—
H.	Amtliche Gutachten aus der Abteilung für Papierprüfung	248	—	—	—
„	Normalpapiere	1	1083	—	—
„	Normalpapiere mit Wasserzeichen . . .	257	—	—	—
„	Bestimmung der Festigkeitseigenschaften im Papier	68	774	—	—
„	Holzschliffpapier	174	2453	—	—
„	Flecke im Papier	260	—	—	—
„	Wiesner, Studien über angebliche Baumbastpapiere	20	80	—	—
„	Streeb, Über Derivate des Lignins . . .	23	1148, 1304	—	—
„	Mangin, Untersuchungen über die Zellulosemembran	25	1358	—	—
„	Jahresbericht (Papier)	242	—	—	—
„	1894. Normalpapiere	22	—	—	—
„	Wasserzeichenpapiere	25	1383	—	—
„	Preßspanprüfungen	137	3302	—	—

Verfasser	Titel	Mitt. S.	P.Z. S.	W.B. S.	P.F. S.
H.	Löschpapiere	225	—	—	—
„	Die Schreibpapiere des Papierkleinhandels	295	595 (1895) 2 (1896)	—	—
D.	Über die Bestimmung der Klebkraft verschiedener Gummisorten ¹⁾	149	499	—	—
	Jahresbericht (Papier)	199	—	639 (1895)	—
H.	1895. Ein neuer Rohstoff für die Papierindustrie	24	1643	—	—
„	Widerstand gegen Zerknittern	43	1147	—	—
„	Verstoß gegen Lieferungsbedingungen	44	—	—	—
„	Normalpapiere	109	—	—	—
„	Wasserzeichenpapiere	113	—	—	—
„	Festigkeit des Papiers	118	—	—	—
„	Einfluß der Luftfeuchtigkeit auf die Festigkeitseigenschaften von Papier	119	1352	—	—
„	Bambuspapier	120	—	—	—
„	Ausdauerfähigkeit der Zellstoffe	158	2450	—	—
„	Die Schreibpapiere des Papier-Kleinhandels	219	595	—	—
„	Fabrikationsbücher	232	3255	—	—
„	Papierprüfung in Italien	238	94 (1896)	—	—
„	Urkundenpapier	239	—	—	—
„	Aschengehalt	240	—	—	—
„	Oxydierende Bestandteile im Papier	240	3312	—	—
D.	Über Längenänderung des Papiers bei verschiedenen Wärme- und Feuchtigkeitsgraden	163	—	—	—
	Jahresbericht (Papier)	247	—	—	—
H.	1896. Vorbereitung von Papier für mikroskopische Zwecke	37	1383	—	—
„	Erfahrungen einer Reihe von Behörden mit den aus dem Publikum eingehenden Schriftstücken	42	—	—	—
„	Löschpapiere	46	1314	—	—
„	Papierprüfung in Frankreich	87	—	—	—
„	Japanisches Papier	87	—	—	—
„	Holzschliffknötchen	88	1383	—	—
„	Kopierseidenpapier	119	2155	—	—
„	Festigkeit des Papiers	119	2187	—	—
„	Beanstandete Lieferungen	120	—	—	—
„	Normalpapiere	123	2450	—	—

¹⁾ Unter Verwendung von Papier.

Ver- fasser	Titel	Mitt. S.	P.Z. S.	W.B. S.	P.F. S.
H.	Normalpapierpreise	237	—	—	—
„	Verschiedene Mahlungszustände von Pa- pierfasern	306	—	—	—
„	Über die Veränderung der Leimung im Papier unter dem Einfluß von Sonnenlicht Jahresbericht (Papier)	309 250	— —	— —	— —
„	1897. Durchlässige Stellen im Papier	85	1926	—	—
„	Imitiertes Leder aus japanischem Papier	86	1999	—	—
„	Alte Papiere	129	—	—	—
„	Festes Packpapier	135	2364	—	—
„	Normalpapiere	234	3394	—	—
„	Normalpapiere	322	—	—	—
	Jahresbericht (Papier)	273	—	745 (1898)	—
„	1898. Die Schäferschen Papierversuche	143	2611, 2650	2809	—
„	Zeitungsdruckpapier	87	608	650	—
„	Ausbildung im Papierprüfen	240	3570	302	—
„	Hektographenpapier	242	3697	—	—
„	Holzfrees Papier	294	—	234 (1899)	—
„	Tauenpapier	294	—	234 (1899)	—
	Jahresbericht (Papier)	303	—	947 (1899)	—
„	1899. Normalpapiere	23	2421	2471, 2541	—
				2159, 2259,	
„	Normalpapiere	240	3999	2359 (1900)	—
„	Die Schäferschen Papierversuche	251	—	4856	—
„	Falzverlust und Widerstand gegen Zer- knittern und Reiben	269	2463	—	—
„	Einfluß des Bedruckens auf die Festig- keitseigenschaften von Papier	274	—	—	—
„	Einfluß höherer Wärmegrade auf die Festigkeitseigenschaften von Papier	54	2343	3055	—
„	Widerstand gegen Zerknittern	57	2463	3343	—
„	Packpapierprüfung	60	2547	4503	—
„	Lieferung nach Probe	119	2787	—	—
„	Manila-Packpapier	119	2871	—	—
	Jahresbericht (Papier)	261	—	—	—
„	1900. Normalpapiere	73	3020	3219, 3427, 3527	—

Verfasser	Titel	Mitt. S.	P.Z. S.	W.B. S.	P.F. S.
H.	Die Vorbehandlung des Papiers für die mikroskopische Untersuchung	86	2867	—	—
„	Erfahrungen mit Normalpapier	188	—	145 (1901)	—
„	Normalpapiere	266	—	1099, 1585, 1928, 2123 (1901)	—
„	Holzfremde Papiere	279	—	—	—
„	Prüfung gestrichener Aktendeckel	55	1540	1967	—
„	Quittungskarten-Karton	105	2409	—	—
„	Verstöße gegen Lieferungsbedingungen	169	3100	3987	—
D.	Der Einfluß der Luftfeuchtigkeit auf die Festigkeitseigenschaften des Papiers	133	—	4095	—
	Jahresbericht (Papier)	180	—	1267	—
H.	1901. Wasserzeichenpapiere	90	—	—	—
„	Schulhefte	107	3746	—	—
„	Hartpost	117	3783	—	—
„	Bericht über die beim Arbeiten mit drei Schopperschen Falzern gesammelten Erfahrungen	161	—	873, 1003, 1131, 1268, 1887, 2404 (1902)	—
„	Normalpapiere	260	—	—	—
„	Festes Packpapier	106	3323	—	—
„	Behördenlieferungen	216	—	211 (1902)	—
„	Chlor- und säurefrei	297	—	—	—
„	Papiere mit ungenügender Dehnung	300	—	—	—
„	Japanpapier	301	—	—	—
„	Wasserzeichenpapiere, die im Widerstand gegen Zerknittern nicht genügten	302	—	—	—
„	Reißlänge, Dehnung und Widerstand gegen Zerknittern	303	—	—	—
	Jahresbericht (Papier)	151	405	—	—
„	1902. Ein neuer Filtrierpapierprüfer	70	—	—	—
„	Normalpapiere	324	1358	2461, 2731	—
„	Fabrikationsbücher	335	—	—	—
„	Feuchtigkeitsgehalt des Kaolins	336	—	295 (1903)	—
D. und W.	Jute, Manila und Adansonie	51	3282, 3318, 3395	—	—

Ver- fasser	Titel	Mitt. S.	P.Z. S.	W.B. S.	P.F. S.
	Jahresbericht (Papier)	220	—	161 (1903)	—
H.	1903. Über das Durchscheinen der Schrift bei Normalpapieren	176	1014 (1904)	993 (1904)	—
„	Normalpapiere	200	—	1197	—
„	Löschpapiere	102	—	3776	—
„	Schulhefte	103	1467	3867	—
	Jahresbericht (Papier)	72	—	3775	—
„	1904. Harzgehalt von Zellstoffen . . .	180	—	1004 (1905)	786 (1905)
„	Dauerversuche mit Papieren von ver- schiedener Stoffzusammensetzung und Her- stellungsweise	243	—	919 (1905)	730 (1905)
„	Normalpapiere	251	1271	1143	1373 (1905)
„	Beziehungen zwischen den Werten für Reißlänge, Dehnung und Widerstand gegen Zerknittern und Falzen	199	1158 (1905)	1006 (1905)	837 (1905)
„	Hand- und mechanische Falzung	200	—	1006 (1905)	838 (1905)
„	Normalaktendeckel 7a	201	—	1007 (1905)	838 (1905)
„	Ein „empfehlenswertes“ Normal 2a . .	201	—	1007 (1905)	838 (1905)
„	Führungszeugnisse	292	2039 (1905)	2105 (1905)	1438 (1905)
„	Holzschliffnachweis	293	—	2026 (1905)	1439 (1905)
B.	Fettdichtigkeit von Pergamentpapieren .	290	2190 (1905)	2027 (1905)	1494 (1905)
	Jahresbericht (Papier)	168	—	695 (1905)	—
H.	1905. Erfahrungen mit dem Schopper- schen Falzer	71	886, 1198	3987	119, 175 (1906)
„	Lieferung minderwertiger Normalpapiere	285	950 (1906)	1206 (1906)	—
„	Löschpapiere	298	991 (1906)	1285 (1906)	681 (1906)
„	Quittungskarten-Karton	302	1031 (1906)	881 (1906)	683 (1906)
„	Widerstand gegen Falzen	48	2761	2486	—

Verfasser	Titel	Mitt. S.	P.Z. S.	W.B. S.	P.F. S.
H.	Papier ist geduldig	95	3869	3892	—
„	Instandhalten von Papier-Prüfungsapparaten	206	389 (1906)	311 (1906)	348 (1906)
„	Harzgehalt von Zellstoffen	306	1043	883 (1906)	738 (1906)
„	Reimanns Aschenwage	307	—	883 (1906)	738 (1906)
„	Leimfestigkeit einseitig glatter Papiere	307	4094 (1906)	882 (1906)	739 (1906)
D.	Beurteilung der Festigkeitseigenschaften des Fasermaterials von Halbstoffen	279	—	2487 (1906)	—
F.	Über die Prüfung von Schreibmaschinenfarbbändern	150	3923	—	—
	Jahresbericht (Papier)	166	3618	403 (1906)	—
H.	1906. Normalpapiere	1	1994	1933	1456
„	Gewichtsspielraum bei Zeichenpapier	208	1792	3812	2773
„	Leimfestigkeit einseitig glatter Papiere	214	1438	3717	2718
„	Weißer Aktendeckel „Normal 7a“	115	3451	3246	2326
„	Beziehungen zwischen den Werten für Reißlänge, Dehnung und Widerstand gegen Falzen bzw. Zerknittern	116	—	3247	2327
„	Harzgehalt von Zellstoffen	174	3819, 1155	3566	2491
„	Beanstandete Papierlieferung	316	401 (1907)	392 (1907)	291 (1907)
D.	Flecke im Papier	235	—	313 (1907)	404, 459 (1907)
B.	Einwirkung schwacher Alkalilösungen auf Pergamentpapier	59	2547	—	—
H.	Einfluß verschiedener Arbeitsweise auf die Eigenschaften von Papier	115	—	3247	2326
	Jahresbericht (Papier)	135	—	3409	355
„	1907. Schreibmaschinen-Durchschlagpapier	24	1183	1141	814
„	Weitere Erfahrungen mit dem Schopperschen Falzer	28	1184	1546	931
„	Rohpappen für die Dachpappenfabrikation	41	1226, 1310	1036	987
„	Normalpapiere 1906	53	—	2285	1801
„	Dauerversuche mit Papieren verschiedener Stoffzusammensetzung	82	2350	1882	1858
„	Widerstand gegen Falzen	106	2982	2860	2364
„	Die Zukunft unserer Druckwerke	116	3067	1986	2196

Ver- fasser	Titel	Mitt. S.	P.Z. S.	W.B. S.	P.F. S.
B.	Einwirkung schwacher Alkalilösungen auf chlormagnesiumhaltige Pergamentpapiere	26	—	1632	873
„	Chlormagnesiumhaltige Pergamentpapiere	101	2982	3274	2367
„	Einfluß höherer Wärmegrade auf die Festigkeitseigenschaften von Pergament-, Pergamentersatz- und Pergamynpapieren .	237	—	1382 (1908)	436 (1908)
„	Neutralisierte Pergamentpapiere	303	—	811 (1908)	607 (1908)
H.	Pausleinen	99	2131	2285	1916
„	Löschpapier	100	1989	1885	1684
„	Zerstörung der Leimfestigkeit von Papier durch Bedrucken	154	3067	2862	2255
„	Frachtbriefpapier	156	2983	2862	—
„	Papiernormalien in den deutschen Bundesstaaten	234	3967	3662	—
„	Prüfung der Schopperschen Falzer . . .	274	1184	403 (1908)	—
B.	Vorbereitung von Pergamentpapieren für die mikroskopische Untersuchung	235	3924	3663	2906
	Jahresbericht (Papier)	187	3922	3828	2863, 2916
H.	Catgut	231	—	—	—
„	1908. Schutz unseren Geistesdenkmälern	105	1762	3204, 3270	—
„	Normalpapiere 1907	146	1915	1831	1798
„	Weitere Erfahrungen mit dem Schopperschen Falzer	181	402	3875	2187
„	Surrogatfreie Papierspäne	104	1366	1369	—
	Jahresbericht (Papier)	253	3703	3969	3012, 3075
„	1909. Die Natur der nicht absorbierenden Zone (Randzone) bei Tintenklecksen in Löschpapieren	46	1269	1268	418
„	Durchdringen von Gummilösung beim Gummieren von Papier	133	2426	2040 (1908)	—
„	Neues auf dem Gebiete der Papierprüfung im Jahre 1908	151	1194, 1235	1340, 1444, 1522	—
„	Normalpapiere 1908	163	2378	2734	848
„	Papierfestigkeit, Dehnung und Falzzahl in den beiden Hauptrichtungen	172	2343	2661	749
B.	Die Bücherdesinfektion mittels feuchter, heißer Luft und deren Einwirkung auf die Festigkeit von Papier	138	2342	—	774

Verfasser	Titel	Mitt. S.	P.Z. S.	W.B. S.	P.F. S.
	Jahresbericht (Papier)	403	—	631 (1910) 1185 (1910)	1320
H.	1910. Papiernormalien in Schweden . .	161	—	1176, 1253	—
„	Zerstörung der Leimfestigkeit von Papier beim Einpressen künstlicher Wasserzeichen	178	—	1965 (1909)	—
„	Normalpapiere 1909	212	1698	2361	—
„	Neues auf dem Gebiete der Papierprüfung im Jahre 1909	247	1190, 1231, 1275, 1310, 1353, 1388	1322, 1434, 1512	—
„	Papier ist geduldig	170	993	1101	322
„	Fettdichte Papiere	171	994	1101	322
	Jahresbericht (Papier)	402	2	4144	1186, 1213
M.	1911. Festigung morscher Papiere oder Pergamente durch Behandlung mit Zellit- lösung	57	873	—	—
H.	Selbstentzündung von fettigem Papier .	115	—	1059	464
„	Dauerversuche mit Papieren von verschie- dener Stoffzusammensetzung	169	1411	1800	665
„	Normalpapiere 1910	212	2087	3063	—
„	Pergamentpapier	247	2050	2870	1035
„	Zollschwierigkeiten	464	35 (1912)	2138	—
„	Hand- und maschinengeschöpfte Papiere	461	111 (1912)	1991 (1912)	—
B.	Der Einfluß höherer Wärmegrade auf die Leimfestigkeit von Papier	53	402	584	185
„	Vorbereitung von Pergamentpapier für die mikroskopische Untersuchung	61	866	1811	370
F.	Der angebliche Säuregehalt der Zellit- lösung	360	838	—	1336
	Jahresbericht (Papier)	395	3330, 3415	4311 (1911) 291 (1912)	1436, 1490

Verfasser	Titel	Mitt. S.	P.Z. S.	W.B. S.	P.F. S.
H.	1911. (Ergänzungsheft II.) Die Materialprüfung im Dienste der Justiz	1	—	1794 (1912)	805 (1912)
„	Festigkeitseigenschaften der Normalpapiere 4a und 8b	5	1391 (1912)	1707 (1912)	—
D.	Ein neuer Festigkeitsprüfer für Papier .	9	—	—	713 (1912)
„	Beurteilung der Festigkeitseigenschaften von Halbstoffen	12	—	1894, 2220, 2304, 2408 (1912)	622, 654 (1212)
H.	Ist das Kollmannsche Verfahren zur Bestimmung der Leimfestigkeit von Papier brauchbar?	23	3556 (191)	—	832 (1912)
„	Neues auf dem Gebiete der Papierprüfung im Jahre 1910	29	2051, 2085, 2122, 2194, 2258, 2329, 2392	2599, 2688, 2794, 2877, 2967, 3045	—
„	1912. Normalpapiere 1911	90	1632	3790	652
„	Neues auf dem Gebiete der Papierprüfung im Jahre 1911	150	1951, 1987, 2128, 2191, 2222, 2291, 2327	2759, 2845, 2925, 3031, 3110, 3214, 3293, 3401	—
„	Abweichungen in der Falzzahl bei Versuchsstreifen aus demselben Bogen	178	1986	3494	—
„	Papierproben aus „derselben Fertigung“	114	1594	1893	627
„	Warum muß es immer das Papier sein?	404	738 (1913)	850 (1913)	391 (1913)
„	Ungewöhnliches Auslaufen von Tinte auf einseitig glattem Packpapier	407	655 (1913)	2031	311 (1913)
„	Unterscheidung zwischen echtem und unechtem Pergamentpapier	407	703 (1913)	2033	365 (1913)
„	Beanstandete Legitimationskarten . . .	408	858 (1913)	2033	341 (1913)

Verfasser	Titel	Mitt. S.	P.Z. S.	W.B. S.	P.F. S.
H.	Unterscheidung von hand- und maschinengeschöpften Papieren	409	780 (1913)	852 (1913)	—
„	Schärfere Fassung von Prüfungsanträgen	411	814 (1913)	854 (1913)	—
B.	Einfluß der Erwärmung und Lagerung auf chlormagnesiumhaltige Pergamentpapiere .	400	857 (1913)	—	—
	Jahresbericht (Papier)	248	—	4708 (1912) 276 (1913)	—
H.	1913. Der Einfluß des Quadratmetergewichtes auf die Festigkeitseigenschaften von Papier	57	1405	1033	706
„	Normalpapiere 1912	60	1483	1900	643
„	Zollschwierigkeiten	68	1518	853	732
„	Aschengehalt der Normalpapiere	182	2439	3513	1100
F.	Über den Einfluß der Papierleimung auf die Widerstandsfähigkeit von Schrift gegen Entfernungsmittel	195	—	3341	—
H.	Die Leimfestigkeitsprüfung von Papier mit Tinte	216	—	—	786
„	Neues auf dem Gebiete der Papierprüfung im Jahre 1912	379	3023	3962	—
„	1914. Die Materialprüfung im Dienste der Justiz	32	—	—	—
„	Falzwiderstand von Normalpapier 1 . .	85	1314	1854	—
„	Normalpapiere 1913	244	1697	2646	748
„	Die Festigkeit von luftgetrocknetem und ge- näßtem Pergamentpapier	539	354 (1915)	424 (1915)	—

Sachregister.

- Adansoniazellstoff 112.
Ätherrand bei harzgeleimten Papieren 166.
Alfazellstoff 109.
Amerikanische Festigkeitsprüfer 42.
Anilinsulfatlösung zum Nachweis von Holzschliff 133.
Arbeiten über Papierprüfung aus dem Materialprüfungsamt 261.
Aschenanalyse 85.
Aschengehalt von Roh- und Halbstoffen 72.
Aschenwage nach Post 75.
— — Reimann 80.
— — Schopper 79.
Ausdauerfähigkeit moderner Papiere 235.
- Baumwolle 116.
Bestimmungen über das von Staatsbehörden zu verwendende Papier 239.
Blasenprobe bei fettichten Papieren 187.
Bleichromat 86.
Bucheinbände (Normen) 249.
- Chlor (frei) 190.
Chloride 191.
Chlorzinkjodlösung 94.
Chromblei 86.
- Dauerhaftigkeit der Papiere (Einfluß der Füllstoffe) 87.
— — — (Einfluß der Leimung) 169.
Deckglasbehälter 97.
Dehnung 1.
Dickenmesser Rehse 69.
— Schopper 68.
Di-Lösung nach Wurster (Nachweis von Holzschliff) 134.
- Entnahme der Probestreifen aus dem Versuchsmaterial 9.
Espartozellstoff 109.
- Fabrikationsbücher (Bedeutung für die Zusammensetzung des Papiers) 128.
Falzer nach Schopper 53.
Falzwiderstand 45.
Falzzahlen bei den Verwendungsklassen 1—8c 60.
Farblösungen für mikroskopische Zwecke (Malachitgrün, Rosanilin, Kongorot, Fuchsin, Methylviolett) 115, 123.
Farbreinheit von Füllstoffen 230.
Faserfestigkeit von Halbstoffen 228.
Faserlänge und Faserbreite 130.
Feinheitsnummer 37.
Festigkeit 1.
Festigkeitseigenschaften von Pergamentpapier 229.
Festigkeitsprüfer amerikanischer Bauart (Durchdruckapparate) 42.
— Hartig-Reusch 29.
— Leuner 31.
— Rehse (Durchdruckapparat) 41.
— Schopper 19—26.
— Wendler 27.
Festigkeits-Schnellprüfer Schopper 33.
Festigkeitsverminderung durch Wärmewirkung 11.
Fettdichtigkeit 186.
Feuchtigkeitseinfluß auf Festigkeit und Dehnung von Papier 15.
Feuchtigkeitsgehalt von Papierhalbstoffen 14.
Feuchtigkeitsmessung (Hygrometer, Psychrometer) 16.
Feuchtigkeitsregelung (Zerstäuben, Näs- sen, Heizen usw.) 15.

- Filtriergeschwindigkeiten bei Filtrierpapieren des Handels 214.
 Filtrierpapierprüfer nach Herzberg 213.
 Flecke in Papier 153.
 Frachtbriefpapiere (Vorschriften) 255.
 Freies Chlor und freie Säure 190.
 Füllstoffe (Farbreinheit) 230.
- Gebührenordnung des kgl. Materialprüfungsamtes 257.
 Gestrichene Papiere (Haftfestigkeit des Striches) 230.
- Haftfestigkeit des Aufstriches gestrichener Papiere 230.
 Halbstoffe (Faserfestigkeit) 228.
 Hand- und maschinengeschöpfte Papiere (Unterscheidung) 231.
 Hanf 119.
 Harzleimnachweis 164.
 Holzfrie Papiere (Festlegung des Begriffes) 141.
 Holzschliff im mikroskopischen Bild 99.
 — und verholzter Zellstoff (Unterscheidung) 135.
 Holzschliffnachweis auf chemischem Wege 132.
 Holzschliffschätzung und ihre Fehlerquellen 136, 140.
 Holzzellstoff (Nadelholz, Laubholz) 103.
- Japanische Fasern 121.
 Instandhalten von Papierprüfungsapparaten 44.
 Jod-Jodkaliumlösung 94.
 Jute, verholzt 101.
 Jutezellstoff 110.
- Kaseinleimnachweis 163.
 Kniffrolle nach Kirchner 50.
 Knitterer nach Pfu hl 51.
 Knitterwiderstand (Handknitterung) 45.
 Kongopapier zum Nachweis freier Säure 192.
 Kopierpapier 234.
- Lebensdauer der Papiere 1.
 Leimfestigkeit (Bestimmung) 170.
 — (Einfluß der Luftfeuchtigkeit) 180.
 — bedruckter Schreibpapiere 181.
 — einseitig glatter Papiere 184.
 Leinen 117.
- Lichtdurchlässigkeitsprüfung nach Klemm 215.
 — — Maximowitsch 219.
 — — Sammet 219.
 — — Schmidt 217.
 Ligninnachweis im Sulfitzellstoff 146.
 Literatur selbständiger Werke über Papierprüfung 260.
 Löschpapier (Saughöhe und Festigkeit) 211.
 — — (Saughöhe und Randzone) 208.
 Löschpapierbeurteilung nach Beadle und Stevens (Randzone) 207.
 Löschpapiererteilung (Gütestufen) nach der Saughöhe 205.
 Löschpapierprüfer nach Klemm (Saughöhe) 203.
 Löschpapierprüfung nach Favier (Wasseraufnahme von der Fläche aus) 205.
 — — Fromm (Wasseraufnahme von der Fläche aus) 206.
 Lösungen zum Färben der Fasern im mikroskopischen Bilde 94.
 Luftdurchlässigkeitsprüfung nach Dahlen 222.
 — — Winkler-Karstens 221.
 Luftdurchlässigkeit verschiedener Papiersorten 223.
 Luftfeuchtigkeit (Regelung) 15.
 Lumpenfasern im mikroskopischen Bilde 116.
- Mahlungsgradprüfer nach Klemm 225.
 — — Schopper-Riegler 226.
 — — Skark 226.
 Mahlunzustände der Papierfasern 123.
 Manilazellstoff 111.
 Maschinenrichtung (Bestimmung) 5.
 Mengenfeststellung der Fasern im mikroskopischen Bild 126.
 Metallschädliche Bestandteile 193.
 Mikroskopische Ausrüstung, einfache, nach Schopper 98.
 — Prüfung der Faserstoffe 90.
- Normalpapier-Bestimmungen 239.
 Normen für Buchebände 249.
 — — Rohdachpappe 247.
- Oberhautzellen von Stroh 107.
 Objektivvergrößerung 97.
 Okularvergrößerung 97.

- Papiernormalien für Preußen** 239.
 — in den deutschen Bundesstaaten 251.
Papierprüfungs-Literatur 260.
Pergamentpapier, echtes und unechtes, Unterscheidung 188.
 — (Festigkeitseigenschaften) 229.
Phlorogluzinlösung zum Nachweis von Holzschliff 133.
Postwertzeichen (Vorschriften für die Papiergüte) 256.
Präparierbrücke 97.
Probestreifen (Auslegen vor dem Versuch) 18.
 — (Länge und Breite) 7.

Quadratmetergewicht 67.
Querrichtung (Bestimmung) 5.

Radierbarkeit 184.
Raumgewicht 71.
Reißlänge (Erklärung und Berechnung) 35.
 — und Dehnung (Umrechnungsfaktoren bei abweichender Luftfeuchtigkeit) 18.
Rohdachpappe (Normen) 247.

Saugfähigkeit von Löschpapier 203.
Saughöhe und Festigkeit von Löschpapier (Beziehungen) 211.
 — — Randzone von Löschpapier (Beziehungen) 208.
Saughöhen bei Löschpapieren des Handels 204.
Schätzung der Fasermengen im mikroskopischen Bild 126.
Schneidevorrichtung für mikroskopische Zwecke 98.
 — — Probestreifen 10.
Standesamtsregisterpapier (Vorschriften) 257.
Stärkenachweis 169.

Strohzellstoff 107.
Splitter im Holzschliff 135.
Sulfit- und Natronzellstoff (Unterscheidung) 147.

Tierleimnachweis 159.
Trockengehaltsprüfer nach Schopper 145.

Ultramarinnachweis 196.
Unterscheidung von echtem und unechtem Pergamentpapier 188.
 — — hand- und maschinengeschöpften Papieren 231.
 — — natürlichen und künstlichen Wasserzeichen 233.
 — — Sulfit- und Natronzellstoff 147.

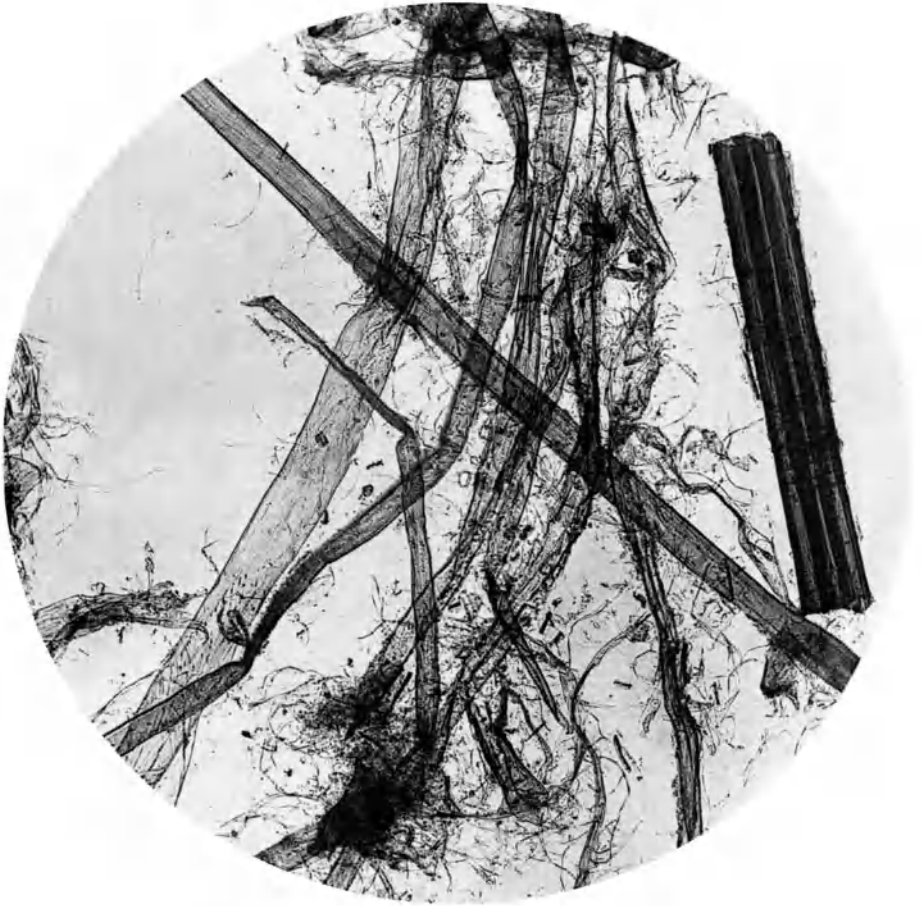
Veraschung auf elektrischem Wege 83.
Veraschungsgestell 77.
Veraschungsvorrichtung nach Schopper 81.
Vergilbung 198.
Vergrößerung beim Mikroskopieren 97.
Verholzte Fasern im mikroskopischen Bilde 99.
Verholungsgrad der Zellstoffe 114.
Verschiedenheit in den beiden Hauptrichtungen des Papiers 2.
Versuchsstreifen 7, 18.
Viskosenachweis 169.
Vorbereitung des Papiers für die mikroskopische Prüfung 90.

Wasserzeichen, natürliche und künstliche, Unterscheidung 233.
Wasserzeichenliste der Normalpapierfabriken 252.
Warum muß es immer das Papier sein? 237.
Wolle 120.

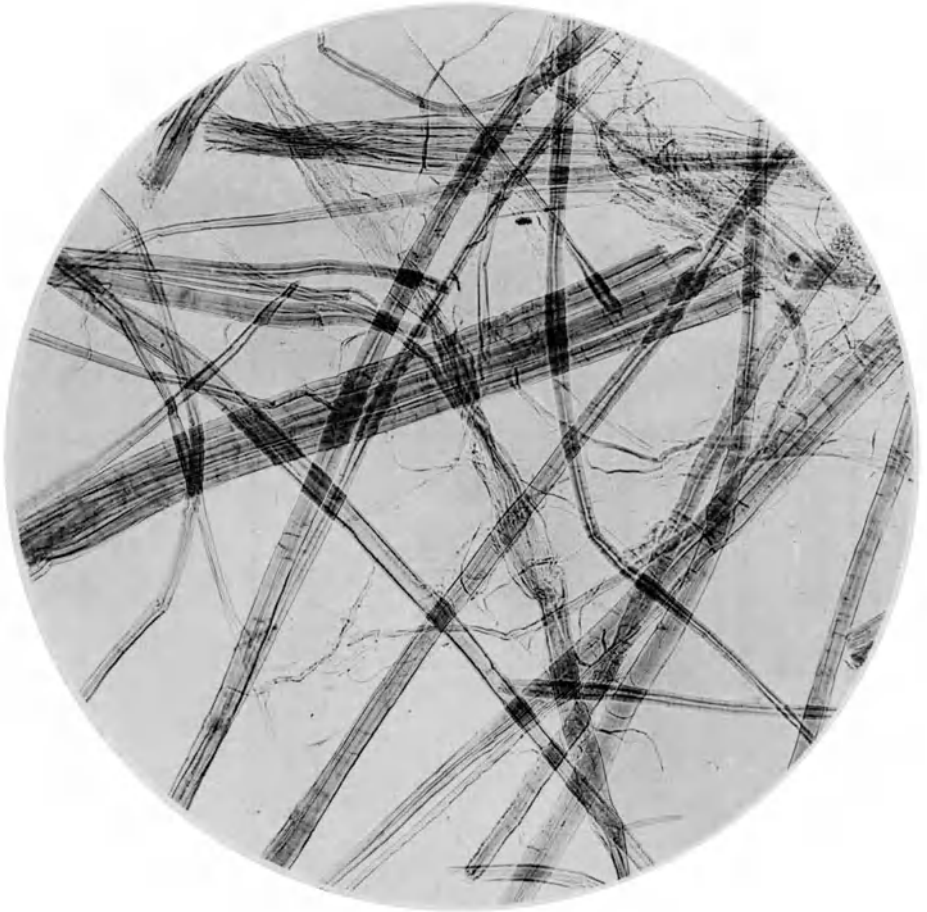
Zellstoffe im mikroskopischen Bilde 102.
Zellstoffreinheit (Beurteilung) 150.



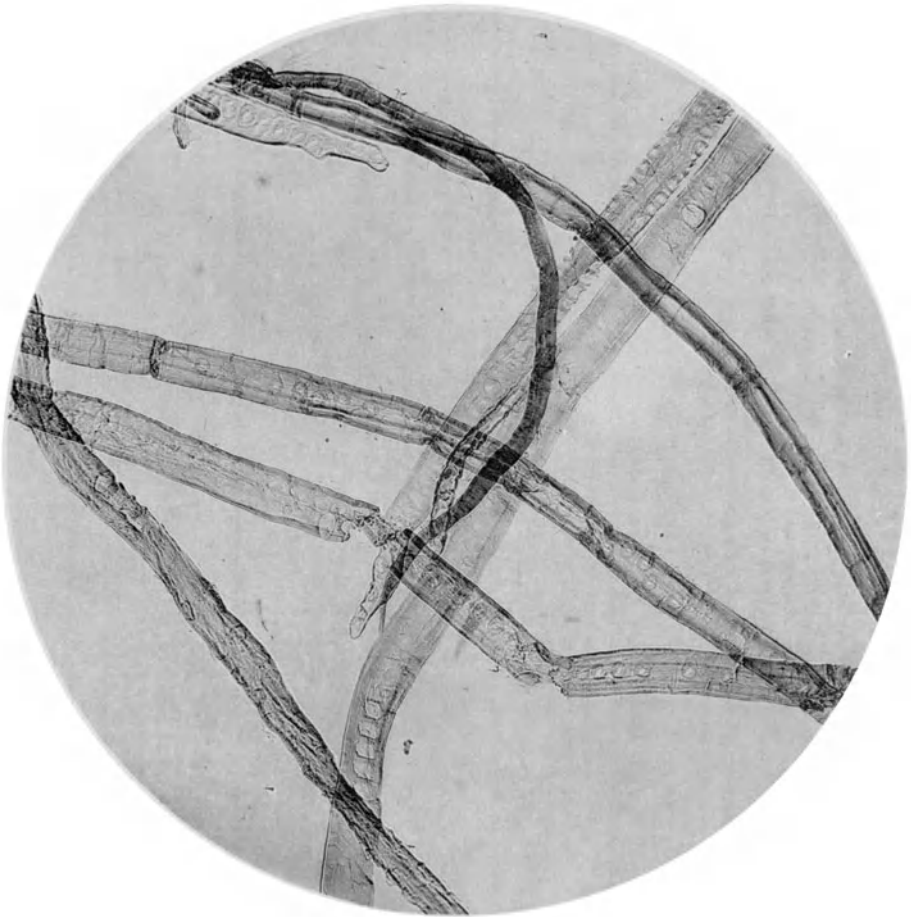
Weißer Holzschliff von Nadelholz.



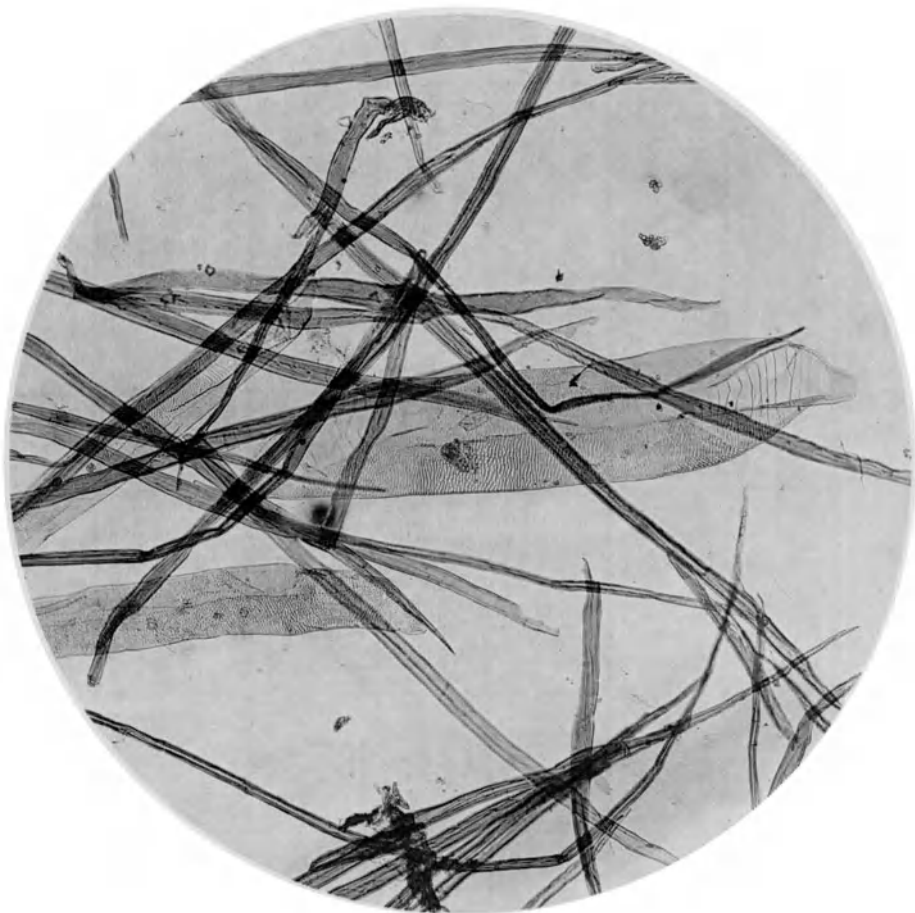
Braunschiff von Nadelholz.



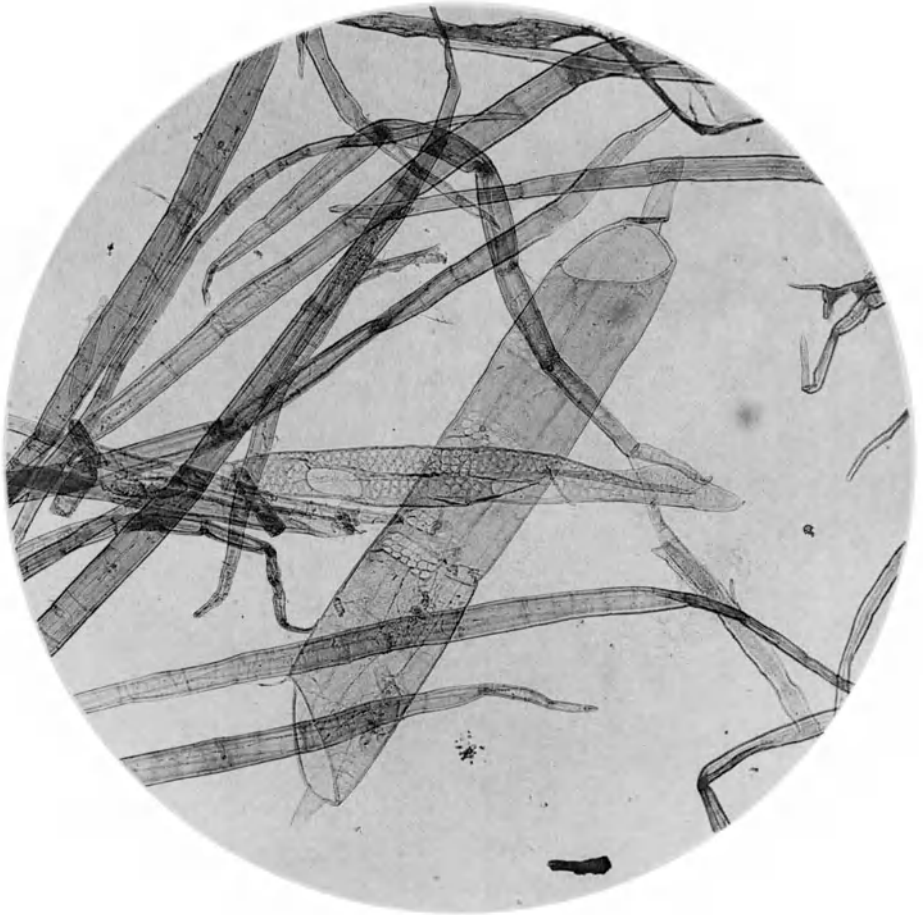
Jute.



Nadelholzzellstoff.



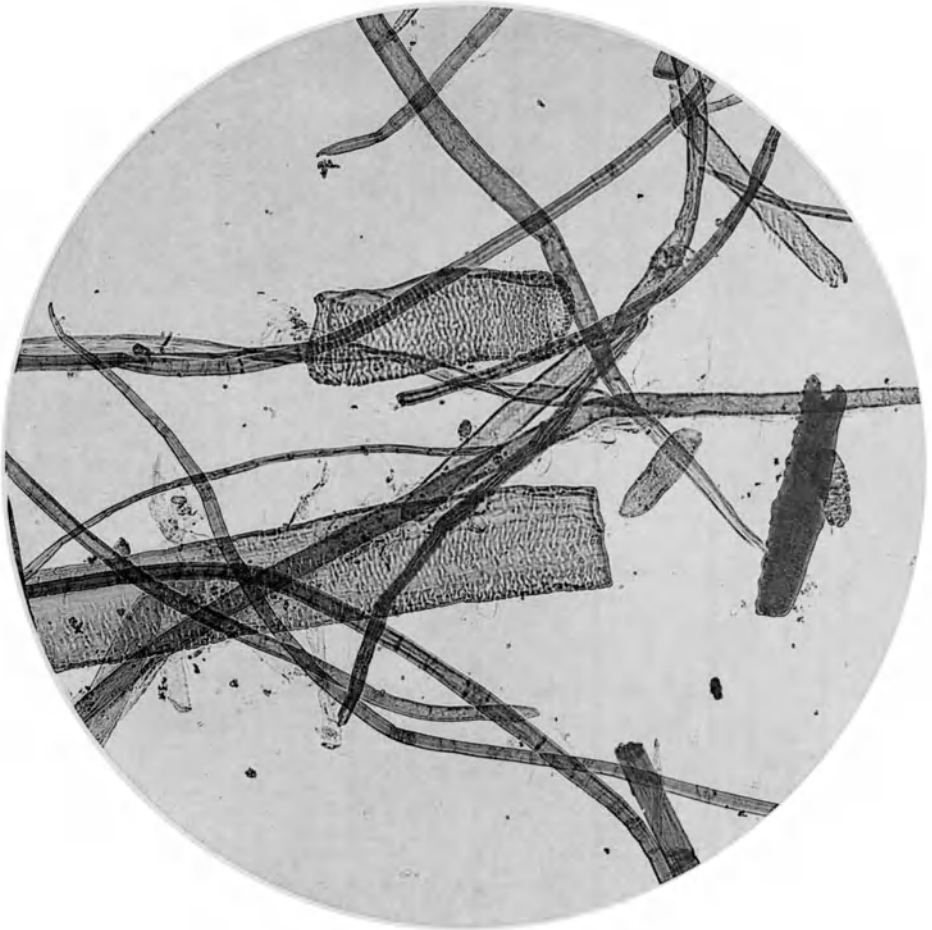
Birkenholzzellstoff.



Pappelholzzellstoff.



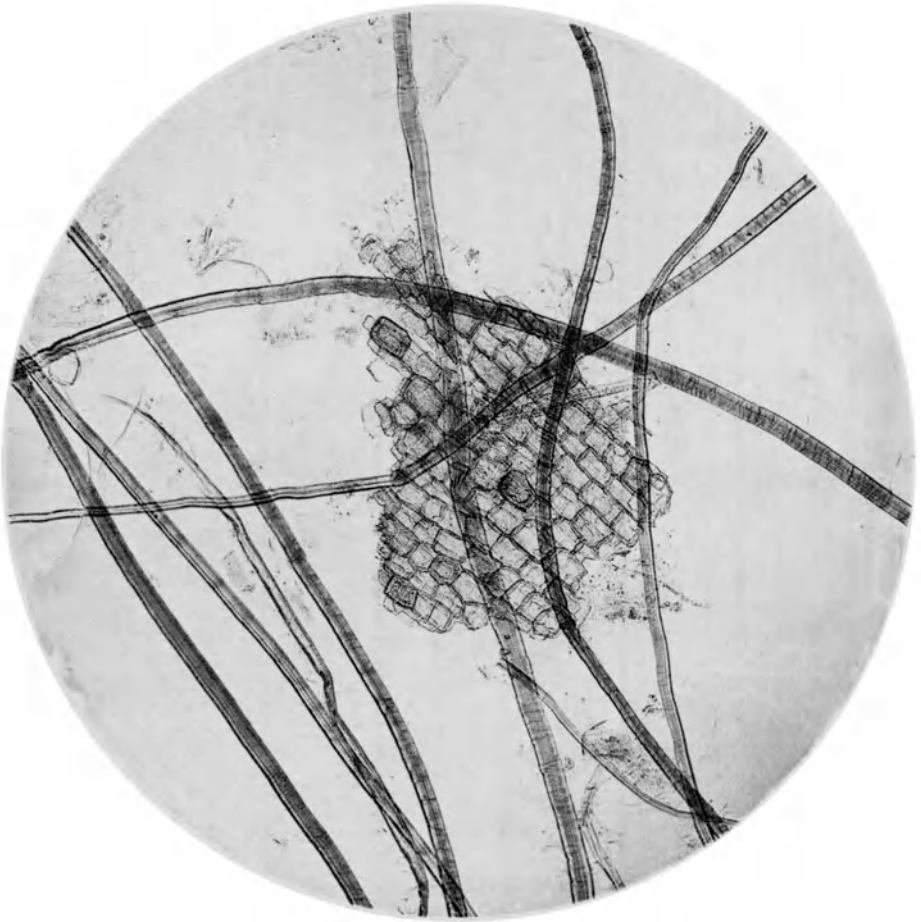
Strohzellstoff.



Maisstrohzellstoff.



Alfa-(Esparto-)Zellstoff.



Manila.



Stegmata aus der Asche von Manilahanf.



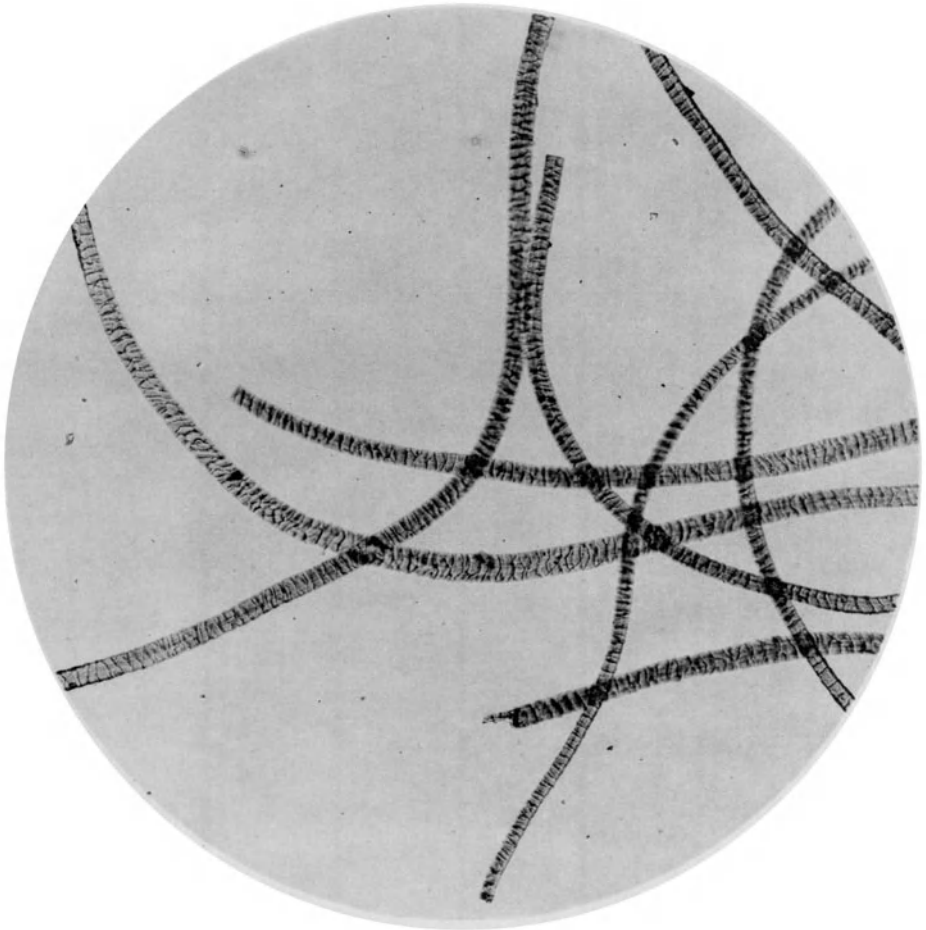
Adansonia.



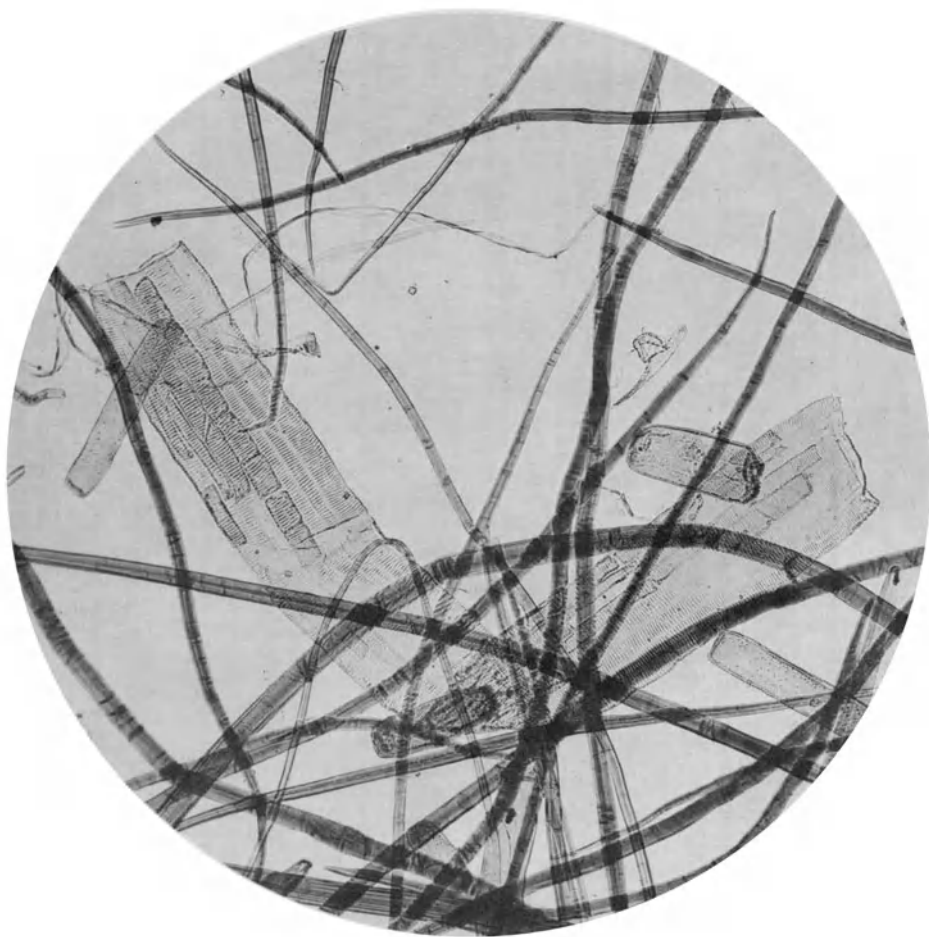
Baumwolle.



Leinen.



Wolle.



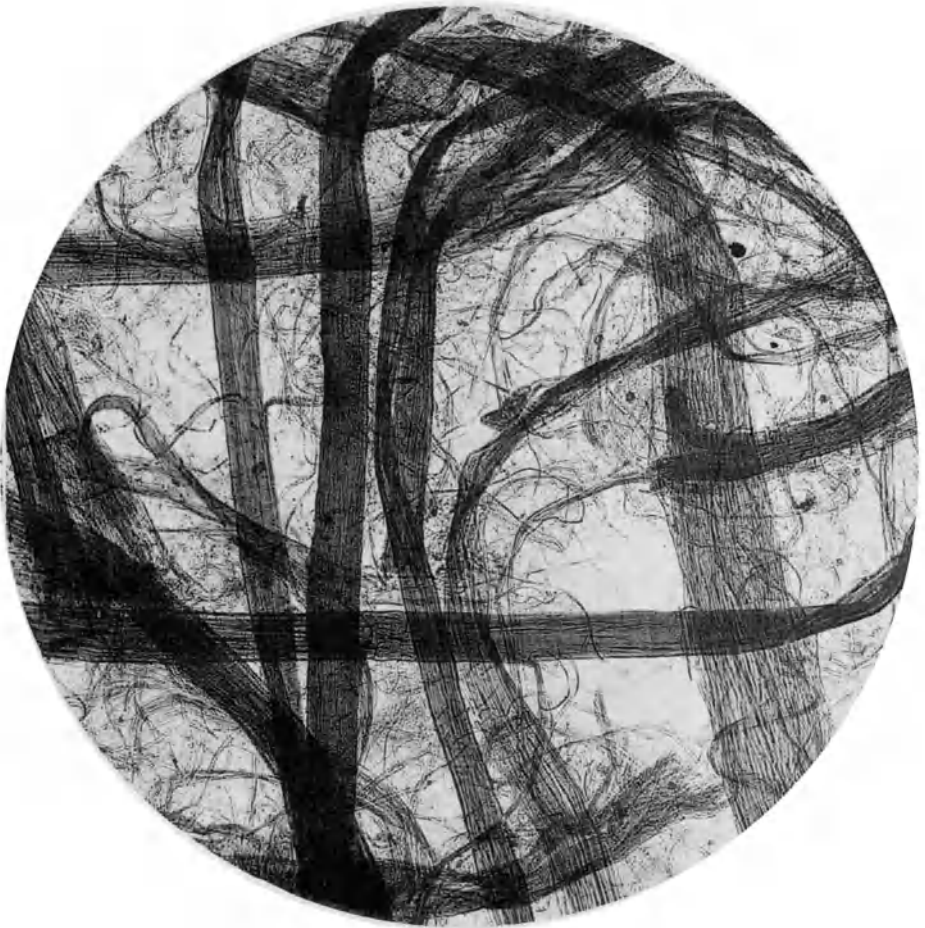
Bambuszellstoff.



Zuckerrohrzellstoff.



Papierstoff aus Torf.



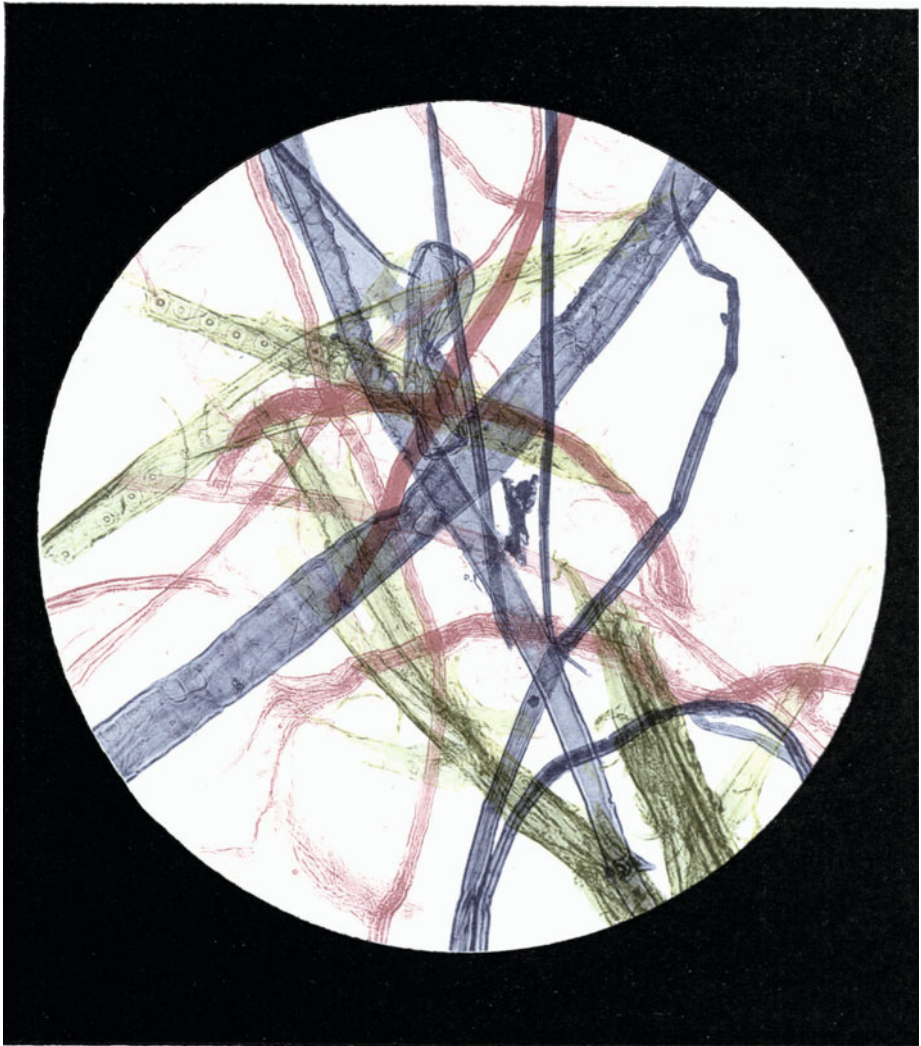
Ramie.



Lichtdruck von Albert Frisch, Berlin W.

Färbung der Fasern in Jod-Jodkaliumlösung.

Leinen, Baumwolle	braun
Holz- und StrohzeUstoff	grau
Holzschliff	gelbbraun



Lichtdruck von Albert Frisch, Berlin W.

Färbung der Fasern in Chlorzinkjodlösung.

Leinen, Baumwolle	weinrot
Holz- und Strohzellstoff	violett
Holzschliff	gelb

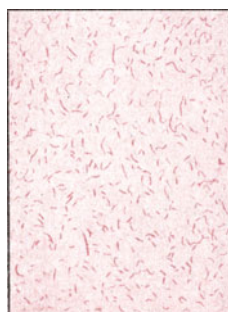
Additional information of this book
(*Papierprüfung*); 978-3-662-23208-8_OSFO) is provided:



<http://Extras.Springer.com>

Phloroglucinreaktion

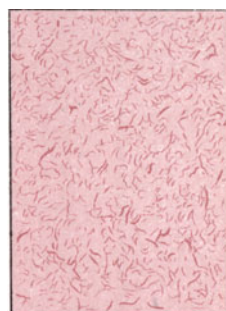
bei Papieren mit geringem Holzschliffgehalt.



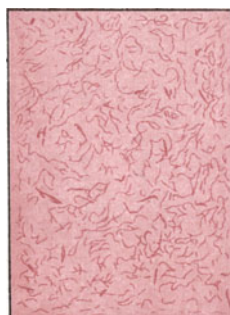
0,5%



1%



2%



2,5%



3%



5%

Maschinenbau-Aktiengesellschaft
vormals Starke & Hoffmann
Hirschberg (Schlesien).

Heißdampf-Maschinen:

Einzylinder-Stromdeckel-Ventil-Maschinen

mit patentiertem Hochdruckzylinder und mit in den Zylinderdeckel eingebautem Hauptabsperrentil, System Max Schmidt D.R.G.M.

Kurzgebaute Tandem-Maschinen

nach Max Schmidt's Patenten.

== *Unerreicht niedriger Dampfverbrauch.* ==

Ein- und Mehrzylinder-Maschinen

für alle Fälle von Abdampfverwertung und Zwischendampfentnahme.

Großwasserraumkessel :: Überhitzer.

Patent-Hochleistungs-Steilrohrkessel.

Ölmaschinen:

Stehende Zweitakt-Niederdruck-Maschinen

mit Feinheits-Feder- oder Aussetzer-Regelung.

Liegende Viertakt-Gleichdruck-Maschinen

nach verbessertem Diesel-Verfahren.

Öllokomobilen.

Eingetragene



Schutzmarke

LOUIS SCHOPPER LEIPZIG

Arndtstr. 27.

**Festigkeitsprüfer,
Falzer, Trocken-
gehaltsprüfer,
Dickenmesser,
Papier-
und
Pappenwagen
usw.**

**Prüfungsmaschinen
für
Textilerzeugnisse,
Weich- und Hart-
gummi, Eisen, Stahl
und Zement.
Getreideprober
usw.**



Mahlungsgradprüfer Schopper-Riegler.

Papierprüfungs-Apparate

wie an das Königliche Materialprüfungsamt
zu Berlin-Lichterfelde geliefert.



Welt-Ausstellung für Buchgewerbe u. Graphik

Leipzig 1914 Staatspreis

Höchste Auszeichnung.



❖ ❖ ❖ *Preisverzeichnisse kostenfrei.* ❖ ❖ ❖



Badische Anilin- & Soda-Fabrik Ludwigshafen am Rhein

liefert

**Anilinfarben in allen Nüancen
zum Färben von Papier**

insbesondere

**Hervorragend lichtechte
Körperfarben (Indanthren)**

ferner

Farbstoffe, welche gute Abwässer liefern,
Farbstoffe für dampfechte Hülsenpapiere,
Farbstoffe für Melierfasern, die nicht bluten.



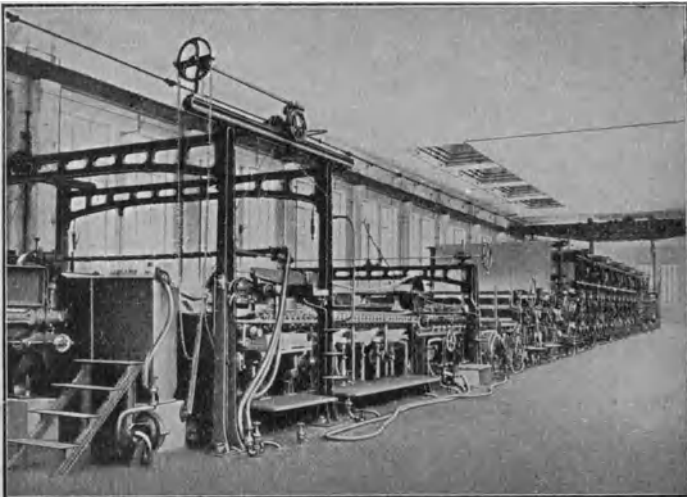
*Gefärbte Muster und Gebrauchsanweisungen
stehen zu Diensten.*

J. M. VOITH

Maschinenfabriken und Gießereien

Heidenheim a. Brz. (Württ.)

und St. Pölten (Nied.-Öst.)



**Vollständige Einrichtungen
zeitgemäßer Papierfabriken,
Kartonfabriken, Zellstofffabriken,
Holzschleifereien
und Pappenfabriken,
Turbinen,
Regulatoren, Transmissionen.**

Leopold Cassella & Co.

G. m. b. H.

Frankfurt a. M.

Fabrik-



Marke.

Sämtliche Anilinfarbstoffe für die Papierindustrie.

Besonders wichtig sind:

**Diamin- und
Diaminechtfarben.**

Zur Herstellung sämtlicher Färbungen bei farblosen Abwässern, in guter Licht-, Reib- und Wasserechtheit, so für Katalogumschlag-, Kunstumschlag-, Passe-Partouts-, Trockenplatten- und Filmpackpapiere, Nadel-papiere, Tapetenpapiere, Löschpapiere, melierte Papiere.

**Orange, Brillant-Croceïn,
Eosin, Wasserblau,
Alkaliblau,
Brillantwalkgrün.**

Zur Herstellung lebhafter Affichen-Prospekt-, Umschlag- und Tapeten-papiere.

**Papierbrillantscharlach R,
Brillant-Croceïn PA,
Orange R.**

Für lebhafte Rot- bzw. Orangefärbungen bei möglichst farblosen Abwässern.

**Safranin, Rhodamin,
Fuchsin, Chrysoidin,
Manchesterbraun,
Malachitgrün,
Methylviolett, Papierblau.**

Zur Herstellung billiger Umschlag-, Pack-, Düten-, Schrenz- und Hülsen-papiere.

**Alizarincyanol,
Alizarinbrillantgrün,
Alizarincyanolviolett.**

Zum Weißnünancieren.

*Muster und Färbvorschriften
für alle speziellen Fälle stehen zu Diensten.*

CELLULOSE

HOLZSTOFF

HUGO HARTIG

(STAMMHAUS HAMBURG)



C. Joachim & Sohn

Schweinfurt a. M. (Bayern)

empfehlen vorzüglich gearbeitete

Versuchs-Apparate in kleinen Dimensionen:

Kocher, Holländer, Papiermaschinen, Trocken-
Apparate, Pressen etc.



**Lieferungen an techn. Hochschulen, chemischen Laboratorien,
Papier- und Farb-Fabriken, Sprengstoff-Fabriken und sonstige
chem. Fabriken.**

Referenzen: K. Reichsdruckerei in Berlin, K. Finanzministerium St. Petersburg, Technische Hochschulen in Wien, Brünn, München, Stuttgart, Karlsruhe, Municipal-Technical School Manchester, The Yorkshire College, Leeds in Engl., Rottweiler Pulverfabriken, Chem. Techn. Laboratorium der K. Technischen Hochschule, Hannover, Akt.-Ges. der Moskauer Chem. Fabrik, Farbwerke Meister, Lucius & Brüning, Moskau, K. Materialprüfungsamt, Groß-Lichterfelde bei Berlin, Aktieselskabet Greaaaker Cellulosefabrik, Greaaaker i. Norwegen, Staatl. Technische Hochschule, Tammerfors in Finland, Polytech. Institut, Helsingfors in Finland, L. Casella & Co., Mainkur b. Frankfurt a. M. etc. etc.

**Mannheimer Gummi-, Guttapercha- und
Asbest-Fabrik, ^{Aktien-}Gesellschaft, Mannheim.**

◆◆◆ Gegründet 1864. ◆◆◆

Wir empfehlen unsere altbewährten Erzeugnisse für

Papier-Pappen- & Cellulose-Fabriken

Weichgummi-Fabrikate:

Walzenbezüge für
Naßpreßwalzen
Gautschwalzen
Filzwaschwalzen
Schaberwalzen usw.
Deckelriemen, Siebleder.

Hartgummi-Fabrikate:

Schaberklingen
Saugkastenbeläge.

Asbest-Waren:

Platten
Ringe
Fäden
Packungen
Stopfbüchsen-Packungen.

Verlag von Julius Springer in Berlin.

Chemisch-technische Untersuchungsmethoden

unter Mitwirkung hervorragender Fachleute

herausgegeben von

Dr. Georg Lunge, und **Dr. Ernst Berl,**
emer. Professor der technischen Chemie am Eidgenössischen Polytechnikum in Zürich Privatdozent, Chefchemiker der Fabrique de Soie artificielle de Tubize, Belgien.

**Sechste, vollständig umgearbeitete und vermehrte Auflage
in vier Bänden.**

Erster Band:

693 Seiten Text, 72 Seiten Tabellenanhang. Mit 163 Textfiguren.

Preis M. 18,—; in Halbleder gebunden M. 20,50.

Allgemeiner Teil. — Technische Gasanalyse. — Untersuchung der festen Brennstoffe. — Fabrikation der schwefligen Säure. Salpetersäure und Schwefelsäure. — Sulfat- und Salzsäurefabrikation. Fabrikation der Soda. — Die Industrie des Chlors. — Kalisalze. — Verflüssigte und komprimierte Gase.

Zweiter Band:

885 Seiten Text, 8 Seiten Tabellenanhang. Mit 138 Textfiguren.

Preis M. 20,—; in Halbleder gebunden M. 22,50.

Cyanverbindungen. — Ton. — Tonwaren und Dachschiefer. — Tonerdepräparate. — Glas. — Die Mörtelindustrie (Zement). — Trink- und Brauchwasser. — Wasser für technische Zwecke. — Abwässer. Boden. — Luft. — Eisen. — Metalle außer Eisen. — Metallsalze. — Calciumcarbid und Acetylen.

Dritter Band:

1044 Seiten Text, 24 Seiten Tabellenanhang. Mit 150 Textfiguren.

Preis M. 22,—; in Halbleder gebunden M. 24,50.

Künstliche Düngemittel. — Futterstoffe. — Explosivstoffe. — Zündwaren. — Gasfabrikation. Ammoniak. — Industrie des Steinkohlenteers. — Petroleum; andere Mineralöle; konsistente Fette; Paraffin; Ceresin; Schmiermittel. — Öle, Fette, Wachse. Spezielle Methoden der Ölindustrie. Seifenfabrikation, Kerzenfabrikation, Glycerin. — Harze, Drogen, Galenische Präparate. — Kautschuk, Guttapercha. — Atherische Öle. — Chemische Präparate.

Vierter Band:

1080 Seiten Text, 58 Seiten Tabellenanhang. Mit 56 Textfiguren.

Preis M. 24,—; in Halbleder gebunden M. 26,50.

Zucker. — Stärke, Dextrin usw. — Spiritus. — Branntwein und Liköre; Essig. — Wein. — Bier. — Gerbstoffe. — Leder. — Papier. — Tinte. — Weinsäure, Weinstein und Zitronensäure. — Anorganische Farbstoffe. — Organische Farbstoffe und deren Ausgangsprodukte; Prüfung der Gespinnstfasern, Appreturen.

Prospekt mit Vorwort und ausführlichem Inhaltsverzeichnis steht zur Verfügung.

Verlag von Julius Springer in Berlin.

Mikroskopische Wasseranalyse.

Anleitung zur Untersuchung des Wassers
mit besonderer Berücksichtigung von Trink- und Abwasser.

Von **Dr. C. Mez,**

Professor an der Universität zu Breslau.

Mit 8 lith. Tafeln und Textfiguren. Preis M. 20,—; in Leinwand geb. M. 21,—.

Die Untersuchung und Beurteilung des Wassers und des Abwassers.

Ein Leitfaden für die Praxis und zum Gebrauch im Laboratorium.

Dr. W. Ohlmüller, Von **Professor Dr. O. Spitta,**

Verwaltungsdirekt. d. Virchow-Krankenhauses, und Privatdozent der Hygiene an der Universität
Geheimer Regierungsrat und früherer Regierungsrat und
Vorsteher des Hygienischen Laboratoriums im Kaiserl. Gesundheitsamt.

Dritte, neu bearbeitete und veränderte Auflage.

Mit 77 Figuren und 7 z. T. mehrfarb. Tafeln. Preis M. 12,—; in Leinw. geb. M. 13,20.

Untersuchung des Wassers an Ort und Stelle.

Von **Dr. H. Klut,**

wissenschaftl. Mitglied der Königlichen Versuchs- und Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und
Abwässerbeseitigung zu Berlin.

Zweite, verbesserte und vermehrte Auflage.

Mit 30 Textfiguren. In Leinwand gebunden Preis M. 4,—.

Das Mikroskop und seine Anwendung.

Handbuch der prakt. Mikroskopie und Anleitung zu mikroskop. Untersuchungen.

Von **Dr. Hermann Hager.**

Nach dessen Tode vollständig umgearbeitet und in Gemeinschaft mit Fachgenossen
neu herausgegeben von

Dr. C. Mez,

Professor der Botanik an der Universität und Direktor des botanischen Gartens in Königsberg.

Elfte, umgearbeitete Auflage.

Mit 471 Textfiguren. In Leinwand gebunden Preis M. 10,—.

Einführung in die Mikroskopie.

Von Professor **Dr. P. Mayer** in Jena.

Mit 28 Textfiguren. In Leinwand gebunden Preis M. 4,80.

Kenntnis der Wasch-, Bleich- und Appreturmittel.

Ein Lehr- und Hilfsbuch für technische Lehranstalten und für die Praxis.

Von Ing.-Chem. **Heinrich Walland,**

Professor an der k. k. Lehranstalt für Textilindustrie in Brünn.

Mit 46 Textfiguren. In Leinwand gebunden Preis M. 10,—.

Die Fabrikation der Bleichmaterialien.

Von **Viktor Höbbling,**

k. k. Ober-Kommissär und ständiges Mitglied des k. k. Patentamtes, Honorar-dozent am k. k. Techno-
logischen Gewerbemuseum und an der Exportakademie des k. k. Oesterr. Handelsmuseums in Wien.

Mit 240 Textfiguren. In Leinwand gebunden Preis M. 8,—.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

Verlag von Julius Springer in Berlin.

Mechanisch- und Physikalisch-technische Textil-Untersuchungen.

Mit besonderer Berücksichtigung amtlicher Prüfverfahren
und Lieferungsbedingungen sowie des Deutschen Zolltarifs.

Von **Dr. Paul Heermann,**

Professor, ständiger Mitarbeiter und Leiter der textil-technischen Prüfungen
am Königlichen Materialprüfungsamt der Technischen Hochschule Berlin.

Mit 160 Textfiguren.

In Leinwand gebunden Preis M. 10,—.

Färbereichemische Untersuchungen.

Anleitung zur Untersuchung und Bewertung der wichtigsten
Färberei-, Bleicherei-, Druckerei- und Appretur-Materialien.

Von **Dr. Paul Heermann,**

Professor, ständiger Mitarbeiter und Leiter der textil-technischen Prüfungen
am Königlichen Materialprüfungsamt der Technischen Hochschule Berlin.

Zweite, erweiterte und umgearbeitete Auflage.

Mit 5 Textfiguren und mikroskopischen Abbildungen auf 3 Tafeln.

In Leinwand gebunden Preis M. 9,—.

Koloristische und textilchemische Untersuchungen.

Von **Dr. Paul Heermann,**

Professor, ständiger Mitarbeiter und Leiter der textil-technischen Prüfungen
am Königlichen Materialprüfungsamt der Technischen Hochschule Berlin.

Mit 9 Textfiguren und 3 spektroskopischen Tafeln.

In Leinwand gebunden Preis M. 10,—.

Die Farbmischungslehre und ihre praktische Anwendung.

Von **Karl Mayer,**

Chemiker-Kolorist.

Mit 17 Textfiguren und 6 Tafeln.

Preis M. 4,—; in Leinwand gebunden M. 4,80.

Chemie und Struktur der Pflanzen- Zellmembran.

Von **Dr. J. König** und **Dr. E. Rump**
in Münster i. W.

Mit 9 Tafeln und mehreren Textabbildungen. Preis M. 2,80.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

Verlag von Julius Springer in Berlin.

Chemiker-Kalender.

Herausgegeben von **Dr. Rudolf Biedermann.**

In zwei Bänden.

In Leinwand gebunden Preis zus. M. 4,40. — In Leder gebunden Preis zus. M. 5,40.

Der Betriebs-Chemiker.

Ein Hilfsbuch für die Praxis des chemischen Fabrikbetriebes.

Von **Dr. Richard Dierbach**, Fabrikdirektor.

Zweite, verbesserte Auflage.

Mit 117 Textfiguren. — Preis M. 8,—.

Taschenbuch für die anorganisch-chemische Großindustrie.

Herausgegeben von

Prof. Dr. G. Lunge
in Zürich

und

Chefchem. Dr. E. Berl
in Tubize (Belgien).

Fünfte, umgearbeitete Auflage.

Mit 15 Textfiguren. — In Kunstleder gebunden Preis M. 8,—.

Wahl, Projektierung und Betrieb von Kraftanlagen.

Von **Friedrich Barth**,

Oberingenieur an der Bayerischen Landesgewerbeanstalt in Nürnberg.

496 Seiten mit 126 Figuren im Text und auf 3 Tafeln.

In Leinwand gebunden Preis M. 12,—.

Karl Urbahn

Ermittlung der billigsten Betriebskraft für Fabriken

unter besonderer Berücksichtigung der Abwärmeverwertung.

Zweite, vollständig erneuerte und erweiterte Auflage

von **Dr.-Ing. Ernst Reutlinger**,

Direktor der Ingenieurgesellschaft für Wärmewirtschaft m. b. H. in Cöln.

Mit 66 Figuren und 45 Zahlentafeln. — In Leinwand gebunden Preis M. 5,—.

Buchhaltung und Bilanz

auf wirtschaftlicher, rechtlicher und mathematischer Grundlage,
für Juristen, Ingenieure, Kaufleute und Studierende der Privatwirtschaftslehre.

Von **Dr. hon. c. Johann Friedrich Schär**,

Professor und Direktor des handelswissenschaftlichen Seminars an der Handelshochschule zu Berlin.

Zweite, stark erweiterte und völlig umgearbeitete Auflage.

In Leinwand gebunden Preis M. 7,—.

Die kaufmännische Erfolgs-Rechnung.

(Gewinn- und Verlust-Rechnung.)

Analytische Darstellung ihrer Faktoren bei Handels-, Industrie- und Bankunternehmungen nach handelstechnischen und rechtlichen Gesichtspunkten.

Von **Dr. Gustav Müller**, Magdeburg.

In Leinwand gebunden Preis M. 12,—.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.