

Dr. Hermann Hager

Das Mikroskop und seine Anwendung

Handbuch der praktischen Mikroskopie
und Anleitung zu mikroskopischen Untersuchungen

 Springer

Das Mikroskop und seine Anwendung

Handbuch der praktischen Mikroskopie
und Anleitung zu mikroskopischen Untersuchungen

von

Dr. Hermann Hager

Nach dessen Tode vollständig umgearbeitet und in Gemeinschaft mit

Dr. O. Appel
Prof. u. Geh. Regierungsrat, Direktor der Biolog. Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft zu Berlin-Dahlem

Dr. G. Brandes
Professor der Zoologie an der Tierärztlichen Hochschule und Direktor des Zoologischen Gartens zu Dresden

Dr. P. Lindner
Professor am Institut für Gärungsgewerbe zu Berlin

Dr. Th. Lochte
Med.-Rat Professor der gerichtlichen Medizin an der Universität und Kreisarzt zu Göttingen

neu herausgegeben von

Dr. Carl Mez

Professor der Botanik an der Universität und Direktor des Botanischen Gartens zu Königsberg

Zwölfte, umgearbeitete Auflage

Mit 495 Textfiguren



Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH

1920

ISBN 978-3-662-24378-7 ISBN 978-3-662-26495-9 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-662-26495-9

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

Copyright 1920 by Springer-Verlag Berlin Heidelberg
Ursprünglich erschienen bei Julius Springer in Berlin 1920.
Softcover reprint of the hardcover 12nd edition 1920

Vorwort zur zwölften Auflage.

Als kurzes Handbuch der praktischen Mikroskopie hat das vorliegende Buch durch viele Auflagen sich bewährt und Freunde gewonnen. Durch Vereinigung von Fachmännern der wichtigsten Gebiete der angewandten Mikroskopie ist das Werkchen von Auflage zu Auflage immer reichhaltiger und den Bedürfnissen entsprechender geworden. Es ist in erster Linie für den Anfänger bestimmt, doch wird auch der fertige Untersucher es öfters mit Vorteil benützen, denn es trägt aus vielen Gebieten das wichtigste zusammen und bringt mancherlei, was anderwärts nicht oder nicht in so brauchbarer Form gefunden wird.

Wissen und Können sind die einzigen sicheren Besitztümer geblieben; ihrer Verbreitung bleibt unser Werk gewidmet. Seine Aufgaben sind seit der Umwälzung noch gewachsen. Gegen Schädlinge aller Art verteidigt uns die praktische Mikroskopie; sie hilft dem Fleiß und der Ordnung, sie steuert der Unordnung und Zuchtlosigkeit.

Besonders in der Nahrungsmitteluntersuchung wird es unsere Pflicht sein, den früheren Anschauungen in Handel und Wandel wieder zum Siege zu verhelfen. Nachdem lange Zeit hindurch minderwertigster Ersatz geherrscht hat und dadurch Unterschlebung und Betrug sich breit machen konnten, muß der praktische Mikroskopiker, soviel an ihm ist, dazu helfen, daß an Stelle des Surrogats das Echte, an Stelle des Betrugs Ehrlichkeit wieder zur Herrschaft komme.

Königsberg, den 5. Februar 1920.

Carl Mez.

Inhaltsverzeichnis.

Das Mikroskop.

	Seite
A. Die Theorie des Mikroskops	1
I. Die Linsen	1
II. Die Brechung der Lichtstrahlen	2
III. Theoretische Konstruktion von Strahlengang und Bild in Sammellinsen	2
1. Strahlengang in Sammellinsen	2
2. Bildkonstruktion bei Sammellinsen	3
3. Strahlengang und Bildkonstruktion bei Lupe und zusammengesetztem Mikroskop in ihrer einfachsten Form	5
a. Das zusammengesetzte Mikroskop	5
Das Objektiv 6. — Strahlengang und Bildkonstruktion in Objektiven (Systemen von Sammellinsen) 6. — Praktisch wichtige Abweichungen des Strahlengangs in Objektiven (Fehler der Objektive) 7. — Fehler des Objektivs an sich 7. — Die chromatische Aberration 7. — Die sphärische Aberration 9. — Das aplanatische Objektiv 10. — Die Immersionsobjektive 12. — Die Apochromatobjektive 15. — Die Zentrierung der Linsen 16. — Objektiv und Deckglas 16. — Das Okular 20.	
b. Die Lupe und das einfache Mikroskop	20
B. Die mechanische Einrichtung des Mikroskops	24
I. Die Teile des Mikroskops und ihre Benennung	24
II. Der optische Apparat	24
1. Die Fassung der Objektive	24
2. Die Fassung der Okulare	26
3. Die Beleuchtungsvorrichtungen	26
a. Der Mikroskopspiegel	26
b. Die Blenden	26
c. Die Beleuchtungslinsen	28
III. Das Stativ	29
1. Der Fuß	29
2. Die Säule	29
3. Der Objektisch	30
4. Der Tubus	31
IV. Der Strahlengang im Mikroskop	33
V. Das binokulare Mikroskop	34
VI. Das Polarisationsmikroskop	36
VII. Nebenapparate	41
1. Zeichenapparate	41
2. Mikrometer	42
3. Das Zeigerdoppelokular	43
4. Mikroskopierlampe	44
5. Mikrophotographische Apparate	44
a. Apparate für gewöhnliches Licht	44
b. Die Mikrophotographie mit ultraviolettem Licht	46
6. Dunkelfeldbeleuchtung	47

	Seite
C. Ankauf und Prüfung des Mikroskops.	50
I. Allgemeine Bemerkungen über den Ankauf.	50
II. Empfehlenswerte Mikroskopformen.	50
III. Die Prüfung des Mikroskops	54
1. Die direkte Prüfung.	54
a. Prüfung auf definierende und penetrierende Kraft	54
b. Verzerrung des Bildes	57
c. Prüfung auf sphärische und chromatische Aberration	57
2. Die Messung von Vergrößerung und Brennweite	58
D. Die Behandlung des Mikroskops	60
E. Der Gebrauch des Mikroskops	62
I. Aufstellung des Mikroskops und Einstellung des Objekts	62
II. Die Betrachtung mikroskopischer Bilder	64
III. Die Herstellung von Präparaten.	66
1. Der Herstellung von Präparaten dienende Utensilien, Instrumente, Chemikalien	67
a. Utensilien zur Fertigmachung (Montierung) der Präparate	67
b. Instrumente zur Herstellung von Präparaten	68
c. Der Aufbewahrung von Präparaten dienende Einschlußmassen	69
d. Reagentien.	70
Aufhellungsmittel 71. — Physikalische Aufhellungsmittel 71. — Chemische Aufhellungsmittel 72. — Die eigentlichen Reagentien 73.	
e. Farbstoffe	74
2. Anfertigung eines einfachen Trockenpräparats.	76
3. Anfertigung der Präparate von wasserhaltigen Objekten	77
a. Untersuchungspräparate.	77
Betrachtung der Untersuchungspräparate.	78
b. Dauerpräparate	81
Glyzerinpräparate 81. — Kanadabalsampräparate 82.	
4. Anfertigung von Schliffpräparaten	84
IV. Die mikroskopische Beobachtung undurchsichtiger Objekte	85
Mikroskopische Objekte.	
I. Objekte aus dem Pflanzenreich	92
1. Höhere (Gefäß-) Pflanzen	93
a. Von Samen stammende Objekte	93
Mehl, Stärke 93. — Das Stärkekorn 93. — Kartoffelstärke 94. — Roggenmehl 95. — Weizenmehl 96. — Nachweis von Mehlmischungen 96. — Verdorbenes Mehl 100. — Nachweis fremder Bestandteile im Mehl 103. — Stärkemehl von anderen Zerealien 109. — Stärkemehle aus Knollen und Stämmen 112. — Übersicht der praktisch wichtigen Stärke- und Mehlsorten 114. — Kaffee 116. — Surrogate des Kaffees 118. — Kakao, Schokolade 126. — Kolanuß 130. — Pfeffer 130. — Verfälschungen des Pfefferpulvers und anderer Gewürzpulver 131. — Piment 136. — Paprika 138. — Senf 139. — Muskatnuß und Macis 142. — Kardamomen 144. — Vanille 145.	
b. Von Blüten oder Blütenteilen stammende Objekte	146
Gewürznelken 146. — Safran 148. — Insektenpulver 150.	
c. Von Blättern stammende Objekte	152
Tee 152. — Mate 153. — Surrogate und Verfälschungen des Paraguaytees 157. — Tabak 157. — Die erlaubten Surrogate und Parfüms des Tabaks 158. — Die häufigsten Verfälschungen des Tabaks 166.	

	Seite
d. Von Stammorganen herrührende Objekte.	167
Ingwer 167. — Curcuma 168. — Zimt 168. — Die mikro-	
skopische Unterscheidung der einheimischen Nutzhölzer	
170. — Mikroskopische Unterscheidung der pflanzlichen	
Gespinnstfasern 173. — Übersichtstabelle der wichtigeren	
pflanzlichen Textilfasern 177. — Untersuchung von	
Papier 180.	
e. Einige sehr häufige, zufällig in Präparaten erscheinende	
Objekte	183
2. Praktisch wichtige mikroskopische Objekte aus dem Reich der	
niederen (Zellen-) Pflanzen	185
a. Höhere Pilze.	185
Trüffeln und ihre Verfälschungen 185. — Hausschwamm-	
untersuchungen 187. — Bestimmung von Pilzresten bei	
Pilzvergiftungen 192.	
b. Die gewöhnlichsten Schimmelpilze.	194
c. Die wichtigsten Pilzkrankheiten der Kulturgewächse . . .	205
Bakterienfäule der Kartoffel 206. — Bakterienbrand der	
Kirschbäume 207. — Kohlhernie 209. — Weißer Rost	
der Kruziferen 210. — Phytophthorakrankheit der Kar-	
toffel 211. — Falscher Mehltau des Weinstocks 213. —	
Übersicht über die wichtigsten Kartoffelkrankheiten 214. —	
Taschenkrankheit der Pflaumen 216. — Fleckenkrankheit	
des Klees 216. — Runzelschorf des Ahorns 217. — Mehl-	
tau des Getreides 218. — Echter Mehltau des Weinst-	
stocks 219. — Weinstockpilz oder Wurzelpilz der Reben	
221. — Mutterkorn 222. — Steinbrand des Weizens 224.	
— Flug- oder Staubbrand des Getreides 226. — Mais-	
brand 227. — Roggenstengelbrand 227. — Übersicht	
über die hauptsächlichsten Brandarten unserer Getreide-	
arten 228. — Getreiderost 229. — Die wichtigsten Unter-	
scheidungsmerkmale der Getreideroste 231. — Gitterrost	
der Birnbäume 232. — Fleckenkrankheit der Bohnen 234.	
— Moniliakrankheit der Obstbäume 235. — Schorf-	
oder Fusikladiumkrankheit des Kernobstes 236. —	
Schwärze des Getreides 237. — Welkekrankheit der Le-	
guminosen 238.	
d. Hefepilze	239
Soorpilz 244. — Bakterien als Gärungserreger 245.	
e. Die wichtigsten Wasserpilze.	249
Bakterien-Zoogloeen 249. — Crenothrix polyspora 250. —	
Cladotrix dichotoma 250. — Sphaerotilus natans 251. —	
Beggiatoa alba 251. — Leptomitus lacteus 252. — Sapro-	
legnia und Achlya 252. — Fusarium aquaeductum 253. —	
Übersicht der Wasserverschmutzungsstadien und ihrer	
Leitorganismen 253.	
f. Bakterien	254
Praktisch wichtige bakteriologische Untersuchungsmethoden	
260. — Nachweis der Tuberkelbazillen im Sputum 260. —	
Nachweis der Gonokokken im Trippereiter 262. — Nach-	
weis von Milzbrandbazillen 263. — Nachweismethoden des	
Typhusbakteriums 264. — Nachweis des Kolibakteriums	
266. — Nachweis des Cholera-Vibrio 266. — Nachweis	
des Diphtherie-Bazillus 267. — Nachweis der Syphilis-	
Spirochäten 268.	
g. Algen	270
Diatomeen 271. — Chlorophyceen 273. — Cyanophyceen 274.	

	Seite
II. Objekte aus dem Tierreich	276
1. Tierische Gewebe	276
a. Oberflächenepithel	276
Platteneithel 276. — Nägel und Haare 277. — Zylinder-	
epithel 281.	
b. Bindesubstanzen	282
Bindegewebe 283. — Fettgewebe 284. — Knorpelgewebe	
286. — Knochengewebe 287.	
c. Muskelgewebe	288
d. Nervengewebe	290
2. Vom menschlichen Körper stammende Objekte	291
a. Lymphe und Blut	291
Erkennung eingetrockneten Blutes 293. — Spektroskopische	
Untersuchung von Blutflecken 294. — Mikroskopisch-	
chemischer Blutnachweis 296. — Biologischer Blutnach-	
weis 297. — Blutuntersuchungen zum Zweck gesundheits-	
polizeilicher Maßnahmen 298. — Malaria 299. — Schlaf-	
krankheit 302. — Rückfallfieber 302. — Syphilis 303. —	
Gelbfieber 303. — Pest 303. — Flecktyphus (Typhus	
exanthematicus) 304. — Typhus abdominalis 304.	
b. Eiter und ähnliche entzündliche Produkte	307
Diagnostische Eiteruntersuchung 307. — Trippereiter 309. —	
Andere Schleimhautbeläge 310.	
c. Der Auswurf	310
d. Abgänge aus den weiblichen Geschlechtsorganen	313
e. Untersuchung von Sperma	317
Untersuchung von frischer Samenflüssigkeit 317. — Unter-	
suchung von Spermaflecken 318.	
f. Harn	319
Organisierte Bestandteile des Harnsediments 320. — Nicht	
organisierte Bestandteile des Harnsediments 322.	
3. Vom tierischen Körper stammende Objekte	323
a. Milch	323
b. Tierische Gespinnstfasern	325
Seide und ihre Surrogate 325. — Tierische Haare 327. —	
Prüfung eines Gewebes 333.	
4. Mikroskopische Objekte von niederen Tieren	333
a. Tierische Parasiten des Menschen	333
Insekten 333. — Feder- und Haarlinge 336. — Milben 337.	
— Würmer 341. — Trichine 341. — Andere Eingeweide-	
Nematoden 345. — Bandwürmer 347. — Sporozoen 351.	
b. Beispiele von wichtigen, durch Tiere hervorgerufenen Pflan-	
zenkrankheiten	353
Stockkrankheit des Roggens 353. — Gicht- oder Radekrank-	
heit des Weizens 355. — Nematodenkrankheit der Zucker-	
rübe 356. — Spinnmilben 358. — Weinblattmilben 359.	
— Blutlaus 360. — Reblaus 362. — San-José-Schildlaus	
365. — Blasenfüße 368. — Gelbe Weizenmücke 369. —	
Weizengallmücke, Hessenfliege 369. — Gelbe Halmfliege	
oder Weizenfliege 370. — Fritfliege 370.	
c. Rädertierchen	371
d. Urtiere (Infusorien)	372
Sarcodina 372. — Mastigophora 374. — Ciliata 376. —	
Planktonuntersuchungen von Fischgewässern 379.	

Das Mikroskop.

A. Die Theorie des Mikroskops.

Das Mikroskop ist ein optisches Werkzeug, mit dem man Gegenstände, die ihrer Kleinheit wegen nicht sichtbar sind, oder die ihrer Kleinheit wegen undeutlich erscheinen, dem Auge sichtbar und deutlich macht.

Das Entwerfen großer Bilder von kleinen Gegenständen wird durch Glaslinsen bewirkt: als die wesentlichen Bestandteile der Mikroskope sind daher die Linsen zu betrachten. Alles, was an einem Mikroskop außer den Linsen sich findet, ist für das Verständnis des optischen Vorgangs, der Vergrößerung kleiner Gegenstände, unwesentlich.

I. Die Linsen.

Linsen werden Körper aus durchsichtigem, klarem Glase genannt, die durch zwei Kugelflächen oder eine kugelförmige und eine ebene Fläche begrenzt sind (Fig. 1, 2).

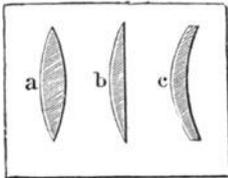


Fig. 1. Sammellinsen.

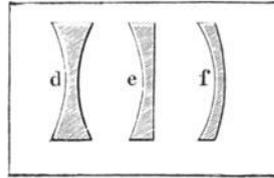


Fig. 2. Zerstreuungslinsen.

Die kugelförmigen Flächen können positiv (konvex) oder negativ (konkav) sein; hiernach teilt man die Linsen ein in bikonvexe (*a*), plankonvexe (*b*), konkav-konvexe (*c*), bikonkave (*d*), plankonkave (*e*), konvex-konkave (*f*).

Linsen, bei denen die Konvexfläche vorherrscht, heißen Sammellinsen oder Vergrößerungsgläser; solche mit überwiegender Konkavfläche Zerstreuungslinsen oder Verkleinerungsgläser.

Daraus folgt, daß in Fig. 1 und 2 die durch zwei konvexe Kugelflächen begrenzte Linse *a*, sowie die durch eine konvexe Kugelfläche und eine Ebene begrenzte Linse *b* als Sammellinsen bezeichnet werden müssen; ebenso sind die durch zwei Konkavflächen bzw. eine solche

und eine Ebene begrenzten Linsen d , e Zerstreuungslinsen. Bei c und f aber kommt es auf die Krümmung der beiden Flächen an. Ist (c) die Krümmung der konvexen Fläche stärker als diejenige der Konkavfläche, so wirkt die Linse als Sammellinse; ist dagegen (f) die Krümmung der konvexen Seite schwächer als diejenige der konkaven, so herrscht letztere vor und die Linse wirkt als Zerstreuungslinse.

Um dies zu verstehen, müssen wir auf die einfachsten optischen Gesetze zurückkommen.

II. Die Brechung der Lichtstrahlen.

Wenn ein Lichtstrahl aus Luft schief auf eine Glasplatte fällt, so geht er nicht geradlinig hindurch, sondern erleidet sowohl beim Eintritt in das „dichtere Medium“ wie beim Austritt aus demselben eine Richtungsänderung, es erfolgt eine Brechung der Strahlen.

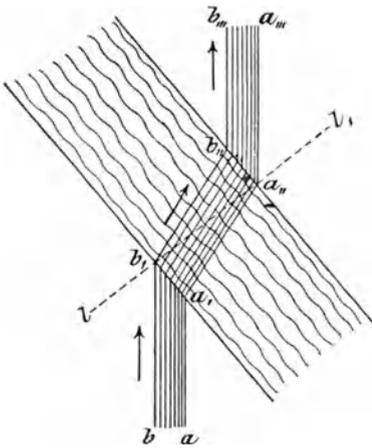


Fig. 3. Schematische Darstellung der Strahlenbrechung bei Übergang von einem dünneren in ein dichteres Medium und umgekehrt.

Errichten wir in einem Punkte, wo ein Lichtstrahl aus einem dünneren Medium (Luft) in ein dichteres (Glas) einfällt, also (Fig. 3) beispielsweise in b , eine senkrechte Linie, so wird diese die „Lotrechte im Einfallspunkt“ oder kurz das Einfallslot genannt. Dieses Einfallslot ist $b, -l$. Wie die Figur zeigt, findet beim Übergang eines Lichtstrahls aus dünnerem in dichteres Medium eine Brechung nach dem Einfallslotte zu statt.

Errichten wir an einem Punkt, wo ein Lichtstrahl aus einem dichteren in ein dünneres Medium einfällt (also beispielsweise in a), wieder ein Einfallslot ($a, -l$), so wird der Strahl von dem Einfallslot weggebrochen.

Wenn die Strahlen mit dem Einfallslot zusammenfallen, also senkrecht einfallen, können sie nicht auf es zu oder von ihm weg gebrochen werden: ein senkrecht auffallender Strahl geht ungebrochen durch das dichtere Medium hindurch.

III. Theoretische Konstruktion von Strahlengang und Bild in Sammellinsen.

1. Strahlengang in Sammellinsen.

Treffen die Strahlen a , b , c (Fig. 4) eines fernliegenden Punktes senkrecht auf eine plankonvexe Linse, so gehen sie durch diese bis

zur konvexen Seite ungebrochen hindurch; dann aber ist zwischen den Strahlen a , c und dem Strahl b zu unterscheiden.

Der Strahl b tritt bei dem Punkte f ungebrochen wieder aus, weil seine Richtung mit dem Einfallslot im Punkte f zusammenfällt. Die Strahlen a und c dagegen werden an ihren Austrittspunkten von dem Einfallslot (z. B. e l) hinweggebrochen, und zwar nach dem Strahl bfp zu. Diesen schneiden sie im Punkte o . Wir folgern daraus:

Jeder nicht durch den Mittelpunkt der Linse gehende Strahl wird aus seiner ursprünglichen Richtung abgelenkt, und zwar um so mehr, je weiter er vom Linsenmittelpunkt entfernt ist. Aus letzterem Grunde werden alle parallel auf eine Sammellinse auffallenden Strahlen nach ihrem Durchgange in einem Punkte (o) vereinigt, den man, da in ihm nicht nur die Licht-, sondern auch die Wärmestrahlen zusammentreffen, den Brennpunkt (Fokus) der Linse genannt hat.

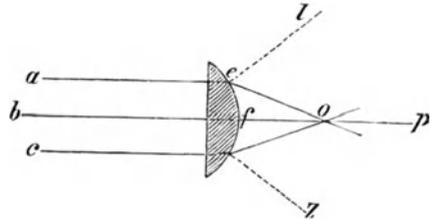


Fig. 4. Strahlengang in einer plankonvexen Linse.

Derjenige Strahl (bfp), der den Brennpunkt mit dem Mittelpunkt der Linse verbindet, stellt die optische Achse der Linse dar. Die Entfernung des Brennpunktes von der Linse (also of) heißt die Brennweite (Fokaldistanz) dieser Linse. Die Brennweite wird nach Zentimetern oder Millimetern gemessen.

Bei einer bikonvexen Linse, wie wir sie in jeder einfachen Lupe vor uns haben, findet eine zweimalige Brechung der Strahlen statt.

Die parallel mit der optischen Achse bp (Fig. 5) auf die Linse fallenden Strahlen (z. B. as) werden beim Eintritt in dieselbe dem Einfallslot (le) zu gebrochen und würden, erführen sie weiter keine Brechung, die optische Achse in r schneiden; jedoch in s treffen sie auf die zweite brechende Fläche. Sie werden hier wieder gebrochen, und zwar vom Einfallslot ms hinweg, und durchschneiden die Achse in dem Punkte o , der der Brennpunkt dieser Linse ist. Der Abstand des Punktes o von der Linse ist also die Brennweite derselben.

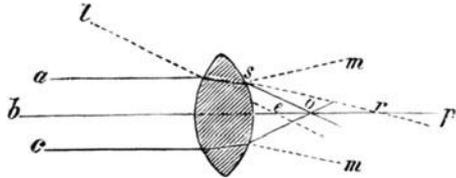


Fig. 5. Strahlengang in einer bikonvexen Linse.

2. Bildkonstruktion bei Sammellinsen.

Da sich alle von einem Punkt ausgehenden Strahlen wieder in demselben Punkte vereinigen, in dem sich zwei derselben schneiden,

so läßt sich, wenn man den Strahlengang in Linsen kennt, das Bild eines Gegenstandes, das durch den Einfluß einer Linse entsteht, konstruieren.

Man unterscheidet zwei Arten von Bildern, reelle und virtuelle. Bei reellen Bildern (Fig. 6) konvergieren die Strahlen und erzeugen ein Bild, das auf einem Schirm aufgefangen werden kann. Bei virtuellen (Fig. 7) divergieren die Strahlen; erst ihre Rückwärtsverlängerung schneidet sich im Bilde. Deshalb sind virtuelle Bilder nur subjektiv vorhanden, sie können nicht auf einem Schirm aufgefangen werden.

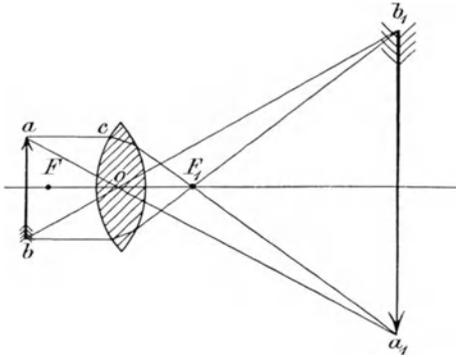


Fig. 6. Bildkonstruktion bei wenig außerhalb der Brennweite liegendem Objekt — reelles Bild.

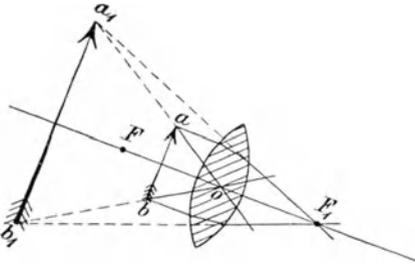


Fig. 7. Bildkonstruktion bei innerhalb der Brennweite liegendem Objekt — virtuelles Bild.

verläuft. Der Strahl ao wird, da er durch den Mittelpunkt geht, nicht gebrochen. Er schneidet den ersten Strahl in a_1 . Alle Strahlen, die von a ausgehen, vereinigen sich in a_1 ; a_1 ist also der Bildpunkt von a . Auf dieselbe Weise lassen sich die Bildpunkte aller Punkte zwischen a und b konstruieren. Da a und a_1 auf verschiedenen Seiten der optischen Achse liegen, wird das Bild a_1b_1 umgekehrt, es ist reell und vergrößert.

2. Auf ähnliche Art erfolgte die Konstruktion in Fig. 7, wo das Objekt ab innerhalb der Brennweite liegt. Dem auf der andern Linsenseite beobachtenden Auge scheinen die Strahlen nicht von der Strecke ab , sondern von a_1b_1 her zu kommen. Das Bild ist aufrecht, vergrößert und virtuell.

Wählen wir von der Anzahl der verschiedenen Fälle, die durch die Lage des Objekts zur Linse entstehen, nur die beiden aus, die für unsere Zwecke in Betracht kommen, nämlich:

1. daß das Objekt wenig außerhalb der Brennweite einer Binkonvexlinse liegt (dies ist, wie wir sehen werden, beim Mikroskopobjektiv der Fall) und
2. daß das Objekt innerhalb der Brennweite einer solchen Linse liegt (wie bei der Lupe und beim Mikroskopokular).

1. Der parallel zur optischen Achse auffallende Strahl ac (Fig. 6) wird bei seinem Durchgang durch die Linse so abgelenkt, daß er den Brennpunkt F_2 trifft und von da geradlinig weiter

3. Strahlengang und Bildkonstruktion bei Lupe und zusammengesetztem Mikroskop in ihrer einfachsten Form.

Strahlengang und Bildkonstruktion bei der Lupe ist ohne weiteres aus Fig. 7 und der dazu gegebenen Erläuterung ersichtlich. Das kleine Objekt ab sendet durch die Linse Strahlen aus, die in unser Auge gelangen. Dieses sucht das Bild stets in der Richtung der das Bild darstellenden Strahlen. Da nun, wie aus Fig. 7 hervorgeht, ein reelles Bild nach dem Durchgang der Strahlen durch die Linse nicht entsteht, muß das Bild ein virtuelles sein. Dasselbe (a_1b_1) scheint auf der gleichen Seite der Linse zu liegen wie das Objekt, nur in weiterer Entfernung.

a) Das zusammengesetzte Mikroskop.

Das zusammengesetzte dioptrische Mikroskop (schlechthin Mikroskop genannt) besteht aus zwei Linsensystemen, die man sich in ihren Wirkungen als zwei einfache Linsen mit gemeinsamer optischer Achse denken kann.

Die eine der Linsen (A in Fig. 8) ist dem Objekt ab zugekehrt und wird Objektiv genannt; die andre B ist nach dem Auge des Beschauers gerichtet und heißt Okular.

Das Objektiv besitzt eine relativ kurze Brennweite; es ist deshalb leicht, das Objekt so außerhalb derselben zu legen, daß ein umgekehrtes, reelles und vergrößertes Bild in $a'b'$ entsteht (vgl. auch Fig. 6). Dieses fällt zwischen das Okular und seinen Brenn-

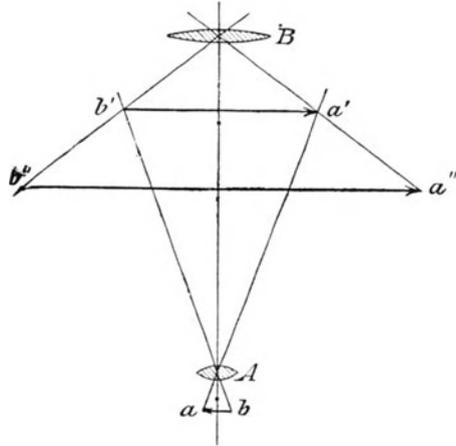


Fig. 8. Strahlengang und Bildkonstruktion im zusammengesetzten Mikroskop.

punkt. Das Okular wirkt nun als Lupe (vgl. auch Fig. 7) und macht das Bild unter nochmaliger Vergrößerung als $a''b''$ dem Auge sichtbar.

Wie aus Fig. 8 hervorgeht, hängt Lage und Größe des reellen Bildes $a'b'$ lediglich von der Brennweite des Objektivs und von der Entfernung des Objektes vom Objektiv ab. Bezeichnen wir die Brennweite mit f , die Entfernung des Objektes vom Objektiv mit p und die des Bildes mit p_1 , so wird das Abhängigkeitsverhältnis durch die bekannte Gleichung ausgedrückt:

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{p_1} = \frac{1}{f}.$$

Das Okular wirkt nun auf das entworfenene reelle Bild als Lupe. Bezeichnet man die Entfernung des das Objekt darstellenden reellen Bildes $a'b'$ und des

entstehenden virtuellen Bildes $a'' b''$ in Fig. 8 mit p^* und $p',^*$ und die Brennweite des Okulars mit f^* , so erhält man für das Okular, analog der vorhergehenden, folgende Gleichung:

$$\frac{1}{p^*} + \frac{1}{p',^*} = \frac{1}{f^*}.$$

Die Vergrößerung einer Linse wird durch das Verhältnis der Bildentfernung zur Objektentfernung ausgedrückt; wir haben demnach für das Objektiv das Verhältnis $\frac{p'}{p}$ und für das Okular $\frac{p',^*}{p^*}$. Die Gesamtvergrößerung eines Mikroskops (V) wird also durch die Gleichung: $V = \frac{p'}{p} \cdot \frac{p',^*}{p^*}$ bestimmt.

Das Objektiv.

Strahlengang und Bildkonstruktion in Objektiven (Systemen von Sammellinsen).

Vorstehende Gesetze des Strahlenganges gelten nur für unendlich dünne Linsen, deren Dicke also ihren Krümmungsradien gegenüber vernachlässigt werden darf; bei Linsen von einiger Dicke werden sie etwas modifiziert. Da in der Praxis die Konvexlinsen mit stark gekrümmter Oberfläche häufig eine erhebliche Dicke besitzen, beziehen sich alle folgenden Betrachtungen auf Linsen, deren Dicke nicht vernachlässigt werden darf.

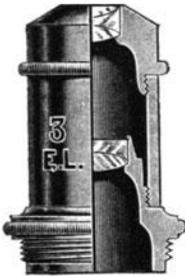


Fig. 9.
Längsdurchschnitt
eines Objektivs.

Bekanntlich sind Mikroskopobjektive (Fig. 9) aus einer Anzahl einfacher und doppelter usw. Linsen zusammengesetzt, um auf diese Weise erhebliche Fehler der Bilder (wovon später) möglichst abzuschwächen. Wir können uns nun ein solches aus einer Anzahl von Linsen bestehendes System als eine einzige dickere Linse denken, die die Äquivalentbrennweite und sonstigen Eigenschaften des Systems besitzt. Ein nach dem Mittelpunkt einer derartigen Linse zielender Strahl geht zwar auch ungebrochen weiter, aber er erleidet eine ge-

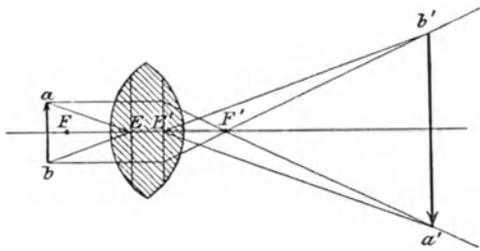


Fig. 10. Verschiebung der Strahlen in dicken Linsen und Linsensystemen.

wisse Verschiebung. Die Stelle des Mittelpunktes vertreten nämlich zwei um eine gewisse Strecke voneinander entfernte Punkte. Bei

einer gleichseitigen Bikonvexlinse liegen diese um etwa $\frac{1}{3}$ der Linsendicke von den Scheiteln entfernt; bei anders geformten Linsen ist ihre jeweilige Lage eine entsprechend veränderte. Sie werden Hauptpunkte und die in ihnen errichteten auf der optischen Achse senkrechten Ebenen werden Hauptebenen genannt. Von ihnen aus werden die Brennweiten gemessen. Wollte man die Brennweite vom Linsenscheitel zum Brennpunkt rechnen (vgl. S. 3), so würde man unter Umständen einen recht erheblichen Fehler begehen.

Aus Fig. 10 ersehen wir die Konstruktion des Bildes, das von einem außerhalb der Brennweite liegenden Objekt entsteht. Die Strahlen aE und $E'a'$ sind zwar noch parallel, aber um die Strecke EE' verschoben. E übernimmt die Stelle des Mittelpunktes für den einfallenden, E' die für den ausfallenden Strahl. In ähnlicher Weise weichen alle übrigen Strahlen ab.

Praktisch wichtige Abweichungen des Strahlengangs in Objektiven (Fehler der Objektive).

Fehler des Objektivs an sich.

Ein Bild, das von einer einfachen Linse entworfen wird, ist nicht unter allen Umständen rein und deutlich. Es treten störende Wirkungen der Linse auf, die durch die chromatische und die sphärische Aberration (Abweichung) hervorgerufen werden.

Die chromatische Aberration.

Bei Besprechung des Strahlenganges in Linsen haben wir stillschweigend die Annahme gemacht, daß der Lichtstrahl etwas Einheitliches sei. In Wirklichkeit ist dies aber nicht der Fall.

Chromatische Aberration wird der Fehler genannt, der durch die Zerlegung des weißen Sonnenlichtes in seine Farben beim Durchgang durch Linsen entsteht. Diese Zer-

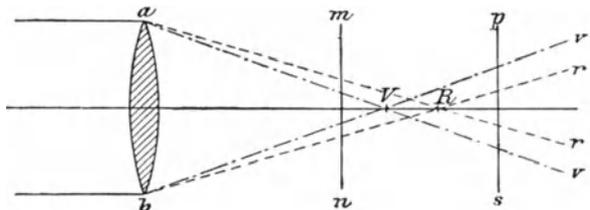


Fig. 11. Die chromatische Aberration. r = rote, v = violette Strahlen.
 R = Brennpunkt der roten, V = Brennpunkt der violetten Strahlen.

legung des Lichtes wird dadurch bedingt, daß Strahlen verschiedener Wellenlängen verschieden abgelenkt werden, und zwar um so mehr, je kleiner ihre Wellenlänge ist. Die roten Strahlen werden also weniger, die violetten mehr gebrochen. Also bedingt die ver-

schiedene Ablenkung der Lichtstrahlen verschiedene Brennweiten für die einzelnen Farben.

Die chromatische Aberration wird durch Fig. 11 dargestellt; man sieht, daß die roten Strahlen r sich im Brennpunkt R , die violetten Strahlen v dagegen im Brennpunkt V schneiden.

Nimmt man nun einen Schirm und schiebt ihn (beispielsweise in der Ebene mn) zwischen Linse und Brennpunkt, so sieht man, daß der von parallel auffallenden Strahlen gebildete Kreis einen roten Saum hat; schiebt man den kleinen Schirm dagegen jenseits des Brennpunktes (beispielsweise in ps) ein, so hat der Kreis einen violetten Rand.

Die Folge der chromatischen Aberration ist also, daß die Bilder nicht in einer Ebene liegen und je nach ihrer Lage verschieden groß werden (sich also nicht vollständig decken) und das Gesamtbild deswegen farbig umsäumt erscheint.

Um diesen Fehler zu beseitigen, kombiniert man eine Konvex- und eine Konkavlinse aus verschiedenen Glassorten, die bei geringer Verschiedenheit im Brechungsvermögen ein ungleiches Zerstreuungsvermögen besitzen, in der Weise, daß die eine die Farbenzerstreuung der andern aufhebt und doch noch eine Brechung erheblich zugunsten der Konvexlinse übrig bleibt. Eine solche Doppellinse nennt man achromatische Linse.

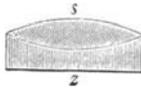


Fig. 12.
Achromatische Doppellinse, kombiniert aus einer Kronglas-Sammellinse s und einer Flintglas-Zerstreuungslinse z .

Geeignete Substanzen für derartige Linsenkombinationen haben wir in den als Kron- (Crown-) und Flintglas bezeichneten Glassorten. Bei nur etwa 0,1 bis 0,2 höherem Brechungsexponent ist das Zerstreuungsvermögen des Flintglases (z in Fig. 12) mehr als doppelt so groß als das des Kronglases (s in Fig. 12). So läßt sich also ein Verhältnis der Brennweiten zweier Linsen aus diesen Gläsern finden, für das sich die Farbenzerstreuungen beider aufheben, ohne daß die Doppellinse den Charakter einer Sammellinse verliert.

Da das Zerstreuungsverhältnis von Kron- und Flintglas nicht für alle Wellenlängen gleich ist, läßt sich eine vollständige Vereinigung der Strahlen nicht für alle, sondern nur für zwei verschiedene Farben erzielen. Die Herstellung einer gänzlich achromatischen Glasdoppellinse ist deshalb nicht möglich. Die Farbenreste aber, die bei geeigneter Linsenzusammenstellung noch übrig bleiben (das sogenannte sekundäre Spektrum), können in der Praxis vernachlässigt werden.

Liegt bei einer Linsenkombination der Schnittpunkt der violetten Strahlen weiter als der der roten Strahlen, so heißt sie überverbessert; im umgekehrten Falle nennt man sie unterverbessert.

Eine vollständige Vereinigung der Strahlen zweier Farben ist übrigens auch nur für eine ganz bestimmte Neigung derselben möglich und ändert sich bei jeder andern. Daher zeigen bei schiefer Beleuchtung auch die bestkorrigierten Systeme farbige Säume, die bei gerader Beleuchtung nicht in dem Maße hervortreten.

Die sphärische Aberration.

Bei der theoretischen Konstruktion von Strahlengang und Bild haben wir die Voraussetzung gemacht, daß wirklich alle parallel auf eine Sammellinse auffallenden Strahlen genau im Brennpunkt vereinigt werden.

Dies ist aber nur bei Linsen von geringer Krümmung oder nur bei solchen, die kleine Teile einer Kugeloberfläche darstellen, der Fall. Bei andern Linsen ist die Brennweite der Randstrahlen kleiner als die der Strahlen in der Nähe der optischen Achse. So entsteht also kein Brennpunkt, sondern eine Brennlinie (oder genauer ein Brennraum).

Dieser zweite Hauptfehler der Bilder wird um so größer, je mehr die Flächen gekrümmt sind, je mehr also eine Konvexlinse der Kugelgestalt sich nähert; diese Art der Abweichung wird daher sphärische Aberration genannt; sie bewirkt, daß die Zeichnung der Bilder verwaschen erscheint.

Auf einfache Weise könnte man diesen Fehler durch Abbildung der Randstrahlen vermindern; bei Linsensystemen läßt sich dieses Mittel indessen wegen des dadurch hervorgerufenen bedeutenden Lichtverlusts und der Einbuße an Auflösungsvermögen nicht anwenden, namentlich nicht für stärkere Vergrößerungen. Bei jeder Vergrößerung nimmt das Licht in quadratischem Verhältnis zur Vergrößerung ab; man muß bei starker Vergrößerung also, um das Bild hell genug zu bekommen, womöglich die ganze Linsenöffnung benutzen.

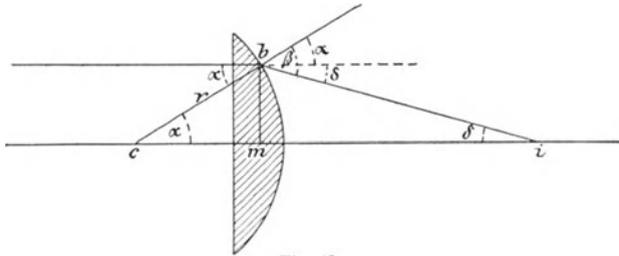


Fig. 13.

Unter Öffnung oder Öffnungswinkel einer Linse versteht man den Winkel, der, mit dem Brennpunkt der Linse als Scheitel, von den äußersten die Linse treffenden Randstrahlen gebildet wird.

Die sphärische Aberration nimmt mit der Öffnung der Linse zu und steht mit dem Krümmungsradius, also auch mit der Brennweite, in umgekehrtem Verhältnis.

In Fig. 13 falle ein Lichtstrahl parallel zur Achse auf eine plankonvexe Linse und werde nach seinem Durchgang nach i abgelenkt. Die Entfernung im , in welcher dieser Strahl die Achse trifft, ist: $im = \frac{bm}{\operatorname{tg} \delta}$. Aus dem rechtwinkligen Dreieck bmc erhält man den Wert $bm = bc \cdot \sin \alpha = r \cdot \sin \alpha$, also ist:

$$im = r \frac{\sin \alpha}{\operatorname{tg} \delta}.$$

Da man nun für einen beliebigen Einfallswinkel α immer nach der Gleichung $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{1}{n} = \frac{2}{3}$, die man nach dem Brechungsgesetz erhält, wenn $n = 1,5$ für das Glas angenommen wird, den Wert von β und daraus den für $\delta = \beta - \alpha$ finden kann, so lassen sich leicht alle Werte, die im für verschiedene Einfallswinkel α annimmt, berechnen.

So ist z. B. für $\alpha = 1^\circ im$ nahezu $= 2 r$, für $\alpha = 30^\circ$ aber nur $1,5 r$. Denkt man sich um den Mittelpunkt einer Linse eine Anzahl konzentrischer Kreise gezogen, so zeigt die Gleichung, daß Strahlen mit gleichen Einfallswinkeln, also alle Strahlen eines jeden der konzentrischen Kreise, sich in einem besonderen Punkte vereinigen. Auf dieselbe Weise kann man für jede weitere brechende Fläche, für die der Bildpunkt der vorhergehenden der Objektpunkt wird, den Weg jeden Strahls mit jedem beliebigen Einfallswinkel berechnen und so den Korrektionszustand eines Systems feststellen.

Das sicherste Mittel zur gänzlichen Vermeidung der sphärischen Aberration wäre die Anwendung von Linsen anderer als kugelige Form, die torische Flächen darstellen würden. Dem genaueren Schleifen dieser Linsen stellen sich aber solche Schwierigkeiten entgegen, daß sie bisher nur gelegentlich für Beleuchtungszwecke in Gebrauch gekommen sind.

Der Optiker kann indessen auch auf andere Weise die Abweichung fast vollständig beseitigen. Die Krümmungen der beiden Oberflächen einer bikonvexen Linse lassen sich zunächst in einem solchen Verhältnis herstellen, daß die sphärische Abweichung ein Minimum beträgt. Man nennt einen Glaskörper, bei dem dies der Fall ist, Linse der besten Form.

Bei Glas vom Brechungsindex 1,5 erhält man die „Linse der besten Form“ für parallel auffallende Strahlen, wenn der Radius der den einfallenden Strahlen zugekehrten Fläche sich zu dem der abgekehrten wie 1 : 6 verhält. Besitzt das verwendete Glas den Brechungsexponenten 1,6, so müssen sich die bezüglichlichen Radien wie 1 : 14 verhalten; ist $n = 1,686$, so ist das Verhältnis $= 1 : \infty$, die „Linse der besten Form“ ist also in diesem Falle eine Plankonvexlinse.

Es ist also nicht gleichgültig, welche Seite dem Objekt zugewandt ist. Liegt das Objekt sehr weit entfernt, so muß zur möglichsten Einschränkung der Abweichung die stärker gekrümmte Fläche nach dem Objekt gerichtet werden. Liegt hingegen, wie beim Mikroskopobjektiv, das Objekt annähernd im Brennpunkt der Linse, fallen also divergierende Strahlen auf diese, so ist die Abweichung am kleinsten, wenn die weniger gewölbte Linsenfläche den auffallenden Strahlen zugekehrt wird.

Da weiter die sphärische Aberration um so geringer wird, je größer das Brechungsvermögen der Linse bei gleicher Brennweite ist, so kann man, wie bei der Aufhebung der chromatischen Aberration, die Kombination zweier verschieden brechender Glassorten zu dieser Korrektur benutzen, indem man durch geeignete Wahl der Radien die von der einen Linse stärker gebrochenen Randstrahlen von der andern im entgegengesetzten Sinne ablenken läßt.

Das aplanatische Objektiv.

Ist in einem optischen Systeme für das von dem Objektpunkt P (s. Fig. 14) ausgehende und in dem Bildpunkt P^* zur Wiedervereinigung gelangende Strahlenbündel, das Achsenbündel, die sphärische und chromatische Korrektur erreicht, so genügt dies noch nicht, um auch die Objektpunkte Q, R usw., die auf der in Punkt Q senkrechten

Ebene liegen, in der auf P^* errichteten Bildebene in den Punkten Q^* , R^* usw. scharf und lagerichtig wiederzugeben.

Es wird nämlich nicht nur verlangt, daß die von den Objektpunkten Q , R usw. ausgehenden Strahlen der seitlichen Bündel sich

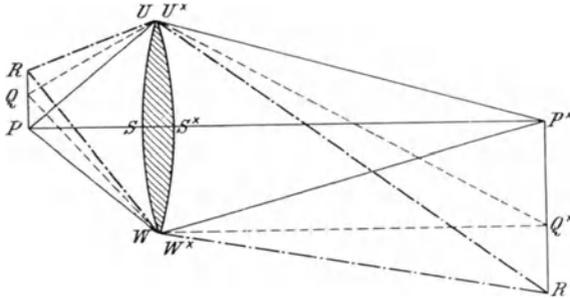


Fig. 14.

wieder in der Bildebene in den Punkten Q^* , R^* usw. schneiden, sondern auch, daß das Bild unverzerrt und dem Objekt ähnlich erscheint. Dies geschieht, wenn in der Objektebene das Verhältnis der Strecken PQ und PR proportional ist den entsprechenden Strecken in der Bildebene P^*Q^* und P^*R^* und somit der Gleichung genügt wird:

$$\frac{PQ}{PR} = \frac{P^*Q^*}{P^*R^*}.$$

Handelt es sich um die Abbildung eines seitlich beschränkten in dem Achsenpunkt P liegenden Objektes, wie es meist beim Mikroskop geschieht, so bietet für die Schärfe und Ähnlichkeit seiner Wiedergabe die Erfüllung der sog. Sinus-Bedingung in den Achsenbündeln PUU^*P^* , PVV^*P^* usw. (s. Fig. 15) eine Gewähr.

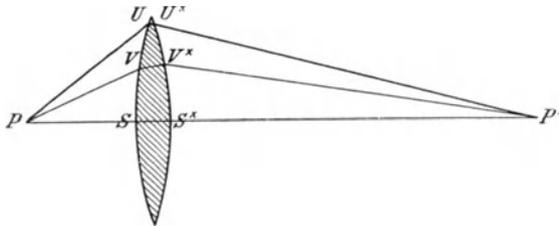


Fig. 15.

Diese Bedingung fordert, daß das Verhältnis des Sinus der Winkel, die die von P ausgehenden und zu P^* hinführenden Strahlen mit der Achse bilden, für sämtliche Strahlen konstant ist. Es soll sein

$$\frac{\sin SPV}{\sin S^*P^*V^*} = \frac{\sin SPV}{\sin S^*P^*V^*}.$$

Ist das Achsenbündel eines Systems sphärisch korrigiert und in ihm auch die Sinus-Bedingung erfüllt, so wird das System aplanatisch genannt.

Die Immersionsobjektive.

Bekanntlich wirkt die Zusammenstellung verschiedener Linsen mit schwächerer Krümmung gleich einer einzelnen Linse mit stärker gewölbten Flächen. Da nun durch geeignete Kombination einer Anzahl von Linsen die Abweichungen, die gerade für Linsen mit stark gewölbten Flächen besonders groß sind, aufgehoben oder doch stark vermindert werden können, so bestehen alle Mikroskopobjektive (vgl. Fig. 9) aus mehreren einfachen oder zusammengesetzten Linsen.

Kennt der Optiker den Strahlengang in den verschiedenen Glassorten und für die verschiedenen Entfernungen des Objekts genau, so hat er bei der Berechnung der Objektive ein Hilfsmittel darin, daß er die Abweichungen einer Linse immer durch die entgegengesetzten einer andern aufheben läßt.

Wie oben erwähnt, wächst die sphärische Aberration an einer Fläche mit der Öffnung der Strahlen. Bei einem gewöhnlichen Objektiv (Trockensystem) werden diese Abweichungen für die einzelnen Teile der Öffnung und die Brechung an der untersten Planfläche durch eine Linie graphisch dargestellt, die in der Richtung der Kurve in Fig. 16 verläuft, wenn man als Abszisse den Öffnungswinkel und als Ordinate die zugehörige Abweichung einträgt.

Um letztere aufzuheben, müßte an einer andern Fläche eine gleichgroße, aber entgegengesetzte Abweichung hervorgebracht werden. Letzteres ist nicht möglich, weil keine andere Fläche nur annähernd unter demselben Winkel getroffen wird.

Dieser Umstand war es zunächst, der für starke Vergrößerungen zur Konstruktion der Immersionssysteme (Eintauchlinsen) führte.

Durch Zwischenschalten einer Flüssigkeit von größerem Brechungs-exponenten als dem von Luft (wie z. B. Wasser) zwischen Deckglas und Frontlinse wird bei diesen Objektiven die Brechung an der untersten Linsenfläche vermindert und bei Systemen für homogene Immersion ganz aufgehoben. Systeme für homogene Immersion heißen solche, bei denen zwischen Deckglas (siehe später) und Frontlinse eine Flüssigkeit von gleichen Brechungs-exponenten (Zedernholzöl) wie der der beiden Gläser verwendet

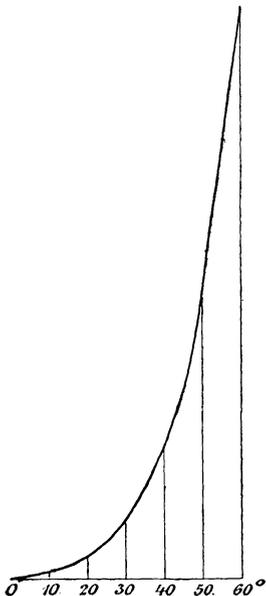


Fig. 16.

wird. Bei derartigen Systemen wird natürlich die Brechung an der untersten Linsenfläche ganz aufgehoben, somit auch die Abweichung beseitigt. Die erste Brechung findet dann an der halbkugeligen hintern Fläche der untersten Linse statt. Da nun das Objekt wegen der geringen Brennweite dieser Objektive nicht weit von dem Mittelpunkt der Kugelfläche entfernt ist, so ist auch hier die Brechung und mit ihr die Abweichung nicht bedeutend.

Schon bei den ersten Immersionssystemen suchte man, zur möglichsten Vermeidung einer Brechung an der planen Frontfläche derselben, Flüssigkeiten als Zwischenmedium in Anwendung zu bringen, deren Brechungsvermögen sich dem des Glases näherte. Amici, der Verfertiger der ersten Eintauchlinsen, benutzte hierzu Mohnöl, später stellten Gundlach und Seibert Immersionssysteme für Glycerin her. Diese Systeme leisteten jedoch sämtlich nicht mehr als die für Wasser. Ihr Konstruktionstypus geht aus Fig. 17 hervor.

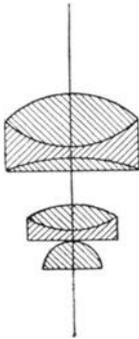


Fig. 17. Schema der Amici'schen Mohnöl-Immersionssysteme.

Der Boden für die jetzt fast zur Alleinherrschaft unter den stärksten Objektiven gelangte homogene Immersion wurde durch die von den Amerikanern Spencer und Tolles eingeführte sogenannte Duplexfront geschaffen. Diese besteht aus einer einfachen Halbkugel mit einer darüberliegenden flacheren plankonvexen Linse, beide sind aus Kronglas. Der Typus eines Objektivs für homogene Immersion ist in Fig. 18 dargestellt. Derselbe läßt natürlich die mannigfachsten

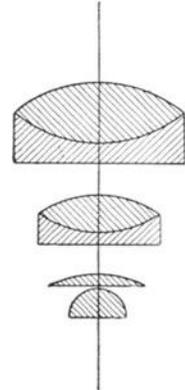


Fig. 18. Schema eines Immersionsobjektivs mit Duplexfront.

Variationen mit doppelten und dreifachen Linsen zu. Die unteren nur sind stets die beiden einfachen Kronglaslinsen der Duplexfront.

Außer der Vermeidung einer Brechung an der vorderen Linsenfläche besitzen diese Systeme einen weiteren Vorzug, auf den man erst später aufmerksam wurde. Es ist dies die Möglichkeit, Strahlenkegel von größerem Öffnungswinkel zur Abbildung zu verwenden und dadurch sowohl hellere wie auch mehr Einzelheiten zeigende Bilder zu erzielen.

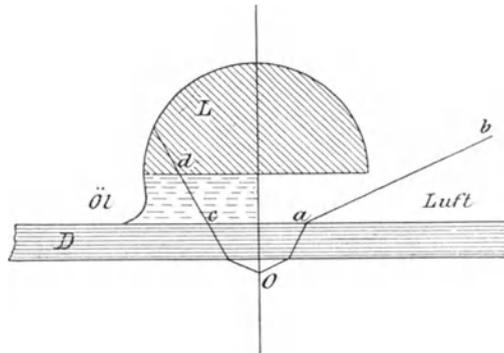


Fig. 19. Darstellung der Wirkung von Immersionsflüssigkeiten.

Ein Blick auf Fig. 19 erklärt das erstere ohne weiteres. D ist das Deckglas, O das Objekt und L die Frontlinse des Objektivs.

Tritt ein Strahl bei a in Luft, so verläuft er nach b weiter, ge-

langt also nicht in das Objektiv. Ist aber der Raum zwischen Linse und Deckglas mit einem Medium ausgefüllt, dessen Brechungsindex dem des Glases gleich ist, so erleidet der unter gleichen Verhältnissen wie Oa bis Oc verlaufende Strahl keine weitere Ablenkung, sondern gelangt bei d in das Objektiv.

Für Luft als Zwischenmedium ist natürlich die äußerste Grenze der in das Objektiv gelangenden Randstrahlen ein Winkel von 90° mit der optischen Achse. Diese äußerste Grenze kann selbstredend nicht ganz erreicht werden, da hierbei das Objekt in der untersten Linsenfläche liegen müßte. Der Sinus von 90° beträgt 1; in einem stärker brechenden Medium nun wird der Sinus in dem Verhältnis seines Brechungsindex zu 1 kleiner; es können also solange weitere Strahlen eintreten, bis der Sinus des Winkels wieder = 1 ist. Auf diese Weise können Strahlenkegel benutzt werden, deren ganze Öffnung, auf Luft reduziert, weit mehr als 180° beträgt. Die auf Luft reduzierte Größe, der Sinus des Winkels, den der äußerste Randstrahl mit der optischen Achse bildet, multipliziert mit dem Brechungsindex des betreffenden Zwischenmediums ($a = n \cdot \sin u$; $u =$ dem halben Öffnungswinkel) wurde von Abbe die numerische Apertur genannt.

Die numerische Apertur ist nicht nur für die Helligkeit des Bildes, sondern auch für das Auflösungsvermögen maßgebend. Wird ein Objekt mit sehr feiner Struktur mit einem dünnen, zentralen Lichtbündel beleuchtet, so geht dieses Bündel c (Fig. 20) zum Teil ohne Richtungsänderung durch das Objekt hindurch. Außerdem erfolgt aber an den Strukturelementen des Objekts auch eine Beugung der Lichtstrahlen, und zwar wird das rote Licht stärker gebeugt als das blaue. Die Theorie ergibt das Zustandekommen einer sehr großen Anzahl solcher Beugungsspektren zu beiden Seiten des zentralen Strahlenbündels. Man nennt sie Beugungsmaxima und bezeichnet das direkte Bündel c als nulltes,

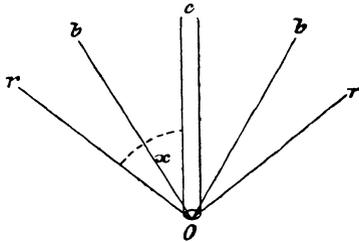


Fig. 20.

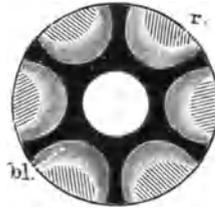


Fig. 21. r. = rot. bl. = blau.

die übrigen als erstes, zweites usw. Maximum. Die Gesamtheit aller dieser Beugungsmaxima stellt die Gesamtheit der von der Objektstruktur auf das auffallende Lichtbündel ausgeübten Einwirkungen dar. Je größer also die Anzahl der vom Objektiv noch aufgenommenen Beugungsmaxima ist, desto ähnlicher wird das Bild dem Objekt. Ein Objektiv, das von den gesamten Beugungsmaximis nur das nullte (c) aufnimmt, läßt von den inneren Einzelheiten des Objekts nichts erkennen. Erst durch Aufnahme von mindestens noch einem Beugungsmaximum wird eine Auflösung der Struktur bewirkt. Die Größe des Winkels α , den das nullte Maximum mit dem ersten bildet, hängt von der Feinheit der Strukturen (der Streifen) des Objekts ab. Die Abhängigkeit wird in Luft durch die Gleichung $\sin \alpha = \frac{\lambda}{b}$ ausgedrückt, wobei λ die Wellenlänge des Lichts und b die Entfernung

der Streifen bedeutet. Je feiner also die Details, um so mehr rücken die Beugungsspektren auseinander, um so größer muß die Apertur sein, um die Zeichnung sichtbar zu machen. Wie aus Fig. 20 hervorgeht, kann man die Ordnungszahl der vom Objektiv aufgenommenen Beugungsmaxima er-

höhen, wenn man dafür sorgt, daß das zentrale Bündel schief auf das Präparat einfällt. Durch schiefe Beleuchtung erhält man also eine Erhöhung der Auflösung.

Sehr schön sieht man die Beugungsspektren im Mikroskop bei dem häufig als Testobjekt benutzten *Pleurosigma angulatum*, wenn man zunächst das Objekt scharf einstellt, dann das Okular entfernt und ohne dieses in den Tubus blickt. Man sieht dann die Objektivöffnung erleuchtet, in der Mitte ein weißes Bild der Lichtquelle und am Rande sechs farbige Spektren nach innen blau, nach außen rot (Fig. 21). Daß gerade sechs Beugungsspektren entstehen, kommt daher, daß bei *Pleurosigma* drei Streifensysteme als Beugungsgitter wirken.

Je weiter die Blendenöffnung des Beleuchtungsapparats ist, desto größer werden Mittelbild und Beugungsspektren. Die Zeichnung erscheint am deutlichsten, wenn sich diese im Öffnungsbild gerade berühren. Bei weiterer Öffnung wird das Bild verschwommen. Es geht hieraus hervor, daß es nicht bei allen Objekten vorteilhaft ist, die volle Öffnung der beleuchtenden Strahlen zu benutzen. Diese soll immer nur so groß sein, wie es der Natur des Objekts entspricht.

Die Apochromatobjektive.

Apochromatobjektive nennt man solche achromatische Objektive, bei denen der als „sekundäres Spektrum“ (vgl. oben S. 8) bezeichnete Farbenrest beseitigt ist.

Es wurde bei Besprechung der chromatischen Aberration und ihrer Aufhebung erwähnt, daß bei Achromatlinsen aus gewöhnlichem Kron- und Flintglas ein Farbenrest, das sogenannte „sekundäre Spektrum“ übrig bleibt, das, wenn auch unbedeutend, dennoch etwas die Schärfe und Reinheit der Bilder beeinträchtigt. Auch diesen Farbenrest suchte man zu beseitigen und erreichte dies bei den seit 1886 zuerst von Zeiß in Jena gefertigten Apochromaten fast vollständig. Diese feinere Farbenkorrektion erzielte man, indem man eine oder bei starken Objektiven mehrere sammelnde Linsen, die sonst aus Kronglas bestehen, durch Linsen aus Flußspat, der sich durch seine außerordentlich geringe Dispersion auszeichnet, ersetzte. Zur Achromatisierung des Objectives vermeidet man hierdurch die Linsen aus stark zerstreuem Flintglas, deren Spektren mit denen der Kronglaslinsen nur unvollkommen sich vereinigen lassen.

Auch die sphärische Aberration ist bei diesen Systemen vollkommener gehoben. Bei der Berechnung bleiben schließlich noch zwei Fehler, die sphärische Aberration für andere als die mittleren Wellenlängen (von Abbe chromatische Differenz der sphärischen Aberration genannt) und die ungleiche Brennweite für verschiedene Wellenlängen. Einer dieser Fehler läßt sich nur unter Vermehrung des anderen verbessern. Man wählte bessere Aufhebung der sphärischen Aberration für verschiedene Farben und erzielte so, daß wohl in der optischen Achse keine Farbenabweichung besteht, daß aber die blauen Bilder größer wie die roten sind und deshalb dunkle Objekte am Rande des Sehfeldes mit einem gewöhnlichen Okular betrachtet innen blau, außen rot oder gelb erscheinen.

Zur Aufhebung dieses Fehlers konstruierte man besondere Okulare, die die roten Bilder mehr vergrößern als die blauen. Auf diese Weise sind die zuletzt aus dem Okular in das Auge tretenden Strahlen nach allen Richtungen möglichst vollkommen korrigiert. Diese Okulare nennt man, da sie einen dem Objektiv noch verbleibenden geringen Fehler kompensieren, Kompensationsokulare.

Die Apochromate, die in Deutschland von Zeiß in Jena, von Leitz und Seibert in Wetzlar verfertigt werden, kann man nach dem heutigen Stand der Wissenschaft und Technik als vollkommen bezeichnen, so daß eine wesentliche Verbesserung, wenigstens auf dem bisher eingeschlagenen Weg, kaum zu erwarten ist. Ihr verhältnismäßig hoher Preis hat indessen eine allgemeine Verbreitung bisher nicht zugelassen, zumal auch die gewöhnlichen achromatischen Systeme der genannten und anderer Firmen Hervorragendes leisten und so die teuren Apochromate, außer bei den subtilsten Untersuchungen, ersetzen können.

In ihren Eigenschaften den Apochromaten sehr nahestehend sind die von Leitz in Wetzlar angefertigten „Fluoritsysteme“, bei denen durch weitgehende Ausnutzung der von den Glaswerken gebotenen Schmelzen die Benutzung von Flußspat auf ein Minimum herabgesetzt ist. Die Anschaffungskosten dieser Systeme sind daher bedeutend niedriger als die der mehrere Flußspatlinsen enthaltenden Apochromate.

Bei dem Streben nach immer weiter gehender Vervollkommnung auch der achromatischen Systeme sind die Objektive für homogene Immersion dieser Art ebenfalls in bezug auf die sphärische Aberration nach oben angegebener Richtung hin korrigiert; man kann dieselben also auch mit den Kompensationsokularen benutzen, nicht aber die achromatischen Trockensysteme.

Auch die letzteren haben infolge der Verwendung der Erzeugnisse des Glaswerkes Schott und Gen. in Jena, das sich speziell mit der Herstellung optischer Gläser beschäftigt, in den letzten Jahren erhebliche Verbesserungen erfahren, so daß die Linsensysteme aus den namhafteren deutschen Werkstätten die Fabrikate des Auslandes übertreffen. Dies geht aus der staunenswerten Höhe der Exportziffer unserer optischen Institute hervor.

Die Zentrierung der Linsen.

Außer der Erreichung der Achromasie und der Erfüllung der sphärischen Korrektur in und außer der Achse muß der Optiker eine möglichst vollständige Zentrierung aller Linsen eines Systems erstreben, d. h. er muß alle Kugelzentren und alle Linsenscheitel auf eine Linie, die optische Achse, zu verlegen suchen. Bei einem schlecht zentrierten System kommen die Bilder der einzelnen Linsen nicht vollständig zur Deckung, und es entsteht so ein verwaschenes Gesamtbild.

Objektiv und Deckglas.

Wie später genauer zu beschreiben, werden die zu untersuchenden Objekte auf eine rechteckige Glasplatte (den Objektträger) gelegt und mit einem dünnen und kleineren Glasplättchen (dem Deckglas) bedeckt.

Bei schwächeren Objektiven, die eine große Brennweite und somit auch großen Objektstand haben, ist die Dicke des Deckglases ohne Einfluß. Bei stärkeren Linsen darf dieselbe nicht die Größe des Objektstandes überschreiten, um noch ein scharfes Einstellen des Objekts zu ermöglichen. Aber dies ist nicht die einzige Bedeutung der Dicke des Deckglases bei starken Trocken- oder Wasserimmersions-

systemen. Fig. 22 zeigt den Strahlengang vom Objekt O durch das planparallele Deckglas nach dem Objektiv.

Ein von O nach a_1 verlaufender Strahl wird nach seinem Austritt aus dem Deckglas bei b_1 parallel mit Oa_1 nach c_1 weitergehen. Der Strahl Oa_2b_2 wird nach c_2 abgelenkt. Es leuchtet nun ein, daß die in das Objekt gelangenden Strahlen b_1c_1 und b_2c_2 nicht von O ,

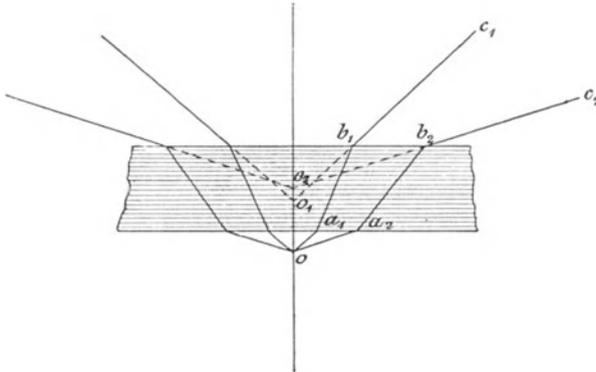


Fig. 22. Strahlengang vom Objekt durch das Deckglas.

sondern von O_1 und O_2 herzukommen scheinen und daß Strahlen, die noch andere Winkel mit der optischen Achse bilden, von anderen Punkten herzukommen scheinen, die alle entweder über oder unter O_1 gelegen sind. Der Punkt O wird also in dem vom Objektiv entworfenen Bild nicht als ein Punkt, sondern als eine Reihe von Punkten dargestellt, die eine Linie bilden, die um so länger wird, je größer die Dicke des Deckglases und die Öffnung des Objektivs ist.

Da beim Deckglas die näher nach dem Rand zu liegenden Strahlen von immer höheren Punkten herzukommen scheinen, während die Randstrahlen einer kugeligen Fläche stärker gebrochen werden als die der Mittelzone und so anscheinend von tiefen Punkten ausgehen: wirkt die Dicke des Deckglases auf die sphärische Aberration des Objektivs überkorrigierend.

Um diesen Einfluß des Deckglases zu beseitigen, muß das Objektiv einen gewissen Grad von Unterkorrektur besitzen. Die Objektive ohne besondere Korrektionsvorrichtung werden für eine bestimmte Dicke des Deckglases (0,15 bis 0,18 mm) adjustiert. Klar ist, daß die durch das Deckglas bedingte Abweichung und die absichtlich hervorgerufene Unterverbesserung des Objektivs sich nur bei einer ganz bestimmten Dicke aufheben. Um nun auch Deckgläser anderer Dicke vorteilhaft anwenden zu können, hat man den Einfluß der Entfernung der einzelnen Linsen voneinander auf die Beseitigung der sphärischen Aberration benutzt und sog. Korrektionsfassungen konstruiert. Bei diesen wird durch Drehen eines Ringes die Entfernung der oberen Linsenkombination von der unteren variiert und so der schädliche Einfluß des Deckglases ausgeglichen. Fig. 23 zeigt die halbaufgeschnittene Korrektionsfassung der starken Seibertschen

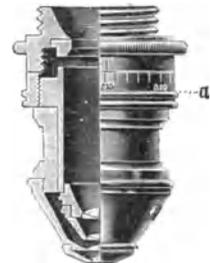


Fig. 23. Objektiv mit Korrektionsfassung.

Objektive. Durch Drehen des Ringes a werden die hinteren Linsen gehoben oder gesenkt. Eine Teilung auf dem Ringe zeigt, wenn das Objektiv günstig eingestellt ist, gleichzeitig die betreffende Deckglasdicke in Hundertel Millimeter an.

Natürgemäß sind die Objektive für homogene Immersion von der Deckglasdicke so gut wie unabhängig (wenn diese nur den Arbeitsabstand des Objektivs nicht übersteigt, so daß eine scharfe Einstellung möglich ist), da keine Brechung der Lichtstrahlen nach ihrem Eintritt in das Deckglas mehr stattfindet wegen des gleichen Brechungsvermögens von Deckglas, Zedernholzöl (als Zwischenmedium) und Frontlinse des Systems.

Das Okular.

Ogleich das Objektiv der bei weitem wichtigste Teil eines Mikroskops ist, so darf doch das Okular in seiner Konstruktion und in seinen Wirkungen nicht vernachlässigt werden.

Das gewöhnliche oder Huyghenssche (sprich: Heugens) Okular (Fig. 24) besteht aus zwei Linsen, der Augenlinse (a) und dem Kollektiv (c). Die Augenlinse ist die eigentliche Lupe (vgl. S. 5), die das vom Objektiv entworfene reelle Bild, unter gleichzeitiger mäßiger Vergrößerung, dem Auge sichtbar macht. Um das Gesichtsfeld scharf zu begrenzen, ist an der Stelle b im Okular, wo das reelle Bild liegt, eine Messingplatte mit entsprechender Öffnung als Blende angebracht.

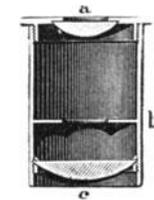


Fig. 24.
Huyghensches
Okular im Längs-
schnitt.

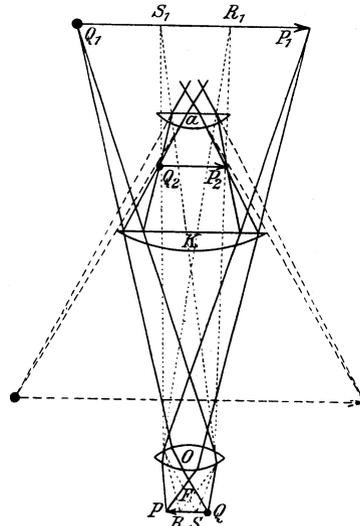


Fig. 25.

An der Hand des in Fig. 25 gezeichneten Strahlenganges im Okular des Mikroskops läßt sich sowohl die geringe Anforderung, die für die Hebung der sphärischen Abweichung an das Okular gestellt zu werden braucht, wie auch die zweckmäßige optische Einrichtung desselben leicht verstehen.

Jedes der gezeichneten, von den Objektpunkten P und Q , R und S ausgehenden Strahlenbündel füllt das ganze Objektiv O . Diese Bündel werden lang und schmal, wenn sie die im Verhältnis zur Objektebene von dem Objektiv so weit entfernte Bildebene erreichen wollen. Sie durchsetzen nur kleine Flächenstücke der Linsen des

Okulars A und K . Innerhalb dieses engen Flächenraums findet keine sphärische Abweichung statt, die noch einer Korrektion seitens des Okulars bedürfte. Hieraus läßt sich der aus zwei einzelnen Linsen hergestellte so einfache Bau des Okulars verstehen.

Der Gang der zwei von den Punkten P und Q am Rande des Objektes ausgehenden Bündel zeigt, daß dieselben durch das Kollektiv K der Augenlinse A zugebrochen werden und daß ohne Mitwirkung des Kollektives diese Strahlen nicht in das Gesichtsfeld gelangen könnten. Bei Anwendung nur der Augenlinse würden am Rand des Bildes die beiden Punkte R und S erscheinen, wie die punktierten von ihnen ausgehenden Strahlenbündel, die gerade noch die Augenlinse passieren, zeigen. Hieraus ergibt sich der Zweck des Kollektivs, das Gesichtsfeld zu vergrößern. Man kann sich von dieser Wirkung leicht überzeugen, wenn man das Kollektiv des Okulars abschraubt und das Bild durch die Augenlinse allein betrachtet.

Die durch die Kollektivlinse gebrochenen Strahlen der Bündel P und Q kommen in den Punkten P_2 und Q_2 zum Schnitt: es liegt also ein reelles Bild innerhalb des Okulars. Dieses Bild wird durch die Augenlinse, die als Lupe wirkt, vergrößert. Die von der Augenlinse gebrochenen Strahlen gelangen rückwärts verlängert in den Punkten P_3 und Q_3 zum Schnitt. P_3Q_3 ist das virtuelle Bild, das schließlich zur Beobachtung gelangt.

Durch die Vereinigung zweier Linsen zu einem Okular ergeben sich noch weitere Vorteile.

Erst durch die Kombination der beiden in einem genau gewählten Abstand voneinander sitzenden Linsen läßt sich eine Achromasie des Okulars erzielen und mit Erfolg einer sonst leicht durch ungünstig gewählte Gläser auftretenden Verzerrung der Bilder begegnen.

Es sind dies Eigenschaften, die sich durch die Anwendung einer einzelnen Linse nicht erreichen lassen, denn das Bild einer solchen ist verzerrt und farbig.

Von verschiedenen Firmen wurden, um dem Gesichtsfeld noch eine größere Ausdehnung und Ebenheit zu geben, sog. aplanatische, orthoskopische, periskopische usw. Okulare konstruiert, die alle auf ähnlichen Prinzipien beruhen. Man verwendet nämlich überkorrigierte Augenlinsen, die am Rande größere Brennweite wie in der Mitte haben, und deshalb das gewölbte Bild ebener zeigen. Wegen des ebeneren Sehfeldes kann man dieses in größerer Ausdehnung benutzen.

Auf die Mitte des Sehfeldes haben indessen die Okulare, wie sie auch konstruiert sein mögen, keinen Einfluß, sie können diese nicht verbessern. Die Leistungsfähigkeit eines Mikroskops hängt eben in erster Linie von dem Objektiv ab.

Eine vollständige Ebenheit des Bildes ist übrigens ebensowenig zu erlangen wie eine gänzliche Beseitigung der Aberrationen; man wird stets den Rand des Gesichtsfeldes etwas tiefer einstellen müssen als die Mitte. Aber bei den Mikroskopen guter Werkstätten ist der Unterschied so gering und der Teil der Randzone, der nicht zugleich mit der Mitte scharf erscheint, im Verhältnis zur Gesamtgröße des Sehfeldes so unbedeutend, daß er praktisch nicht in Betracht kommt.

Je vollkommener die Ebnung ist, die schon durch das Objektiv angestrebt

wird, um so besser eignen sich Systeme zur Mikrophotographie. Einzelne Institute liefern besondere mikrophotographische Objektive, bei denen hierauf besonderes Gewicht gelegt ist. Die von den Firmen Leitz, Seibert und Zeiß hergestellten Objektive zeigen sich in dieser Hinsicht so vollkommen korrigiert, daß sie sich ebenso brauchbar zur Mikrophotographie wie zur gewöhnlichen Beobachtung erweisen.

Außer dem Huyghensschen ist noch das Ramsdensche Okular, namentlich als Mikrometerokular, zuweilen im Gebrauch. Während beim ersteren beide ebenen Linsenflächen nach oben gerichtet sind (vgl. Fig. 24), haben beim Ramsdenschen Okular die Linsen derart ungleiche Lage, daß die Konvexflächen einander zugewandt sind. Hier erscheint das Bild nicht zwischen Okular und Kollektiv, sondern unterhalb des letzteren, also zwischen Kollektiv und Objektiv.

Erwähnt sei noch das bildaufrichtende Okular und das Abbesche stereoskopische Doppelokular. Bei ersterem wird die Wiederaufrichtung des Bildes durch ein Prisma mit geneigten Winkeln, bei letzterem die stereoskopische Wirkung durch drei Prismen erreicht. Die Teilung der Strahlenbündel nach beiden Augen geschieht in den Prismen.

Die Kompensationsokulare, die für den Gebrauch der Apochromatobjektive unerlässlich sind, wurden oben (S. 15) erwähnt. Sie sind in ihren schwächeren Nummern nach dem Prinzip der Huyghensschen, in den stärksten nach dem der Ramsdenschen Okulare hergestellt. Das Kollektiv ist hierbei eine dreifache achromatische Sammellinse.

Schließlich sind in den Katalogen von Leitz, Seibert, Zeiß usw. noch besondere Projektionsokulare, deren Zweck aus ihrer Bezeichnung erhellt, aufgeführt.

b) Die Lupe und das „einfache Mikroskop“.

Wir sind der Lupe und ihrer Wirkung bereits oben (S. 4) begegnet. Sie wird von uns ausführlicher erst an dieser Stelle behandelt, weil die Beschreibung der verschiedenen Lupensysteme den theoretischen Gang unserer auf das Mikroskop bezüglichen Erwägungen aufgehalten bzw. zersplittert haben würde.

Mit einer guten Lupe kann insbesondere der Praktiker mehr erreichen, als man gemeiniglich annimmt. Durchaus ungerechtfertigt ist, daß man bei praktischen Untersuchungen (z. B. bei der Beurteilung von Drogen) heute die Lupe ebenso hat in den Hintergrund treten lassen, wie mancher Chemiker der Neuzeit mehr oder weniger verlernt hat, mit dem Lötrohr zu arbeiten.

Es ist deshalb nicht gleichgültig, ob wir eine sorgfältig oder eine schlecht ausgeführte Lupe besitzen, zumal wirklich brauchbare Lupen von unsern Mikroskopfabrikanten für geringen Preis geliefert werden.

Als Lupe wird jede Linse oder Linsenkombination bezeichnet, die ein Objekt dem Auge direkt als virtuelles, vergrößertes Bild sichtbar macht. Der Strahlengang in ihr ist in Fig. 7 (S. 4) angegeben.

Je näher man das Auge an irgendeinen Gegenstand bringt, um so größer erscheint das Bild dieses Gegenstandes, weil für die Größe desselben die äußersten von ihm ausgesandten und auf die Netzhaut des Auges fallenden Strahlen bestimmend sind. Diese Strahlen bilden

miteinander einen Winkel, der als Sehwinkel bezeichnet wird. Je größer der Sehwinkel, um so größer das auf der Netzhaut entstehende Bild, wie aus Fig. 26 hervorgeht.

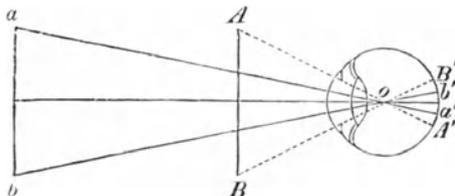


Fig. 26. Strahlengang im menschlichen Auge.

In dieser Figur stellt ab einen großen, weit entfernten Gegenstand (z. B. eine Telegraphenstange), AB dagegen ein nahes kleineres Objekt (z. B. ein Streichholz) dar. Man sieht, daß der entfernte große Gegenstand ab infolge des kleinen Gesichtswinkels, unter dem er erscheint, ein kleineres Bild auf der Netzhaut liefert als der viel kleinere, aber nähere Gegenstand AB .

Es ist daher vorteilhaft, das Auge der Lupe soviel als möglich zu nähern, um das Bild möglichst groß zu bekommen.

Die Vergrößerung einer Lupe erhält man durch das Verhältnis der Bildentfernung zur Objektentfernung, oder indem man die deutliche Sehweite (in der Regel zu 250 mm angenommen) durch die Brennweite dividiert. $V = \frac{250}{f}$.

Diese Formel ist nur richtig, wenn das Auge direkt an der Lupe ist; bei einer Entfernung derselben wird die Vergrößerung kleiner. Aus der Gleichung geht hervor, daß je kleiner die Brennweite, um so stärker die Vergrößerung ist. Da für jedes Auge die deutliche Sehweite verschieden ist (beim Kurzsichtigen ist sie kleiner, beim Weitsichtigen größer als 250 mm), so ist die vom Optiker angegebene Lupenvergrößerung nur für ein normales Auge richtig und für ein anderes entsprechend zu modifizieren.

Eine einfache Bikonvexlinse mit gleichen Krümmungsradien eignet sich als Lupe wegen ihrer bedeutenden sphärischen Aberration am



Fig. 27. Zylinderlupe.



Fig. 28. Brewsters Lupe.

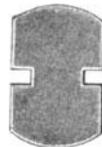


Fig. 29. Coddingtons Lupe.

wenigsten. Man kann bei ihr nur einen kleinen Teil des Gesichtsfeldes benutzen. Vorteilhafter verwendet man Plankonvexlinsen oder „Linsen der besten Form“ (vgl. S. 10), deren ebenere Seite man dem Objekt zukehrt. Da sphärische Aberration und Krümmung des Gesichtsfeldes mit stärkerer Wölbung zunehmen, so eignen sich gewöhnliche einfache Linsen nur für schwächere Lupen. Besser wird die

Aberration durch die Zylinder-, Brewstersche oder Coddingtonsche Lupe aufgehoben. Die Zylinderlupe (Fig. 27) besteht aus einem Glaszylinder, an dessen Enden verschieden gekrümmte Linsenflächen angeschliffen sind. Die schwächer gewölbte Seite wird dem Objekt zugewandt; durch die verhältnismäßig große Länge der Linse werden die Randstrahlen zweckmäßig abgehalten. Letzteres geschieht bei der Brewsterschen (Fig. 28) und Coddingtonschen Lupe (Fig. 29) durch geeignete Einschliffe an den Seiten.

Alle diese Lupen besitzen einen kleinen Objektabstand und kleines Gesichtsfeld, man erreicht deshalb die Bildkorrektion am besten (ebenso wie beim Objektiv des zusammengesetzten Mikroskops) durch Vereinigung mehrerer Linsen. Ein solches System ist die sog. aplanatische Linse von Steinheil (Fig. 30), die sich durch ihr sehr ebenes und farbenreines Bild vorzüglich als Lupe eignet und als solche häufig Verwendung findet. Sie ist derart zusammengesetzt, daß eine bikonvexe Kronglaslinse von zwei konvexkonkaven Linsen aus Flintglas eingeschlossen wird.

Bei Duplets werden zwei plankonvexe Linsen verwendet, deren gewölbte Seiten entweder gegeneinander gerichtet oder beide vom Objekt abgekehrt sind.

Die Brückesche Lupe besteht aus einer oder zwei Konvexlinsen und einer Konkavlinse als Okular in einem kurzen Auszugsrohr. Die Okularlinse hat den Zweck, die durch die untern Linsen konvergierenden Strahlen (zur Erzielung eines größeren Objektabstandes) vor ihrer Vereinigung divergent zu machen und in deutlicher Sehweite zu vereinigen. Die Brückesche Lupe ist eigentlich im strengen Sinne keine Lupe, sondern ein Galileisches Fernrohr mit relativ kurzer Objektdistanz. Ihres weiten Objektabstandes wegen wird sie besonders von Ärzten bei der Untersuchung von Hautkrankheiten benutzt.

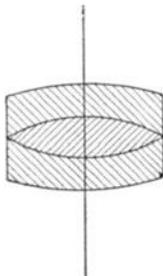


Fig. 30.
Steinheilsche Lupe.



Fig. 31.
Dreiteilige Einschlaglupe.

Die Linsen einer Lupe erhalten Fassungen, schwächere solche zum Einschlagen in Schutzschalen von Horn oder Metall, stärkere werden an Stativen angebracht. Bei Einschlaglupen (Fig. 31) sind in der Regel 2–3 verschieden vergrößernde Linsen verwendet, die einzeln und auch zusammen übereinander benutzt werden können.

Wie soeben erwähnt, werden stärkere Lupen an Stativen angebracht. Deswegen heißen dieselben Stativlupen. Die Lupenstative bestehen aus einem schweren Fuß, auf dem sich ein Lupenträger mit verstellbarem Arm erhebt.

Da diese Stativlupen zum Präparieren mikroskopischer Objekte

dienen, heißen sie auch Präpariermikroskope oder einfache Mikroskope. Es ist jedoch zweckmäßiger, unter der Bezeichnung „Mikroskop“ nur das eigentliche, zusammengesetzte Mikroskop zu verstehen, die hier betrachteten Instrumente dagegen als Stativlupen zu bezeichnen.

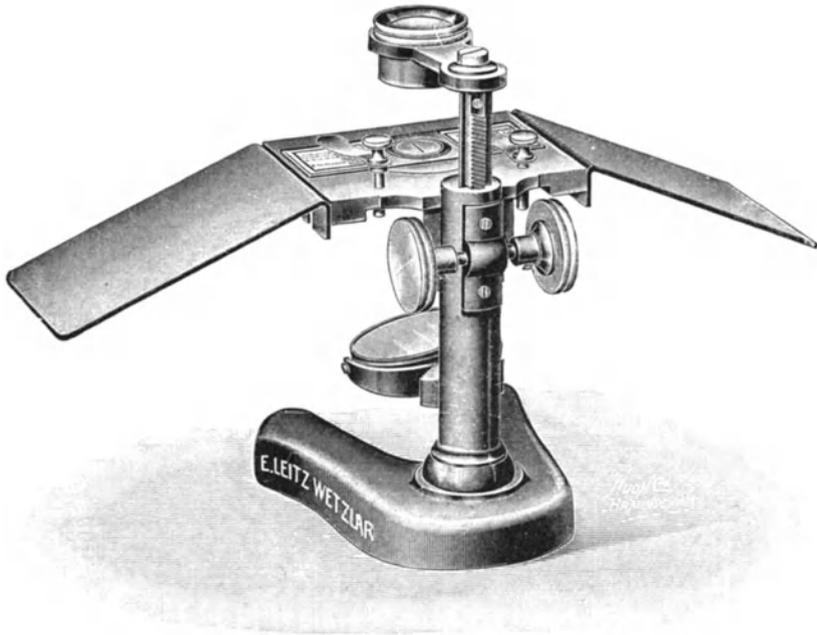


Fig. 32. Einfaches Lupen-Mikroskop.

Bei dem sogenannten „Präpariermikroskop“ befindet sich die Lupe an einem Arm über dem Objektisch, der durch Triebwerk zum Einstellen des Objektes gehoben und gesenkt wird. Das „Präpariermikroskop“ wird von allen Mikroskopverfertignern in ungefähr gleicher Form hergestellt. Die zu beiden Seiten des Objektisches angebrachten, abnehmbaren Ausleger dienen als Armstützen (Fig. 32).

B. Die mechanische Einrichtung des Mikroskops.

Wenn auch das optische Leistungsvermögen eines Mikroskops der bei weitem wichtigste Faktor für die Brauchbarkeit des ganzen Instrumentes ist, so darf doch nicht außer acht gelassen werden, daß zweckmäßige Anordnung der Apparate und solide, sorgfältige Ausführung des mechanischen Teils für alle Untersuchungen von größter Wichtigkeit sind, und daß ungenau bzw. unzweckmäßig gearbeitete Stative die vollständige Ausnutzung des optischen Apparats bedeutend erschweren, wenn nicht ganz unmöglich machen.

I. Die Teile des Mikroskops und ihre Benennung.

Fig. 33 mag mit den beigefügten Buchstaben und der Zeichenklärung die einzelnen Teile des Mikroskops und ihre Benennung vorführen. Das abgebildete Instrument gehört zu den größten und bestausgerüsteten und enthält somit alle gebräuchlichen Apparate.

II. Der optische Apparat.

Unter dem optischen Apparat eines Mikroskops verstehen wir die Objektive, die Okulare und die Beleuchtungsvorrichtungen, und zwar handelt es sich jetzt darum, die Art und Weise kennen zu lernen, in der die theoretisch bereits uns bekannten Teile gegenseitig angeordnet werden, um ihre Zwecke voll zu erfüllen.

1. Die Fassung der Objektive.

Die Linsen eines Objektivsystems sind in solide Messingröhren in der Weise gefaßt, daß ein Auseinanderschrauben des Objektivs nur so weit ohne Schwierigkeit möglich ist, als es das Reinigen der äußeren Linsen erfordert.

Mit dem Tubus (der das Muttergewinde trägt) werden die Objektive in der Regel durch Anschrauben verbunden. Die namhaften optischen Werkstätten haben als Tubusgewinde das etwa 20 mm im äußeren Durchmesser haltende englische Standardgewinde (society screw) angenommen, so daß Objektive aller dieser Institute an jedem aus ihren Werkstätten stammenden Stativ verwendet werden können.

Da das häufige An- und Abschrauben verschiedener Systeme mühselig und zeitraubend ist, da ferner eine bestimmte Stelle im Objekt (namentlich bei starker Vergrößerung) bei erneuter Einstellung nicht

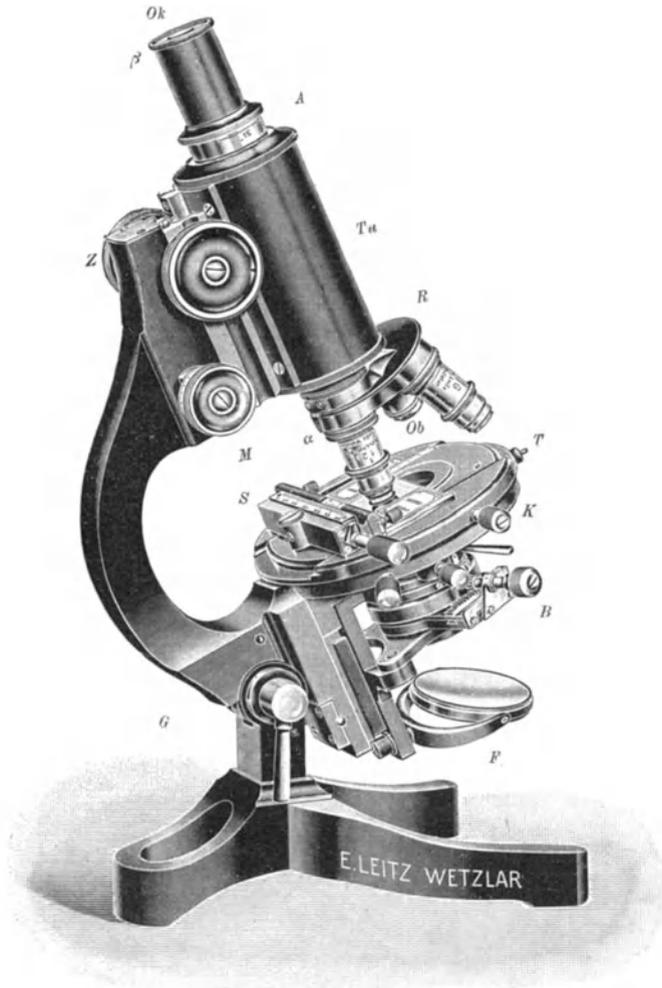


Fig. 33. Mikroskop mit Bezeichnung seiner Teile (Stativ A). *Ok* = Okular. *Tt* = Tubus. *A* = Tubusauszug. *R* = Revolverobjektivträger. *Ob* = Objektive. α bis β = Tubuslänge. *Z* = Zahn und Trieb zur groben Einstellung. *M* = Mikrometerschraube für die feine Einstellung mit Teilung. *T* = Objektisch. *K* = Zentrierknöpfe für den Objektisch. *S* = Kreuzschlittentisch. *B* = großer Beleuchtungsapparat nach Abbe (siehe im einzelnen Fig. 36). *G* = Gelenk zum Umlegen des Mikroskops. *F* = Fuß.

ganz leicht wiedergefunden wird, so rüstet man größere und mittlere Mikroskope jetzt fast ausnahmslos mit dem Revolver-Objektivträger (kurz „Revolver“ genannt) aus.

Der „Revolver“ besteht aus zwei Metallplatten, die um ihren gemeinsamen Mittelpunkt drehbar sind. Die eine dieser Platten wird durch Anschrauben mit dem Tubus fest verbunden, und zwar so, daß der Drehpunkt außerhalb der Längsachse des Tubus liegt. Die zweite Platte trägt mehrere (bis zu vier) Gewinde, in die die Objektive eingeschraubt werden. Durch einfaches Drehen können nun diese Systeme nacheinander leicht und schnell in die optische Achse gebracht werden. Bei Einnahme der richtigen Stellung werden sie in ihrer Lage durch Einschnappen einer Feder fixiert.

Auch dem Umstand, daß schwächere Objektive (wegen ihrer größeren Brennweite) größeren Abstand vom Objekt haben müssen als stärkere, ist Rechnung getragen, indem die Fassungen der Systeme so in der Länge abgeglichen sind, daß beim Objektivwechsel zum erneuten Einstellen des Bildes nur noch die Anwendung der Mikrometerschraube erforderlich ist. Eine bemerkenswerte Stelle im Objekt, die man bei schwacher Vergrößerung zweckmäßig in die Mitte des Sehfeldes bringt, hat man dann bei Anwendung des stärkeren Systems ebenfalls wieder im Gesichtsfeld, braucht dieselbe also nicht von neuem aufzusuchen.

Andere Vorrichtungen zum schnellen Wechseln der Objektive sind Objektivzange und Schlittenvorrichtung.

Der Korrektionsfassungen zur Beseitigung des schädlichen Deckglaseinflusses, die sich von den Fassungen gewöhnlicher Objektive durch ihren drehbaren Korrektionsring unterscheiden, haben wir oben (S. 17) Erwähnung getan.

2. Die Fassung der Okulare.

Die Okulare bestehen in der Regel aus zylindrischen, vernickelten Messingröhren, in die die Linsenfassungen eingeschraubt sind. Die Länge der Röhren wird durch die Brennweite, also die Stärke der Linsen bedingt. Je schwächer ein Okular ist, um so länger ist es.

3. Die Beleuchtungsvorrichtungen.

a) Der Mikroskopspiegel.

Die Beleuchtungsvorrichtung aller Mikroskope besteht für durchfallendes Licht zunächst aus einem nach allen Seiten verstellbaren Spiegel unter dem Objektisch. Die eine Seite des Spiegels ist eben und wird für Untersuchungen in parallelem Licht benutzt; die andere ist konkav für das Beobachten in konvergentem Licht. Der Spiegel wirft das parallele oder konvergente Licht durch das Loch des Objektisches auf das Objekt und macht dieses so sichtbar.

b) Die Blenden.

Der Durchmesser des Loches im Objektisch beträgt in der Regel etwa 20 mm und kann, wenn diese Öffnung zu groß erscheint, verkleinert (und dadurch das Licht abgeblendet) werden. Dies geschah besonders früher durch eine drehbare Scheibe mit verschiedenen

weiten Öffnungen (Fig. 34); jetzt sind fast allgemein die Zylinderblenden üblich. Letztere sind kurze, offene Röhren, auf deren oberes



Fig. 34. Drehbare Blendscheibe; bei *k* der Knopf, mit welchem sie befestigt ist.

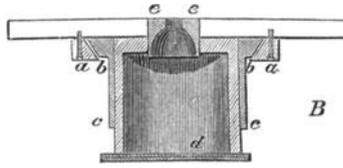


Fig. 35. Objektiv mit eingesetzter Zylinderblende im Längsschnitt. *aa* Falz für den Schlitten, *b* Schlitten, *c* Hülse am Schlitten, *d* Zylinder, *e* Blende.

Ende man runde Scheiben mit Löchern von verschiedener Weite aufsetzt (Fig. 35). Das Ganze wird in eine federnde Messinghülse unter dem Tischloch eingeschoben.

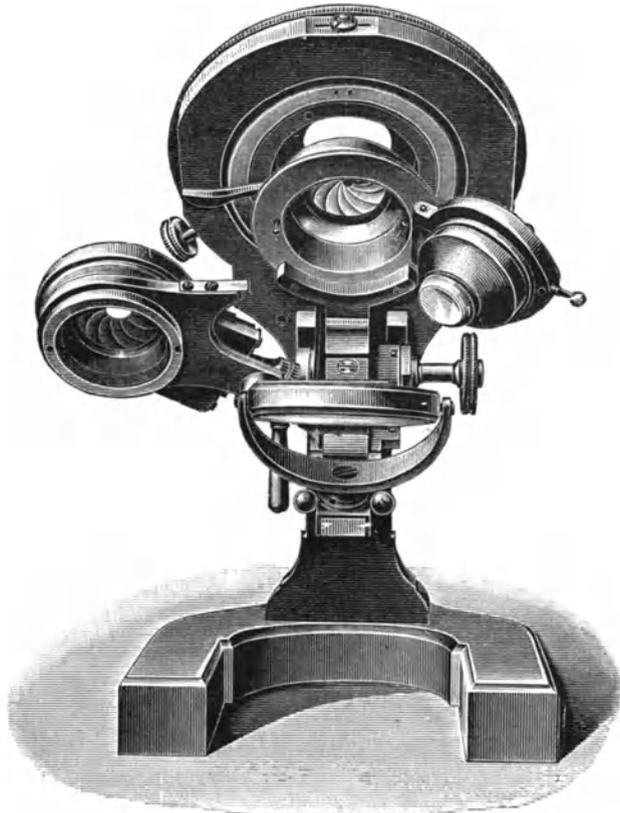


Fig. 36. Großer Beleuchtungsapparat nach Abbe (Modell a, Leitz). *Z* = Zylinderirisblende. *K* = Kondensator. *B* = Blendenträger mit Irisblende, exzentrisch verschiebbar und drehbar. *T* = Trieb zum Heben und Senken des Beleuchtungsapparates. *S* = Planspiegel und Hohlspiegel.

Diese Messinghülse ist in der Regel einem Schlitten eingefügt, welcher in eine schwalbenschwanzförmige Ausfräsung des Objektisches paßt.

In neuerer Zeit wird bei größeren Mikroskopen zweckmäßig die Iriszylinderblendung verwendet (vgl. Fig. 36, Z). Bei dieser trägt die Messingröhre, auf welche sonst die verschieden große Löcher tragenden Scheiben (Diaphragmen) aufgesetzt werden, in ihrem oben dem Objekt zugewendeten Ende halbmondförmige, gewölbte Stahllamellen, welche durch Verschieben eines seitlichen Knöpfchens so bewegt werden können, daß Öffnungen der Blende entstehen, welche sich stetig von der Weite des Tischlochs bis zur fast vollständigen Schließung der Lamellen ändern lassen. Der Vorteil dieser Blendung ist offenbar, daß erstens ein Auswechseln der Diaphragmen unnötig, zweitens daß ein Abblenden in jeder beliebigen Abstufung möglich ist.

e) Die Beleuchtungslinsen.

Da die einfache Spiegelbeleuchtung (namentlich bei stark vergrößernden Objektiven, welche sehr viel Licht brauchen) zuweilen nicht ausreicht, war man längere Zeit bestrebt, durch verschiedene andere Mittel die Lichtstärke zu erhöhen. Wir wollen diese, da sie gegenwärtig nicht mehr im Gebrauch sind, hier übergehen.

Ein erheblicher Umschwung trat ein, nachdem Abbe den nach ihm benannten Beleuchtungsapparat konstruiert hatte. Derselbe hat sich durch seine hervorragende Brauchbarkeit, namentlich mit Immersionslinsen und andern sehr starken Objektiven, jetzt so allgemein eingebürgert, daß er einen erheblichen Bestandteil jedes größeren Mikroskops bildet und man sich ein solches Instrument ohne ihn oder ohne einen der ihm ähnlichen einfacheren Beleuchtungsapparate, wie sie viele Firmen liefern, kaum noch denken kann.

Die einzelnen Teile des Abbesehen Beleuchtungsapparates und ihre gegenseitige Anordnung gehen aus Fig. 36 hervor.

Der wichtigste Teil ist das Kondensorsystem, welches aus zwei oder mehreren Linsen besteht und eine Brennweite von 10—15 mm besitzt. Der obere dem Objekt zugekehrte Brennpunkt liegt wenig über der obersten Linse, also etwa in der Objektebene.

Der Kondensor besitzt je nach seiner Bauart eine numerische Apertur von 1,20 bzw. 1,40. Für viele Arbeiten, namentlich in der Mikrophotographie, ist es erwünscht, Kondensoren mit chromatischer und sphärischer Korrektur zu benutzen. Die für diese Zwecke konstruierten aplanatischen Kondensoren ergeben bei hoher numerischer Apertur (1,40) eine besonders gleichmäßige und farbenreine Beleuchtung.

Die Blendvorrichtung ist um einen seitlichen Arm drehbar befestigt und kann leicht vollständig zur Seite geschlagen werden. Triebwerk dient zum Verschieben desselben, wenn schiefe Beleuchtung erzielt werden soll. Zwei Federn, die in Marken einschnappen, bezeichnen die Stellung der Blende, in welcher sie mit der optischen Achse zentriert ist. Die Blende selbst ist eine Irisblende. Oben auf ihr befindet sich eine Ausdrehung, in welche ein blaues oder mattes Glas zum Arbeiten bei Lampenlicht oder eine Zentralblende zum Abhalten der Achsenstrahlen eingelegt werden kann.

Außer dem Abbeschen Apparat fertigen unsere Mikroskopfabrikanten für mittlere und kleinere Instrumente Beleuchtungsapparate, welche sich bei verhältnismäßig geringer Verminderung ihres Leistungsvermögens erheblich billiger herstellen lassen.

III. Das Stativ.

Das Stativ bildet den Träger des optischen Apparats und hat außerdem den Zweck, dem Objekt eine feste und für die Untersuchung geeignete Lage zu geben. Zu ersterem dient der Tubus, zu letzterem der Objektisch. Der Tubus ist eine zylindrische Messingröhre, die in ihrem unteren Ende das Objektiv, in ihrem oberen das Okular aufnimmt. Der Objektisch besteht aus einer kräftigen Messing- oder Hartgummiplatte, deren Ebene senkrecht zur Längsachse des Tubus liegt. Beide sind in der Weise fest miteinander verbunden, daß eine Bewegung des Tubus nur genau in der Richtung der optischen Achse möglich ist.

Tisch und Tubus ruhen auf einer massiven Säule, die sich auf der Grundlage des Ganzen, dem Fuß, erhebt.

Für die Form der Stative, die auf dem europäischen Kontinent gegenwärtig verfertigt werden, ist der Konstruktionstypus Oberhäuser-Hartnack maßgebend geworden, so daß das kontinentale Stativ aller Werkstätten sich im wesentlichen gleicht. Eine Abweichung hiervon weist das englische und amerikanische Stativ auf. Die Einrichtung desselben kommt hier jedoch nicht in Betracht, da es auf dem Kontinent wenig im Gebrauch ist. Infolge seiner häufig prunkvollen und überreichen Ausstattung wird es für wissenschaftliche Untersuchungen nicht selten unzweckmäßig. Für die Leistungsfähigkeit des Mikroskops kommt es in allererster Linie auf die von unsern deutschen Optikern vorzüglich hergestellten Linsen an. Nichtsdestoweniger vernachlässigen auch die deutschen Mikroskopfabrikanten die äußere Form nicht; ihre Stative haben, auch was die Eleganz der Ausstattung anbetrifft, in neuerer Zeit erhebliche Fortschritte gemacht. Als Prüfstein für die Güte der mechanischen Arbeit mag übrigens auch das Aussehen eines Instruments (namentlich verdeckter Teile) gelten, denn ein Stativ mit schlecht polierten Messingteilen und windschiefen Flächen wird selten sorgfältig gearbeitete Bewegungsvorrichtungen besitzen.

1. Der Fuß.

Der Fuß soll von solcher Größe und Schwere sein, daß das ganze Mikroskop durch ihn eine sichere Grundlage gewinnt und selbst (bei Instrumenten, die derartige Einrichtungen besitzen) bei umgelegtem Oberteil nicht nach hinten überkippt.

Allgemein wird in Deutschland jetzt der Hufeisenfuß angewandt, der auf drei Stützpunkten ruht und so auf jedem Tisch sicher steht.

2. Die Säule.

Die Säule, die, fest mit dem Fuß verbunden, sich auf diesem erhebt, soll ein massives Messingstück von solcher Stärke sein, daß ein Verbiegen selbst durch starken Stoß oder Fall ausgeschlossen ist. Die Höhe der Säule, die die Entfernung des Objektisches vom

Fuß bedingt, muß so abgemessen sein, daß einerseits die Handhabung der Apparate unter dem Tisch (Beleuchtungs- und Blendvorrichtung usw.) bequem möglich ist, andererseits aber auch die Gesamthöhe des Stativs nicht unnötig vergrößert wird.

Am oberen Ende der Säule befindet sich bei größeren und mittleren Stativen ein Scharnier, das ein Hintenüberlegen des Oberteils gestattet. Dieses Umlegen ist beim Beobachten in sitzender Stellung häufig wünschenswert; für die Verwendung des Mikroskops mit einem horizontalen mikrophotographischen oder Projektionsapparat ist es direkt erforderlich, da in diesem Falle die optische Achse des Instruments in eine horizontale Lage gebracht werden muß.

Zuweilen ist die Schiefstellung des Stativs aber auch nicht zweckmäßig, wie z. B. bei der Untersuchung von Objekten in Flüssigkeiten.

3. Der Objektisch.

Von Wichtigkeit für die Brauchbarkeit eines Mikroskops ist die Beschaffenheit des Objektisches. Derselbe muß so groß sein, daß Objektträger jeder Ausdehnung bis zu ganzen Kulturplatten sichere Auflage finden. Seine Oberfläche ist sorgfältig geebnet und dauerhaft geschwärzt.

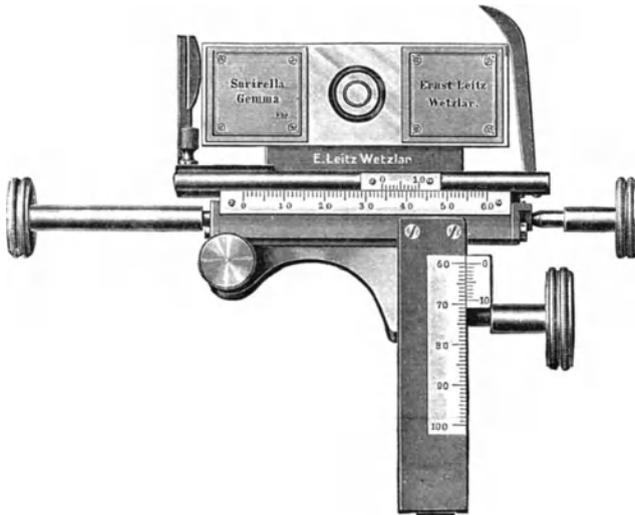


Fig. 37. Beweglicher Objektisch.

Größere Stativen sind in der Regel mit einem drehbaren Objektisch ausgerüstet. Durch Drehen desselben kann man bequem bei schiefer Beleuchtung ein Objekt nacheinander von allen Seiten den schief auffallenden Strahlen aussetzen, ohne es aus dem Gesichtsfeld zu verlieren. Für Winkelmessungen ist häufig der Rand des Drehtisches mit Gradteilung versehen.

Der Tisch kann durch zwei feingeschnittene Schrauben und einen Federgegendruck zentriert werden; diese Zentriervorrichtung kann etwa 3 mm zum Bewegen des Objekts dienen, eine Entfernung, die bei starker Vergrößerung meist vollständig ausreicht.

Bewegliche Objektische, die weitere Verschiebungen des Objekts, ungefähr bis 50 mm gestatten, sind in vielen Fällen, z. B. bei der mikroskopischen Nahrungsmitteluntersuchung, von hohem Wert. Sie sind teils mit dem Objektisch eines größeren Instruments fest verbunden, teils können sie beliebig aufgesetzt und abgenommen werden. Alle diese Tische bewegen durch feine Schrauben oder Triebwerk den Objektträger nach zwei zueinander senkrechten Richtungen und somit nach allen Seiten. Zwei Millimeterskalen mit Nonien lassen eine bestimmte Stelle im Objekt leicht wiederfinden, wenn man sich die Lage der Skalen gemerkt hat. Einzelne Firmen konstruieren noch besondere Findervorrichtungen, die jedoch alle verhältnismäßig geringe Verbreitung gefunden haben. — Fig. 37 zeigt den von Leitz und Seibert hergestellten beweglichen Objektisch zum Abnehmen in etwa $\frac{1}{2}$ natürlicher Größe.

Um ein Abgleiten des Objektträgers bei schiefgestelltem Stativ zu vermeiden und um ihm überhaupt eine feste Lage geben zu können, befinden sich auf jedem Objektisch federnde Klammern, unter die das Präparat geschoben wird. Die Klammern bestehen aus Stahl und sollen stets leicht abnehmbar sein.

4. Der Tubus.

Der Tubus ist durch den Tubusträger mit dem Tisch verbunden. Er trägt, wie schon erwähnt, an seinem unteren Ende das Muttergewinde für die Aufnahme der Objektive oder des Revolvers. In sein oberes Ende werden die Okulare eingeschoben.

Zum Abhalten störender Lichtstrahlen, die von den Wänden reflektiert werden können und nicht zur Bilderzeugung dienen, ist das Tubusinnere geschwärzt und sind darin Blenden angebracht.

Der Tubus ist beim kontinentalen Stativ auf eine Länge von 16 oder 17 cm abgeglichen, die der Objektivkonstruktion der einzelnen Werkstätten entspricht. Die Tubuslänge des englischen Stativs beträgt 25 cm. In der Regel ist, außer bei kleineren Instrumenten, der Tubus noch mit einem Auszug versehen. Derselbe hat Millimeterteilung und zeigt so die jeweilige Gesamtlänge des Tubus an; er dient zum Herstellen der für das Leistungsvermögen des Objektivs und für den jeweiligen Zweck günstigen Tubuslänge. Er gestattet, die durch den Revolver-Objektivträger hervorgerufene Verlängerung auszugleichen, wenn dies nicht schon durch den Optiker geschehen ist. Ferner bewirkt er eine gewisse Variierung in der Vergrößerung eines Mikroskops, indem die Vergrößerung bei Anwendung desselben Objektivs und Okulars proportional der Tubuslänge ist. Endlich kann er (innerhalb gewisser Grenzen) zum Ausgleich des schädlichen Einflusses des Deckglases (vgl. S. 16) bei starken Trocken- und Wasserimmersions-Systemen ohne Korrektionsvorrichtung dienen, indem man ihn bei zu dickem Deckglas etwas verkürzt oder bei zu dünnem etwas verlängert.

Der Tubus wird zum Einstellen des Objekts entweder in einer federnden Messinghülse auf und ab geschoben oder er besitzt hierzu Triebwerk. Die erstere Art der Einstellung wird gegenwärtig nur noch bei kleinen Stativen und außerdem dann angewandt, wenn eine Drehung des Tubus um die optische Achse erwünscht scheint.

Das Triebwerk besteht aus einer Triebwalze mit seitlichen großen Knöpfen zum bequemen Drehen derselben. Die Triebwalze ist mit dem Tubusträger verbunden und greift mit ihren Zähnen in eine am Tubus befestigte Zahnstange. Der Tubus gleitet beim Drehen über eine Führungsfläche am Tubusträger. Genaue Arbeit und schräg gestellte Zähne lassen diese Vorrichtung so exakt funktionieren, daß ein scharfes Einstellen selbst mittlerer Objektive noch allein hierdurch möglich ist.

Jedes Mikroskop, außer den allereinfachsten, besitzt neben der groben Einstellung (durch freie Schiebung oder Zahn und Trieb) noch eine weitere Vorrichtung zur genauen Einstellung bei Anwendung stärkerer Systeme, die sog. Mikrometereinstellung. Diese hat ihren Namen daher erhalten, daß sie häufig auch gleichzeitig zur Dickenmessung kleiner Objekte dient. Diese Mikrometerbewegung wird in mannigfachen Formen ausgeführt, von denen wir nur auf einige hinweisen wollen.

Früher kam fast allgemein nur die säulenförmige, prismatische Feinbewegung zur Anwendung (vgl. Fig. 60). Die Säule ist fest und unverrückbar mit dem Objektisch verbunden, und zwar in einer Stellung, daß die optischen Achsen des Okulars, des Objektivs und des Beleuchtungsapparats, ferner die Mittelpunkte aller Blendenöffnungen genau in eine Linie fallen. Da die Prismenkanten der Feinbewegungsvorrichtung parallel der optischen Achse verlaufen, wird der Tubus durch Drehen der Mikrometerschraube nur in der Richtung dieser Achse verschoben. Der Kopf der Mikrometerschraube, der sich in der Regel über dem Prisma befindet, ist bei größeren Stativen mit einer Teilung versehen, die genaue Messungen bis 0,01 mm gestattet; da die Teilstriche ziemlich weit auseinander stehen, ist eine annähernde Dickenbestimmung durch Schätzen bis 0,001 mm möglich.

Eine Dickenmessung wird mit Hilfe dieser Vorrichtung in der Weise ausgeführt, daß man zunächst die untere Fläche eines Objekts, das bei geringer Dicke im Mikroskop durchsichtig erscheint, scharf einstellt und dann so lange zurückschraubt, bis die obere Fläche scharf eingestellt ist. Liest man nun die Strecke, die der Schraubenkopf hierbei zurückgelegt hat, an der Teilung in Hundertstel Millimeter ab und schätzt den Zwischenraum zwischen letztem Teilstück und Index nach Tausendstel, so erhält man die Dicke des Objekts, wenn man die abgelesene Verschiebung noch mit dem Brechungsindex des Objekts multipliziert.

In neuerer Zeit ist die säulenförmige Feinbewegung zum großen Teil durch eine Mikrometerbewegung verdrängt worden, die sich direkt hinter der groben Einstellung durch Zahn und Trieb befindet und es durch ihre Lage ermöglicht, den Tubus (für Mikrophotographie, Projektion usw.) erheblich weiter zu machen (vgl. Fig. 33). Aus demselben Grunde kann der Tubusträger mehr nach hinten ausgebildet und der Tisch beliebig, wenigstens soweit es an der Einstellvorrichtung liegt, vergrößert werden. Ein weiterer Vorzug ist, daß alle Teile im Innern des Tubusträgers liegen, also besser gegen äußere Einflüsse geschützt sind. Der Tubusträger selbst bietet eine bequeme Handhabe für das Mikroskop. Die Trieb-

knöpfe für die Bewegung befinden sich seitlich zu beiden Seiten des Tubusträgers, die eine ist für Dickenmessungen geteilt und zeigt Höhenunterschiede der Einstellung von 0,001 mm oder 0,002 mm an. Diese Feinbewegung wird entweder als endlose (z. B. Herzmikrometerschraube von Leitz) oder als nicht endlose Mikrometerschraube (z. B. Kugelmikrometerschraube von Leitz) ausgeführt.

IV. Der Strahlengang im Mikroskop.

Nachdem wir uns mit der optischen und mechanischen Einrichtung des Mikroskops im einzelnen vertraut gemacht haben, empfiehlt es sich, den gesamten Strahlengang innerhalb des Instruments an einem Querschnitt desselben vorzuführen (Fig. 38).

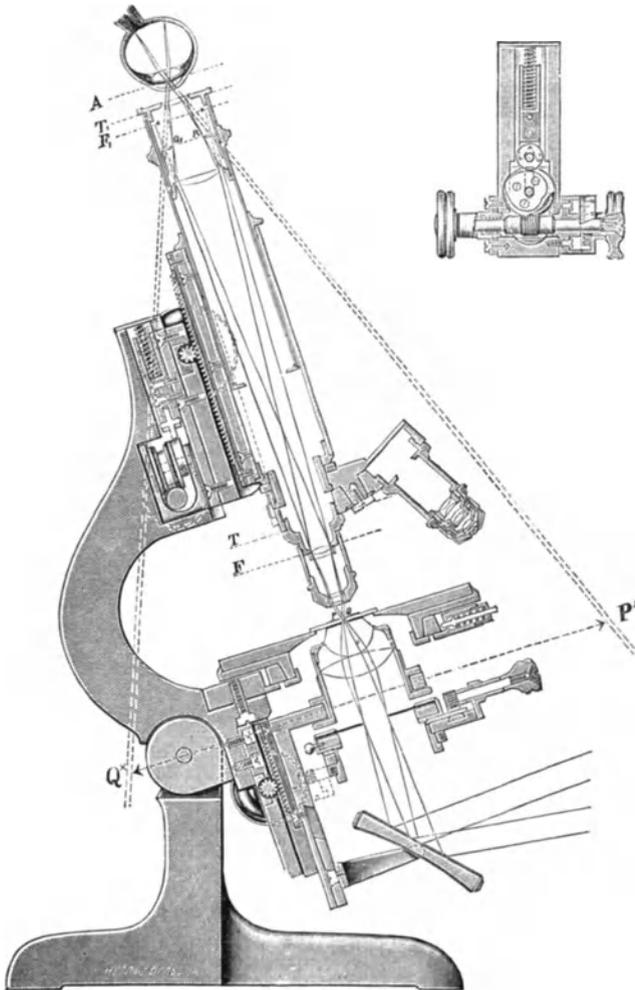


Fig. 38. Strahlengang im Mikroskop und Auge.

Das im Querschnitt dargestellte Mikroskop ist das sehr verbreitete C-Stativ von E. Leitz-Wetzlar. Oben ist im Durchschnitt die Herzmikrometereinrichtung dargestellt. Der gesamte optische Apparat des Instruments ist in der Zeichnung zur Darstellung gebracht worden. Er besteht aus dem Plan- und Hohlspiegel, dem Abbeschen zweigliedrigen Kondensator, dem mittelstarken Objektiv — Leitz Nr. 3 — das eingestellt ist, dem Ölimmersionsobjektiv (kenntlich an der Duplexfront) am Seitenarm des Revolvers und einem Okular II.

Der Planspiegel ist so geneigt, daß er das diffuse Tageslicht aufhängt und nach dem Kondensator des Beleuchtungsapparates reflektiert.

Die halbgeöffnete Irisblende bringt ein Strahlenbündel zur Wirkung, dessen Öffnungswinkel dem des eingestellten Objektivs 3 entspricht.

Wir verfolgen die von den beiden Punkten P und Q am Rande des Objekts ausgehenden Strahlenbündel; von ihnen sind je die beiden äußersten Strahlen gezeichnet, die noch das Objektiv passieren. Sie schließen den Öffnungswinkel ein, auf dessen Größe die Helligkeit und die Auflösung des Objektivs beruhen. Es besteht das Wesen des Mikroskopobjektivs darin, daß der vordere Objektpunkt dem betreffenden Linsenscheitel sehr nahe liegt, der Bildpunkt dagegen von der Hinterlinse einen sehr weiten Abstand im Vergleich mit jenem besitzt. Es bilden deswegen die aus dem Objektiv austretenden Strahlenbündel lange schmale Lichtkegel, deren Basis die Fläche der Hinterlinse bildet. Diese beiden divergent zur Achse des Mikroskops verlaufenden Kegel würden etwa in der Ebene F_1 zum reellen Schnitt gekommen sein, wenn sie nicht in der Kollektivlinse des Okulars gebrochen würden, so daß jetzt der Schnitt in die Blende des Okulars fällt. Hier entsteht nahezu in der vorderen Brennebene der Augenlinse ein reelles Bild Q_1P_1 , das durch die Augenlinse, die als Lupe wirkt, betrachtet wird. Das virtuelle Bild, dessen Lage umgekehrt der des Objektes ist, kommt in deutlicher Sehweite bei P^*Q^* zustande. Wir haben es also mit einem umgekehrten virtuellen Bilde des Gegenstandes zu tun.

An der Stelle des reellen Bildes innerhalb des Okulars sehen wir eine Blende angebracht, die erstens eine scharfe Begrenzung des Gesichtsfeldes herbeiführt und zweitens falsche Reflexe im Tubus abhält, welchem Zweck auch die am unteren Ende des Tubusauszuges befindliche Blende dient.

V. Das binokulare Mikroskop.

Ausgehend von der Erfahrungstatsache, daß der zweiäugige Mensch dem einäugigen beim Sehen überlegen ist, hat man sich schon frühzeitig (im Anfang des 17. Jahrhunderts) um die Einführung optischer Instrumente mit binokularer Betrachtung bemüht. In erster Linie war wohl das stereoskopische Sehen das hierbei angestrebte Ziel. Da stereoskopisches Sehen nur möglich ist, wenn die Blickrichtungen der beiden Augen nach dem betrachteten Objekt einen von Null ver-

schiedenen Winkel miteinander bilden, so ist für diese optischen Instrumente, die nur auf räumliche Wahrnehmung ausgehen, eine Konvergenz der Augenachsen wesentlich. Eine sehr vollkommene Konstruktion bietet das von Leitz angefertigte stereoskopische Mikroskop nach Grenough (Fig. 39). Bei diesem Mikroskop wird jedem der beiden



Fig. 39. Stereoskopisches Binokular-Mikroskop nach Grenough.

Augen das Bild durch je einen besonderen Tubus mit Objektiv und Okular zugeführt. Die Achsen beider Tuben, also auch die Sehlinien, sind gegeneinander geneigt. Infolge des relativ kurzen Objektabstandes der mittleren und stärkeren Systeme bleibt die Anwendung dieses stereoskopischen Mikroskops auf die schwachen Vergrößerungen be-

schränkt. Die Bedeutung des stereoskopischen Sehens für die Erkennbarkeit von Strukturen nimmt übrigens in dem Maße ab, wie man zu stärkerer Vergrößerung übergeht; denn schon bei mittleren Vergrößerungen ist die Tiefe des Sehraums in der Größenordnung des Auflösungsvermögens so, daß stereoskopische Betrachtung dann einen nennenswerten Gewinn bei der Auflösung räumlicher Strukturen nicht mehr mit sich bringt.

Abgesehen von dem stereoskopischen Effekt, bietet die binokulare Beobachtung in physiologischer und psychologischer Hinsicht überaus

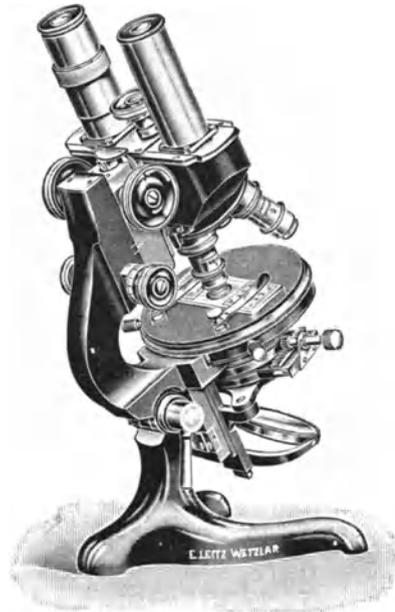


Fig. 40. Binokulares Mikroskop mit parallelen Augenachsen.

große Vorteile vor der monokularen Beobachtung. In dieser Erkenntnis ist von Leitz, Wetzlar, mit gänzlichem Verzicht auf stereoskopische Wirkung ein binokulares Mikroskop mit parallelen Sehlinien konstruiert worden, bei dem zwei Okulare, aber nur ein Objektiv zur Geltung kommen (Fig. 40). Beiden Augen wird genau das gleiche Bild des Präparates zugeführt. Dadurch, daß beide Augen zur Auffassung des Bildes benutzt werden, wird die Qualität des empfundenen Bildes erhöht; denn es ist bekannt, daß unsre beiden Augen in der Regel ungleich sehtüchtig sind. Das eine vermag besser feine Strukturen zu unterscheiden, das andere besser, geringe Farbdifferenzen wahrzunehmen. Ferner erweist sich die binokulare Beobachtung bei weitem nicht in demselben Maße ermüdend wie die

monokulare. Die oft prachtvolle Plastik der Bilder beruht nicht auf stereoskopischer Wirkung, sondern ist psychologisch zu begründen.

Der verhältnismäßig geringe Preisunterschied dieses binokularen Mikroskops gegenüber den monokularen sollte dazu anreizen, bei der Anschaffung eines Mikroskops auch dieses binokulare Stativ in Betracht zu ziehen. Es ist für alle Vergrößerungen und Beobachtungsmethoden verwendbar.

VI. Das Polarisationsmikroskop.

Bekanntlich ist das Licht eine Wellenbewegung. Den Stoff, in welchem diese Bewegung erfolgt, der den ganzen Weltraum erfüllt und alle Körper durchdringt, hat man Weltäther genannt. Wenn auch das Vorhandensein dieses Äthers

eine Hypothese ist, so lassen sich doch auf Grund dieser Annahme alle optischen Erscheinungen auf das vollkommenste erklären. Man kann die Länge der Lichtwellen (etwa von 0,0004 bis 0,0007 mm) messen und weiß genau, wie schnell sich ein Lichtstrahl fortbewegt (im leeren Raum und in Luft etwa 300 000 km in der Sekunde). Hieraus resultiert die über alle menschliche Begriffe schnelle Schwingung der Wellen (750 bis 450 Billionen in der Sekunde).

Die Lichtschwingungen erfolgen transversal, d. h. senkrecht zur Fortpflanzungsrichtung der Lichtstrahlen. Im gewöhnlichen Licht ist keine Richtung in der Transversalebene auf dem Lichtstrahl bevorzugt; daher werden in sehr kurzen Zeitabständen Schwingungen in verschiedenster Richtung innerhalb der Transversalebene ausgeführt. Solches Licht heißt »nicht polarisiert«.

Licht, in dem die Schwingungen nur nach einer Richtung erfolgen, nennt man polarisiert. Nur so weit kann hier auf das Wesen der Polarisation eingegangen werden, als zum Verständnis des Polarisationsmikroskops nötig ist.

Es gibt zwei Mittel, polarisiertes Licht herzustellen, nämlich Spiegelung und Doppelbrechung. Licht, das unter einem bestimmten Winkel, dem sog. Polarisationswinkel, an einer Glasplatte reflektiert wird, ist linear polarisiert. Um die Intensität zu steigern, nimmt man an Stelle einer einzelnen Glasplatte einen ganzen Glasplattensatz. Ein derartiger Polarisator wird oft für Durchmusterungen verwendet, da man damit ein sehr großes Feld erhält. Für feinere Untersuchungen verwendet man Polarisatoren aus doppelbrechenden Kristallen, und zwar in erster Linie aus Kalkspat.

Natürliches Licht wird beim Eintritt in Kalkspat in zwei Teile zerlegt, von denen jeder für sich linear polarisiert ist. Die Polarisations-ebenen dieser beiden Wellen stehen senkrecht zueinander. Der eine der beiden so entstandenen Strahlen befolgt nicht mehr die gewöhnlichen Brechungsgesetze und heißt daher der außerordentliche Strahl, der andere dementsprechend der ordentliche Strahl. Der ordentliche Strahl wird durch Totalreflexion an einer eingefügten Balsamschicht beseitigt, so daß aus dem Kalkspatprisma nur linear polarisiertes Licht austritt. Diese Polarisatoren heißen nach ihrem Erfinder Nicolsche Prismen.

Nicol ließ ein Spaltstück von Kalkspat, dessen Länge dreimal so groß wie eine seiner Seitenflächen ist, in der Richtung der optischen Achse durchschneiden und die Endflächen senkrecht zur Durchschnittsfläche schleifen.

Die Schnittflächen ed (Fig. 41) werden mit Kanadabalsam wieder zusammengekittet. Ein bei a in das Prisma eintretender gewöhnlicher Lichtstrahl wird hier in zwei zueinander senkrecht schwingende geteilt. Der stärker ge-

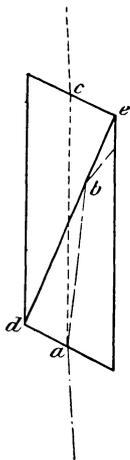


Fig. 41.

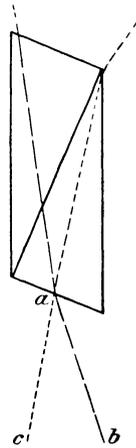


Fig. 42.

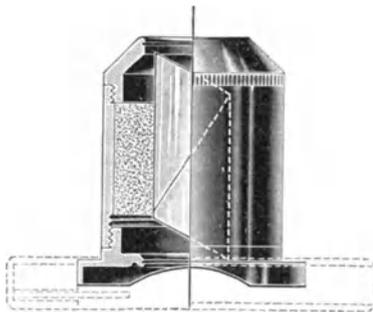
brochene ordentliche Strahl hat größeren Brechungsindex als der Kanadabalsam, erleidet bei b totale Reflexion und wird dann von den schwarz lackierten Seitenflächen des Prismas verschluckt. Der weniger brechbare außerordentliche Strahl durchsetzt die Balsamschicht und tritt bei c aus dem Prisma: er schwingt in der Richtung der kleinen Diagonale der rautenförmigen Endflächen des Prismas und ist vollkommen polarisiert. Die Ebene senkrecht zur Schwingungsebene nennt man Polarisationsebene.

Ist (Fig. 42) der einfallende Strahl ba mehr geneigt zur Prismenfläche, so kommt eine Grenze, an der der ordentliche Strahl ebenfalls die Balsamschicht durchsetzt. Ist der Strahl von der anderen Seite mehr geneigt (ca), so wird schließlich auch der außerordentliche Strahl reflektiert. Das benutzte Licht muß sich also, um vollständig polarisiert zu sein, innerhalb dieser Grenzen halten. Den Winkel cab , der durch die noch benutzbaren Grenzstrahlen gebildet wird, nennt

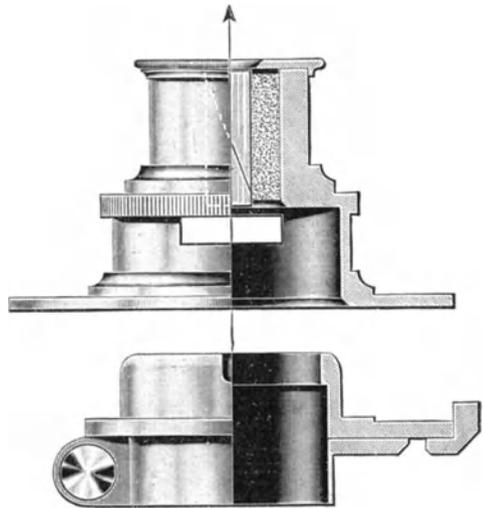
man den nutzbaren Öffnungswinkel; er beträgt beim Nicolschen Prisma 27 bis 28°. Heut sind die mannigfachsten Prismenkonstruktionen in Gebrauch. Die besten sind die nach Glan-Thompson und die nach Ahrens. Ihre Endflächen stehen senkrecht zur Längsachse des Prismas. Sie liefern ein sog. normal polarisiertes Gesichtsfeld, d. h. die Schwingungsrichtungen liegen in allen Punkten des Gesichtsfeldes einander parallel.

Schaltet man am Mikroskop in den Weg der beleuchtenden Strahlen einen Nicol, so unterscheidet sich das jetzt mit vollkommen polarisiertem Licht beleuchtete Objekt kaum von einem durch gewöhnliches Licht erhellten. Nur ist die Helligkeit um mehr als die Hälfte geringer. Zur Untersuchung des Pleochroismus, d. h. der Eigenschaft der Kristalle, das Licht in verschiedenen Richtungen verschieden zu absorbieren, kann das eine Prisma allein dienen. Anders aber gestaltet sich die Sache, wenn das Licht nach dem Durchgang durch das Objekt durch einen zweiten Nicol geht und das Objekt selbst doppeltbrechende Eigenschaften besitzt.

Das Prisma im Wege der beleuchtenden Strahlen heißt Polarisor (Fig. 43), das über dem Objekt befindliche Analysator. Letzteres wird entweder direkt über dem Objektiv in den Tubus eingeschaltet oder es wird in einer Hülse über die Okulare gesteckt.



Polarisator.



Analysator.

Fig. 43. Einfacher Polarisationsapparat.

Stehen die Prismen von Polarisator und Analysator so, daß die Polarisations Ebenen in beiden parallel sind, so ist das Gesichtsfeld hell, bei gekreuzten Schwingungsebenen dagegen schwarz, weil in dem Falle kein Licht durch das Analysatorprisma gehen kann. Die Beobachtungen im polarisierten Licht finden meist bei gekreuzten Nicols statt, weil auf dem schwarzen Hintergrunde die Polarisationserscheinungen mehr zur Geltung kommen, als wenn dieselben durch daneben vorbeigehendes Licht gestört werden.

Bei Polarisationsinstrumenten soll der Objektstisch drehbar sein, um das Objekt leicht in die richtige Lage zu den Schwingungsebenen bringen und sein Verhalten beim Drehen beobachten zu können.

Nehmen wir nun ein Objekt, das ganz durchsichtig, weiß oder gleichmäßig gefärbt ist, das aber im Innern Einzelheiten besitzt, die verschieden polarisierend auf das durchgehende Licht wirken, so wird man bei gewöhnlicher Beleuchtung kaum etwas hiervon merken; im polarisierten Licht werden sofort alle Details sichtbar. Ein kleiner polarisierender Körper im Objekt wird beim Durchgang des Lichts dieses ebenfalls in zwei aufeinander senkrechte Richtungen zerlegen (Fig. 44). Fällt eine dieser Richtungen mit der des Polarisators zusammen, so übt der Körper keinen Einfluß auf den Gang der Lichtstrahlen aus, er erscheint schwarz im schwar-

zen Felde. Bilden aber seine Schwingungsrichtungen mit der des Polarisators einen Winkel, dann wird der ihn treffende geradlinig polarisierte Strahl nach dem Gesetz des Parallelogramms der Kräfte in zwei zerlegt, die den Richtungen im Objekt entsprechen. Beim Durchgehen durch den Analysator werden die beiden Strahlen wieder zu einem vereinigt, wobei sich durch Interferenz die lebhaftesten Farben bilden können.

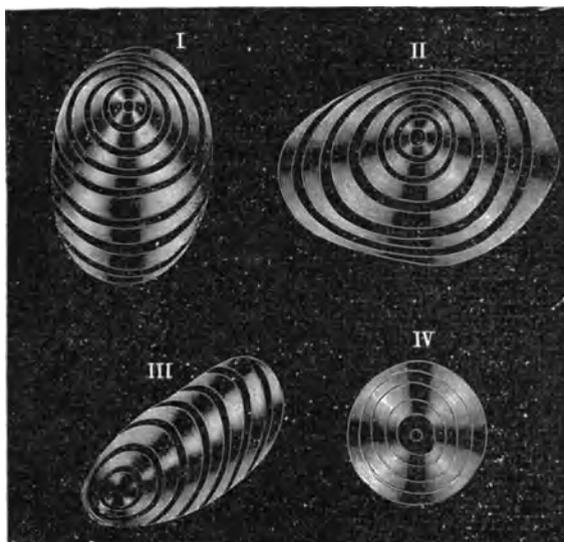


Fig. 44. Stärkemehlkörnchen, vergrößert im polarisierten Licht. Ein dunkles Kreuz durchzieht die Schichten vom Kerne aus.

Unzählige Objekte des Tier- und Pflanzenreichs, besonders aber Mineralien, erfordern zu ihrer genauen Untersuchung polarisiertes Licht. Das Erkennen schwach polarisierender Eigenschaften wird erleichtert, wenn man außer dem Objekt noch eine entsprechende Quarzplatte, ein dünnes Gips- oder Glimmerplättchen einschaltet. Diese werden entweder in einen Schlitz über dem Objektiv oder in einen Schlitz unter dem Aufsatzanalysator eingeschoben. Hierbei sollen die Polarisationsebenen in den Plättchen, die durch Pfeile bezeichnet sind, einen Winkel von 45° mit denen der Nicols bilden.

Sollen an den Objekten nur polarisierende Eigenschaften erkannt, aber keine Messungen vorgenommen werden, so genügt ein einfacher Polarisationsapparat, der jedem Mikroskop angepaßt werden kann, und wie ihn Leitz und Seibert liefern. Der Polarisator wird in die Hülse des Diaphragmenhalters unter dem Objektisch eingeschoben, der Analysator besteht aus Okular mit Fadenkreuz und aufsetzbarem Nicol, der mit einer gröberen Teilung versehen ist.

Namentlich bei Benutzung stärkerer Objektive wird auch zwischen gekreuzten Nicols das Gesichtsfeld nicht vollkommen dunkel, weil die stark gekrümmten Linsenflächen das Licht depolarisieren.

In ihren Lösungen drehen viele Substanzen die Polarisations Ebenen entweder rechts oder links; man bezeichnet sie daher als zirkularpolarisierend.

+ oder rechtsdrehend sind z. B. Rohrzucker, Traubenzucker (Dextrose, Glykose), Harnzucker, Galaktose, Laktose (Milchzucker), Dextrin, Kampfer (in weingeistiger Lösung).

— oder linksdrehend sind z. B. Levulose (Fruchtzucker), arabischer Gummi, Bassorin, Terpentinöl, Zitronenöl, Kirschchlorbeerwasser.

Befindet sich eine derartige Substanz zwischen den beiden Nicols, so wird im weißen Licht das Feld in den verschiedensten Farben erscheinen je nach der Stellung des Analysators und der Dicke der drehenden Schicht. Das Drehungsvermögen ist für die verschiedenen Substanzen verschieden und wächst mit der Konzentration der Lösung. Man benutzt deshalb das Polarisationsmikroskop zur Bestimmung des Zuckers in seinen Lösungen, auch des Harnzuckers im diabetischen Harn. Zur genauen Messung ist hierbei am Analysator ein Kreis, geteilt in einzelne Grade, mit Nonius erforderlich. Zur Messung der Drehung bedient man sich der von Bertrand angegebenen Quarzplatte (Fig. 45). Dieselbe besteht aus vier Teilen von je 2,5 mm Dicke. Zwei gegenüberliegende Teile sind rechts-, die anderen beiden linksdrehend.

Für genauere Messungen im einfarbigen Licht kommen Halbschattenvorrichtungen in Frage. Die Lösungen werden in ein 200 mm langes Glasrohr gefüllt. Die Drehung der Polarisationsebene läßt sich auf diese Weise bis auf wenige Minuten genau bestimmen. Seibert liefert den Polarisationsapparat mit feinem Teilkreis und Zubehör.

Ist sonach die Anwendung polarisierten Lichts für die Untersuchung der Pflanzen- und Tiergewebe ein bedeutendes Hilfsmittel, so ist er für den Mineralogen, Geologen und Petrographen ganz unentbehrlich. Die Objekte aus dem Mineralreich können nur in ganz dünnen Schliffen (0,03 bis 0,05 mm Dicke) untersucht werden. Für diese Zwecke sind besondere Instrumente konstruiert worden, bei denen der Wechsel zwischen gewöhnlichem und polarisiertem Licht sehr erleichtert ist. Näheres über diese Instrumente findet sich in den betr. Fachschriften, z. B. F. Rinne, Elementare Anleitung zu kristallo-

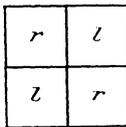


Fig. 45.

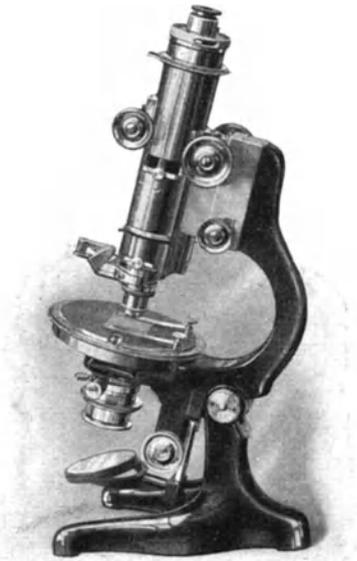


Fig. 46. Polarisationsmikroskop C. M. von Leitz.

graphisch-optischen Untersuchungen vornehmlich mit Hilfe des Polarisationsmikroskops; E. Weinschenk, Anleitung zum Gebrauch des Polarisationsmikroskops.

Entsprechend den Eigenarten der Untersuchungen im polarisierten Licht weisen die Polarisationsmikroskope gegenüber den für biologische Zwecke bestimmten Mikroskopen schon äußerlich eine Reihe von Unterscheidungsmerkmalen auf, deren wichtigste sind: Polarisator im Beleuchtungsapparat; drehbarer Objektstisch; zentrierbare Objektivwechsellvorrichtungen; Schlitz im unteren Tubusende zum Einschalten von Kompensatoren; Analysator im Tubus ein- und ausschaltbar oder Aufsatzanalysator; Bertrandische Hilfslinse, unterhalb des Okulars einschiebbar, zur Betrachtung der Achsenbilder; Okulare mit Fadenkreuz.

Die von den Firmen Leitz und Seibert-Wetzlar angefertigten Polarisationsmikroskope (siehe die Spezialkataloge dieser Firmen) erfüllen die weitestgehenden Anforderungen, die an solche Instrumente zu stellen sind.

Für laufende Arbeiten im polarisierten Licht ist ein Polarisationsmikroskop mit Tubusanalysator einem solchen mit Aufsatzanalysator vorzuziehen, weil der Aufsatzanalysator die Einstellung des Auges in den Okularkreis beim Arbeiten behindert. Die Tubusanalysatoren werden ganz neuerdings von Leitz mit anastigmatischer Korrektur hergestellt, welcher Vorteil besonders bei der Mikrophotographie sehr stark ins Gewicht fällt.

Die Polarisationsmikroskope sind natürlich nach Ausschaltung des Analysators auch für biologische Untersuchungen im nicht polarisierten Licht einschließlich der Dunkelfeldmethoden zu verwenden.

VII. Nebenapparate.

1. Zeichenapparate.

Für das Nachzeichnen der Objekte ist eine ganze Anzahl von Hilfsmitteln konstruiert worden, die sämtlich darauf beruhen, daß durch Brechung oder Reflexion an Prismen und Spiegeln das Bild auf die Zeichenfläche geworfen und so gleichzeitig Objekt und Spitze des Bleistifts dem Auge sichtbar gemacht werden.

Am häufigsten im Gebrauch sind von diesen das Leitzsche Zeichenokular, der Abbésche und der Oberhäusersche Zeichenapparat sowie die kleineren Zeichenprismen und -apparate der verschiedenen Werkstätten.

Das Zeichenokular von Leitz sei zur bildlichen Darstellung des Prinzips der Zeichenapparate hier gewählt. Alle Zeichenapparate beruhen darauf, daß die Zeichenfläche bzw. der Zeichenstift so mit dem Bild des Objekts zur Deckung

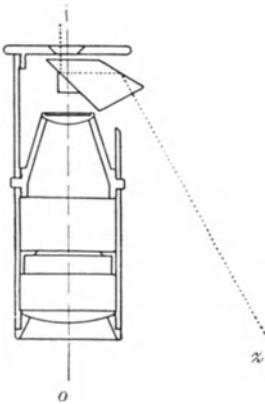


Fig. 47.



Fig. 48. Zeichenokular von Leitz.

gebracht werden kann, daß ein Nachfahren der Konturen mit dem Stift ohne weiteres möglich ist. Die Art, wie dies geschieht, wird durch Fig. 47 deutlich gemacht. Das Objekt o wird durch das Okular direkt beobachtet. Die Zeichenfläche und die Stiftspitze befinden sich unterhalb z zur Seite des Mikroskops; die letztere wird durch zweimalige totale Reflexion an den Flächen des über der Augenlinse sitzenden Prismas nach dem Auge reflektiert. Da die vom Objekt ausgehenden Strahlen und die reflektierten Lichtstrahlen der Zeichenfläche zuletzt die gleiche Richtung haben, scheinen Objekt und Zeichenspitze dieselbe Lage zu haben und können leicht zur Deckung gebracht werden.

Der Abbesche Zeichenapparat besteht aus zwei rechtwinkligen Prismen, deren Hypotenusenflächen aneinander gekittet sind. Die eine dieser Flächen hat Spiegelbelag, der in der Mitte zu einer kleinen, runden Öffnung weggekratzt ist. Dieses Doppelprisma wird auf das Okular aufgesetzt. Das Objekt kann hierbei durch die kleine Öffnung im Belag beobachtet werden; Zeichenfläche und Stift werden gleichzeitig mit dem Objekt durch Reflexion an einem durch einen seitlichen Arm getragenen Spiegel und dem Spiegelbelag des Prismas sichtbar. — Der Apparat wird von allen namhaften Optikern geliefert.

Der Oberhäusersche Zeichenapparat ist ein rechtwinklig abgebogenes Okular mit zwei Prismen, einem größeren im Inneren und einem kleinen außerhalb. Diese beiden Prismen reflektieren das Bild des Objekts derartig, daß es auf dem Papier gesehen wird. Da das kleine Prisma schmaler ist als die Pupille des Auges, sieht man auch an demselben vorbei und zugleich mit dem Bild den Bleistift. — Der Oberhäusersche Zeichenapparat kann nur mit demjenigen Okular, mit welchem er fest verbunden ist, benutzt werden, während die durch Spiegelung wirkenden Apparate auf alle Okulare aufgesetzt werden können. Eine Neigung der Zeichenfläche zur Vermeidung von Verzerrungen ist bei dem Oberhäuserschen, dem neueren Abbeschen und dem Zeichenokular von Leitz zum Zeichnen mit unter 45° geneigtem Stativ nicht erforderlich.

Von den kleineren Zeichenapparaten wollen wir nur den Seibertschen erwähnen; derselbe besteht aus einem offenen Gehäuse, das durch einen Klemmring auf den Tubus geschoben wird, bis er das Okular berührt. Die Reflexion der Zeichenfläche erfolgt durch zwei Spiegel, das Objekt erscheint direkt durch eine kleine Öffnung im Belag des einen Spiegels.

Alle Zeichenapparate werden nur zur korrekten, in Verhältnissen und Größen genauen Darstellung der Umrißlinien mikroskopischer Bilder, nicht aber zur Ausführung feinerer Details benutzt. Ferner ist der Zeichenapparat auch das geeignetste Mittel zur Messung mikroskopischer Objekte, indem man dieselben in der Ebene des Tisches zeichnet, dann die Skala eines Objektmikrometers (s. unten, S. 43) an Stelle des Präparats auf den Objektstisch legt und sie bei gleicher Vergrößerung und Tubuslänge ebenfalls in der Ebene des Tisches zeichnet. Diese Zeichnung der Skala kann dann ein für allemal als für die gleiche Vergrößerung bei gleicher Länge des Tubus und gleicher Entfernung des Zeichenblattes anwendbarer, direkter Maßstab benutzt werden.

2. Mikrometer.

Zum Messen mikroskopischer Objekte bedient man sich des aus einem Glasplättchen, auf das eine Skala entweder eingeritzt oder photographiert ist, bestehenden Mikrometers (Fig. 49). Im letzteren Fall wird zum Schutz des Photogramms über dasselbe ein zweites Glasplättchen gekittet. In der Regel ist bei der Skala das Millimeter in 10 oder 20 Teile geteilt, je nachdem das Mikrometer einem schwachen oder starken Okular beigegeben wird. Das Mikrometer wird an die Stelle im Okular eingelegt, an der das reelle Bild des Objekts erscheint; es kann auf diese Weise mit letzterem verglichen werden. Die Augenlinse vergrößert beide gleichzeitig und macht sie dem Auge sichtbar.

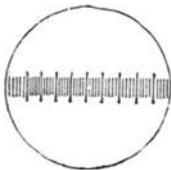


Fig. 49.
Okularmikrometer.

Die Fassung der Augenlinse ist, um ein scharfes Einstellen des Mikrometers für jedes Auge zu ermöglichen, in ein Röhrchen eingeschraubt, durch dessen Verschiebung im Okularrohr die Entfernung zwischen Linse und Mikrometer etwas verändert werden kann. Aus der Anzahl der Teilstriche nun, die das Objekt einnimmt, und dem vom Optiker angegebenen Mikrometerwert des benutzten Objektivs erhält man durch Multiplikation die Größe des Objekts. Als Maßeinheit gilt das Mikromillimeter oder Mikron (Plural: Mikra) = 0,001 mm (als Zeichen μ).

Bei dem von der Firma Leitz angefertigten Stufenmikrometerokular nach Metz ist die Mikrometerteilung so erfolgt, daß die Mikrometerwerte für sämtliche Objektive von Leitz einfache, zumeist ganze Zahlen sind, wodurch die Berechnungen wesentlich vereinfacht werden.

Bewegliche Okularmikrometer, die Objekt und Skala bequemer zur Deckung bringen lassen, werden von den Optikern zu mäßigem Preis verfertigt.

Das Objektmikrometer besteht aus einer Platte von Neusilber, in deren Mitte ein Glasplättchen mit sehr feiner Teilung, meist 1 mm in 100 Teile, eingelassen ist. Es wird wie ein Präparat auf den Objektstisch mit der Teilung nach oben gelegt und dient hauptsächlich zum Bestimmen der Vergrößerungen sowie (siehe oben, S. 42) zu Messungen mit Hilfe des Zeichenapparats.

3. Das Zeiger-Doppelokular.

Das Zeiger-Doppel-Okular wird an Stelle eines gewöhnlichen Okulars in den Tubus eingesetzt. Durch die in der Fig. 50 veranschaulichte Weise werden die vom Objektiv gebildeten Strahlen-

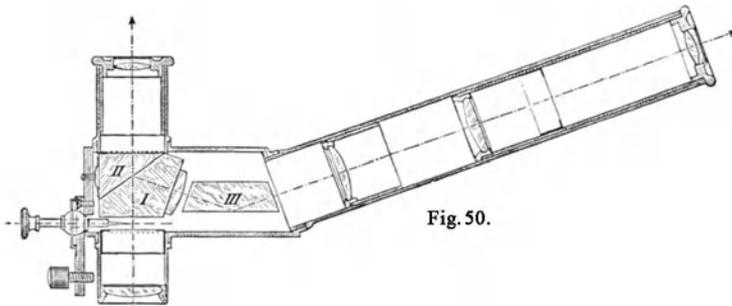


Fig. 50.

kegel zerlegt. Es entstehen hierdurch zwei gleich scharfe Bilder von derselben Vergrößerung. Der an diesen Bildern erscheinende bewegliche Zeiger, mit dem jede Stelle des Bildes bzw. des Präparates markiert werden kann, dient wesentlich dazu, die gegenseitige Verständigung zweier Beobachter zu erleichtern.

4. Mikroskopierlampe.

Als beste Lampe hat sich seit einigen Jahren die von Arthur Meyer angegebene und von Seibert verfertigte Mikroskopierlampe für

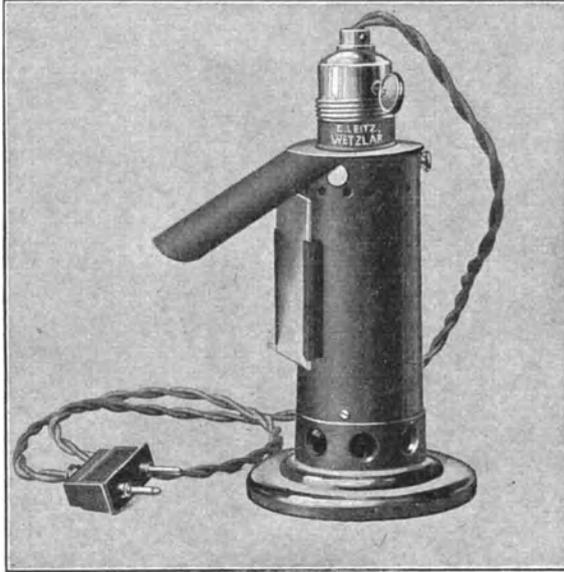


Fig. 51. Mikroskopierlampe.

Gaslicht bewährt. Die Strahlen einer Glühlampe werden durch einen Parabolspiegel annähernd parallel auf eine matte Scheibe geworfen. Hierdurch entsteht eine helle gleichmäßige Beleuchtung, welche dem von einer weißen Wolke ausgehenden Licht sehr ähnlich ist. Ein Schirm schützt die Augen und den Objektstisch gegen direkt auffallendes Licht.

Ist elektrisches Licht vorhanden, so kann man sich der Mikroskopierlampe von Leitz bedienen (Fig. 51). Sie besitzt Augenschutzschirm und Lichtfilterhalter und ist mittels Steckkontakt an jede Hausleitung anschließbar.

5. Mikrophotographische Apparate.

a) Apparate für gewöhnliches Licht.

Die Erfindung der Trockenplatte und die dadurch gegebene wesentliche Erleichterung der photographischen Technik übte einen außerordentlich fördernden Einfluß auch auf die Mikrophotographie aus.

Das Bestreben des Optikers, den Wünschen und Bedürfnissen des Photographen entgegenzukommen, schuf hier die lichtstarken Anastigmaten, denen Zeiß Bahn gebrochen hat, auf dem Gebiet der Mikrophotographie die Objektive zur Aufnahme größerer Präparate bei schwacher Vergrößerung, mit welchen

Leitz zuerst die Kluft zwischen photographischen und mikrophotographischen Objektiven überbrückt hat.

Wer die verschiedenen mikrophotographischen Apparate, die uns in der Literatur und den Katalogen der Fabrikanten begegnen, vergleicht, wird über die großen Unterschiede in ihrer Form und Größe und in ihrem Preis erstaunen. Diese Unterschiede ergeben sich hauptsächlich aus der Art des zur Verwendung gebrachten Lichts und der Benutzung des Okulars oder dem Verzicht auf dasselbe bei den Aufnahmen. Wesentlich kürzer wird der Apparat, wenn man die vergrößernde Kraft des Okulars mit zu Hilfe nimmt, wesentlich billiger, wenn man auf die teuren starken Lichtquellen, wie elektrisches Bogenlicht, Drummondsches Kalklicht, Zirkonlicht usw., verzichtet und sich als Lichtquelle der Petroleumlampe oder besser des Auerschen Gasglühlichtes bedient.

Wir geben im folgenden eine kurze Beschreibung eines der verbreitetsten in der optischen Werkstätte von E. Leitz in Wetzlar ausgeführten einfacheren mikrophotographischen Apparates, der eine vielseitige Benutzung zuläßt. Fig. 52 zeigt seine Aufstellung bei vertikaler Stellung. Bei horizontaler Stellung des Mikroskops, die der Apparat ebenfalls zuläßt, ist mit dem längeren Balgauzug eine stärkere Vergrößerung zu erzielen.

Auf der Fußbank, die auf vier z. T. mit Stellschrauben versehenen Beinen ruht, läßt sich der Tisch, der zur Aufnahme des Mikroskops dient, verschieben. Eine kleine optische Bank am Tisch trägt die Auerlampe und eine große Beleuchtungslinse. Beide sind in verschiedener Richtung verstellbar eingerichtet. Das von der Auerlampe ausgehende Licht gelangt durch die Beleuchtungslinse von 100 mm Durchmesser auf den Spiegel des Mikroskops. Vor den Reflektor der Lampe lassen sich Glasscheiben anbringen; sie sind mattgeschliffen. Zur Schaffung von nur diffusem Licht dient die helle Scheibe, noch zum Färben desselben die grüne und gelbe Scheibe. Diese Lichtfilter kommen an dieser Stelle meist bei schwacher Vergrößerung zur Verwendung. Die Beleuchtungslinse reguliert das Licht, konzentriert dasselbe und schützt das Mikroskop vor direkter Bestrahlung. Das Gelingen der Aufnahmen ist dadurch wesentlich gefördert, daß an dem vor den Wärmestrahlen geschützten Mikroskop sich die feine Einstellung leichter erhält und das verstärkte Licht die Expositionszeit verkürzt.

Von dem Spiegel, der aber bei umgelegtem Stativ, wo die Lichtquelle, die Achse der Beleuchtungslinse und die des Mikroskops in einer Geraden liegen, in Fortfall kommt, gelangt der Beleuchtungskegel durch den Abbeschen Beleuchtungsapparat zum Objekt. Dies Beleuchtungssystem kommt aber erst von Objektiv 4 an zur Anwendung, während für schwächere Objektive eine ausreichend starke und gleichmäßige Beleuchtung durch die große Beleuchtungslinse geboten wird. Bei starker Vergrößerung wird vielfach ein achromatischer Kondensator dem gewöhnlichen Abbeschen vorgezogen, weil mit ihm die Abbildung der Lichtquelle schärfer und farbenreiner erfolgt. Die gute Regulierung der Lichtquelle trägt viel bei zum Gelingen des Bildes; die Struktur der Lichtquelle selbst darf nicht im Präparat zur Abbildung kommen; der Lichtkegel des Kondensators darf weder zu breit sein, weil dann leicht eine Unschärfe eintritt, aber auch nicht zu schmal, weil dann störende Bilder von den im Strahlengang zwischen Lichtquelle und Präparat befindlichen Strahlenbegrenzungen (Fassungen der Linsen, Blenden usw.) zu befürchten sind. Die Hebung der Kontraste im Bilde geschieht



Fig. 52. Mikrophotographischer Apparat II in aufrechter Stellung.

wieder durch Lichtfilter; hier sind es kleine runde grüne und gelbe Glasscheiben, die auf die Irisblende gelegt werden. Die regelmäßige Verwendung der Farbfilter und die Erzielung eines fast monochromatischen Lichts läßt die bessere Farbkorrektur der Apochromate nicht zur Geltung kommen. Vielfach bieten sogar die Achromate durch ihre gute ebene Zeichnung, die nicht immer von den Apochromaten erreicht wird, vor letzteren in dieser Beziehung einen Vorteil. Außer den für die Mikrophotographie eigens konstruierten Projektions-Okularen I, II und III kommen noch als besonders brauchbar die Huyghensschen Okulare 0, I, II zur Verwendung.

Der große mikrophotographische Apparat I (Fig. 53) ist ebenfalls zur Aufnahme bei aufrechter oder horizontaler Stellung des Mikroskops eingerichtet. Er zeichnet sich durch seine Stabilität aus und läßt infolge seines längeren Balgauszugs eine noch größere Variation der Vergrößerung zu als der vorige

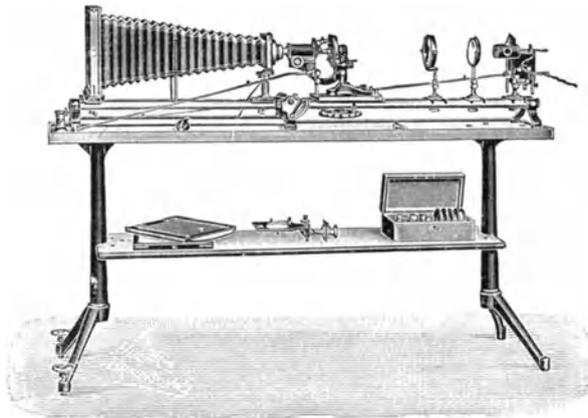


Fig. 53. Mikrophotographischer Apparat I in horizontaler Stellung.

Apparat. Als Lichtquelle ist zunächst eine kleine Bogenlampe von 4 Ampere vorgesehen, die nach Einschaltung eines Widerstandes an jede elektrische Lichtleitung angeschlossen werden kann.

Abbildung Fig. 56 ist mit dem Apparat im Dunkelfeld aufgenommen.

Zur Aufnahme ausgedehnter Präparate bei schwacher Vergrößerung werden die Mikrosummare von 24—120 mm Brennweite verwandt. Das sind Anastigmat vom Öffnungsverhältnis $F : 4,5$. Sie ergeben bei einem Mattscheibenabstand von 25 cm eine 9- bis 1fache Vergrößerung. Auch Stereoskopaufnahmen können mit beiden mikrophotographischen Apparaten hergestellt werden.

Wer sich mit der Mikrophotographie näher beschäftigen will, sei auf die Lehrbücher über Mikrophotographie von Neuhaus und Kaiserling verwiesen.

b) Die Mikrophotographie mit ultraviolettem Licht.

Die Theorie des Mikroskops ergibt, daß die Auflösung im umgekehrten Verhältnis steht zur Wellenlänge λ des Lichts. Diese Wellenlänge beträgt im hellsten Teil des optisch wirksamen Spektrums bei gewöhnlicher Beobachtung etwa $0,6 \mu$. Die Theorie lehrt also, daß, wenn es möglich ist, Licht von kürzerer Wellenlänge im Mikroskop zur Verwendung zu bringen, sich auch die Auflösung in demselben Verhältnis steigern muß. Ein für Licht von der Wellenlänge $\lambda = 0,3 \mu$, sog. ultraviolettes Licht, eingerichtetes Mikroskop ist in der optischen Werkstätte von Zeiß nach den Angaben von A. Köhler hergestellt worden. Es ließ sich von demselben die doppelte Auflösung gegen die bisherige erwarten. Große Schwierigkeiten sind überwunden worden, den Apparat zweckdienlich auszubauen.

Es mußte zunächst eine Lichtquelle beschafft werden, die der gewünschten Wellenlänge entspricht und hinreichend monochromatisch ist, wie es die nur bezüglich der sphärischen, aber nicht der chromatischen Aberration korrigierten Objektive, die hierbei benutzt werden, erfordern. Sämtliche optischen Bestandteile, die Kondensoren, die Objektive, Okulare, ferner Objektträger und Deckgläser sind aus Material hergestellt, das für diese Strahlen durchlässig ist. Hierzu dient Quarz, zu dem bei der Konstruktion der Objektive zur besseren Erreichung der sphärischen Korrektur noch Fluorit getreten ist.

Es sind mit dem Apparat, dessen durch chemisch wirksame Strahlen erzeugte Bilder nur die photographische oder fluoreszierende Platten wiederzugeben vermögen, bis jetzt schon prächtige Aufnahmen erzielt worden. Dieselben übertreffen aber die mit gewöhnlicher Beleuchtung gewonnenen nicht in dem Maß, wie es die Theorie erwarten ließ. Die schwierige Behandlung des Apparates und sein teurer Preis haben seine Benutzung bislang nur beschränkten Kreisen ermöglicht.

6. Dunkelfeldbeleuchtung.

In vielen Fällen, besonders wenn es sich um die Untersuchung kleiner, schwach oder gar nicht gefärbter Objekte handelt, ist die Dunkelfeldbeleuchtung von größter Bedeutung. Obwohl schon 1829 von Reade zuerst angewandt, erlangte sie ihre heutige Verbreitung erst durch die Konstruktion der Spiegelkondensoren. Allen nur eine Fläche verwendenden Kondensoren sind die mit zwei spiegelnden Flächen weit überlegen.

Das Prinzip der Dunkelfeldbeleuchtung besteht darin, daß die das Objekt beleuchtenden Strahlen nicht direkt zur Abbildung beitragen können. Die ältere Methode, durch eine Zentralblende im Objektiv die geradlinig durch das Objekt hindurchgehenden Strahlen abzublenden, hat man wieder verlassen, da dabei höchst störende Beugungserscheinungen auftreten. Man richtet vielmehr heute den Strahlenverlauf stets so, daß die Beleuchtungsstrahlen das Objekt sehr schräg durchsetzen, so daß sie am Rande des Objektivs vorbeilaufen, ohne in dasselbe einzudringen (bei Trockensystemen). Bei Immersionssystemen werden diese Strahlen durch ringförmige Blenden vernichtet, bei der $\frac{1}{12}$ Ölimmersion von Leitz z. B. durch einen kleinen Trichter, der in das Zwischenstück des Objektivs eingeschraubt wird. — Beim Vergleich mit unserer Fig. 20 erkennen wir also, daß hier nur die Beugungsmaxima höherer Ordnung, nicht das nullte Beugungsmaximum zur Bilderzeugung verwendet werden. So entsteht eine Beleuchtung, die scheinbar selbststrahlende Objekte auf ganz dunklem Felde zeigt.

In neuester Zeit ist von Leitz ein verbesserter Zweispiegelkondensator, der von der Konstruktion von Dr. W. von Ignatowski abgeleitet ist,

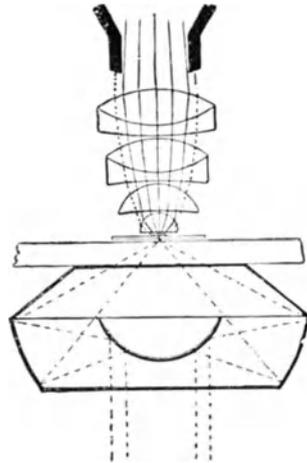


Fig. 54. Der konzentrische Dunkelfeldkondensator.

als sog. konzentrischer Kondensator nach Angaben von Dr. Jentsch herausgebracht worden. Den Strahlenverlauf zeigt Fig. 54.

Das parallele von einer Lampe kommende und durch eine Linse parallelisierte Bündel wird an zwei Kugelflächen derart gespiegelt, daß es am Objektpunkt mit außerordentlicher Präzision wieder vereinigt wird, dabei aber nur mit Aperturen zwischen 1,00 und 1,33 auftritt. In den so von Beleuchtungsstrahlen freibleibenden Raum kommt das Beobachtungsobjektiv. Die Fig. 54 zeigt den „konzentrischen Kondensator“ in Verbindung mit dem durch einen Trichter abgeblendeten Immersionsobjektiv $\frac{1}{12}$.

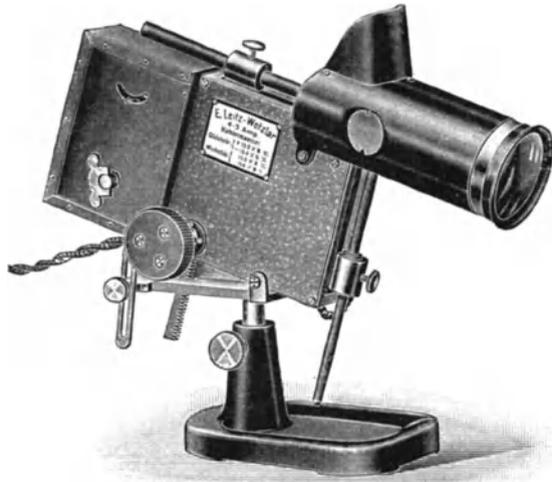


Fig. 55. Liliputbogenlampe mit Uhrwerkregulierung.

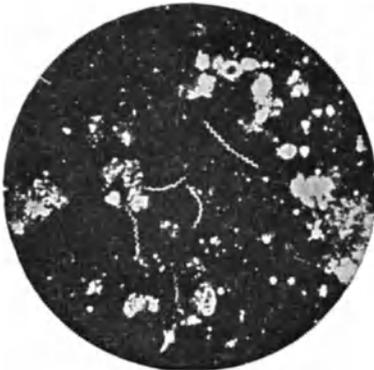


Fig. 56. *Spirochaete pallida* im Dunkelfeld.

Dieser Dunkelfeldkondensator wird an Stelle des gewöhnlichen Abbe'schen Kondensators in den Beleuchtungsapparat eingeschoben und ist für sich zentrierbar. Zwischen Kondensator und Objektträger muß ebenso wie bei Immersionsobjektiven ein Tropfen Öl getan werden. Zur Beleuchtung verwendet man am besten eine kleine elektrische Bogenlampe von 4–6 Ampere Stromstärke (Fig. 55), sonst Nernstlicht oder Auerlicht. Fig. 56 zeigt ein mit dem konzentrischen Dunkelfeldkondensator (Fig. 54) und dem mikrographischen Apparat (Fig. 53) aufgenommenes Bild der *Spirochaete pallida*.

Das ultramikroskopische Beobachten ist durch eine neue Konstruktion, den Ultrakondensor sehr vereinfacht worden. Ein danach gebauter Apparat von E. Leitz, Wetzlar, kann auf jedes größere Mikroskop ohne weiteres aufgesetzt werden.

Das von einer kleinen elektrischen Bogenlampe mit Linse ausgehende parallele Lichtbündel fällt direkt auf den ebenen Spiegel des Mikroskopstatives und wird von diesem in den in Gestalt einer kleinen Dose auf den Objektisch gesetzten „Ultrakondensor“ reflektiert. Den weiteren eigentümlichen Strahlenverlauf zeigt Fig. 57. Während nämlich bei dem bisherigen Spalt-Ultramikroskop der Beleuchtungskegel nur von einer Seite herkommt, läuft hier auf einen einzigen Punkt zu Licht von allen Seiten her. Jeder Strahl wird dabei viermal gespiegelt, zweimal bevor und zweimal nachdem er das „Ultrateilchen“ erregt hat. Auf diese Weise verlassen sämtliche Strahlen — bis auf einen kleinen Teil — den Ultrakondensor auf derselben Seite, auf der sie eingetreten sind. Um den Vereinigungspunkt herum ist eine Hohlkugelfläche eingeschliffen, die die Untersuchungssubstanz: Gase, Dämpfe oder Flüssigkeiten aufzunehmen hat. Das Ganze ist in eine Metalldose fest eingekittet, deren mit einem einfachen Bajonettverschluß versehener Deckel sich mit einer Gummidichtung fest auf den Glaskörper aufsetzt. Zwei kleine Röhrchen am Deckel ermöglichen die Zuführung von Gasen oder Flüssigkeiten. In der Mitte des Deckels ist ein kleines Quarzplättchen eingefaßt, durch das hindurch beobachtet wird.

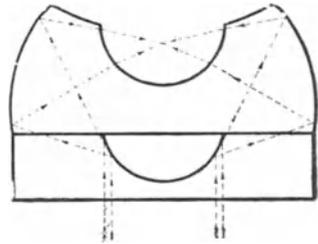


Fig. 57.

Zum Gebrauch setzt man den „Ultrakondensor“ einfach auf den Objektisch, nachdem man bis auf den Spiegel alle anderen Beleuchtungsvorrichtungen entfernt hat. Es genügt, den Kondensor aus der freien Hand zu zentrieren, was auch ohne Übung sofort zu gelingen pflegt. Die endgültige Zentrierung des Lichtfleckes findet durch den Spiegel statt. Bläst man nun durch eines der kleinen Röhrchen etwas Tabakrauch in den Hohlraum, so sieht man sofort einen leuchtenden Punkt frei darin schweben, der sich unter dem Mikroskop in eine große Zahl kleiner Partikel auflöst, die in lebhafter Bewegung begriffen sind.

Zur Untersuchung von Flüssigkeiten stellt man eine Schlauchvorrichtung her, die Regelung des Zuflusses erfolgt dabei durch einen Quetschhahn. Man beobachtet mit schwachen Objektiven, aber starken Okularen.

Das Ultramikroskop hat, weil es über inframikroskopische Körper nur bezüglich ihrer Anwesenheit, nicht aber ihrer Beschaffenheit Auskunft gibt, bisher in der Biologie noch wenig Anwendung gefunden. Dagegen ist es mehrfach von Physikern und Chemikern benutzt worden, hauptsächlich um Größe und Anordnung von feinen, in festen oder flüssigen Medien verteilten Partikelchen zu studieren.

C. Ankauf und Prüfung des Mikroskops.

I. Allgemeine Bemerkungen über den Ankauf.

Der Ankauf eines Mikroskops erfordert stets eine nicht unbedeutende Ausgabe. Wer selbst nicht genügender Kenner ist, wende sich daher an einen tüchtigen Mikroskopiker oder an eine der renommierten Firmen um Rat, indem er gleichzeitig den beabsichtigten Zweck und den verfügbaren Geldbetrag angibt. Zweckmäßig macht man die definitive Abnahme des Mikroskops von dem Resultat einer genauen Prüfung durch einen Fachmann abhängig, obgleich diese Vorsicht guten deutschen optischen Werkstätten gegenüber überflüssig ist. Dieselben stellen nämlich ihre Stative und optische Ausrüstung mit absoluter Gleichmäßigkeit her; die Objektive z. B. sind von derselben Leistungsfähigkeit und Ausstattung, gleichgültig, ob sie zum teuersten oder billigsten Stativ gegeben werden. Durch reklamehafte Anpreisung und billigen Preis lasse man sich nicht zum Ankauf eines Mikroskops veranlassen.

Es kommt häufig vor, daß der Käufer eines billigen Instruments, wenn er erst vertrauter mit diesem geworden ist, seine Unzulänglichkeit einsieht und dann doch zur Anschaffung eines guten, wenn auch teureren Instruments schreiten muß.

Im allgemeinen empfiehlt es sich, ein größeres Stativ und zu diesem je nach Bedarf und Mitteln die zunächst nötigen Objektive und Okulare anzuschaffen, und das Fehlende allmählich nachzubestellen. Wer dagegen nur zu einem bestimmten Zweck ein Mikroskop braucht, spart besser am Stativ als an der optischen Ausrüstung.

Von der Firma, der man den Auftrag erteilen will, läßt man sich das neueste Preisverzeichnis vor der Bestellung zusenden, auch wenn man ein älteres eingesehen hat oder die Erzeugnisse der betreffenden Werkstätte kennt, denn rührige Optiker bringen fast in jedem ihrer Kataloge bemerkenswerte Änderungen, die öfters geeignet sind, ohne oder doch ohne erhebliche Mehrausgaben den Käufer vollkommener zufrieden zu stellen.

II. Empfehlenswerte Mikroskopformen.

Was nun die Beschreibung eines für unsere Zwecke geeigneten Mikroskops anbelangt, so entnehmen wir dem Preisverzeichnis von E. Leitz in Wetzlar und W. & H. Seibert in Wetzlar einige der gangbarsten Zusammenstellungen (vgl. Fig. 58—60).

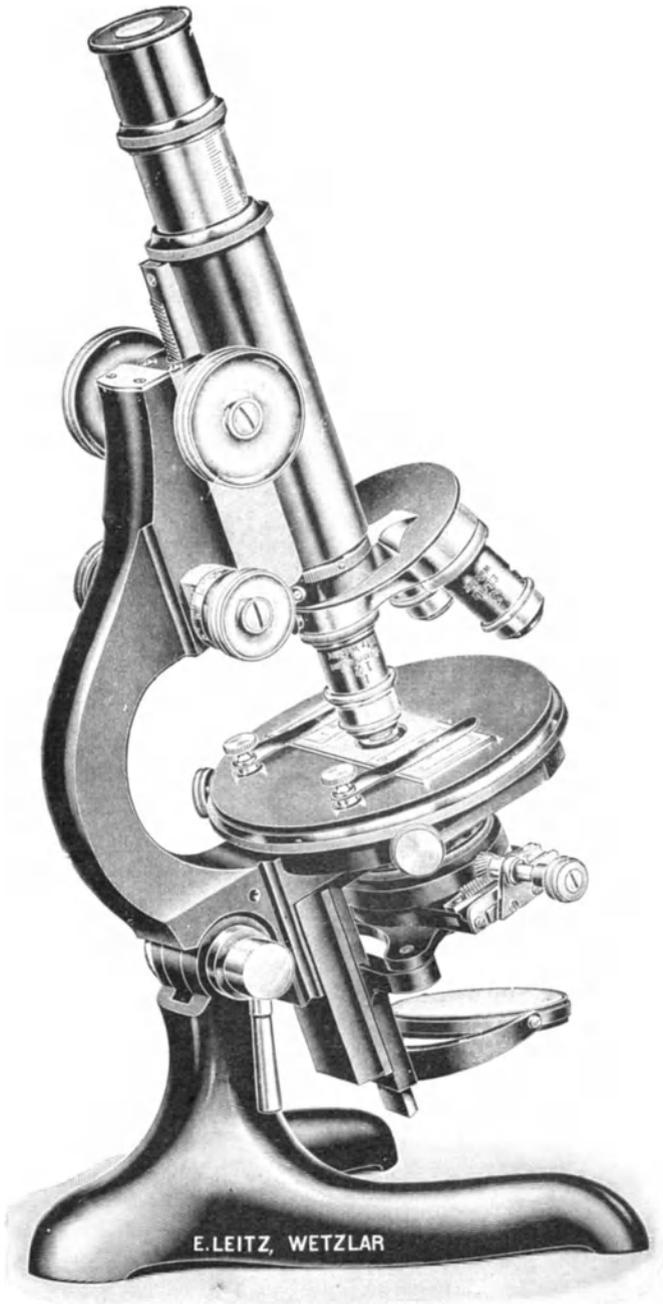


Fig. 58. Stativ C von Leitz.

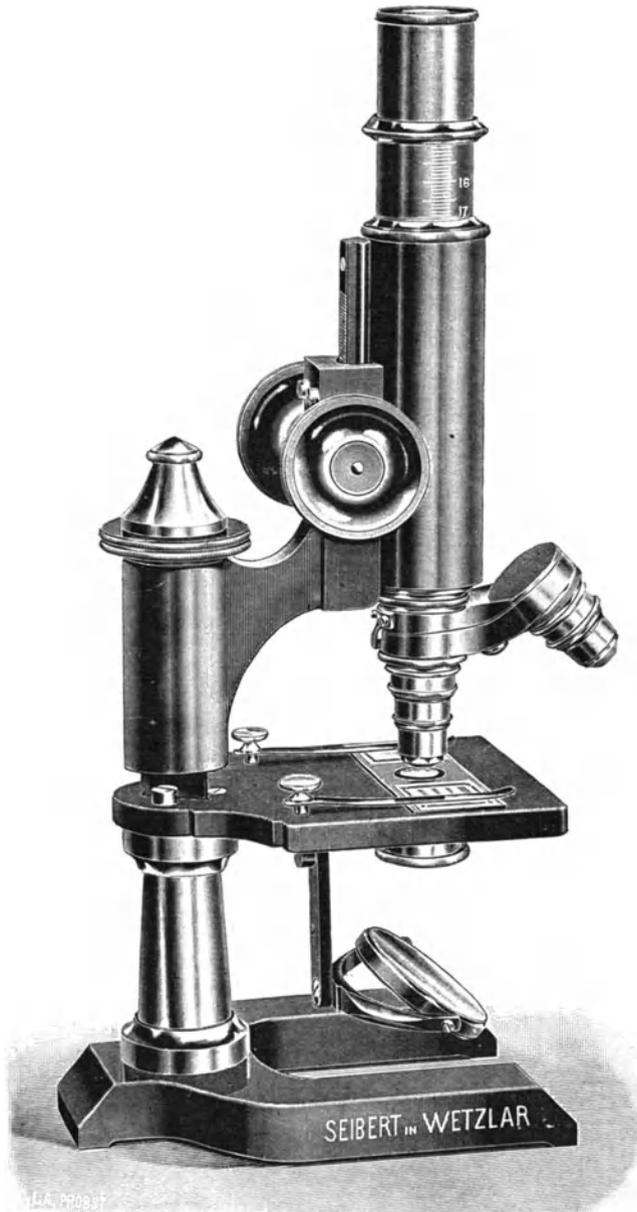


Fig. 59. Stativ 6 A von Seibert. ($\frac{1}{2}$ der natürl. Größe.)

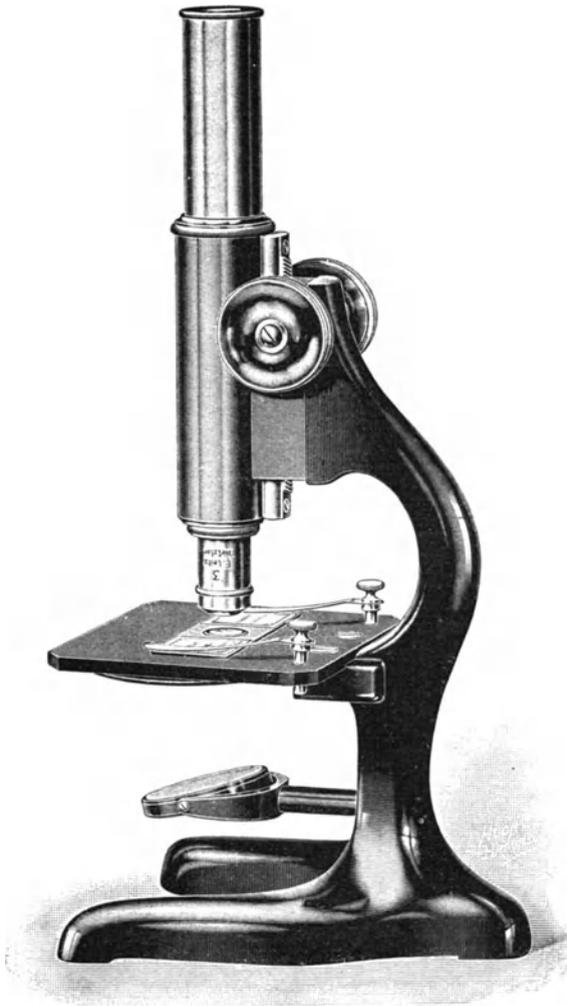


Fig. 60. Stativ VI von Leitz (Trichinenmikroskop).

Wer ein reich ausgestattetes und zugleich doch verhältnismäßig billiges Mikroskop sich anschaffen will, nehme Stativ C von Leitz oder Stativ 3 A von Seibert in Aussicht.

Das Stativ hat Hufeisenfuß und ist umlegbar. Der Tisch ist dreh- und zentrierbar. Die runde Säule des Oberteils dient als bequeme Handhabe. Die grobe Einstellung geschieht durch Zahn und Trieb, die feine Einstellung durch die neue ohne Ende wirkende Mikrometereinrichtung mit seitlicher Schraube und Trommelteilung. Jeder Teilstrich bedeutet $\frac{2}{000}$ mm. Der ausziehbare Tubus hat Millimeterteilung. Der große Abbesche Beleuchtungsapparat kann durch Zahn und Trieb in der Richtung der Achse gehoben und gesenkt werden. Die Irisblende besitzt Trieb zur seitlichen Bewegung derselben.

Ein sehr preiswertes Arbeitsmikroskop ist das im Seibertschen Katalog mit Nr. 5 bezeichnete Instrument.

Stativ 5 von Seibert hat Gelenk zur Schiefstellung mit Fixierhebel, Triebwerk für die grobe Einstellung, Mikrometerbewegung für die Feineinstellung drehbaren großen Objektstisch, Auszugtubus mit Teilung, mittleren Abbeschen Beleuchtungsapparat mit den Linsen des großen, also derselben Leistungsfähigkeit, nur sind die Bewegungen vereinfacht. Das Heben und Senken wird durch Schraube ausgeführt. Ist der Kondensor genügend weit nach unten geschraubt, klappt er bei weiterem Drehen von selbst zur Seite. Der Beleuchtungsapparat kann leicht mit den Diaphragmen gewechselt werden. Das Mikroskop ist mit Revolver für 3 Objekte, den Objektiven 2, 5, homogene Immersion $\frac{1}{12}$ und den Okularen 1, 2, 3 ausgerüstet und ergibt Vergrößerungen von 71 bis 1220.

Vorstehende Zusammenstellung genügt allen Bedürfnissen des Praktikers vollkommen; ich habe dies Instrument vielfach zur Anschaffung empfohlen und stets nur warmes Lob darüber gehört.

Ein etwas einfacheres Mikroskop ist Leitz Stativ 2b mit grober und feiner Einstellung, Prismenführung, Triebbewegung des Kondensors, dreifachem Revolver, Objektiven 3, 6, Ölimmersion $\frac{1}{12}$ und den Okularen II, V (Vergr. 70 bis 1300).

Ein einfaches und doch recht vollkommenes Instrument, welches sich auch zur späteren Vervollkommnung durch Revolver, Beleuchtungsapparat und Ölimmersion eignet, ist Stativ 6A von Seibert (Fig. 59). Mit den Objektiven 2, 5 und den Okularen 1, 3 sind die erreichbaren Vergrößerungen 71—600.

Schließlich sei nochmals auf die Vorzüge des binokularen Mikroskops mit parallelen Sehlinien hingewiesen.

III. Die Prüfung des Mikroskops.

1. Die direkte Prüfung.

a) Prüfung auf definierende und penetrierende Kraft.

Wer ein Mikroskop braucht, hat vor allem an der allgemeinen Leistungsfähigkeit desselben ein Interesse. Die beste Art der Prüfung ist deshalb der Vergleich mit einem andern zweifellos guten Instrument derselben Art, wobei darauf zu achten ist, daß Beleuchtung, Objektiv- und Okularvergrößerung bei den zu vergleichenden Mikroskopen möglich gleich ist.

Man unterscheidet definierende Kraft, d. h. die Fähigkeit, alle Objekte klar und scharf begrenzt zu zeigen, und penetrierende Kraft (oder Abbildungsvermögen), d. h. die Fähigkeit, kleine Einzelheiten (wie innere Strukturverhältnisse) bis zu einer möglichst weit reichenden Grenze der Kleinheit sichtbar zu machen.

Die definierende Kraft ist abhängig von der tunlichst vollkommenen Vereinigung aller von einem Punkte des Objekts ausgehenden Strahlen.

Die penetrierende Kraft ist, wie aus unsern früheren Betrachtungen hervorgeht, eine Funktion des Öffnungswinkels, nebenbei aber auch der möglichst vollkommenen Korrektur der Aberrationen. Ein

mangelhaft korrigiertes System wird kleine Strukturen nicht oder nur unvollständig erkennen lassen, auch wenn es einen großen Öffnungswinkel besitzt.

Die Prüfung geschieht durch sogenannte Testobjekte (Probeobjekte).

Allgemein im Gebrauch sind die organischen Testobjekte, nämlich die Schmetterlingsschuppen und die Kieselschalen der Diatomeen. Letztere bieten die mannigfachsten Abstufungen in der Feinheit der Zeichnung und somit in der Schwierigkeit, dieselbe aufzulösen.

Im folgenden sind die wichtigsten Testobjekte nach der zunehmenden Schwierigkeit ihrer Auflösung geordnet.

1. *Epinephele (Hipparchia) janira* ist ein in Deutschland gemeiner Wiesenschmetterling, der im Juli und August fliegt. Als Testobjekte sind besonders geeignet die Schüppchen von den Flügeln des Weibchens.

Dieselben haben (vgl. Fig. 61) feine Längsstreifen, die bei etwa 40facher Vergrößerung schon gut gesehen werden müssen; ihre Ent-

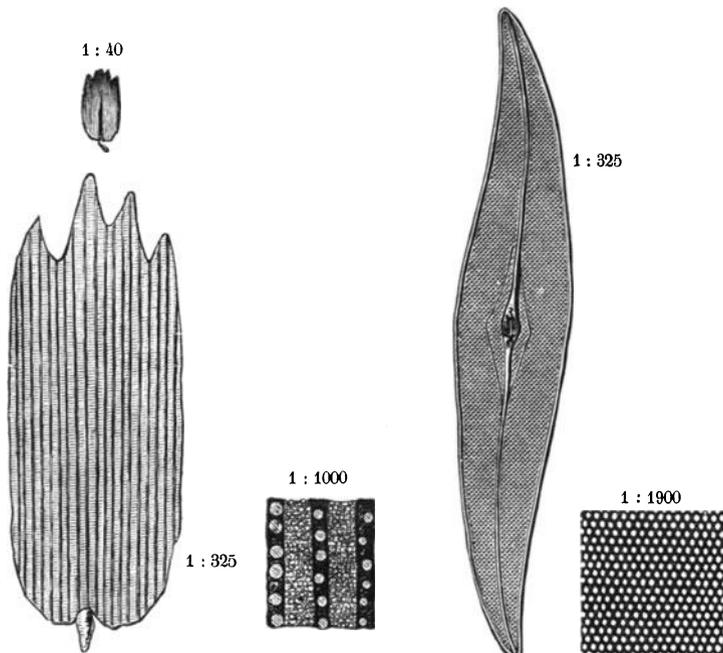


Fig. 61. Flügelschuppe von *Epinephele janira*.

Fig. 62. *Pleurosigma angulatum*.

fernung beträgt ungefähr 2μ . Bei etwa 150facher Vergrößerung und zentraler Beleuchtung treten zwischen den Längslinien feinere Querstreifen hervor, deren Entfernung voneinander weniger als 1μ beträgt. Die Längslinien erscheinen bei 800- bis 1000facher Vergrößerung doppelt

und in ihnen werden Reihen von kleinen runden Körperchen sichtbar. Ebenso werden die Querlinien als Doppelstreifen aufgelöst, zwischen denen zwei bis drei fast runde Körperchen nebeneinander liegen. Diese Körperchen machen bei entsprechender schiefer Beleuchtung den Eindruck weiterer feinerer Längslinien, daher die unrichtigen Abbildungen, die man davon in manchen Büchern findet.

2. *Pleurosigma angulatum* (Fig. 62); Testobjekt für Vergrößerungen von 200fach an aufwärts. Auf der Kieselschale dieser Diatomee sieht man mit Objektiven von num. Apert. über 0,80 bei etwa 250facher Vergrößerung und zentraler Beleuchtung drei Streifensysteme. Zwei derselben schneiden sich unter ungefähr 58° und stoßen mit gleichen, spitzen Winkeln auf die Mittelrippe; das dritte Streifensystem steht senkrecht zur Mittelrippe. Die Entfernung der Streifen beträgt ungefähr $0,5 \mu$.

Bei stärkeren Vergrößerungen erscheinen die Felder als runde Perlen. (Es war lange zweifelhaft, ob sie rund oder sechseckig seien; die Apochromatobjekte haben aber deutlich dargetan, daß sie rund sind.) Diese Felder sind wahrscheinlich Hohlräume im Innern der Schalenwand.

Durch die ganz regelmäßige Anordnung der Perlen erscheinen die Zwischenräume als gerade Linien, wenn die Vergrößerung noch nicht stark genug ist, um die eigentliche Form erkennen zu lassen. Bei normaler Einstellung sehen die Felder hell, bei höherer oder tieferer schwarz aus. Dies ist eine Folge der Lichtbrechung im Objekt.

3. *Surirella gemma* (Fig. 63) dient als Testobjekt für homogene Immersion. Zu beiden Seiten der Mittelrippe befinden sich unregelmäßige Querleisten, zwischen diesen und parallel mit ihnen sehr feine Linien. Letztere haben eine Entfernung von etwa $0,44 \mu$ voneinander, man sieht sie bei etwa 350facher Vergrößerung mit guten Trockensystemen. Bei stärkerer Vergrößerung mit Objektiven für homogene Immersion lösen sich die Querstreifen in Reihen von ovalen Punkten auf. Die Größe derselben beträgt in der Längsrichtung etwa $0,44$, in der Querrichtung etwa $0,32 \mu$. Auch hierbei bringt schiefe Beleuchtung, wenn das Licht auf die Richtung der Mittelrippe senkrecht einfällt, den Eindruck von weiteren Längslinien hervor, die aber nicht gerade verlaufen, weil die Perlen wohl in der Querrichtung, nicht aber parallel der Mittelrippe in geraden Reihen geordnet sind. Am besten tritt die Zeichnung hervor, wenn man die volle Kondensoröffnung bei zentraler Beleuchtung benutzt.

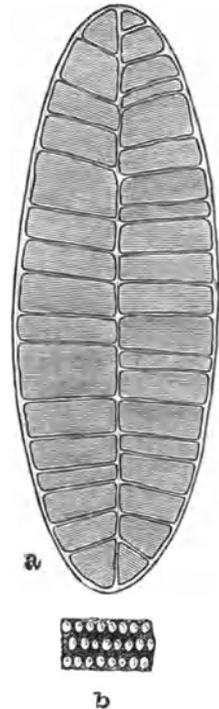


Fig. 63. *Surirella gemma*.
a $\frac{1}{350}$, b $\frac{1}{2200}$.

An trocken liegenden (von Luft umgebenen) Objekten sieht man nur an den Stellen der Schale Zeichnung, welche das Deckglas berühren. Dies erklärt sich folgendermaßen: Da die Längsstreifen bzw. die Perlen in der Querrichtung näher zusammenstehen, wie die Wellenlänge des Lichts ist, müßte nach der Gleichung

$$\sin x = \frac{\lambda}{b}$$

$\sin x$ größer als 1 werden, was nicht möglich ist, d. h. die Beugungsmaxima, welche zur Bilderzeugung notwendig sind, können nicht austreten, wenn sie nicht direkt in ein stärker brechendes Medium, in diesem Falle das Deckglas, gehen können.

b) Verzerrung des Bildes.

Ein weiterer Gegenstand für die direkte Prüfung ist die Verzerrung des Bildes und die Krümmung der Bildfläche. Tritt ersterer Fehler auf, so ist die Vergrößerung nicht über das ganze Sehfeld dieselbe. Sie kann am Rande entweder größer oder kleiner als in der Mitte sein.

Stellt man auf eine gerade Linie ein und führt diese durch das Gesichtsfeld, so muß sie überall gerade bleiben. Ein in Quadrate geteiltes Mikrometer muß auch im Bild genaue Quadrate zeigen, wie Fig. 64 a. Ist die Vergrößerung um Rande stärker, so erhält das Bild

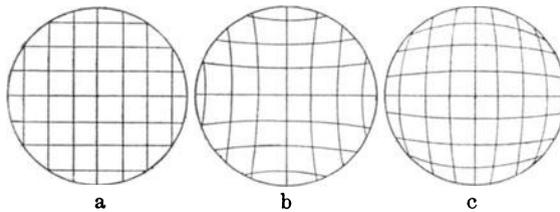


Fig. 64.

die in Fig. 64 b dargestellte Form; ist sie schwächer, so erscheint das Mikrometer wie in Fig. 64 c. — Die Ursache dieses Fehlers ist mangelhafte Konstruktion sowohl des Objektivs, als auch des Okulars.

Wie oben genauer ausgeführt, hat jedes Mikroskop ein etwas gewölbtes Gesichtsfeld; man muß bei scharfer Einstellung der Mitte den Tubus etwas senken, um am Rande deutlich zu sehen. Solange dieser Fehler gewisse Grenzen nicht überschreitet, wirkt er nicht störend. Es ist bisher nicht möglich gewesen, von Bildfeldkrümmung gänzlich freie Objektive zu konstruieren.

c) Prüfung auf sphärische und chromatische Aberration.

Ist das Instrument auf seine Leistungen durch den Vergleich mit einem guten Mikroskop geprüft und gut befunden, so wird man sich im allgemeinen hiermit begnügen können, da es gleichzeitig bei diesen Prüfungen zutage tritt, wenn Abweichungen im optischen Apparat bestehen.

Wir wollen deshalb im folgenden nur kurz anführen, wie ein Instrument auf sphärische und chromatische Aberration besonders geprüft wird.

Am störendsten ist die sphärische Aberration; ein vorzügliches Mittel, dieselbe zu erkennen, bieten die Probeobjekte. Hat man den Rand und die Mittelrippe z. B. von *Pleurosigma angulatum* scharf eingestellt, so soll zu gleicher Zeit die Zeichnung am deutlichsten erscheinen und die Felder sollen hell sein. Beim Höher- und Tiefer-schrauben soll die Zeichnung gleich schnell verschwinden. Ist nun das Objektiv in bezug auf die sphärische Aberration unterkorrigiert, so scheint die Zeichnung tiefer zu liegen, der Tubus muß also, wenn die Umrisse scharf eingestellt sind, gesenkt werden, um die Zeichnung deutlich zu erhalten. Beim Schrauben nach unten bleibt dieselbe daher noch eine Weile sichtbar, während sie nach oben rasch verschwindet. Bei Überkorrektur scheint die Zeichnung gleichsam über der Schale zu schweben, sie verschwindet beim Hinabschrauben schnell und bleibt beim Hinaufschrauben länger sichtbar. Für diese Untersuchung benutzt man mit Vorteil ein starkes Okular; die Methode läßt bei einiger Übung selbst kleine Fehler erkennen.

Die chromatische Aberration erkennt man leicht an jedem Objekt bei schiefer Beleuchtung. Stellt man den Spiegel nach links und betrachtet ein dunkles Objekt im hellen Sehfeld, so wird dieses links rötlich gelb, rechts blau erscheinen, falls das Objektiv unterkorrigiert ist. Bei Überkorrektur zeigen sich die Farben umgekehrt. Man benützt hierbei ein schwächeres Okular.

Das beste Objekt zur Prüfung auf chromatische Aberration ist ein solches, bei dem die Lichtunterschiede groß sind, z. B. Linien in einer beruhten Platte. Abbe schlug hierfür Deckgläschen vor, die auf einer Seite versilbert sind. Ein solches Objekt kann als vorzügliches Mittel zur Prüfung beider Aberrationen dienen. Die Silberschicht ist vollständig undurchsichtig und die eingeritzten Linien erscheinen scharf begrenzt, die Ränder etwas gezackt. Letzteres kann als weiterer Vorteil angesehen werden, weil man auf eine gezackte Linie leichter einstellt als auf eine vollständig scharf begrenzte. Für die Prüfung der chromatischen Aberration genügt schon der einfache Hohlspiegel, wenn man das Licht schief und senkrecht zu den Streifen einfallen läßt. Nur die Apochromat-systeme zeigen dann fast keine Farben. Bei gut korrigierten Achromaten dürfen nur schmale Farbsäume sekundärer Art (gelblichgrün und violett oder rosa) sichtbar sein. Bei der Untersuchung auf die sphärische Aberration ist der Abbesche Beleuchtungsapparat vorzuziehen. Der beleuchtende Strahlenkegel soll dieselbe Öffnung haben, wie das benutzte Objektiv. Sieht man von oben ohne Okular in den Tubus, so muß die ganze freie Objektivöffnung hell erleuchtet sein. Dann nimmt man eine enge Blende, welche indessen auch nicht zu eng sein darf, stellt bei zentraler Stellung derselben auf die Streifen in der Silberschicht ein und bewegt dann durch das Triebwerk des Blendenträgers die Blende nach der Seite. Muß nun die Einstellung geändert werden, damit die Streifen wieder scharf erscheinen, so ist das System nicht genügend korrigiert. Bei bestehender Unterverbesserung muß der Tubus gesenkt, bei Überverbesserung gehoben werden.

2. Die Messung von Vergrößerung und Brennweite.

Die Vergrößerungsziffer steht im geraden Verhältnis zu der Entfernung, in welcher das virtuelle Bild erscheint, so daß der doppelten Entfernung auch die

doppelte Vergrößerung entspricht. Es ist deshalb notwendig, die Vergrößerungen auf dieselbe Entfernung zu beziehen. Letztere wird in neuerer Zeit ziemlich allgemein als 250 mm angenommen.

Das Messen der Vergrößerung erfolgt nun, indem man eine feine Teilung auf Glas, deren Strichentfernung man genau kennt, als Objekt einstellt, das Bild mit Hilfe des Zeichenapparates nachzeichnet und die Entfernung der Striche auf der Zeichnung durch die wirkliche Entfernung derselben im Objekt dividiert.

Ist z. B. die Skala in $\frac{1}{20}$ mm geteilt und die Entfernung zwischen zwei Strichen in der Zeichnung = 50 mm, so ist die Vergrößerung eine tausendfache.

Als Zeichenapparat kann natürlich nur ein solcher verwendet werden, dessen Prinzip auf Spiegelung beruht, also nicht der Oberhäusersche. Außerdem ist darauf zu achten, daß die Zeichenfläche in der Entfernung von 25 cm steht, und zwar darf diese Entfernung nicht etwa direkt gemessen werden, sondern muß z. B. beim Abbeschen Zeichenapparat sich als die Summe der Teile der gebrochenen Linie vom Zeichenblatt zum großen Spiegel, von da zum Würfelchen und dann zum Augenort darstellen.

Da die Vergrößerung von der Brennweite des Objektivs abhängig ist, soll eine einfache Methode zur Bestimmung derselben angegeben werden. Man nimmt wieder ein Mikrometer als Objekt, entfernt das Okular und legt an seine Stelle eine matte Glasscheibe auf den Tubus; auf dieser erscheint das Bild. In diesem Bild mißt man nun die Entfernung der Striche, ferner die Entfernung des Bildes von der oberen Hauptebene des Objektivs. Man kennt zwar ohne Rechnung die Lage der letzteren nicht genau, aber eine kleine Differenz kommt bei der relativ großen Bildentfernung nicht in Betracht.

Sei nun d die Größe des Objekts, D die Größe des Bildes, p die Entfernung des Objekts und p_1 die Entfernung des Bildes, so kann man aus den beiden Gleichungen

$$\frac{d}{D} = \frac{p}{p_1} \text{ und } \frac{1}{p} + \frac{1}{p_1} = \frac{1}{f},$$

worin f die Brennweite ist, da die Größen d , D und p_1 bekannt sind, leicht die beiden anderen berechnen. Man erhält für die Brennweite

$$f = p_1 \frac{d}{D + d}.$$

Ist die Brennweite des Objektivs sehr groß, in welchem Fall es meist aus nur einer achromatischen Linsencombination besteht, so mißt man besser die Entfernung vom Objekt zum Bild, also die Größe $p + p_1$; man hat dann die Gleichung

$$\frac{p + p_1}{d + D_1} = \frac{d}{p_1},$$

woraus leicht p_1 berechnet und in die Gleichung für f eingesetzt werden kann. Eine Differenz von einigen Millimetern bei der nicht genau meßbaren Größe p_1 gibt, wenn p_1 größer als 200 mm ist, in der Brennweite nur einen Unterschied in der zweiten Dezimale.

D. Die Behandlung des Mikroskops.

Hat man ein gutes Instrument in Besitz, so muß man durch zweckmäßige Behandlung dafür sorgen, daß es in gutem Zustand bleibt.

Wenn man das Mikroskop dem Schrank oder Kasten entnimmt, so fasse man es stets an der Säule oder Prismenhülse über dem Objektisch oder am Objektisch an. Niemals hebe man es, indem man am Tubus zufaßt, weil letzterer leicht aus seiner Führung gleiten und das Instrument zu Boden fallen kann. Auch würde der Tubus, wenn er häufiger als Handhabe benutzt würde, allmählich durch den Zug des schweren Stativs seine genaue Zentrierung mit der optischen Achse verlieren.

Beim Arbeiten mit Säuren und ätzenden Flüssigkeiten sei man vorsichtig, weil diese das gute Aussehen des Instruments verderben und ein Rosten der Eisenteile herbeiführen. — Orte, an denen Schwefelwasserstoff-Entwicklung stattfindet (chemische Laboratorien), sind keine geeigneten Aufbewahrungsstellen für Mikroskope, da Bleigehalt der Linsen und Metallteile der Stativ leicht angegriffen werden.

Vor allem ist vor einem Auseinanderschrauben einzelner Teile des Stativs, namentlich der Trieb- und Mikrometervorrichtung, zu warnen. Hierdurch wird fast immer die für Zentrierung und guten Gang der Bewegung vorgenommene Adjustierung gestört.

Häufig scheint die Mikrometerschraube ihren Dienst zu versagen. Dies ist in der Regel dadurch bedingt, daß sie nach der einen Seite ihre äußerste Stellung einnimmt, d. h. vollständig herab- oder hinaufgeschraubt ist und dann natürlich in einer Richtung nicht mehr weiter geht. In diesem Fall muß man für mittlere Stellung des feinen Bewegungsapparates sorgen (die Mikrometerbewegung wirkt gleich weit nach oben und unten, wenn das Prisma etwa 3 mm frei von der Hülse sichtbar ist), dann das Objekt mit grober Einstellung suchen und kann dann wieder die Mikrometerschraube benutzen.

Sollten im Laufe der Zeit Unregelmäßigkeiten zutage treten, so unterlasse man jeden persönlichen Eingriff und schicke das Instrument in die Werkstätte, von der es bezogen, zur Reparatur zurück. Hierdurch vermeidet man am leichtesten schwere Schädigungen des Mechanismus.

Um das Mikroskop vor dem lästigen und den exakten Gang der Bewegungen gefährdenden Staub zu schützen, stelle man es stets nach dem Gebrauch in seinen Schrank zurück oder bedecke es mit einer auf ihrer Unterlage dicht schließenden Glasglocke.

Von Zeit zu Zeit putzt man die Messingteile mit einem Leinen- oder Lederlappen ab und bringt einen Tropfen Knochenöl (kein Petroleum) an die Reibflächen von Zahn- und Trieb usw.; etwaiger Schmutzansatz ist vorher zu entfernen.

Spiritus ist beim Reinigen zu vermeiden, da er den Lack der Messingteile auflöst.

Auch bei den Objektiven ist ein Auseinanderschrauben, außer zum Abnehmen des Trichterstücks behufs bequemer Reinigung der Vorderfläche der obersten Linse, durchaus zu unterlassen. Etwa entstehende Schäden an den Systemen können nur durch die Werkstätte, aus der sie stammen, mit gutem Erfolg repariert werden.

Man hüte sich, ein Objektiv fallen zu lassen, da dieses dann fast regelmäßig verdorben ist.

Zum Reinigen der Okularlinsen kann man die Fassungen derselben aus der Röhre schrauben, nur muß man sich das Rohrende, an dem sich Augenlinse bzw. Kollektiv befand, merken.

Alles Schrauben muß mit leichter Hand, gewissermaßen spielend, geschehen. Die feinen Schraubgewinde werden nur zu leicht überdreht.

Das Putzen der Gläser geschieht am besten mit einem weichen Pinsel und feinem, nicht gekalktem Wildleder. Weniger eignet sich hierzu Leinwand, da solche oft fusselt. Alle Putzlappen müssen sorgfältigst vor Staub geschützt werden, da dieser häufig Quarzsplinterchen enthält, die die Linsen zerkratzen. Fester anhaftende Schmutzteile lassen sich durch wiederholtes Anhauchen und Nachwischen entfernen.

Die Objektive für homogene Immersion müssen jedesmal nach dem Gebrauch vollständig von dem Öl befreit werden, damit es nicht festtrocknet. Hierbei verfährt man in der Weise, daß man zunächst mit Fließpapier die Flüssigkeit abtupft und dann mit benzingerträtktem Putzleder rasch nachwischt. Da die Frontlinsen mit Kanadabalsam festgekittet sind, müssen alle denselben lösenden oder erweichenden Putzmittel (Spiritus, Xylol usw.) streng vermieden werden.

E. Der Gebrauch des Mikroskops.

Wer sich in den Besitz eines Mikroskops gesetzt hat, ohne vor-
dem damit beschäftigt gewesen zu sein, muß sich zunächst in das
Wesen seines Instruments einleben. Dies geschieht durch das Studium
einiger einfacher Objekte. Bis wir uns selbst Präparate anfertigen
können, benutzen wir das vom Optiker mitgegebene, die Flügelschuppen
der *Epinephele janira* enthaltende Präparat (Fig. 61).

I. Aufstellung des Mikroskops und Einstellung des Objekts.

Haben wir das Instrument im Schrank oder Kasten, so fassen wir
das Stativ aus den soeben (S. 61) angegebenen Gründen an der Säule
oder dem Fuß an und nehmen es heraus. Wir stellen es auf einen
festen, mäßig hohen Tisch von solcher Plattengröße, daß auf ihm außer
dem Mikroskop auch noch bequem Platz zum Auflegen der Unter-
arme sowie für die beim Arbeiten gebrauchten Utensilien sich findet.
Dieser Tisch soll höchstens 1 m vom Fenster entfernt sein, damit das
Tageslicht nicht allzu schräg auf den Spiegel auffällt.

Darauf ziehen wir aus dem Stativ den Tubus heraus, schrauben
das Objektiv ab und stellen das Instrument so auf, daß der Spiegel
nach dem Fenster gerichtet ist und die vordere Objektischkante der
Fensterebene parallel läuft.

Dann sieht man in den leeren Tubus hinein, faßt den Spiegel
und dreht ihn so, daß er erstens gerade in der Mittellinie des Objekt-
tisches sich befindet und zweitens volles Tageslicht in den Tubus
hineinwirft.

Das verwendete Licht darf niemals direktes, grelles Sonnenlicht
sein, weil dieses für die Augen schädlich ist. Dagegen ist der Spiegel
in der richtigen Lage, wenn man von oben hineinblickend den blauen
Himmel oder helle Wolken sieht. Abbilder von Baumästen, Fenster-
kreuzen usw. sind schädlich. — Bei Benutzung des Lampenlichts stellt
man die Flamme ungefähr $\frac{3}{4}$ m von dem Mikroskop entfernt auf und
läßt das Licht durch eine blaue Glasscheibe, die auf den Beleuchtungs-
apparat des Mikroskops gelegt wird, oder durch eine Schicht Kupfer-
sulfatlösung hindurchgehen.

Ist dies geschehen, so schrauben wir das Objektiv ein, blicken
nochmals in den Tubus, ob dasselbe nun gleichmäßig hell erscheint,
setzen das Okular auf und haben damit das Instrument gebrauchsfertig
gemacht.

Nun legen wir das Präparat auf den Objektisch, und zwar so, daß das zu betrachtende Objekt über die Mitte des runden Ausschnitts zu liegen kommt, und beginnen einzustellen.

Dies tun wir in der Weise, daß wir von der Seite (nicht durch das Okular) sehend, mit Hilfe von Zahn und Trieb (oder, wenn solcher nicht vorhanden, den Tubus schiebend) die Systeme soweit senken, daß die Frontlinse fast das Deckglas berührt. Dabei ist zu bemerken, daß wir, je stärker das Objektiv ist, um so näher an das Deckglas heran müssen. Die Stärke des Objektivs erkennt man leicht an der Größe der Frontlinse: je größer diese ist, um so schwächer ist die Vergrößerung und umgekehrt.

Nun blickt man aufmerksam in das Okular und hebt den Tubus ganz langsam, bis das Bild erscheint.

Eine Einstellung von oben her, gegen das Objekt hin, ist namentlich für stärkere Systeme deshalb nicht zu empfehlen, weil hierbei leicht das Objektiv auf das Deckglas aufgestoßen, dieses zertrümmert und die Frontlinse beschädigt werden kann.

Man lernt sehr rasch den Objektabstand seiner Systeme kennen; dadurch wird das Einstellen dann erheblich erleichtert.

Hat man auf diese Weise mittels der groben Einstellung das Objekt gefunden, so greift man an die Mikrometerschraube und stellt nun, diese benutzend und in das Okular sehend, das Bild genau ein.

Mit besonderer Vorsicht hat man zu verfahren, wenn man mit einem Objektiv für homogene Immersion arbeitet. Ganz besonders bei teureren Systemen wird man sich dessen bewußt sein, daß ein Aufstoßen der Frontlinse auf das Deckglas schweren Schaden bringen kann.

Bei solchen Systemen verfährt man folgendermaßen: Man bringt einen (nicht zu kleinen) Tropfen Zedernöl auf das Deckglas und senkt nun, von der Seite zusehend, das Objektiv, bis die Frontlinse gerade den Tropfen berührt. Wann dies der Fall ist, erkennt man leicht daran, daß eine vollkommene Gestaltveränderung des Tropfens eintritt. Dann blickt man in das Okular und senkt nun mit der Mikrometerschraube vorsichtig den Tubus, bis man das Bild scharf eingestellt hat.

Bei den Einstellungsversuchen kann nun der Fall eintreten, daß man überhaupt kein Objektiv zu sehen bekommt. Dies wird besonders bei stärkerer Vergrößerung häufiger vorkommen und kann drei Ursachen haben:

Entweder war man mit der Bewegung des Tubus zu hastig, das Bild erschien zwar, verschwand aber wieder ebenso schnell und kam nicht zum Bewußtsein — in diesem Fall mangelte die Aufmerksamkeit des Untersuchers. Oder es war überhaupt kein Objekt im Gesichtsfeld; dann muß man das Präparat so lange rücken, bis man das Gewünschte sieht.

Schließlich kann aber noch der Fall eintreten, daß man bei starken Trockensystemen überhaupt kein Bild bekommt, mag man so nahe

auf das Deckglas herabgehen wie man kann. Tritt dies ein, so ist das Deckglas zu dick, gestattet deshalb kein Einstellen mehr und muß durch ein dünneres (0,15—0,18 mm Dicke) ersetzt werden.

II. Betrachtung mikroskopischer Bilder.

Hat man auf diese Weise ein Objekt eingestellt, so muß man zunächst sich darüber klar werden, ob die Beleuchtung für seine Betrachtung vorteilhaft ist. Günstige Beleuchtung ist ein Hauptfordernis für das Mikroskopieren.

Allgemein gültige Vorschriften zum Erzielen der besten Beleuchtungsart lassen sich nicht geben; am leichtesten sammelt man hierin Erfahrung, indem man in jedem einzelnen Falle alle möglichen Arten der Beleuchtung durchprobiert, durch Anwendung von Plan- und Hohlspiegel in verschiedenen Stellungen, Benutzung verschieden starker Abblendung, gerader oder schiefer Beleuchtung. Letztere erreicht man beim Abbeschen Apparat durch Verschiebung der Blendvorrichtung mittels ihres Triebwerkes, bei andern Vorrichtungen, indem man den Spiegel schief stellt. Diese Art der Beleuchtung ist zuweilen für das Erkennen feiner Strukturen dienlich.

Alle mikroskopischen Bilder werden in Strukturbilder und Farbenbilder unterschieden. Farbenbilder sollen nur die einfachen Umrisse und die Farbtöne (besonders künstlich gefärbter Objekte) zeigen. Durch Schatten im Präparat würden unrichtige Nuancen der Färbung entstehen, teilweise auch die Grenzen der gefärbten Partien undeutlich werden. Deswegen sind für die Betrachtung eines Farbenbildes die Strahlen der hellsten Mikroskopbeleuchtung um so besser geeignet, je genauer senkrecht sie das Objekt durchdringen. Das Strukturbild dagegen kommt durch Licht und Schatten im Präparat zustande; diese suchen wir durch Abblenden oder schiefe Beleuchtung hervorzurufen.

Jedenfalls sei man sich darüber klar, daß die hellste Beleuchtung nicht immer die beste ist. — Objektive für homogene Immersion sowie überhaupt stark vergrößernde Systeme werden nur mit Beleuchtungsapparaten vollständig ausgenutzt.

Häufig kann es zweckmäßig sein, das auf den Objektstisch von oben her auffallende Licht durch einen Schirm abzuhalten, damit man nur durchfallende Strahlen erhält. Dies ist namentlich für Untersuchungen in polarisiertem Licht beachtenswert.

Haben wir nun für unser Objekt (*Epinephale janira*) die günstigste Beleuchtung ausgesucht, so beginnen wir dasselbe zu betrachten.

Wir benutzen die schwächste uns zur Verfügung stehende Vergrößerung, blicken in das Okular, fassen mit der linken Hand das Präparat an und schieben es ein wenig. Hierbei beobachten wir die Erscheinung, daß die Bilder immer von links nach rechts wandern, wenn wir das Präparat von rechts nach links schieben und umgekehrt.

Unsere erste Erfahrung ist also, daß das Mikroskop die

Bilder umdreht. Diese Erscheinung erklärt sich ohne weiteres durch die Überlegung, in welcher Weise das Bild überhaupt zustande kommt (vgl. S. 33, Fig. 38). Wir müssen uns mit dieser Eigentümlichkeit des Mikroskops beim Aufsuchen eines Objekts vertraut machen, müssen immer in der entgegengesetzten Richtung verschieben als diejenige ist, in der wir ein Bild suchen; daran gewöhnt man sich aber sehr rasch.

Während des Beobachtens haben wir die rechte Hand stets an der Mikrometerschraube und bewegen dieselbe andauernd, um auf diese Weise den Tubus zu heben und zu senken. Im allgemeinen erkennt man den Anfänger im Mikroskopieren daran, daß er die Mikrometerschraube nicht genügend benutzt. Dies ist aber durchaus notwendig, und zwar aus folgenden Gründen:

Das Mikroskop kann uns nur eine einzige Ebene des Objekts scharf zeigen; was über oder unter dieser liegt, erscheint entweder verwaschen oder geht vollständig verloren. Unsere Objekte sind aber Körper: deswegen muß fortwährend bei der Betrachtung die Einstellung geändert werden, um die verschiedenen Ebenen zu einem Körper kombiniert zum Bewußtsein zu bekommen.

Damit wir diejenige Ebene des Objekts, die wir untersuchen wollen, scharf sehen, müssen wir ein scharfes Bild auf unserer Netzhaut erzeugen. An der Konstruktion dieses Bildes ist sowohl das Linsensystem des Mikroskops als auch das Auge des Betrachters beteiligt. Es könnte daher die jeweilige Scharfeinstellung (innerhalb gewisser Grenzen) einerseits durch entsprechende Einstellung des Mikroskops, andererseits durch eine scharfe Einstellung des Auges (Akkommodationsmechanismus) bewirkt werden. Dieser letztbezeichnete Weg ist fehlerhaft; es empfiehlt sich, stets die Mikrometerschraube zu benutzen und den Akkommodationsmechanismus des Auges völlig außer Tätigkeit zu setzen, d. h. den dioptrischen Apparat desselben so einzustellen, als ob das Auge dauernd in die Ferne sähe. Unterstützen wir nämlich die Scharfeinstellung durch die Akkommodation (wechselnde Krümmung und Brechkraft der Augenlinse), so strengen wir die hierbei mitwirkenden Muskeln an und ermüden das Auge besonders rasch. Dies ist dagegen weniger der Fall, wenn wir bei völliger Erschlaffung der Akkommodationsmuskeln (Ferneinstellung des Auges) die verschiedenen Ebenen des Objekts nur durch Änderungen der mikroskopischen Einstellung scharf auf unserer Netzhaut abbilden und auch nur auf diese Weise eine körperliche Vorstellung des Objekts zu gewinnen suchen.

Auch durch langes Sehen ins Mikroskop ermüdet das Auge, selbst wenn man dasselbe nicht über Gebühr anstrengt; der Anfänger ermüdet sehr viel rascher als der Geübte. Deswegen lasse man das Auge öfter ausruhen; sobald man beim Beobachten Ermüdung oder auch nur eine Spur von Schmerz empfindet, breche man mit der Arbeit auf kurze Zeit ab.

Dringend notwendig ist es, beim Mikroskopieren beide Augen offen zu lassen. Wer das eine, unbeschäftigte Auge zukneift, drückt auf dessen Augapfel und durch den Druck entsteht ein Schmerzgefühl, das sich dem offenen, beobachtenden Auge mitteilt. Nur im ersten Anfang stören die Bilder, die das offene, unbeschäftigte Auge sieht; sehr bald aber lernt man, die ganze Aufmerksamkeit auf das Bild des zu betrachtenden Objekts zu konzentrieren und hat dann von dem,

was das nicht ins Mikroskop blickende Auge sieht, gar kein Bewußtsein mehr. Zweckmäßig ist, beide Augen gleichmäßig an das Mikroskopieren zu gewöhnen und bei der Arbeit abwechseln zu lassen. Irgendwelche Schädigungen des Auges durch vernünftiges, mit nicht über Bedarf grellem Licht betriebenes und nicht allzu lang ausgedehntes Mikroskopieren sind nicht zu befürchten.

Als einer beim Mikroskopieren häufigen Sehstörung sei des „Mückensehens“ Erwähnung getan. In Form rundlicher, perlschnurähnlicher oder schlingenförmiger Bilder ziehen die „mouches volantes“ über das Sehfeld weg. Dieselben entstehen durch das Auge selbst, und zwar hauptsächlich durch die schleimigen Absonderungen der Meibomschen Drüsen. Diese „mouches volantes“ geben keine Ursache zur Besorgnis ab. Werden sie lästig, so unterbricht man das Sehen ins Okular auf einige Minuten oder wäscht das Auge mit warmem Wasser oder riecht an Salmiakgeist.

Das Auge kann an das richtige mikroskopische Sehen erst durch längere Übung gewöhnt werden; hat man diese erlangt, so sieht man sehr häufig feine Streifungen usw. mit Leichtigkeit, die man vorher nicht erblicken konnte. Insbesondere aber ist zum Erlernen des richtigen Sehens das Zeichnen der Objekte von allerhöchster Bedeutung. Nur das hat man gesehen, was man durch (vielleicht ungeschickte) Zeichnung darstellen kann; nur durch die beim Zeichnen unumgänglich nötige Vertiefung in die Objekte kann man eine gewisse Flüchtigkeit des Sehens bekämpfen, die das Resultat der übergroßen Menge von Gesichtseindrücken ist, die jeder Mensch tagtäglich empfängt.

Nach diesen Vorbemerkungen und unter Beachtung der darin gegebenen Anweisungen wird nun das Präparat (*Epinephela janira*) der Reihe nach mit immer stärkeren Vergrößerungen betrachtet und versucht, alle S. 55 von demselben angeführten Eigenschaften genau zu sehen.

Dabei wird man die Berechtigung folgender Anweisungen einsehen:

Da die Gesamtheit des Bildes nur bei schwachen Vergrößerungen erscheint, bei starken aber nur Teile der Objekte sichtbar sind, durchmustere man das Präparat zunächst mit Hilfe eines schwächern Systems und untersuche dann Einzelheiten mit stärkerer Vergrößerung. Eine starke Vergrößerung stellt man besser durch starke Objektive und schwächere Okulare her, als umgekehrt. Eine 1000- bis 1200fache Vergrößerung ist für alle Fälle ausreichend. Überhaupt wähle man stets nur eine so hohe Vergrößerung, wie sie für den betreffenden Fall erforderlich ist, und beachte, daß Bildschärfe, Lichtstärke und Ausdehnung der untersuchten Fläche immer bei schwächeren Linsen größer sind als bei starken.

III. Die Herstellung von Präparaten.

Aus der Benennung unseres Instrumentes „Mikroskop“ geht nicht nur hervor, daß es kleine Gegenstände vergrößert sichtbar macht, sondern auch, daß nur kleine Gegenstände mit demselben betrachtet

werden können. Nur in einer verschwindenden Minderzahl von Fällen benutzt man zur Erleuchtung der mikroskopischen Objekte auffallendes Licht; allermeist wendet man durchfallendes Licht an. Dies hat zur Voraussetzung, daß die Objekte durchsichtig dünn sein müssen.

Jedes für die mikroskopische Schau bestimmte Objekt muß dazu präpariert werden; das dergestalt hergerichtete Objekt nennt man ein Präparat.

1. Der Herstellung von Präparaten dienende Utensilien, Instrumente, Chemikalien.

a) Utensilien zur Fertigstellung (Montierung) der Präparate.

Objektträger. — Jedes Präparat wird auf eine rechtwinklige Platte aus ziemlich kräftigem Glas gelegt, die Objektträger genannt wird.

Je nach der Größe unterscheidet man englisches Format (76×26 mm), Gießener oder Vereinsformat (48×28 mm) und Leipziger Format (70×35 mm). Von diesen Formaten ist das „englische“ das beste und weitaus am meisten in Gebrauch.

Objektträger sollen aus fehlerfreiem, weißem Glas geschnitten sein; häufig sind die Kanten abgeschliffen¹⁾.

Abgeschliffene Kanten kommen in erster Linie den zur Reinigung der Objektträger verwendeten Tüchern zugut. Der Anfänger ist leicht versucht, die Objektträger usw. mit einem frischen Taschentuch zu putzen. Das geschieht scheinbar ohne Nachteil, kommt das Tuch dann aber aus der Wäsche, so sieht man, daß die scharfen Kanten nicht abgeschliffener Objektträger dasselbe vielfach zerschnitten haben.

Deckgläser. — Um zarte Objekte zu schützen und in Flüssigkeiten eingelegte vor dem Eintrocknen zu bewahren, wird jedes Präparat mit einem Deckglas bedeckt. Auch die Deckgläser sind in verschiedenen Formaten im Handel; am meisten werden gegenwärtig die quadratischen Formen gekauft. Ihre Größe variiert zwischen 10 und 24 qmm; für fast alle Zwecke genügend sind die handlichen 18 qmm messenden Deckgläser, die als gebräuchlichste Sorte zu bezeichnen sind.

Beim Einkauf der Deckgläser achte man erstens auf fehlerfreies Glas, zweitens aber besonders auf die Dicke, denn (vgl. S. 16) für stärkere Trockenobjektive lassen sich dicke Deckgläser nicht verwenden. Der Anfänger freut sich allerdings über starke Deckgläser, weil diese nicht so leicht brechen, wie die guten, dünnen; der Geübtere dagegen wird stets danach streben, Deckgläser von 0,15 bis 0,18 mm Dicke zu erhalten.

Schutzleisten. — Rechteckige Kartonstücke von etwa 2 mm Dicke, die es ermöglichen, Präparate übereinander zu legen, ohne daß die Deckgläser und Objekte zerdrückt werden. Je eines dieser Karton-

¹⁾ Wie alle Glassachen usw. zu beziehen von den Lieferanten mikroskopischer Apparate, z. B. von Alt, Eberhardt & Jäger in Ilmenau (Thüringen).

stücke wird rechts und links vom Präparat aufgeklebt; diese Schutzleisten dienen zugleich als Etiketten, auf die Name und Fundort sowie Präparationsweise und Präparationsdatum des Objekts notiert wird.

b) Instrumente zur Herstellung von Präparaten.

Alle mikroskopischen Präparate müssen außerordentlich dünn und so eben wie möglich sein. Diese Erfordernisse erfüllen gute Schnitte. Solche werden mit verschiedenen Instrumenten hergestellt.

Rasiermesser. — Am allgemeinsten in Anwendung und für alle einfacheren Zwecke durchaus genügend sind die Rasiermesser. Man hält sich deren mindestens zwei, nämlich eines mit keilförmigem Schliff für harte Gegenstände (Hölzer usw.) und eines mit beiderseits hohl geschliffener Klinge für zarte Objekte. Derartige Rasiermesser sind überall für geringen Preis zu erwerben.

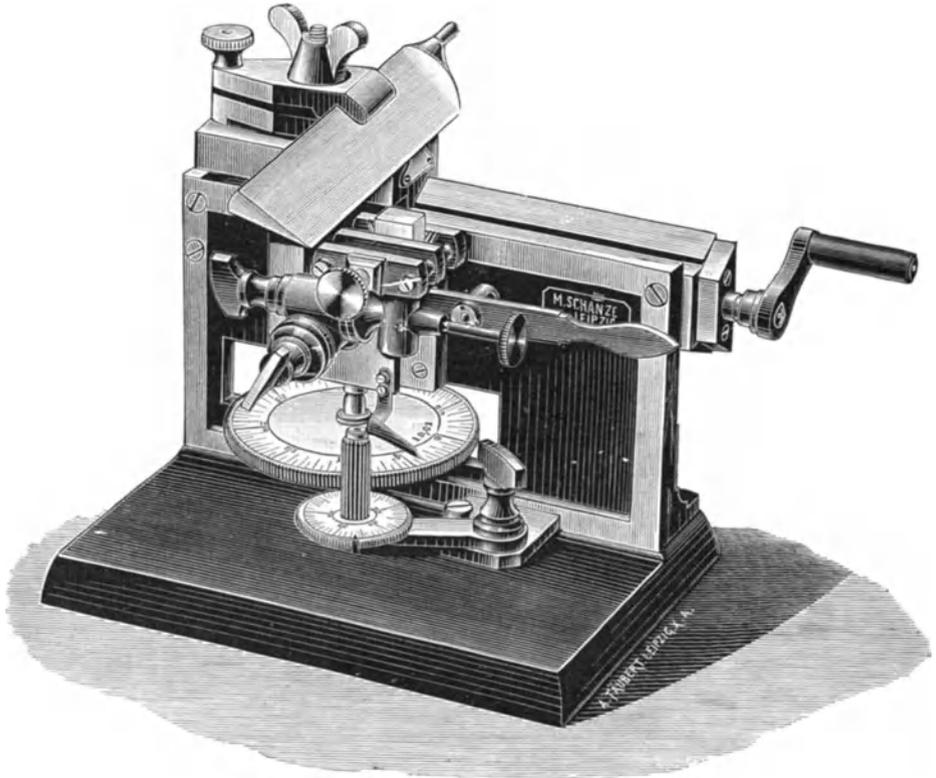


Fig. 65. Mikrotom von M. Schanze, Modell C.

Streichriemen. — Um seine Messer stets in gutem Zustand zu erhalten, ist ein Streichriemen nötig, und zwar kauft man sich vorteilhaft den vierkantigen Zimmerschen chinesischen Streich-

riemen Nr. 1¹⁾, dessen Seiten mit verschiedenem Schleifmaterial versehen sind. Seite 1 wird nur zum Ausschleifen etwa entstandener Scharten verwendet; Seite 2 und 3 zum Anschleifen ganz stumpfer Messer; die Lederseite 4 dagegen ist die eigentliche Abziehseite. — Beim Schleifen und Abziehen halte man das Messer so flach wie möglich, also so, daß Rücken und Schneide zu gleicher Zeit den Streichriemen berühren.

Mikrotome. — Die Schwierigkeit, größere Objekte in Serien ganz gleichmäßiger Schnitte mit bloßer Hand zu zerlegen, hat zur Konstruktion der Mikrotome geführt. Mit diesen Instrumenten werden auf mechanische Weise Schnitte von beliebiger Feinheit leicht hergestellt. In selbsttätiger Weise wird durch eine Schraubenvorrichtung das zu schneidende Objekt nach jedem Schnitt um ein bestimmtes Maß in die Höhe gerückt, so daß das hobelartig darüber geführte Messer stets gleichstarke Lamellen abschneidet.

Mikrotome werden von mehreren Firmen preiswürdig hergestellt; empfehlenswert sind zum Beispiel die von der mechanischen Werkstätte von M. Schanze, Leipzig, Brüderstraße 63, nach den Angaben von Altmann konstruierten Instrumente.

Der Gebrauch derartiger Mikrotome ist aber nur für gewisse wissenschaftliche Untersuchungen nötig und wird in der Praxis niemals das Schneiden der Objekte aus freier Hand verdrängen können.

c) Der Aufbewahrung von Präparaten dienende Einschlußmassen.

Eine ganze Anzahl von Objekten wird vorteilhaft trocken aufbewahrt, d. h. in keine Flüssigkeit eingeschlossen. Dies sind z. B. Präparate von Säugetierhaaren, Vogelfedern, Insektenschuppen und -flügeln, sowie nicht hygroskopische Kristalle.

Die Überzahl der Präparate dagegen wird in besondere Einschlußmassen zwischen Objektträger und Deckglas eingelegt.

Allen Einschlußmassen muß gemeinsam sein, daß sie die Präparate vor Fäulnis und sonstigem Verderben (Schrumpfen usw.) bewahren. Im Gebrauch haben sich bewährt:

Glyzerin, das Universaleinschlußmittel für wasserhaltige Objekte. Wird vorteilhaft in verdünntem Zustande angewandt, und zwar Glyzerin konz. 70, destilliertes Wasser 28, Karbolsäure konz. 2.

Glyzeringelatine. — Die bequemste Modifikation der Glyzerinverwendung. Sie wird folgendermaßen hergestellt: 300 g trockene feinste Gelatine werden 2 Stunden lang in 1000 ccm Wasser aufgeweicht; dann auf 50° Celsius erwärmt, 10 ccm konz. Karbolsäure und 500 ccm Glyzerin zugegeben; bei der Temperatur von 50° gehalten, bis die auf den Karbolzusatz entstandenen Flocken verschwunden sind; im Heißwassertrichter durch doppeltes Papierfilter (oder durch Flanell) filtriert.

Chlorkalziumlösung. — Für viele zarte, wasserhaltige Objekte ein

¹⁾ Zu beziehen von C. Zimmer, Berlin W., Taubenstraße 39.

zweckmäßiges Einschlußmittel. Wird hergestellt: Chlorkalzium 1, Wasser 3, einige Tropfen Salzsäure (um die Bildung von Kristallisationen zu verhindern).

Holzessig. — Ausgezeichnete Einschlußflüssigkeit für mikroskopische Wasserorganismen, insbesondere Protozoen und Algen. Verwendung findet das Acetum pyrolignosum rectificatum der Apotheken.

Sublimat. — Einschlußflüssigkeit für viele zarte zoologische Objekte (Blutkörperchen, Gehirn- und Rückenmarkschnitte usw.), doch auch für Protozoen und Algen sehr zweckmäßig. Man verwendet Sublimat 1, Wasser 500.



Fig. 66. Glas für Kanadabalsam.

Kanadabalsam. — Das Universalmittel zum Einschluß wasserfreier Präparate. Man verwende in Xylol oder Chloroform gelösten Kanadabalsam; die Lösung in Terpentinöl, die vielfach empfohlen wird, hat meist den Nachteil, daß sie zu langsam fest wird. Der gebrauchsfertige Balsam sei hell weingelb, dickflüssig und vollkommen klar; von Zeit zu Zeit ist ein Ersatz des verdunstenden Lösungsmittels notwendig. Kanadabalsam wird jetzt häufig in Tuben gebrauchsfertig in den Handel gebracht. Wer sich denselben selbst herstellen will, bewahre ihn in weithalsiger, mit Glaskappe versehener Flasche (Fig. 66) auf.

Lack zum Abschluß der Präparate. — Um die in Einschlußmassen liegenden Präparate gegen die Einwirkung der Luft zu bewahren, insbesondere aber um die Verdunstung wässriger Einschlußmittel zu verhüten, wird um das Deckglas herum ein Lackrand gelegt, der sowohl auf den Objektträger wie auf das Deckglas übergreift. Der Lackabschluß der Präparate ist für in Kanadabalsam liegende Objekte zwar nicht absolut notwendig, aber doch sehr empfehlenswert. Es ist durchaus nicht gleichgültig, welche Lackart man benutzt, denn ungleichmäßige Kompositionen fließen entweder nicht genügend oder erhärten nicht rasch genug oder werden (besonders bei längerem Aufbewahren der Präparate) rissig.

Sehr empfehlenswert ist als Abschlußlack der Maskenlack von Beseler & Co., Berlin, Schützenstraße. Er wird mit einem feinen Haarpinsel aufgestrichen.

Gleichfalls vielfach im Gebrauch und durch die Eigenschaft, auch an mit Einschlußflüssigkeit etwas verunreinigten Glasflächen zu haften ausgezeichnet ist eine sirupdicke Lösung von Kanadabalsam in Xylol oder Chloroform.

d) Reagenzien.

Alle in der Mikroskopie verwendeten Reagenzien lassen sich leicht in zwei Gruppen einteilen: in Mittel, die nur im allgemeinen das Präparat für die Betrachtung tauglicher, insbesondere durchsichtiger machen sollen — dies sind die Aufhellungsmittel — und in Reagenzien, die zum Nachweis bzw. zum Sichtbarmachen ganz bestimmter Teile des Präparats verwendet werden — dies sind die eigentlichen Reagenzien.

Alle nicht zähflüssigen Reagenzien werden am zweckmäßigsten in den in Fig. 67 dargestellten Flaschen aufbewahrt. Diesen Gefäßen ist eigen, daß ihr eingeschliffener Stöpsel direkt in einen Fortsatz ausläuft, der den gewöhnlich zur Entnahme der Reagenzien benutzten Glasstab ersetzt. Dadurch wird die bei raschem Arbeiten nicht eben seltene Verunreinigung der Reagenzien vermieden und Zeit gewonnen. — Fig. 67*b* unterscheidet sich von *a* durch aufgesetzte Glaskappe; bei *c* ist der Stöpsel und Glasstab durchbohrt und steht mit einer Gummikappe in Verbindung, mit deren Hilfe die Reagenzien in größerer Quantität angesogen und beliebig dosiert wieder abgegeben werden können.



Fig. 67. Flaschen für Reagenzien und Farbstoffe.

Diese Flaschen werden zweckmäßig in einen Holzblock mit passend ausgebohrten Löchern nebeneinandergestellt.

Aufhellungsmittel.

Auch die Aufhellungsmittel können in zwei Hauptgruppen geordnet werden: die einen sind stark lichtbrechende Flüssigkeiten, die die Objekte selbst nicht angreifen, sondern nur physikalisch aufhellen sollen; die andern dagegen sind chemisch scharf wirkende Substanzen, die durch Wegschaffung störender Teile andere deutlicher hervortreten lassen.

Physikalische Aufhellungsmittel.

Die physikalische Aufhellung eines Objekts beruht darauf, daß in einer Flüssigkeit liegende Körper nicht gesehen werden können, wenn sie gleiches Lichtbrechungsvermögen wie diese Flüssigkeit besitzen. In stark lichtbrechenden Flüssigkeiten verschwinden also z. B. die einen beträchtlich höheren Brechungsexponenten als Wasser besitzenden Zellwände, Stärkekörner usw. viel mehr als in einer schwach das Licht brechenden; man kann deshalb die Betrachtung anderer Teile des Präparats dadurch sehr erleichtern, daß man gerade die genannten Teile möglichst wenig in Erscheinung treten läßt. Bei Verwendung stark lichtbrechender Einschlußflüssigkeiten für die Präparate werden diese heller; man nennt die Mittel, welche dies bewirken, Aufhellungsmittel.

Glyzerin (vgl. oben S. 69). — Das als Einschlußmittel bereits empfohlene Glyzerin hat außer den oben genannten Vorteilen auch noch den, daß es ein vorzügliches physikalisches Aufhellungsmittel darstellt, und zwar wächst die aufhellende Kraft mit der Konzentration des Glyzerins.

Kanadabalsam (vgl. S. 70). — Ein besonders wirksames Aufhellungsmittel stellt der Kanadabalsam dar, weil sein Brechungsexponent noch beträchtlich höher ist als der des Glyzerins. Die Art und Weise,

in der die Anwendung des Kanadabalsams stattfindet, wird unten bei Besprechung der Anfertigung von Dauerpräparaten besprochen werden. Außer Kanadabalsam können auch andere Balsame, Harzlösungen und ätherische Öle (z. B. Nelkenöl) von hohem Brechungsindex als Aufhellungsmittel Verwendung finden.

Chemische Aufhellungsmittel.

Um wenig durchsichtige Objekte dadurch zur Betrachtung vorzubereiten, daß man durch Zerstörung von Farbstoffen, Beseitigung von Stärke usw. die Strukturen der starrereren Teile (das Zellgefüge) klarer heraustreten läßt, benutzt man eine Anzahl von Mitteln, die man als chemische Aufhellungsmittel zusammenfassen kann. Die wichtigsten derselben sind:

Kalihydrat oder Natronhydrat (Ätzkali oder Ätznatron). — Das gewöhnlichst angewendete Aufhellungsmittel, welches dadurch wirkt, daß es die Stärke verkleistert, die Eiweißstoffe auflöst und die Fette verseift. Beachtet sei, daß das Kalihydrat nicht nur klärend, sondern auch quellend wirkt, daß insbesondere die Zellmembranen ihre Dimensionen und manchmal auch ihre Gestalt durch die Anwendung dieses Reagens verändern.

Das Ätzkali für mikroskopischen Gebrauch wird durch Auflösen von Kali caust. f. 33 in Wasser 67 hergestellt. Bei dieser Auflösung erfolgt eine starke Wärmeentwicklung; man stelle daher das Gefäß in ein anderes mit kaltem Wasser gefülltes. Durch Einwirkung der Luftkohlenensäure verliert das Ätzkali allmählich seine Wirksamkeit; es wird Kaliumkarbonat gebildet, das insbesondere zwischen Hals und Glasstöpsel der Flasche sich in Menge festsetzt und den Stöpsel bald unlösbar einkittet. Um dies zu vermeiden, überziehe man die Verschlusstelle mit geschmolzenem Paraffin oder Vaseline.

Ferner sei hier darauf aufmerksam gemacht, daß bei dem manchmal nötigen Kochen von Objekten in Kalilauge leicht durch das „Stoßen“ der Lauge Verletzungen der Augen entstehen können, wenn man das Ende des Reagenzglases nicht vom Gesicht abkehrt.

Eau de Javelle und Eau de Labarraque (Liq. Kalii chlorati, Liq. Natrii chlorati). — Diese stark chlorhaltigen Flüssigkeiten sind geradezu souveräne Aufhellungsmittel für alle gefärbten Pflanzenteile. Sowohl ganze Blätter oder Blattfragmente wie Schnitte werden, erstere nach 1 bis 24 Stunden, letztere nach wenigen Minuten, vollkommen entfärbt und zur Betrachtung tauglich gemacht. Auch mit Gerbsäurefarbstoffen gefärbte Objekte (Rindenpartikel, Samentteile usw.) werden rasch und vollständig gebleicht. — Zu stark gebleichte Objekte können (nach Abspülen in Wasser) durch Safranin usw. nachgefärbt werden.

Man bereitet diese Reagenzien, indem man in zwei Flaschen bringt:

1. Flasche: Chlorkalk 20, Wasser 100. — Öfters umschütteln, einen Tag stehen lassen.
2. Flasche: Kaliumkarbonat (bzw. Natriumkarbonat) 25, Wasser 25. Hat das Salz in Flasche 2 sich gelöst, so werden beide Flüssigkeiten zusammengewaschen, in fest verschlossener Flasche einen Tag stehen gelassen und dann sorgfältig vom Bodensatz abgewaschen. — Das Reagens muß vor Licht geschützt aufbewahrt werden.

Chloralhydrat. — Die Anwendung des allermeist empfohlenen Chloralhydrats (konz. wässrige Lösung) zum Aufhellen gefärbter Objekte liefert nicht immer so rasch und sicher gutes Resultat wie diejenige des Eau de Javelle, ist aber doch besonders bei zarteren Objekten vielfach am Platze.

Essigsäure. — Wird konzentriert als Eisessig (*Acid. acetic. glaciale*) angewandt. Hauptsächlich bei tierischen Objekten ein wichtiges Aufhellmittel, für die Darstellung von Bindegewebe, Muskelfasern, Nervenendigungen, Zellkernen usw. vorteilhaft benutzbar.

Die eigentlichen Reagenzien.

Äther. — Wird in der käuflichen Form als Reagens auf Fette verwendet, die er löst.

Alkohol, absoluter. — Reagens auf ätherische Öle und Harze, die gelöst werden, während Fette intakt bleiben und erst durch Äther gelöst werden müssen.

Jod-Jodkalium. — Reagens auf Stärke, die erst blau, dann rasch blauschwarz gefärbt wird.

Dieses Reagens wird bereitet, indem man Jodkalium 1,3 in Wasser 100 löst und kristallisiertes Jod 0,3 zufügt. Abgesehen von der spezifischen Wirkung auf die Stärke läßt Jod-Jodkalium (wie überhaupt alle freies Jod enthaltenden Reagenzien) die Eiweißstoffe daran erkennen, daß sie durch Speicherung des Jods sich tief gelb oder gelbbraun färben.

Chlorzink-Jod. — Reagens auf Zellulose, die violett gefärbt wird.

Man bereitet dieses Reagens, indem man löst: Chlorzink 25, Jodkalium 8 in Wasser 8,5 und dann soviel Jod beifügt, als sich auflöst. Die zu untersuchenden Schnitte werden direkt in das Reagens eingelegt. An Stelle dieser Reaktion kann man die etwas umständlichere mit Jod-Schwefelsäure verwenden, die in der Weise angewandt wird, daß man den Schnitt erst mit der oben angegebenen Lösung von Jod-Jodkalium tränkt und dann verdünnte Schwefelsäure (2 H_2SO_4 konzent., 1 H_2O) zufügt. Bei solcher Behandlung bläuen sich Zellulosemembranen.

Kupferoxyd-Ammoniak. — Reagens auf Zellulose bei Untersuchung von Textilstoffen und Papier. — Löst die Zellulose auf, während sowohl verholzte und verkorkte Pflanzenmembranen wie tierische Fasern nicht angegriffen werden. Da das Reagens sehr rasch unwirksam wird, muß es vor jedem Gebrauch neu dargestellt werden:

Aus einer konzentrierten Lösung von Kupfersulfat wird mit Kalilauge das Kupferhydroxyd gefällt, ausgewaschen, getrocknet und vor Licht geschützt aufbewahrt. Soll Kupferoxyd-Ammoniak verwendet werden, so wird etwas von diesem Kupferhydroxyd mit konzentriertem Ammoniak übergossen. Dadurch entsteht das blau gefärbte Reagens.

Kupfersulfat. — In Verbindung mit Kalilauge Reagens auf Zucker. Ist in Zellen Traubenzucker enthalten und werden Schnitte erst mit konzentrierter Kupfersulfatlösung getränkt, dann rasch in Wasser abgewaschen und in heißer Kalilauge geschwenkt, so entsteht

in den zuckerhaltigen Zellen ein roter Niederschlag von Kupferoxydul. Diese Reaktion tritt nur ein, wenn ein reduzierender Zucker vorhanden ist; bei Anwesenheit von Rohrzucker sind die denselben enthaltenden Zellen schön blau gefärbt.

Schultzesches Mazerationsgemisch. — Lösungsmittel für Pektinstoffe (und Zellulose). Besteht aus gewöhnlicher Salpetersäure und einigen Körnchen Kaliumchlorat und wird in der Weise angewandt, daß die zu mazerierenden Objekte (insbesondere Hölzer) darin gekocht werden. Dadurch werden die Pektinstoffe, die die Interzellularlamellen bilden und die Zellwände zusammenkitten, gelöst und die Zellen können leicht getrennt werden. — In gleicher Weise wird das Gemisch (bei vorsichtiger Anwendung!) zur Isolierung von Muskelfasern angewandt.

Phlorogluzin-Salzsäure. — Reagens auf Holzsubstanz. Um mit Lignin imprägnierte Membranen nachzuweisen, wird eine konzentrierte alkoholische Lösung von Phlorogluzin gleichzeitig mit zehnprozentiger Salzsäure angewandt. Die Holzsubstanz färbt sich violettrot oder ziegelrot.

Eisenchlorid. — Reagens auf Gerbstoffe. Wird (um nicht zu tiefe Färbung hervorzurufen) in dünnen (zwei- bis fünfprozentigen) Lösungen angewandt und färbt Gerbstoff oder damit imprägnierte Zellen entweder tief grünschwarz (Eisen-grünender Gerbstoff) oder tief blauschwarz (Eisen-bläuender Gerbstoff). — Wie Ferrichlorid kann auch Ferrosulfat Anwendung finden.

Schwefelsäure. — a) **konzentrierte:** Reagens auf verkorkte Membranen, die durch die Säure nicht oder nicht wesentlich angegriffen werden. — b) **verdünnte:** Reagens auf Kalksalze (außer Gips), die durch Schwefelsäure in Gips übergeführt werden. Dieser ist durch eine nadelbüschelartige Kristallisation dann unter dem Mikroskop auf den ersten Blick erkennbar.

Tusche, chinesische. — Reagens auf Pflanzenschleim: Werden schleimhaltige Objekte in trockenem Zustand geschnitten und die Schnitte dann in einer Verreibung von chinesischer Tusche unter das Mikroskop gebracht, so quillt der Schleim und treibt die Kohlenflitterchen, aus denen die Tusche besteht, vor sich her. Es entstehen dadurch im sonst dunklen Gesichtsfeld wasserhelle Stellen, die daran, daß sie beim Verschieben des Deckglases an den Pflanzenschnitten hängen bleiben, leicht als Schleim erkannt werden.

e) Farbstoffe.

Die Anwendung der Farbstoffe in der Mikroskopie hat in den letzten Dezennien eine außerordentlich weite Verbreitung gefunden. Insbesondere für das Studium der feinen Zellstruktur wie für die bakteriologische Untersuchung sind Farbstoffe, und zwar besonders Anilinfarbstoffe, in größter Mannigfaltigkeit angewandt worden und haben die Forschung in intensivster Weise unterstützt. Es kann

natürlich nicht unsere Aufgabe sein, alle oder auch nur die Mehrzahl dieser Farbstoffe hier zu behandeln; es muß genügen, wenn nur einige, und zwar die wichtigsten, angeführt werden. Für spezielle Zwecke notwendige Farbstoffe werden unten jeweils bei Beschreibung der Untersuchungsmethoden aufgeführt.

Alkannin. — Reagens auf Fette: Dieser Farbstoff hat die Eigentümlichkeit, in allererster Linie die Fette (wie auch ätherische Öle, Harze, Kautschuk) intensiv rot zu färben, während andere Körper viel schwächer oder gar nicht tingiert werden.

Um das Reagens darzustellen, löst man das käufliche Alkannin in absolutem Alkohol, setzt das gleiche Volum Wasser zu und filtriert.

Sudan-Glyzerin. — Bestes Reagens auf verkorkte Membranen, Fette und ätherische Öle. Färbt die bezeichneten Teile leuchtend orangerot und wird angewandt, indem man die zu untersuchenden Schnitte im Uhrsälchen oder auf dem Objektträger ein- bis zweimal darin aufkocht.

Man löst Sudan III 0,01 g in 96% Alkohol 5 g und fügt Glyzerin 5 ccm zu. Das Reagens ist gut haltbar.

Hämatoxylin. — Dieser Farbstoff eignet sich für fast alle Zwecke, die mit gewöhnlicher vorkommenden Färbungen erzielt werden sollen, denn er färbt sowohl die Membranen wie die Eiweißstoffe der Gewebe, und zwar in einer gut differenzierenden und zugleich diskreten Weise. Mit keinem andern Farbstoff ist es so leicht, schöne Bilder zu erzielen, wie mit Hämatoxylin.

Dieses wird vorzugsweise nach der von Delafield angegebenen Weise bereitet: Hämatoxylin 4 wird in Alkohol 25 gelöst, dann wird Ammonalaun 400 (konzentrierte wässrige Lösung) zugefügt, 3 bis 4 Tage an der Luft stehen gelassen, filtriert, 100 Glyzerin und 100 Methylalkohol zugesetzt, wieder mehrere Tage stehen gelassen und dann nochmals filtriert. Dies Hämatoxylin wird mit längerem Stehen immer besser; es färbt schön violettblau. Ist eine Färbung zu stark geworden, so zieht man den Farbstoff durch Einlegen des Präparats in 2-prozentige Alaunlösung wieder aus.

Karmin nach Grenacher. — Grenachers Karmin hat die für manche Zwecke (z. B. Untersuchung der niedersten Wassertiere) höchst wichtige Eigentümlichkeit, bei nicht über fünf Minuten dauernder Einwirkung nur oder fast nur die Zellkerne zu färben; deswegen ist dies Mittel vielfach von großer Wichtigkeit.

Es wird folgendermaßen hergestellt: Karmin wird 15 Minuten lang mit einer 2,5-prozentigen Alaunlösung gekocht, nach dem Abkühlen filtriert und behufs Konservierung mit einigen Tropfen Karbolsäure versetzt.

Karbofuchsin nach Ziehl. — Ein besonders in der Bakteriologie fast universal verwendbares, höchst intensives Tinktionsmittel, das besonders auch für den Nachweis der Tuberkelbazillen im Sputum der Phthisiker und für die Färbung der Bakteriensporen Anwendung findet.

Dasselbe wird hergestellt: Fuchsin 1 mit wässriger 5-prozentiger Karbolsäurelösung 100 unter allmählichem Zusatz von Alkohol 10 verrieben. Dieser Farbstoff ist gut haltbar.

Methylenblau. — Gleichfalls in der Bakterienforschung viel angewandt.

Wird am besten als konzentrierte wässrige Lösung gebraucht. Für manche Zwecke empfiehlt es sich, noch 1 % Kalilauge zuzugeben.

Die Anwendung der Reagenzien und Farbstoffe geschieht in der Mikroskopie am häufigsten in der Weise, daß man sie dem fertigen Objekt zusetzt und ihre Wirkung direkt beobachtet. Zu diesem Zweck ist es allermeist nur nötig, einen Tropfen des Reagens an den Rand des Deckglases zu bringen, um ihn dann unter dasselbe diffundieren oder (bei trockenen Präparaten) kapillar eindringen zu lassen. Rasch eingesaugt werden die Zusätze, wenn man gegenüber an das Deckglas ein Stück Filtrierpapier anlegt.

2. Anfertigung eines einfachen Trockenpräparates.

Unter einem Trockenpräparat verstehen wir ein Präparat von Objekten, die nicht in irgendeine Einschlußmasse eingelegt werden, sondern dauernd von Luft umgeben sind. Derart präpariert zu werden eignen sich nur trockene Gegenstände (z. B. Haare, Federn, Schuppen von Insekten) und nicht hygroskopische Salze.

Wollen wir uns von den mikroskopischen Kristallisationen des Kochsalzes ein Präparat verschaffen, so verfahren wir folgendermaßen:

Wir reinigen einen Objektträger mit einem Tuche vollständig blank und bringen einen großen Tropfen destilliertes Wasser darauf. In diesem wird ein ganz kleines Körnchen Kochsalz gelöst und nun der Objektträger unter eine Glasglocke gelegt, um jede Verunreinigung des Objekts durch Staub usw. zu verhindern. Das Wasser soll recht langsam verdunsten, deshalb sei die Operation an einem kühlen Ort ausgeführt. — Sieht man am Rand des Wassertropfens beginnende Kristallisation, so nimmt man den Objektträger und schleudert durch einmaliges rasches Schwenken die Hauptmenge der Flüssigkeit ab, um nicht die zu Ende des Kristallisationsprozesses verworren werdenden Kristallformen zu erhalten. Dann läßt man den Rest des Wassers verdunsten.

Ist dies geschehen, so legt man ein Deckglas auf das gewonnene Präparat, klebt dasselbe mit gummiertem Papier ringsum fest, setzt an die Enden des Objektträgers Schutzleisten (S. 67), schreibt darauf Name und Herstellungsweise des Präparats und hat dieses damit fertig gemacht.

In völlig analoger Weise werden Präparate von Haaren usw. angefertigt. Ein Verdunstenlassen von Flüssigkeit ist dabei natürlich nicht nötig, dafür hat man aber darauf zu achten, daß die Haare nicht in wirrem Knäuel liegen, so daß die Betrachtung ihrer Einzelheiten nachher gestört wird, sondern daß alle ordentlich parallel und voneinander in angemessener Entfernung angeordnet sind.

3. Anfertigung der Präparate von wasserhaltigen Objekten.

a) Untersuchungspräparate.

Allermeist hat man es bei der Untersuchung mikroskopischer Objekte mit wasserhaltigen Gegenständen zu tun. Entweder sind direkt Teile lebender oder in Alkohol konservierter Pflanzen und Tiere zu betrachten oder wir haben trockene Objekte (Drogen usw.) vor uns, die behufs Präparation durch Wasser vor der Verarbeitung erweicht (gekocht usw.) werden müssen.

Nehmen wir an, es sei uns die Aufgabe gestellt, eine Probe chinesischen Tees auf seine Echtheit zu prüfen und wir hätten zu diesem Behuf Präparate des Teeblattes anzufertigen.

Um dies zu bewirken, suchen wir uns vorteilhaft aus der Menge zusammengerollter Blätter ein recht großes heraus, werfen es in eine Schale mit Wasser und lassen es über der Flamme einmal ordentlich aufwallen, wobei wir darauf achten, daß das Blattstück durch und durch naß wird. Dadurch verliert es seine Sprödigkeit und kann leicht geschnitten werden. Ein so kleines Objekt können wir nun schwer halten, um Schnitte davon zu machen; wir bedienen uns deshalb der abgestorbenen jungen Sprosse des Holunders (*Sambucus nigra*). Solche verschaffen wir uns, schälen mit einem scharfen Messer das Mark heraus und schneiden es in handliche Stückchen. Dann nehmen wir das Rasiermesser, ziehen es vor dem Gebrauch auf dem Streichriemen noch einmal sorgfältig ab, fassen ein Holundermarkstückchen und schneiden von oben her mit dem Messer so weit ein, daß wir das Blattstück einschieben können. Beim Einschieben müssen wir überlegen, in was für einer Richtung die Schnitte geführt werden sollen. Wollen wir Querschnitte normaler Art haben, so orientieren wir das Blatt derartig, daß seine Mittelrippe, die wir beim Aufrollen leicht erkennen, in der Längsachse des Holundermarkstückchens, also senkrecht zur Schnittfläche, liegt. Ist in dieser Weise das Objekt für das Schneiden hergerichtet, so gießen wir in ein Uhrglas einige Tropfen Eau de Javelle. Darauf fassen wir das Holundermarkstückchen mit der linken Hand, richten die das Objekt enthaltende Spalte so, daß sie parallel dem schneidenden Messer verläuft, schneiden mit dem Rasiermesser zunächst einen groben Span senkrecht zur Mittellinie des Holundermarkstückchens ab und haben dadurch eine ebene Schnittfläche gewonnen. Nun schneiden wir, das vorher mit einem Tropfen Wasser befeuchtete Messer durch das Objekt ziehend (nicht drückend!), mehrere feinste Lamellen von dem Holundermark und mit ihm vom zu präparierenden Blatt ab. — Das oft sehr lästige Brechen des Holundermarks wird leicht dadurch vermieden, daß man die Markstücke vor dem Gebrauch platt drückt.

Die Blattquerschnitte nehmen wir mit einem feinen Haarpinsel vom Messer ab und bringen sie in das Eau de Javelle. Hier verweilen sie, bis sie vollkommen weiß (gebleicht) sind, was nach vier

bis zehn Minuten (je nach der Dicke der Schnitte) der Fall zu sein pflegt.

Inzwischen reinigt man einen Objektträger spiegelblank, bringt genau in seine Mitte einen kleinen Tropfen verdünntes Glycerin und legt die einzeln zuvor mit einer feinen Pinzette am Ende gefaßten und in destilliertem Wasser geschwenkten Schnitte in das Glycerin ein, wobei man darauf achtet, daß sie sich nicht kreuzen und dadurch die Betrachtung stören. Endlich wird ein spiegelblank gereinigtes Deckglas aufgelegt.

Hat man nun die Größe des Glycerintropfens richtig bemessen (was man sehr rasch lernt), so füllt er den Raum zwischen Objektträger und Deckglas vollständig aus, ohne über den Rand des letzteren herauszutreten. Sollte dies aber dennoch der Fall sein, so muß die überschüssige Flüssigkeit sorgsam weggewischt werden, weil sie sonst leicht auch auf das Deckglas gelangen und die Betrachtung des Präparats stören würde.

Betrachtung des Untersuchungspräparates.

Indem auf das oben (S. 64 bis 66) über die Einstellung und Betrachtung mikroskopischer Objekte im allgemeinen Gesagte verwiesen wird, genügt es, an dieser Stelle nur einige spezielle Ausführungen über bei nassen Präparaten besonders häufige Erscheinungen im Gesichtsfeld sowie über das vorliegende Objekt zu machen.

Luftblasen. — Infolge der im Objekt eingeschlossenen oder dem Glase adhärierenden Luft bilden sich in der Einschlußflüssigkeit häufig Luftbläschen, die man nicht als mikroskopische Objekte ansehen darf. Dieselben (vgl. Fig. 68) sind durch ihre runde Form und die an ihnen stattfindende starke Brechung des Lichts leicht kenntlich. Bei wechselnder Einstellung verschieden aussehend, ist ihr Rand bei mittlerer Einstellung durch seine tiefdunkle Farbe und die scharfe Abgrenzung nach außen hin gekennzeichnet, während die Mitte vollkommen klar und sehr stark beleuchtet ist.



Fig. 68. Vergrößerte Luftbläschen.

Dies Aussehen kommt daher, daß die Lichtstrahlen, die aus dem dichteren Medium in die Luftblase eintreten, mit Ausnahme der in der Mitte verlaufenden so stark gebrochen werden, daß sie nicht mehr ins Objektiv gelangen. Je weiter man den Mikroskoptubus senkt, um so breiter wird der schwarze umgebende Ring.

Tritt dagegen das Licht aus einem dünneren in ein dichteres Medium (z. B. aus Wasser in Öltröpfchen im Präparat), so wird beim Heben des Tubus der Ring breiter.

Die Anwesenheit der Luftblasen im Präparat ist häufig außerordentlich störend für die Betrachtung mikroskopischer Bilder. Je nach der Natur der Präparate können verschiedene Wege zu ihrer Entfernung eingeschlagen werden. Wo immer das Objekt es erlaubt, werden Luftblasen vermieden durch Einlegen des Präparats in Alkohol,

der dann von der Seite des Deckglases her durch Wasser oder Glycerin ersetzt wird. Auch können derbe und in der Hitze sich nicht verändernde Objekte durch Erhitzen in Wasser (bis Dampfblasen aufsteigen) auf dem Objektträger von Luftblasen befreit werden. Das schonendste Mittel zu ihrer Entfernung stellt die Luftpumpe dar, in deren Rezipient die Blasen schon nach wenigen Kolbenstößen verschwinden.

Molekularbewegung. — Als R. Brownsche Molekularbewegung wird die Erscheinung bezeichnet, daß in Flüssigkeiten liegende kleinste Objekte (Körnchen, Öltröpfchen, Bakterienzellen usw.) sich andauernd in tanzender Bewegung befinden. Diese Bewegung ist eine rein passive und kommt toten wie lebenden kleinsten Objekten gleichmäßig zu. Mit dem Maße der Vergrößerung wächst scheinbar die Schnelligkeit dieser wie überhaupt jeder unter dem Mikroskop betrachteten Bewegung. Wir werden im späteren Verlauf unserer Ausführungen eigenbewegliche Objekte kennen lernen. Wenn ein Gegenstand z. B. bei 500facher Linearvergrößerung den Raum des Gesichtsfeldes durchschwimmt, so ist man verleitet anzunehmen, daß er sich fast pfeilschnell fortbewege, während er in Wirklichkeit nur ganz kurze Strecken vorankommt.

Das Objekt. — Nun wollen wir zu einer vorläufigen Betrachtung des Präparats (Fig. 69) übergehen und dabei nur die technisch (für die Anfertigung der Präparate) wichtigen Punkte hervorheben; im übrigen werden wir später die Anatomie und Erkennung des Tees noch zu behandeln haben.

Die erste Frage ist jetzt für uns, ob das Präparat für die Betrachtung tauglich sein wird. Dies erkennen wir daran, daß die Zellen sich klar und deutlich voneinander abheben und alle wichtigen Einzelheiten sichtbar sind.

1. Gewöhnlich tun sie dies bei von Anfängern angefertigten Präparaten nicht in vollkommener Weise, was darin seinen Grund zu haben pflegt, daß die Schnitte zu dick sind. Bei zu dicken Schnitten ist erstens die mit durchfallendem Licht bewirkte Durchleuchtung der Präparate eine ungenügende, zweitens werden von den tiefer liegenden Zellschichten störende Schatten in die Bildebene

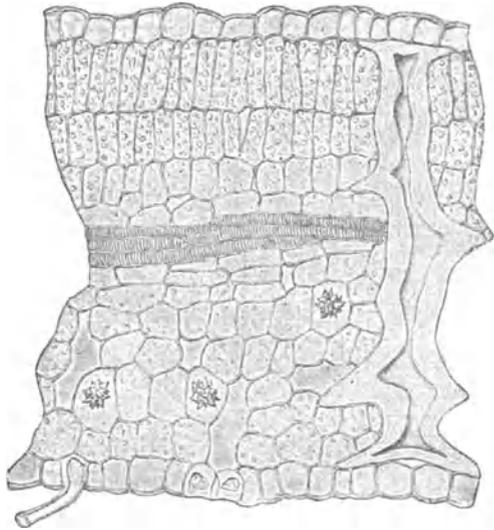


Fig. 69. Querschnitt durch das Teeblatt. Vergr. 250:1.

geworfen und drittens verwirren die nicht klar einstellbaren tieferen oder höheren Partien durch ihre von Zellwänden usw. herrührenden Linien das Bild. — Hat man erkannt, daß das Präparat zu dick ist, so suche man an den Rändern des Schnittes, ob diese vielleicht dünn genug sind; ist dies aber nicht der Fall, so müssen eben neue dünnere Schnitte angefertigt werden. Nur Übung verhilft zur Meisterschaft.

2. Ferner achte man bei dem Präparat darauf, daß die Gewebe nicht zerrissen sind, sondern daß die Zellen ihren natürlichen Zusammenhang bewahrt haben. Bei unserem Objekt finden sich in der unteren Hälfte des Blattgewebes natürliche, der Atmung der Pflanze dienende Lücken; in anderen Fällen dagegen schließen die Zellen lückenlos aneinander. Man wird bei jedem Bild allermeist leicht merken, ob Zerreißen vorgekommen sind oder nicht. Solche machen häufig die Präparate für die Betrachtung unbrauchbar. — Um diese Störungen zu vermeiden, suche man die Schnitte mit möglichst leichter Hand anzufertigen. Jedes Drücken, jedes schwere Anlegen des Messers an das zu schneidende Objekt kann zu Zerreißen führen. Insbesondere aber treten sie regelmäßig ein, wenn die Schnitte mit nicht genügend scharfem Messer gemacht werden.

3. Ein weiterer Fehler, der sich häufig findet, kennzeichnet sich dadurch, daß die Zellwände (insbesondere die zähen äußersten) lappig zerrissene Ränder aufweisen. Abgesehen von stumpfem Messer wird dieser Fehler hauptsächlich dadurch hervorgebracht, daß die Schneide nicht, wie oben empfohlen wurde, ziehend, sondern drückend durch das zu schneidende Objekt hindurchgeführt wurde.

4. Ferner weisen die Schnitte oft schief verlaufende Linien auf, die daher kommen, daß das Rasiermesser keine ebene Schneide, sondern größere oder kleinere Scharten aufweist.

5. Endlich ist von allergrößter Wichtigkeit, daß die Gewebe wirklich auch in der von uns gewünschten Richtung durchschnitten sind. Unregelmäßig, schief geschnittene Präparate erlauben es nicht in richtiger Weise, die Gestalt der Einzelelemente zu erkennen, besonders wenn diese langgestreckter Natur sind. Solcher langgestreckter Zellen haben wir in unserem Objekt recht typische, nämlich die großen Röhren, die in der Mittelrippe des Blattes liegen (die Gefäße des dort verlaufenden Gefäßbündels). Bei einem gut angefertigten Querschnitt (wie wir ihn machen wollten) müssen diese Röhren alle genau senkrecht getroffen sein; ihre Wandungen dürfen nicht bei wechselnder Einstellung verschiedene Konturen haben und die Figur ihrer Querschnitte muß kreisförmig oder polyedrisch sein, darf keine Ellipsen oder andere langgezogene Formen darstellen.

Wenn das Präparat allen diesen Anforderungen entspricht, so ist es für die Untersuchung tauglich und kann später auch als Dauerpräparat behandelt und aufgehoben werden.

In sinngemäßer Weise diese Vorschriften je nach den Eigenschaften des gerade vorliegenden Objekts abändernd, wird man alle wasserhaltigen Untersuchungspräparate anzufertigen lernen.

b) Dauerpräparate.

Bei der Anfertigung von Dauerpräparaten hat man sich zunächst darüber klar zu werden, welche Einschlußmasse zu wählen ist; dies kann für die Brauchbarkeit des Präparats wie für dessen Haltbarkeit von größter Bedeutung sein.

Bereits bei Besprechung der Einschlußmittel wurde auf Glycerin bzw. Glyceringelatine und auf Kanadabalsam hingewiesen. Die Anwendung dieser Einschlußmedien ist wesentlich davon abhängig, ob das Objekt in wasserhaltigem Zustand konserviert werden soll oder in wasserlosem.

Glycerin ist in allen Verhältnissen mit Wasser klar mischbar; Kanadabalsam dagegen erträgt gar kein Wasser bzw. bildet damit eine jede Betrachtung des Objekts unmöglich machende Emulsion. Der Balsam kann also nur angewandt werden, nachdem man die Objekte vollkommen entwässert hat. Allermeist ist es ein zeitraubendes und nicht selten mit größter Behutsamkeit vorgegangen wird) die Präparate schädigendes Verfahren, das zur Entwässerung der Objekte behufs Einschluß in Kanadabalsam vorgenommen werden muß.

Andererseits ist in Betracht zu ziehen, daß die meisten behufs künstlicher Tinktion von Präparaten angewendeten Farbstoffe in Glycerin (besonders in verdünntem Glycerin) löslich sind. Man hat also, um die allmähliche Entfärbung der Objekte zu vermeiden, vielfach nur den Ausweg, sie in Balsam einzulegen.

Nur in selteneren Fällen ertragen die Objekte direkt ein Austrocknen; dies ist (außer bei Mikrotomschnitten) bei fast allen Bakterienpräparaten und ähnlichen kleinsten Gegenständen (z. B. Sperma usw.) der Fall. Solche Objekte werden stets gefärbt und in Kanadabalsam eingeschlossen.

Glycerinpräparate.

Flüssiges Glycerin. — Das nach der oben (S. 77) gegebenen Anweisung hergestellte Untersuchungspräparat (wie überhaupt alle Glycerinpräparate) kann sehr einfach dadurch in ein Dauerpräparat verwandelt werden, das man es durch einen um das Deckglas gelegten Lackring von der Luft abschließt. Dies geschieht in folgender Weise:

Man legt das Präparat vor sich auf den Tisch, schiebt das Objekt ordentlich in die Mitte des Objektträgers und wischt nun mit einem Leinenläppchen aufs sorgfältigste alles unter dem Deckglasrand hervortretende Glycerin ab. Bei diesem Vorgehen sei man sehr gründlich, denn die geringste Spur von Glycerin verhindert das Festhalten des Lacks und bewirkt, daß das Präparat sehr rasch verdirbt.

Ist alle überschüssige Flüssigkeit vollkommen entfernt, so taucht man einen feinen Haarpinsel in den Abschlußlack (vgl. S. 70) ein und legt längs des ganzen Deckglasrandes einen dünnen, schmalen Lackring, der sowohl auf die Oberfläche des Deckglases wie auf den Ob-

jektträger übergreifen muß. Ist dies geschehen, so stellt man das Präparat unter eine Glasglocke, um den Lack antrocknen zu lassen. — Bei dieser Manipulation lasse man sich nicht dadurch stören, daß hier und dort im ersten Lackring noch kleine Stellen vorhanden sind, die den vollständigen Abschluß des Präparats unterbrechen. Denn wenn der Lack etwas fest geworden ist, was nach einem Tage der Fall zu sein pflegt, so überstreicht man den ersten Lackstreifen mit einem zweiten, etwas breiteren, der wieder auf Deckglas und Objektträger übergreift. Dieser zweite Abschluß macht dann das Dauerpräparat fertig.

In vollkommen gleicher Weise verfährt man, wenn irgendeine andere Flüssigkeit (z. B. Chlorkalziumlösung) als Einschlußmittel gewählt wurde.

Eine durch Einfachheit und Sicherheit ausgezeichnete Modifikation dieses Verfahrens ist folgende: Man verwendet einen Wachsfaden (käufliche, zum Knäuel gerollte dünne Wachskerze), erwärmt das Wachs durch Anzünden, löscht wieder aus und legt durch Auftupfen des Waxes zunächst die 4 Ecken des Deckglases fest. Dann erst entfernt man die überschüssige Flüssigkeit, erwärmt den Wachsfaden wieder und legt den ersten Abschlußring mit Wachs, indem man mit der abgelöschten Kerze einfach die Ränder des Präparats umzieht. Der zweite Abschluß wird mit Asphaltlack über den ersten Wachsring gestrichen.

Glyzeringelatine. — Viel weniger umständlich als der Einschluß der Präparate in flüssiges Glycerin ist derjenige in Glyzeringelatine; deswegen wird dies Mittel jetzt ganz allgemein zur Anfertigung wasserhaltiger Präparate verwendet. Um solche herzustellen, verfährt man folgendermaßen:

Das Gefäß, in dem die Glyzeringelatine aufbewahrt wird, kommt in auf 45° Celsius erwärmtes Wasser. Dadurch wird der Inhalt vollkommen flüssig. Dann holt man mit einem Glasstab einen Tropfen heraus, verfährt genau wie oben für Glycerin angegeben und legt das Deckglas auf. Ist die Gelatine schon fest geworden, so kann man durch schwaches Erwärmen für vollkommenes Ausfließen zwischen Deckglas und Objektträger sorgen. Dann läßt man die Gelatine erstarren und legt nun, ohne durch etwaiges Verrücken des Deckgläschens gestört werden zu können, den Lackabschluß (wie oben beschrieben) an. Unter dem Deckglas vorgetretene Einschlußmasse wird durch Messer und feuchtes Lappchen leicht beseitigt.

Kanadabalsampräparate.

Sollte (wozu unser vom Teeblatt gemachtes Präparat sich aber nicht besonders eignet) das zuerst in Glycerin untersuchte Präparat nachher in Kanadabalsam eingeschlossen werden, so müßte es erst von Glycerin und Wasser befreit werden. Dies könnte man am einfachsten in der Weise bewerkstelligen, daß man die Schnitte durch Auswaschen in Wasser von Glycerin befreite und sie dann an der

Luft trocknen ließe. Dieser Weg wäre aber für unser Objekt durchaus unzweckmäßig, denn bei einem solchen Austrocknen würden die Zellen mit ihren Inhaltkörpern derartig unregelmäßig zusammenschrumpfen, daß schließlich an den Schnitten gar nichts mehr zu sehen wäre. Man muß deshalb zur Entwässerung solcher Objekte einen anderen, langwierigen aber sicheren Weg einschlagen. Zunächst kommen die Schnitte in sehr stark verdünnten Alkohol (25%), bleiben in diesem etwa 1 Stunde und werden dann stufenweise (immer mit einstündigen Stationen in den einzelnen Flüssigkeiten) in 60%, 80%, absoluten Alkohol, Mischung von absolutem Alkohol und Xylol (1 Alkohol, 3 Xylol) und schließlich reines Xylol überführt. Da diese letztgenannte Flüssigkeit ein vorzügliches Lösungsmittel des Kanadabalsams ist, können die Schnitte nun ohne weiteres aus dem Xylol in den Balsam übertragen werden.

In einfacherer Weise wird die Entwässerung mikroskopischer Objekte auf osmotischem Weg im F. E. Schulzeschen Entwässerungsgefäß (Figur 70) bewirkt. Die Einrichtung dieses Apparats, den jeder sich selbst leicht herstellen kann¹⁾, ist sehr einfach. Er besteht aus einer großen Flasche, in der sich absoluter Alkohol befindet; eine am Boden liegende Schicht geglähten Kupfersulfats erhält den Alkohol andauernd wasserfrei. In diesen wird eine unten mit durchlässiger Membran (feinem, stark geleimten Papier) verschlossene Röhre eingesenkt, die 50% Alkohol enthält; schließlich taucht in diese Röhre eine etwas engere, gleichfalls mit Papierboden versehene ein, in die das zu entwässernde Objekt in 10% Alkohol liegend eingebracht wird. Durch die osmotische Strömung des Wassers in den absoluten Alkohol und in das Kupfersulfat wird in ganz langsamer, die Objekte außerordentlich schonender Weise die Entwässerung vollzogen. Nach 24 Stunden ist sie ohne weitere Manipulationen fertig. Stets seien dann aber die aus dem absoluten Alkohol kommenden Objekte noch in Xylolalkohol und erst aus diesem in Xylol gebracht.



Fig. 70. Entwässerungsgefäß nach F. E. Schulze.

Außerordentlich viel einfacher ist die Anfertigung der Kanadabalsampräparate, wenn es sich um Objekte handelt, die unbeschadet ihrer Struktur lufttrocken gemacht werden dürfen. Derartige Objekte sind z. B. die Bakterien.

Um ein Präparat zu erhalten, welches gewöhnlich viele Sorten verschiedener Bakterien enthält, werfen wir in ein Glas mit Wasser irgendeinen fäulnisfähigen Pflanzen- oder Tierteil (z. B. eine halbe Erbse, ein Stückchen Fleisch) und lassen das Wasser stehen, bis es deutlich getrübt ist. Dann nehmen wir mit dem Glasstab einen Tropfen heraus, bringen ihn mitten auf einen gut gereinigten Objektträger und lassen ihn (ohne irgend etwas weiteres daran zu machen) an der Luft eintrocknen. Ist dies geschehen, so bringen wir auf die eingetrocknete, grau aussehende Stelle einen Tropfen einer der oben als für bakterio-

¹⁾ Auch von Warmbrunn, Quilitz & Co. in Berlin NW. 40, Haidestr. 55—57 zu beziehen.

logische Zwecke empfehlenswert bezeichneten Anilinfarbenlösungen (z. B. Karbolfuchsin) und lassen ihn drei Minuten lang einwirken. Nach dieser Zeit wird das ganze Präparat in reinem Wasser abgespült. Durch das Abwaschen wird aller Farbstoff von dem Objektträger entfernt: nur die Bakterienzellen halten davon soviel fest, daß sie intensiv rot gefärbt sind. Darauf wischen wir mit einem Lappchen das an dem Objektträger befindliche Wasser ab, wobei wir uns nur davor hüten, an das Präparat zu kommen, legen das Ganze unter eine Glasglocke und warten, bis das Wasser vollkommen verdunstet ist. Wenn dieser Zeitpunkt erreicht ist, erwärmen wir das Präparat über der Flamme ein wenig (auf 35—45° Celsius) und bringen einen in seiner Größe richtig bemessenen Tropfen Kanadabalsam darauf. Ist nun das sauber gereinigte Deckglas aufgelegt und sind Schutzleisten aufgeklebt, so ist das Dauerpräparat fertig. Zur Vorsicht versehen wir es nach einigen Tagen noch mit einem Lackring.

4. Anfertigung von Schliffpräparaten.

Alle Objekte, die nicht an sich klein genug sind oder durch Schneiden für die mikroskopische Schau verkleinert werden können, müssen zu Dünnschliffen verarbeitet werden. In dieser Weise wird vorzugsweise bei der Anfertigung mikroskopischer Präparate von Gesteinen, Knochen usw. vorgegangen.

Bei der Anfertigung von Schliffpräparaten hat man von Anfang an das Objekt daraufhin zu betrachten, ob es wohl das Schleifen ertragen kann, ohne dabei zu zerbröckeln. Die allermeisten Gesteine lassen sich ohne weiteres schleifen, weil ihre Teile einen innigen Zusammenhang besitzen. Mehrfach aber hat man es auch mit Objekten zu tun, die porös sind (z. B. Kreide, Knochen usw.) und die unmöglich in dem natürlichen, vorliegenden Zustand präpariert werden können. Solche poröse Körper lege man zunächst in reines Xylol und bringe sie dann, wenn sie vollständig durchtränkt sind, in dickflüssigen Kanadabalsam. Haben sie darin 1—3 Tage verweilt, so sind sie imprägniert, werden herausgenommen, an der Luft getrocknet und dann in gewöhnlicher Weise weiter behandelt.

Diese Präparationsweise besteht darin, daß man von weicheren Objekten mit der Laubsäge dünne, parallelfächige Täfelchen absägt, bei harten Gesteinen durch geeignetes Schlagen mit dem Hammer flache Splitter absprengt.

Hat man auf diese Weise die Objekte vorbereitet, so beginnt man, sie auf einem feinkörnigen, drehbaren Schleifstein (aber nicht auf der gekrümmten Vorderfläche, sondern auf einer der ebenen Seiten) oder auf einer drehbaren Schmirgelscheibe anzuschleifen. Dies geschieht in der Weise, daß man sie mit dem Zeigefinger andrückt und dabei dafür sorgt, daß die ganze Lamelle gleichmäßig dick ausfällt. Das Anschleifen erfolgt auf beiden Seiten, und zwar unter fortwährender Benetzung des Schleifsteins mit Wasser. Hat man den Schliff auf

diese Weise etwa bis zur Dicke von 1 mm gebracht, so kittet man ihn mit Kanadabalsam fest auf einen Objektträger und legt ihn unter das Mikroskop, um zu sehen, wieviel noch weiter abgeschliffen werden muß, um ihn genügend hell zu machen. Dies zu beurteilen, lernt man rasch.

Nun geht man zum Schleifen des aufgekitteten Objekts auf einem feinkörnigen, harten Abziehstein über, wobei man ebenfalls für andauernde Benetzung der Schleiffläche mit Wasser sorgt. Es ist dabei nicht zu empfehlen, in gerader Linie zu schleifen, sondern kreisförmig geschlossene oder 8-artige Bewegungen auszuführen. In diesem Stadium des Schleifens wird für vollkommene Ebenmäßigkeit des Schliffs gesorgt, indem man Unebenheiten, dicke Stellen usw. besonders stark andrückt und dadurch abschleift. — Indem man von Zeit zu Zeit unter dem Mikroskop die Durchsichtigkeit des Objekts prüft, merkt man leicht, wann mit dem Abziehen aufgehört werden darf.

Ist dieser Zeitpunkt erreicht, so geht man zum Polieren der einen Präparatenseite über, und zwar verwendet man dazu aufgespanntes weiches Wildleder, das mit feingeschlammtem Trippel eingerieben ist. Das Polieren geschieht ohne Anwendung von Wasser und ist fertig, wenn die polierte Fläche unter das Mikroskop gebracht keine Linien, Risse usw. erkennen läßt. Ist man soweit gekommen, so löst man durch leichtes Erwärmen des Kanadabalsams den Schliff von dem Objektträger ab und verfährt nun mit der andern, erst roh vorgeschliffenen Seite genau wie mit der fertigen, d. h. man geht damit auf den Abziehstein und poliert sie nachher.

In dieser Weise hergestellte Schliffpräparate werden in Kanadabalsam eingelegt und mit Deckglas bedeckt, wie dies oben für Kanadabalsampräparate angegeben wurde.

IV. Die mikroskopische Beobachtung undurchsichtiger Objekte.

Um bei der mikroskopischen Beobachtung undurchsichtiger Objekte Bilder von ausreichender Helligkeit zu erzielen, müssen besondere Beleuchtungsvorrichtungen angewandt werden. Man hat sie mit dem Namen Opak-Illuminatoren bezeichnet. Ihre Wichtigkeit für die Metallographie nimmt stetig an Bedeutung zu; denn die mikroskopische Betrachtung der metallischen Schmelzen gestattet nicht nur die chemische Zusammensetzung der erstarrten Schmelzen sehr weitgehend, oft besser als die chemische Analyse, zu beurteilen, sondern läßt auch das Gefüge und die besonderen Prozesse, denen das Material während seiner Herstellung unterworfen war, erkennen. Ein weiteres großes Anwendungsgebiet ist der Opak-Beleuchtung im Material-Prüfungswesen erschlossen und im Bergbau bei der mikroskopischen Untersuchung der Erzlagerstätten in Aussicht gestellt.

An dem Material, das untersucht werden soll, wird eine plane

Fläche angeschliffen, diese poliert und zur Hervorhebung der Strukturverhältnisse geätzt. Die so bearbeitete Fläche wird, dem Objektiv zugewandt, auf den Objektstisch des Mikroskops gebracht.

Bei Benutzung schwacher Objektivsysteme erfolgt die Beleuchtung des Materials durch ein zwischen das Metallstück *M* (Fig. 71) und das Objektiv *O* unter 45 Grad Neigung eingefügtes planparalleles, dünnes Glasplättchen *R*, das mittels eines Halters *H* am Objektiv befestigt wird. Von dem natürlichen oder künstlichen Licht, welches auf das Plättchen *R* auffällt, wird ein Teil nach *M* reflektiert und erfährt an der polierten Fläche *M* eine nochmalige Reflexion. Ein Teil dieses reflektierten Lichtes durchdringt das durchsichtige Plättchen *R* und gelangt ins Objektiv.

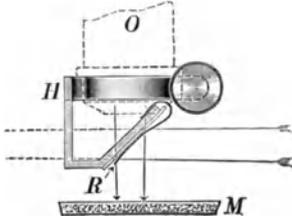


Fig. 71. Strahlengang im Opak-Illuminator bei schwachen Objektiven.

Bei mittleren und stärkeren Objektivsystemen ist wegen ihres geringen Objektabstandes diese Beleuchtungsanordnung nicht mehr möglich.

Man bringt dann das Beleuchtungssystem oberhalb des Objektivs an (Fig. 72) und schraubt es mit Hilfe eines Zwischenstückes einerseits

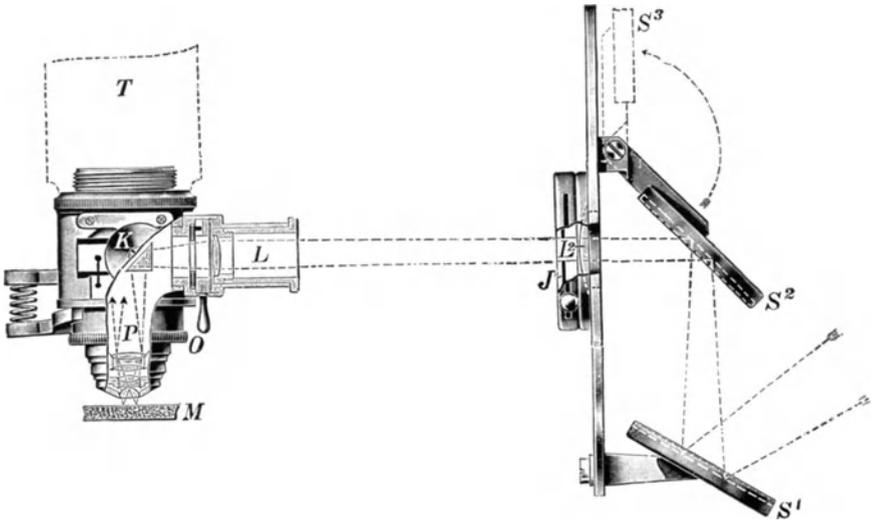


Fig. 72. Strahlengang im Opak-Illuminator bei stärkeren Objektiven.

am Tubus, andererseits am Objektiv fest. Dieser Opak-Illuminator besteht entweder aus einem die halbe Objektivöffnung bedeckenden total reflektierenden Prisma oder aus einem die ganze Objektivöffnung bedeckenden, unter 45 Grad gegen die Mikroskopachse geneigten Glasplättchen. Die Lichtzufuhr erfolgt durch ein seitliches Ansatzrohr, in

dem ein kleiner Hilfskondensor L verschiebbar angebracht ist. — Verwendet man das Prisma, so werden infolge der Totalreflexion alle den Kondensor L durchsetzenden Strahlen zur Beleuchtung des Objekts benutzt. Die eine Hälfte des Objektivs dient zur Beleuchtung, die andere zur Beobachtung. — Verwendet man hingegen das Glasplättchen, so wird wegen der teilweisen Reflexion nur ein kleiner Bruchteil aller aufgewandten Strahlen dem Objekt zugeführt. Die Beleuchtung des Objekts ist aber in diesem Falle symmetrisch, da die ganze Objektivöffnung zur Beleuchtung dient. Ebenso wird hier die volle Objektivöffnung zur Abbildung benutzt. — Das Prisma ergibt also hellere Beleuchtung, das Glasplättchen bessere Auflösung.

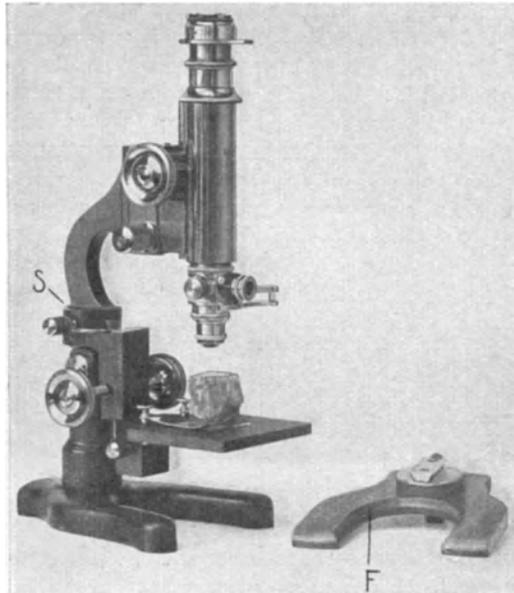


Fig. 73. Kleines Metallmikroskop der Firma Leitz, Wetzlar.

Fig. 73 zeigt den Opak-Illuminator an einem Spezialinstrument der Firma Leitz, Wetzlar. Der Tisch, welcher das Untersuchungsmaterial trägt, kann mittels Zahn- und Triebbewegung gehoben und gesenkt werden. Dieses Mikroskop ist wegen seiner Vielseitigkeit beachtenswert. Es kommt in der Metallographie häufig vor, daß sehr große Stücke, z. B. Eisenbahnschienen, große Stahlplatten u. ä. an einer gewissen Stelle untersucht werden sollen, ohne daß man hier eine Probe herauschneiden kann. Derartige Untersuchungen kann man nur mit einem Mikroskop ausführen, das man unmittelbar auf die betreffende Stelle aufsetzt. An dem Mikroskop der Fig. 73 läßt sich nun mit Hilfe eines Schwalbenschwanzstückes bei S das Oberteil

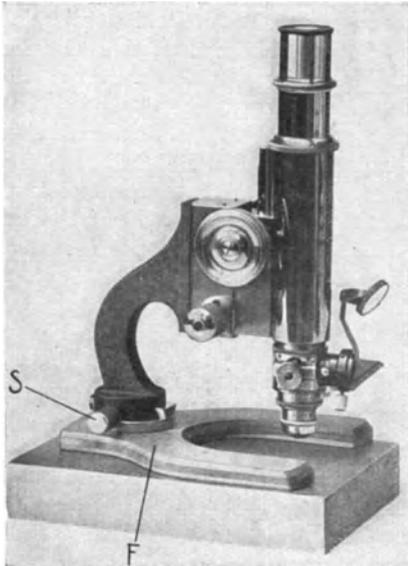


Fig. 74.
Dasselbe Stativ für Untersuchung großer Platten.

von dem Unterteil abnehmen und auf einen anderen Fuß setzen, der bei *F* neben dem Mikroskop zu sehen ist. In Fig. 74 ist das Mikroskop mit diesem Fuß auf ein großes Metallstück gestellt, das so bequem und unabhängig von seiner Größe untersucht werden kann. Schließlich kann man das Obertheil auch auf ein gewöhnliches Unterteil setzen, wie es für Untersuchungen im durchfallenden Licht benutzt wird. Das ist in Fig. 75 geschehen, und wir haben hier ein recht brauchbares Instrument für Untersuchungen im durchfallenden natürlichen oder polarisierten Licht. Der für die metallographische Untersuchung dienende Tisch liegt neben dem Mikroskop.

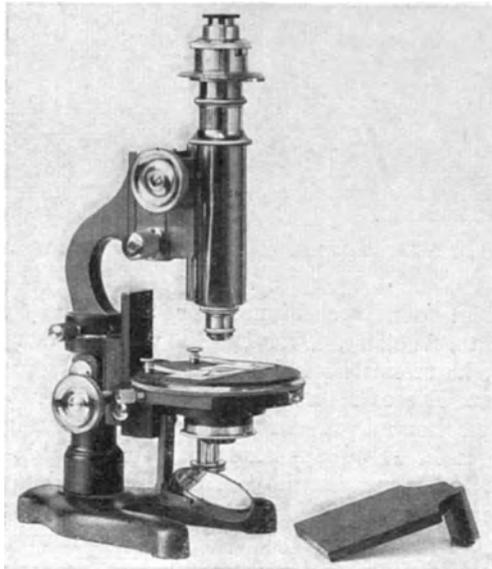


Fig. 75. Dasselbe Stativ für Untersuchungen im durchfallenden Licht.

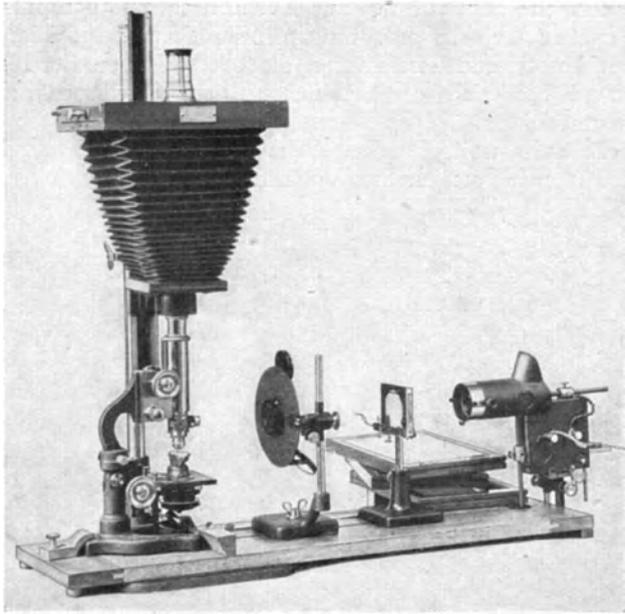


Fig. 76. Kleine mikrographische Einrichtung zum Opak-Illuminator.

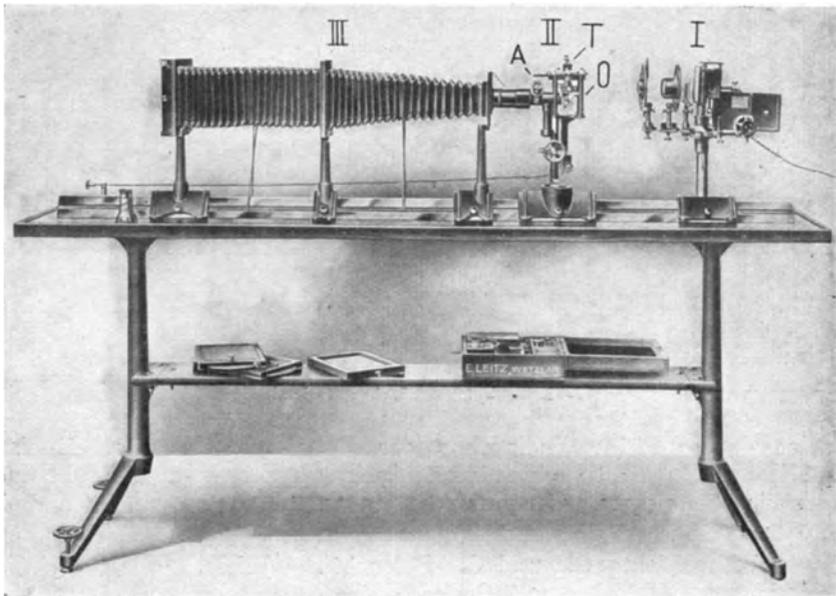


Fig. 77. Großes Metallmikroskop von Leitz mit photographischer Kamera.

Eine einfache Einrichtung zur Ausführung photographischer Aufnahmen opaker Objekte mit diesem Mikroskop zeigt Fig. 76. Mit Hilfe einer besonderen Vorrichtung, die ebenfalls von der Firma Leitz geliefert wird, läßt sich die Schliffebene genau senkrecht zur Mikroskopachse ausrichten.

Für die sehr weitgehenden Anforderungen der Technik werden Spezialinstrumente von hoher Vollkommenheit hergestellt. Fig. 77

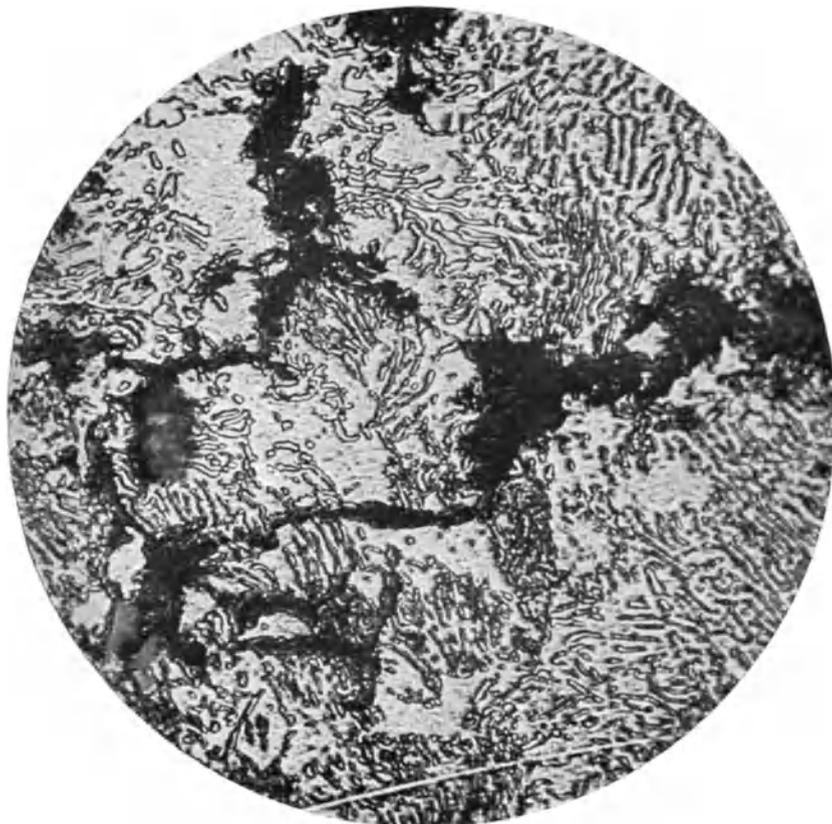


Fig. 78. Temperguß. Vergr. 1000:1.

zeigt das große Metallmikroskop der Firma Leitz, Wetzlar. Es ist gleich bequem für die subjektive Beobachtung und für die Mikrophotographie eingerichtet. Wir unterscheiden an ihm im wesentlichen drei Teile:

- I. Die Lichtquelle und das Beleuchtungssystem.
- II. Das Mikroskop mit Opak-Illuminator.
- III. Die photographische Kamera.

Das Mikroskop unterscheidet sich wesentlich von dem in der Medizin und in den Naturwissenschaften gebräuchlichen. Der Tubus *A* für die subjektive Beobachtung ragt seitlich aus dem Mikroskop heraus. Er kann in den Strahlengang ein- und ausgeschaltet werden. Im ersten Falle wird subjektiv beobachtet, im zweiten photographiert. Das Umschalten geschieht durch eine einfache, bequeme Bewegung. Die Objekte werden mit der Schliffebene nach unten auf den mechanisch



Fig. 79. Spiegeleisen. Vergr. 18,5:1.

bewegbaren Objektstisch *T* gelegt. Ein Ausrichten der Schliffebene in bezug auf die Mikroskopachse erübrigt sich bei dieser Anordnung. Die Beleuchtung des Objektes geschieht durch den bei *O* sichtbaren Opak-Illuminator.

Da die Metallschliffe ohne Deckglas untersucht werden, muß man hierfür Mikroskopobjektive anwenden, die besonders für die Benutzung ohne Deckglas korrigiert sind.

Fig. 78 und 79 zeigen zwei mit diesem Apparat ausgeführte mikrographische Aufnahmen.

In Fig. 78 ist in 1000-facher Vergrößerung ein sogenannter Temperguß dargestellt, wie er bei der Entkohlung des Roheisens gewonnen wird. Das Bild stellt einen Teil der inneren Zone, der Kernzone des Materials dar, in welcher es zu vollständiger Verbrennung des Kohlenstoffes beim Temperprozeß nicht gekommen ist. Der Kohlenstoff hat sich lediglich in Form von amorphem reinem Kohlenstoff (schwarze Nester) aus den ursprünglichen Zementitkristallen (Fe_3C) ausgeschieden. Die hellen Stellen sind die kohlenstofffreien Ferritkristalle, die dunkleren, schnürenförmigen Gebilde das Eutektikum von Fe und C (Perlit).

Fig. 79 stellt in schwacher Vergrößerung ein kohlenstoffreiches Eisen, sogenanntes Spiegeleisen dar. Die zeilenartigen, hellen Gebilde sind Zementitkristalle, die übrige Grundmasse besteht aus Perlit.

F. Mikroskopische Objekte.

I. Objekte aus dem Pflanzenreiche.

1. Höhere (Gefäß-) Pflanzen.

a) Von Samen und Früchten stammende Objekte.¹⁾

Mehl, Stärke.

Das Mehl besteht seiner überwiegenden Masse nach aus Stärkekörnern; außer diesen finden sich aber in jedem Mahlprodukt noch Reste der Fruchthülle (Kleienbestandteile). Die Art des Mehls ist durch die Form der Stärkemehlkörner, die größtenteils sehr charakteristisch ist, sowie durch die Untersuchung der Kleienbestandteile bestimmbar.

Das Stärkekorn. — Alle Stärkekörner werden im Innern der Zellen gebildet und stellen Inhaltsbestandteile, keine ganzen Zellen dar.

Um recht charakteristische Stärkekörner kennen zu lernen, nehmen wir eine Kartoffel, schneiden von derselben ein Stück ab, schaben mit einem Skalpell ein klein wenig die Schnittfläche und bringen die weißliche Flüssigkeit, welche am Skalpell hängt, in einem Tropfen Wasser unters Mikroskop.

Wir sehen (Fig. 80) dann fast wasserhelle, lichtbrechende, elliptische Körner im Gesichtsfeld, an denen mehrere Beobachtungen zu machen sind:

1. Diese Stärkekörner sind nicht homogen, sondern wir unterscheiden an jedem deutlich einen (bei der Kartoffelstärke nicht im Zentrum gelegenen) Mittelpunkt, der weniger dicht ist als die umgehende Masse des Korns und daher aus optischen Gründen dunkler und häufig etwas rötlich gefärbt aussieht.

2. Auch die um den Mittelpunkt (Kern) des Stärkekorns gelegene Masse ist keineswegs homogen, sondern zeigt (bei der Kartoffelstärke

¹⁾ Der Übersichtlichkeit halber wurden auch die aus Knollen und Stämmen stammenden Stärkesorten hier aufgeführt.

besonders schön sichtbar) hellere und dunklere Streifen, die von einer Schichtung des Korns, d. h. von übereinanderliegenden wasserreicheren und wasserärmeren Stärkelagen herrühren.

3. Wenn wir die Stärkekörner in polarisiertem Licht betrachten, (Fig. 44 auf Seite 39), so zeigen sie bei gekreuzten Nicols vier dunkle, vom Kern ausgehende Streifen. Dies beweist, daß die Körper doppeltbrechend sind, und beweist, daß die kleinsten Stärketeilchen einen kristallartigen Bau haben müssen.

4. Wird den Stärkekörnchen Speichelflüssigkeit zugesetzt, so beobachtet man, daß sie durchsichtiger werden, ohne doch vollkommen zu verschwinden, im Gegenteil, ihre ganze Gestalt bleibt bestehen. Daraus erkennt man, daß durch das Speichelferment etwas aus den Körnern herausgelöst wird, was einer andersartigen, die Gestalt des Korns bedingenden Grundmasse eingelagert war. Wenn wir zu geeigneter Zeit die gleich anzugebende Jodreaktion ausführen, so werden die Körner dann nicht mehr blau, sondern weinrot oder schließlich gelb. Die Stärke ist dann ausgezogen und ein dem Stärkekorn gleichgestaltetes Skelett (wahrscheinlich von Amylodextrin) blieb übrig.



Fig. 80. Kartoffelstärke. — Vergr. $\frac{75}{1}$.

5. Wenn wir den Stärkekörnern einen Tropfen Kalilauge zusetzen, so quellen sie zunächst auf und lösen sich dann vollständig. Ein Gleiches tritt durch Kochen in Wasser ein. Dies Sichauflösen wird als Verkleisterung bezeichnet.

6. Die hauptsächlichste Reaktion der Stärke besteht in ihrer Eigenschaft, sich mit Jod behandelt blau zu färben. Dabei ist zu bemerken, daß diejenigen Jodreagenzien, die Jodwasserstoff oder Jodkalium enthalten, keine rein blaue, sondern eine violett-braune Farbe ergeben, ebenso ist

wichtig, daß das Blau bei starkem Jodzusatz momentan in ein tiefes Blauschwarz übergeht.

Kartoffelstärke. (Fig. 80.) — Die Stärkekörnchen der Kartoffeln, die wir eben genauer betrachtet haben, sind durch die bedeutende Größe (die großen $70-100 \mu$), durch den deutlichen Kern und die exzentrische, sehr deutliche Schichtung, ihre meist unregelmäßige, entweder an einem Ende schmalere (keilförmige) oder drei- bis viereckige Gestalt unzweifelhaft charakterisiert. Aber außer diesen großen, ausgewachsenen Körnern enthält

die Kartoffel stets auch noch kleinere, runde Körner, die kaum von den Stärkekörnern des Roggens oder Weizens unterschieden werden können. Man halte sich deswegen bei der Diagnose stets an die großen Körner, die bei jeder Kartoffelstärke enthaltenden Probe erkennbar sind.

Die Kartoffelstärke wurde in Friedenszeit mehrfach dem Mehl zugesetzt, meist war der Zusatz ein nur geringer (2—3%); angeblich diente diese damals als Fälschung angesehene Beimengung dazu, die Backfähigkeit des Mehls zu erhöhen. Insbesondere sollte sie den Zweck haben, das aus dergestalt gemischtem Mehl gebackene Brot länger feucht („frisch“) zu erhalten. — Viel häufiger kam es allerdings vor, daß das „Kartoffelmehl“ nur zum geringsten Teil aus Kartoffelstärke, größtenteils aus Zerealienmehl bestand. Diese Nachahmung wird durch das Mikroskop sehr leicht erkannt. — Eine der wichtigsten Kriegsmaßnahmen wurde die Streckung der geringen Getreidevorräte mit Kartoffelmehl. Dazu werden jeweils nach örtlicher Anordnung bald gekochte Kartoffeln, bald Kartoffel-Trockenpräparate verwendet; eine Deklaration des Kartoffelzusatzes muß durch den dem Brot aufgestempelten Buchstaben „K“ stattfinden.

Es wird nach dem Kriege schwer sein, den Kartoffelzusatz zum Brot wieder als „Fälschung“ zu verurteilen, wie dies früher geschah.

Bedeutung hat die Verwendung der Kartoffelstärke ferner zur Tapioka-Fabrikation. Als Sago oder Tapioka werden halbverkleisterte Fabrikate bezeichnet, die aus den verschiedensten Stärkearten hergestellt werden; die echte Tapioka hat als Material das Mehl von *Manihot utilissima* (Fig. 111), das durch Siebe gepreßt, dadurch zu Körnern geformt und dann in offenen Pfannen erhitzt wird. In der Kartoffel-Tapioka lassen sich stets noch leicht die Kartoffelstärkekörner erkennen.

Roggenmehl. (Fig. 81.) — Die Stärkekörner des Roggens sind stets in der Weise in ihrer Größe verschieden, daß man im selben Mehl zwei Sorten von Stärkekörnern, nämlich große und kleine, unterscheiden kann. Dies hat seine Ursache darin, daß in den Zellen des Roggenkorns einige Körner jeweils sich gut ausbilden, während sehr viele dies nicht können und als Füllmaterial zwischen den großen Körnern und den Zellwänden liegen. Nur die großen Stärkekörner sind charakteristisch; sie sehen allermeist rund aus, messen meist 0,03 bis 0,035 mm und zeigen zarte (oft kaum wahrnehmbare) konzentrische Schichtung. Ganz besonders bemerkenswert ist, daß sie gewöhnlich drei bis fünf breite und kurze vom Zentrum ausgehende Spalten aufweisen.

Diese Gestalt der Stärkekörner ist aber nicht genügend verschieden von derjenigen, die bei Weizen und Gerste vorkommt, um zu sicherer Entscheidung zu kommen, wenn man Mehlmischungen vor sich hat. In diesem Fall müssen noch andere, unten gekennzeichnete, der Fruchtschale der Getreidearten entnommene Merkmale zur Beurteilung mit herangezogen werden.

Weizenmehl. (Fig. 82.) — Weizenstärke ist der Roggenstärke ganz außerordentlich ähnlich; gleichwie bei jener kommen auch beim Weizen zwei durch ihre Größe scharf geschiedene Sorten von Stärkekörnern vor. Die großen Stärkekörner, die allein bei der Untersuchung beachtenswert sind, zeigen nur in Ausnahmefällen schwache Schichtung; auch kommt bei ihnen nur sehr selten die vom Zentrum ausgehende spaltenförmige Zerklüftung vor, die bei der Roggenstärke sehr häufig ist. Die großen Körner sind bis 0,04 mm breit.

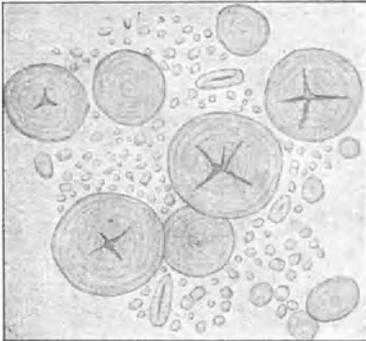


Fig. 81. Roggenstärke. — Vergr. $\frac{200}{1}$.

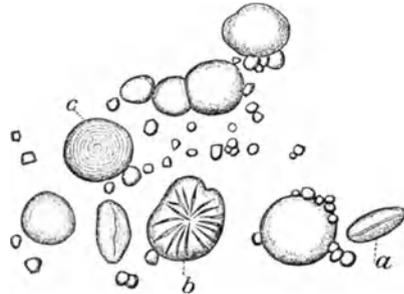


Fig. 82. Weizenstärke. — Vergr. $\frac{200}{1}$.
Bei *a* Korn in der Seitenaussicht; *b* gequetschtes Korn; *c* Korn mit sichtbarer Schichtung.

Nachweis von Mehlmischungen.

Der Nachweis einer Mischung des Weizenmehls mit Roggenmehl hat für die Praxis der Nahrungsmitteluntersuchung große Bedeutung. Wenn Weizenmehl mit Roggenmehl versetzt wurde, wird das Auftreten der in Fig. 81 dargestellten, starke Spalten aufweisenden Stärkekörner einen Hinweis auf derartige Verfälschung bieten, doch ist diesem Merkmal keine ausschlaggebende Bedeutung beizumessen.

Sichere Unterscheidungen können nur durch die Untersuchung der Kleienbestandteile gewonnen werden, die in jedem Mehl je nach seiner Nummer in größerer oder geringerer Zahl vorhanden sind.

Es ist jedoch nicht zu übersehen, daß die Trennung der Getreidesamen verschiedener Arten von Zerealien in der Praxis keine sorgfältige zu sein pflegt. Wie auf dem Acker in einem Weizenfeld einzelne Roggenpflanzen stehen, so wird auf der Tenne Weizen nach Roggen gedroschen, ohne daß auf eine peinlich genaue Reinhaltung der Sorten besonderer Wert gelegt wird. Dem entsprechend pflegen häufig im Weizenmehl sich einige Bestandteile des Roggenkorns, im Roggenmehl einige Stärkemehlkörnchen des Weizens, der Gerste und des Hafers zu finden. Soll eine Verfälschung oder Unterschiebung eines fremden Mehls konstatiert werden, so muß in erster Linie auf die Zahl der betr. fremdartigen Elemente Rücksicht genommen werden.

Hat man ein Mehl darauf zu untersuchen, ob es ein Gemisch von Roggen- und Weizenmehl ist, so verfährt man folgendermaßen:

1. Man tropft auf einen Objektträger etwas Wasser, bringt in diese Flüssigkeit eine Spur von dem zu untersuchenden Mehl, legt ein

Deckglas auf und betrachtet die Stärkekörner auf ihre oben angegebenen Eigenschaften.

2. Eine geringe Menge (1 g) Mehl wird in reichlich Wasser (250 ccm) gekocht. Von dem an der Oberfläche sich bildenden Schaum werden auf mehreren Objektträgern Ausstrichpräparate gemacht; diese läßt man trocknen, gibt einen Tropfen Kanadabalsam oder Nelkenöl unter das Deckglas und identifiziert die Spelzenbestandteile sowie die hier besonders reichlich auftretenden Haare nach den gleich zu machenden Angaben. — Diese Behandlung verändert die Zellen der Spelzenbestandteile am wenigsten und liefert die sichersten Untersuchungsergebnisse.

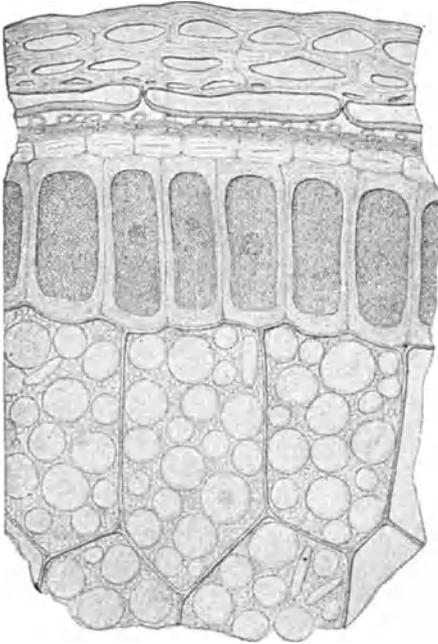


Fig. 83. Querschnitt durch die äußeren Partien des Weizenkorns. — Vergr. $280/1$.

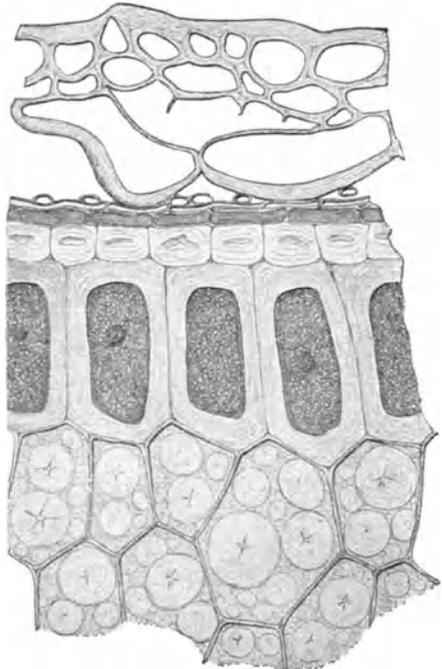


Fig. 84. Querschnitt durch die äußeren Partien des Roggenkorns. — Vergr. $280/1$.

3. Man nimmt 2 g Mehl, rührt dasselbe mit etwas Wasser zu einem Brei und gibt während des Umrührens 220 ccm Wasser zu. Die so entstandene dünne Flüssigkeit setzt man auf die Flamme, kocht sie und fügt während des Kochens allmählich 2 ccm konzentrierter Salzsäure zu. Durch das Kochen mit der verdünnten Säure wird die Stärke in Zucker übergeführt. Hat die dauernd trübe bleibende Flüssigkeit etwa zehn Minuten gekocht, so läßt man absitzen und gießt den Bodensatz mit möglichst wenig Wasser in ein kleines Spitzglas. Dann läßt man nochmals eine halbe Stunde stehen. — Ist

dies geschehen, so saugt man mit einer Pipette von dem Satz etwas auf, bringt den Tropfen auf einen Objektträger, bedeckt mit Deckglas und betrachtet ihn nun unter dem Mikroskop.

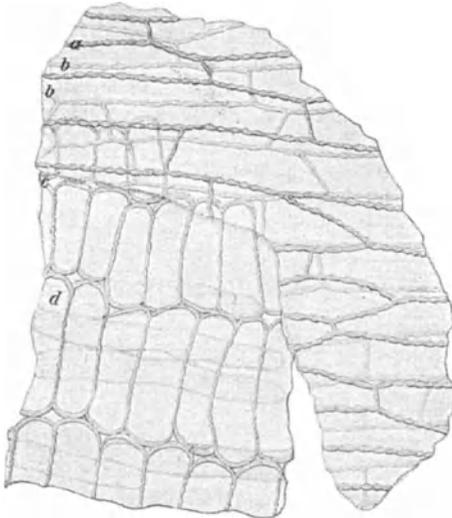


Fig. 85. Spelzenbestandteile des Roggens. *a* Epidermis, *b* Längszellen, *c* Querszellen, *d* Schlauchzellen. — Vergr. $100/1$.

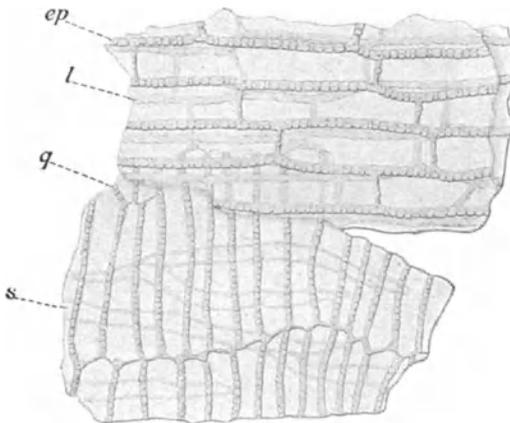


Fig. 86. Spelzenbestandteile des Weizens. *ep* Epidermis, *l* Längszellen, *q* Querszellen, *s* Schlauchzellen. — Vergr. $100/1$.

dies ist die nur Andeutungen von Zellhöhlungen zeigende braune Schicht und die gleichsam von freiliegenden Ringen gebildete Schlauchzellschicht. Die Zellen dieser drei Schichten sind sehr zart; sie pflegen nur bei subtilster Präparation deutlich gesehen zu werden und treten bei Kleienbestandteilen aus Mehl nur in den seltensten Ausnahmefällen hervor.

In diesem Präparat, dem wir vorsichtig ein ganz klein wenig Kalilauge zusetzen, sowie in dem nach 2. gewonnenen Präparat sehen wir vor allem zwei verschiedene Bestandteile, nämlich röhrenförmige Gebilde, welche Haare oder Haarfragmente darstellen, und zerrissene, flächenartige oder hautartige Teile, dies sind Kleienteile.

Um nun diesen Detritus für die Diagnose zu verwenden, müssen wir uns mit der Anatomie der Getreidekörner genauer vertraut machen.

Wenn wir ein Getreidekorn (Weizen Fig. 83, Roggen Fig. 84) quer schneiden und die Randpartie des Schnittes betrachten, so lassen sich zunächst auf den ersten Blick die Zellen des eigentlichen Korns und diejenigen der Umhüllung voneinander unterscheiden.

Das ganze Innere des Korns wird von den dünnwandigen Stärkezellen eingenommen. Rings um das Korninnere herum liegt eine einfache Reihe großer, dickwandiger Zellen, die mit Jod sich gelbbraun färbenden Inhalt haben und als Kleberzellen bekannt sind.

Gehen wir nun weiter nach außen, so folgen drei Zellschichten, die allermeist nur wenig deutlich sind und auch für die Diagnose nicht in Betracht kommen;

Dagegen sind die nun nach außen folgenden drei Zellschichten für die Diagnose von der höchsten Bedeutung; sie sind in den durch Kochen mit verdünnter Säure erhaltenen Kleienbestandteilen allermeist gut erhalten und können leicht erkannt werden. Um ihr für die Mehlintersuchung charakteristisches Bild zu gewinnen, muß man sie aber in der Flächenansicht betrachten.

Macht man einen feinen Längsschnitt von der oberflächlichsten Lage des Roggenkorns und betrachtet denselben, so sieht man, daß die beiden äußeren Zellschichten aus in der Längsrichtung des Korns gestreckten Zellen bestehen. Die dritte dagegen (die Querzellenschicht) besteht aus in der Querrichtung des Korns gestreckten Zellen (vgl. Fig. 85).

Auch beim Weizen (Fig. 86) sind die gleichen Schichten der Kornumhüllung vorhanden und werden bei gleicher Präparation bzw. in den Kleienbestandteilen aufgefunden. In der Ausbildung der Zellwände dieser Schichten liegt das Hauptunterscheidungsmerkmal zwischen Weizen- und Roggenmehl.

Beim Weizen sind die Zellen, sowohl die Längs- wie die Querzellen, dickwandig und so stark getüpfelt, daß sie wie aus einer Perlenkette gebildet aussehen; beim Roggen dagegen sind diese Zellwände viel dünner und schwächer getüpfelt. Den Gegensatz von Weizen und Roggen stellen die Fig. 86 und Fig. 87 dar. Dabei ist zu beachten, daß die Längszellen des Weizens meist ebenso lang sind wie die Querzellen, während beim Roggen die Längszellen allermeist viel länger sind als die Querzellen. Ferner, und auf dies Merkmal ist das größte Gewicht zu legen, sind die Zellwände der Querzellen dort, wo sie aneinander stoßen (also die kurzen Seiten dieser Zellen), wie Fig. 85 deutlich zeigt, besonders stark verdickt und tragen keine Tüpfel, während beim Weizen diese Wände (vgl. Fig. 86) nicht besonders verdickt sind.

Auf das Verhalten der in der Flächenansicht der Kleinbestandteile ohne weiteres sichtbaren äußersten Kleienzellschichten ist hauptsächlich der Unterschied zwischen Roggen- und Weizenmehl bzw. der Nachweis einer Mischung beider zu begründen. Wenn die Querzellenschicht

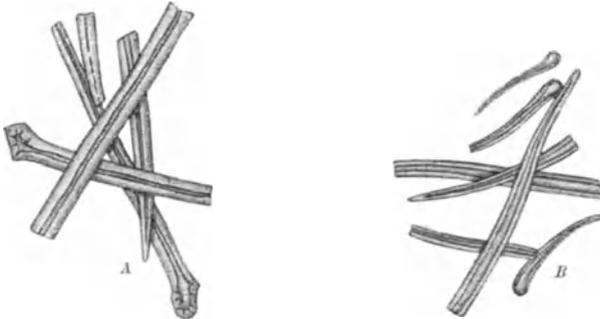


Fig. 87 und 88. Haare: A vom Weizen, B vom Roggen. — Vergr. $125/1$.

(über ihr Aussehen usw. orientiere man sich unter Zuhilfenahme der eben gegebenen Beschreibungen an rasch angefertigten Präparaten von Weizen- und Roggenkörnern) durchbrochene kurze (Quer-) Wände hat, so gehört das betreffende Kleienpartikel zum Weizen; sind die Querwände aber stärker verdickt als die Längswände und zugleich nicht durchbrochen, so hat man es mit Roggen zu tun.

Ein fernerer wichtiger Unterschied besteht in der Beschaffenheit der Haare beider Getreidesorten. Beim Weizen sind alle Haare, ausgenommen wenige ganz besonders große (die als „bandförmige Haare“

bezeichnet werden) mit so starken Wandungen versehen, daß etwa in der Mitte des Haars jede Wand deutlich dicker ist als der Innenraum der Haarzelle (Fig. 87). Beim Roggen dagegen (Fig. 88) sind die Wände der Haare (wieder etwa in der Haarmitte gemessen) deutlich und meist sehr beträchtlich viel schmaler als die Höhlung. Auch die Basis der Haare ist verschieden: beim Roggen gerundet und nicht getüpfelt, beim Weizen stumpfkantig und getüpfelt. Hat man ein Roggenmehl oder Weizenmehl, in dem mehr als 5 % der Haarformen nicht zu dem Typus der betreffenden Getreidefrucht gehören, so wird man mit Vorsicht die Fälschung des Mehls behaupten können. Sicherheit gewinnt man dann durch das Studium der Querzellen. Doch ist in Gegenden, wo Spelz (*Triticum Spelta*) gebaut wird, bei der Verwendung der Haare für die Diagnose besondere Sorgfalt nötig. Diese seltenere Getreideart ist anatomisch vom Weizen unterschieden durch weitlumigere, zahlreiche Übergänge zu der Roggenform aufweisende Haare.

Folgendes Schema stellt die Differenzen von Weizen und Roggen in Gegensatz:

Weizen.

a) Stärkekörner: Breite bis 40 μ ; Spalten sehr selten; Schichtung fehlt fast stets.

b) Haare: Dicke der Wand allermeist größer als Breite des Lumens; Basis stumpfkantig, getüpfelt.

c) Längszellen: dickwandig; Tüpfel stark, nach außen kaum erweitert, daher verdickte Abschnitte an den Enden eckig.

d) Querzellen: Dicke und Tüpfelung wie bei den Längszellen; länger als diese oder ungefähr gleich lang, nur selten kürzer; Querwände (Enden) mit breiten Tüpfeln oder unverdickt, meist dachig auslaufend.

e) Kleberzellen: Maximal 32—40 μ breit und 56—72 μ lang.

Roggen.

a) Stärkekörner: Breite bis 55 μ ; Spalten häufig; Schichtung häufig sichtbar.

b) Haare: Dicke der Wand geringer als Breite des Lumens; Basis gerundet, ungetüpfelt.

c) Längszellen: dünnerwandig; Tüpfel schwächer, nach außen erweitert, daher verdickte Abschnitte an den Enden gerundet.

d) Querzellen: Dicke und Tüpfelung wie bei den Längszellen; kürzer als diese oder nur selten gleich lang; Querwände (Enden) verdickt, ungetüpfelt und bogenartig gerundet.

e) Kleberzellen: Maximal 23—40 μ breit und 40—64 μ lang.

Werden durch den Mahlprozeß zu viele Grobkörner beschädigt, so wird das Mehl („schliffiges“ im Gegensatz zu „griffigem“ Mehl) weniger fähig Wasser aufzunehmen und von den Bäckern geringer bewertet. In schliffigem Mehl findet man viele zerquetschte (vgl. Fig. 82 b) und gebrochene Stärkekörner.

Verdorbenes Mehl.

Ausgewachsenes und Schobergetreide. — Minderwertig ist Mehl, wenn das Mahlgut wesentliche Veränderungen erlitten hat.

Wenn das Getreide infolge ungünstiger Witterung nicht rechtzeitig eingebracht werden kann, so beginnt in den Körnern der Keimungs-

prozeß; die Stärkekörner werden behufs Ernährung des wachsenden Keimlings durch das Diastaseferment angegriffen. Die Lösung der Stärkekörner wird deutlich besonders daran erkannt, daß die Schichtungen außergewöhnlich klar hervortreten und zugleich unregelmäßige Spalten entstehen (Fig. 89). Von den normalen Spalten unterscheiden sich die bei der Auflösung der Stärkekörner sich bildenden leicht dadurch, daß jene auch beim Roggen niemals bis in die äußersten Schichten des Korns vordringen, während die Lösungsspalten dies tun, ja häufig direkt die Oberfläche des Stärkekorns zerklüften.

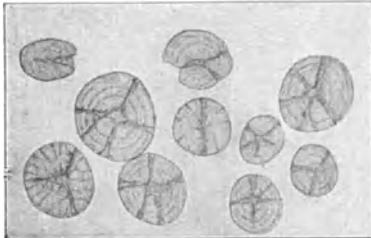


Fig. 89. Stärkekörner von ausgewachsenem Roggen. — Vergr. $250\times$.

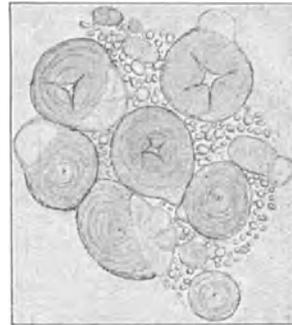


Fig. 90. Stärkekörner von verdorbenem Schoberroggen. — Vergr. $250\times$.

Wird das Getreide auf dem Felde zunächst in Schober gesetzt, um später gedroschen zu werden, so ist es bei ungünstiger Witterung sowohl dem Auswachsen wie häufig auch der Selbsterhitzung unterworfen. Mehl aus verdorbenem Schobergetreide ist mikroskopisch leicht zu erkennen. Neben normalen Körnern finden sich viele, ja häufig die Überzahl, deren Randpartien strukturlos erscheinen und hervorquellen (Fig. 90). Dies sind infolge von feuchter Wärme teilweise verkleisterte Körner. Auch vollkommen verkleisterte Stärkekörner lassen sich nachweisen. Solches Mehl ist durch dumpfigen Geruch und Klumpenbildung ausgezeichnet. — Man halte sich bei der Beurteilung sowohl des ausgewachsenen wie des durch Selbsterhitzung geschädigten Getreides an die Großkörner, weil diese allein die Veränderungen unverkennbar zeigen. Beide Fehler kommen beim Roggen am häufigsten vor.

Dumpfiges Mehl. — Durch feuchtes Lagern wird das Mehl dumpfig und verliert seinen Wohlgeschmack. Die Ursache dieser Erscheinung sind tierische Schädlinge (siehe unten) oder Schimmelpilze, die sich im Mehl angesiedelt haben und mit ihren spezifischen, übel schmeckenden und dumpfig riechenden Stoffwechselprodukten das Verderben des Mehls bewirken. Man kann diese Schimmelpilze bei der einfachen mikroskopischen Untersuchung als feine, farblose, doppelt konturierte Fäden manchmal nachweisen; meist ist es aber empfehlenswert, sie durch Kultur direkt sichtbar zu machen.

Zu diesem Zweck nimmt man reinsten, grobkörnigen Quarzsand und digeriert denselben zwei Stunden lang in einem Kolben mit konzentrierter Schwefelsäure. An Stelle des Sandes können auch Glasperlen genommen werden. Dann gießt man die Säure ab und wäscht den Sand unter der Wasserleitung so vollständig aus, daß alle Säure weg ist.

Von diesem Sand füllt man soviel in eine große Kristallisierschale, bis der Boden derselben $\frac{1}{2}$ cm hoch bedeckt ist und legt eine Glasplatte als Deckel auf.

Ist dies geschehen, so erhitzt man das ganze Gefäß entweder im Trockenschrank oder auf offener Flamme (was weniger zweckmäßig ist) auf etwa 150 bis 200° und sterilisiert dadurch das Ganze. Die Prüfung des Mehls geschieht nun in der Weise, daß man 5 g Mehl mit 50 g destilliertem, ausgekochtem und dadurch sterilisiertem Wasser unter Beobachtung aller Vorsicht (damit keine Schimmelpilzkeime von der Luft aus dazu kommen) anrührt, den dünnen Brei gleichmäßig über den sterilen Sand schüttet, die Glasplatte wieder auflegt und nun das Wachstum abwartet. Gutes Mehl soll Schimmelpilzkeime nicht oder nur in geringer Menge enthalten; dumpfiges Mehl dagegen bedeckt sich bei dieser Behandlung schon nach 24 Stunden mit den feinflaumigen Räschen der Schimmelformen.

Milbiges Mehl erkennt man bei 50facher Vergrößerung, ein stark milbiges sogar mit guter Lupe, denn die dauernde Bewegung der ausgewachsen bis etwas über 1 mm großen Milben ist auffallend. Das beste Mittel, reichlicher vorhandene Milben zu finden, ist folgendes: Man drückt einen polierten Gegenstand gegen die Mehloberfläche, so daß dadurch eine vollkommen ebene Fläche entsteht. Diese betrachtet man nun aufmerksam mit der Lupe. Die sich an die Oberfläche des Mehls herausarbeitenden Milben heben sich von der glatten Umgebung sofort ab und können so nicht übersehen werden. Auch entstehen durch die Bewegung der Tiere auf der glatten Oberfläche oder an Glaswänden des Gefäßes, in dem man die Mehlsprobe aufbewahrt, mit der Lupe leicht kenntliche, oft netzartig anastomosierende linienförmige Spuren.

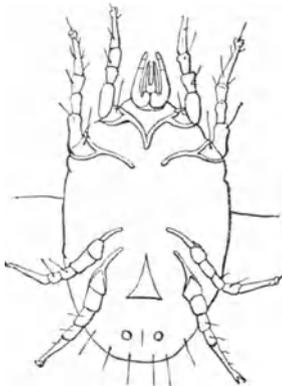


Fig. 91. Mehlmilbe. Stark vergrößert. (Nach Maurizio.)

Sind Milben nur in geringer Anzahl vorhanden, so ist ihr Nachweis schwierig. Oft gelingt es, sie zu finden, indem man eine Messerspitze Mehl im Reagenzglas mit Wasser schüttelt, kurz stehen läßt und die auf die Oberfläche steigenden Milben und Milbenbälge mit dem Skalpell sammelt. Das sicherste Mittel die Milben nachzuweisen ist aber, das zu untersuchende Mehl 2—3 Wochen stehen zu lassen, um den Tieren Zeit zu ausgiebiger Vermehrung zu lassen.

Die gemeine Mehlmilbe (*Acarus farinae*, Fig. 91) hat einen weißlichen Körper und hellbraune bis rötlichgelbe Beine; ihre Oberfläche ist mit steifen Borsten besetzt. *Acarus plumiger* ist durch lange federartige Haare ausgezeichnet. Der Kot der Milben färbt das Mehl mit der Zeit dunkel. Milbiges Mehl ist nicht gesundheits-schädlich, aber durch dumpfigen oder bei starker Vermehrung der Tiere widerlich süßlichen Geruch verdorben.

Vermottetes Mehl ist durch die Anwesenheit von Larven, Gespinst und Kot von Kleinschmetterlingen verdorben und zeigt oft sehr stark dumpfigen Geruch. Folgende Arten der Schädlinge sind zu unterscheiden:

Ephestia Kühniella (*Mehlzünsler*); ungefähr 10 mm lang, spannt 24—27 mm. Vorderflügel bleigrau mit einigen schwarzen Wellenlinien und unregelmäßigen Flecken; Hinterflügel weißlich mit verwaschener grauer Randlinie. Raupe mit dunkelgelbem Kopf, hellem Leib und vier Reihen dunkelbrauner Punkte. Puppe ockergelb.

Tinea granella (*Kornmotte*); etwa 6 mm lang, spannt 15 mm. Das Tier ist der Kleidermotte sehr ähnlich. Vorderflügel hell mit mehreren unregelmäßigen dunkleren Fleckchen; Hinterflügel dunkler mit hellem Rand; Rand aller Flügel sehr lang gefranst.

Tinea hordei (*französische Getreidemotte*); von gleicher Größe wie die vorige. Vorderflügel trüb lehmgelb mit schwachem, graubraunem Anflug und gelbbraunen Fransen; Hinterflügel grau.

Diese Motten richten öfters großen Schaden an. Zu ihrer Bekämpfung wird das Getreide vorsichtig bei 50° gedarrt; die Ritzen in Böden und Wänden sind mit Kitt zu verstreichen; für starken Luftzug ist zu sorgen und die Säcke sind während der Flugzeit der Schmetterlinge mit scharfen Bürsten abzubürsten, um die Eier zu entfernen.

Nachweis fremder Bestandteile im Mehl.

Mineralbestandteile. — Die verschiedensten Mahlprodukte weißer Mineralien wurden bereits als Mehlverfälschungen gefunden. Wenn man in den Mehlpräparaten durch ihre scharfen Kanten, unregelmäßigen Flächen, ihr starkes Lichtbrechungsvermögen ausgezeichnete Körner sieht, so läßt man zunächst die mikroskopische Untersuchung und beginnt die Bestimmung der Aschenbestandteile. Auch ist die Anwendung der Chloroformprobe empfehlenswert, die derart ausgeführt wird, daß man etwas Mehl mit der zehnfachen Menge Chloroform im Reagenzglas schüttelt. Die mineralischen Verfälschungen setzen sich dann beim Stehen ab. — Als häufigste Mehlverfälschungen mineralischer Art sind kohlen-saurer Kalk, Gips und Schwespat zu nennen. Besonders bemerkt sei, daß mineralische braune Körner, die sich häufig im Mehl finden, keineswegs immer absichtliche Fälschung erschließen lassen, sondern von den Mühlsteinen stammen.

Alaun und Kupfersulfat. — Von den Fälschungen des Mehls mit löslichen Mineralbestandteilen hat hauptsächlich diejenige mit Alaun, der vielfach, um die Backfähigkeit zu erhöhen („amerikanisches Backpulver“) beigesezt wird, Bedeutung, Zum Nachweis

rührt man etwa 10 g des Mehls mit 50 ccm Wasser zu einem dünnen Brei, filtriert und setzt dem Filtrat einige Tropfen alkoholische Cochenilletinktur zu. Ist Alaun vorhanden, so färbt sich die ursprünglich gelbrote Cochenilletinktur sofort schön karminrot. —

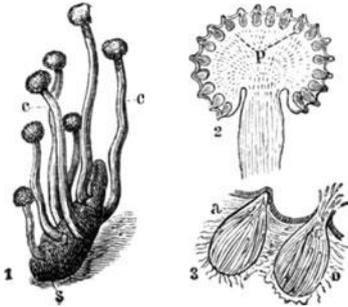


Fig. 92. Mutterkornpilz (*Claviceps purpurea*). 1. Sklerotium mit Sammelfruchtkörpern; 2. ein solcher längs durchschnitten; 3. zwei Einzelfruchtkörper.

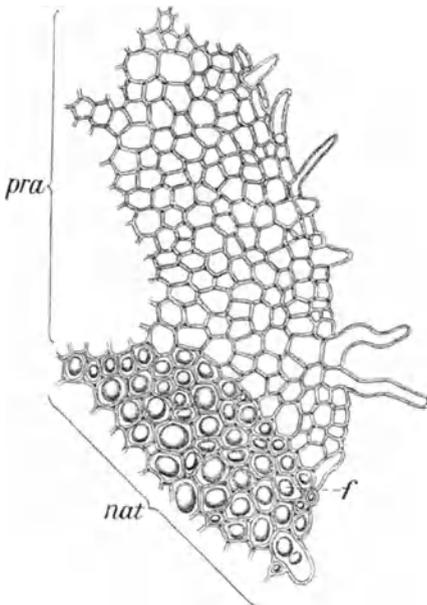


Fig. 93. Mutterkorn. Schnitt durch die Randpartie des Sklerotium. Vergr. $\frac{385}{1}$. — nat Gewebe mit Fettinhalt; pra Fett-tropfen durch Chloralhydrat entfernt; f Fetttropfen.

Auch Kupfersulfat wird zur Verbesserung der Backfähigkeit manchmal dem Mehl zugesetzt. Seine Anwesenheit wird leicht erkannt, wenn man ein Quantum Mehl mit Wasser anrührt und in den Brei ein blankes Eisengerät steckt, das sich bei Anwesenheit von Kupfersulfat mit metallischem Kupfer überzieht.

Mutterkorn. — Als

Mutterkorn werden durch das Wachstum eines Kernpilzes (*Claviceps purpurea*) gebildete, schwarzgefärbte Pseudomorphosen der Getreidekörner bezeichnet. Die Entwicklung des Mutterkorns aus dem jungen Fruchtknoten des Getreides sowie das Aussehen desselben wird durch Fig. 92 dargestellt. Als „Mutterkorn“ wird das Gebild bezeichnet wegen der spezifischen Wirkung eines in ihm enthaltenen Giftstoffes (Cornutin) auf den gebärenden weiblichen Organismus. Bei der starken Giftwirkung des Mutterkorns (es ist die Ursache der besonders im Mittelalter in furcht-

barster Weise aufgetretenen Kriebelkrankheit [Antoniusfeuer]) ist auch eine kleine Beimischung von Mutterkorn zum Mehl gefährlich. In Mengen von 0,2% ab kann es gesundheitsschädlich sein; nach Handelsgebrauch werden noch 0,25—0,3% toleriert, doch tritt

Hanausek für eine Maximalgrenze von 0,03 % als höchsten zulässigen Mutterkorngehalt des Mehles ein. Das eigentliche Mutterkorn wird aus sterilem Pilzgeflecht gebildet und als Sklerotium bezeichnet; selbst kleine Fragmente desselben sind im Mehl sehr leicht nachzuweisen.

Ist in einem Mehl Mutterkorn vorhanden, so ist der nach Behandlung des Mehls mit Salzsäure (vgl. S. 97) erhaltene Bodensatz nicht gelb gefärbt, sondern weist rote Pünktchen auf. Wird in der oben bezeichneten Weise dieser Filterrückstand mikroskopisch geprüft, so sind die Gewebetrümmer des Mutterkorns rosenrot und erscheinen bei schwacher Vergrößerung als Haufen sehr stark lichtbrechender Kügelchen. Nimmt man stärkere Vergrößerung, so sieht man (Fig. 93, *f*), daß diese Kügelchen Öltröpfchen sind, die teils in den Zellen des Mutterkorns, teils um die Fragmente desselben herum liegen. Läßt man ein Präparat eintrocknen, extrahiert mit Äther und betrachtet dasselbe dann, so sind die Tröpfchen verschwunden (Fig. 93, *pra*). Als Öl werden, außer durch die Löslichkeit in Äther, die Tröpfchen durch die Alkana- oder Sudanreaktion (vgl. S. 75) erkannt. — Auch zum direkten Nachweis des Mutterkorns im Mehl ist die Sudan-Reaktion als rasch und überaus scharf bestimmend warm zu empfehlen. Trägt man ein kleines Mehlquantum in die Farbstofflösung ein, kocht etwa 1 Minute lang und mikroskopiert dann, so heben sich die tief dunkelroten Mutterkornfragmente sehr typisch von den fast ungefärbten Stärkekörnern und den gelbroten Spelzenbestandteilen ab. — Besonders der nach oben (S. 97 unter 3) gegebener Anweisung gewonnene Bodensatz eignet sich vorzüglich zum Nachweis selbst kleiner Mutterkornbeimengungen mittels der Sudanreaktion.

Kornrade. — Auch die Samen der Kornrade (*Agrostemma githago*) haben toxische Wirkung. Der für gesundheitsschädliche Wirkung von

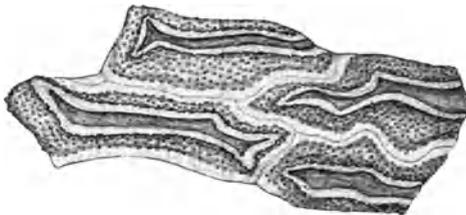


Fig. 94. Epidermis der Kornrade; die Spitzen der Zellen sind abgeschnitten. — Vergr. $100\times$.



Fig. 95. Stärkekörper der Kornrade. — Vergr. $250\times$.

Radesamen erforderliche Maximalgehalt des Mehles scheint sehr verschieden zu sein, doch ergaben bei Versuchen mit frischem Radepulver Gewichtsmengen von 3 g ab stets wenigstens leichte Störungen. — Sowohl die Backhitze wie besonders die Säuerung des Brotes mindern die Giftigkeit der wirksamen Saponinkörper. Bei der Prüfung des Mehls auf Kornrade kommen als charakteristische Teile derselben sowohl die Fragmente der Samenschale wie die Stärkekörner in Betracht.

Sehr leicht kenntlich sind die Stückchen der Samenschale, die beim Lösungsverfahren des Mehls als braune Körnchen oft schon dem unbewaffneten Auge sichtbar werden. Unter dem Mikroskop erscheinen sie (Fig. 94) gleichfalls braun, unregelmäßig mit Zacken und Höckern versehen; die Wände der Zellen sind gewellt, ihre ganze Oberfläche ist mit feinen Wärzchen besetzt.

Die Stärkekörper der Kornrade (Fig. 95) sind allermeist langgestreckt, eiförmig oder ellipsoidisch; sie bestehen aus wahrscheinlich in Schleim und Saponin eingebetteten kleinsten Stärkekörnern. Um sie leicht aufzufinden, verfährt man folgendermaßen: Man beleuchtet das im Wasser liegende Mehlpräparat nicht von unten, sondern dreht den Spiegel des Mikroskops ab, so daß nur auffallendes Licht vorhanden ist. Dann erscheinen die Stärkekörner des Weizens oder Roggens auf schwarzem Grund als dünne, weiße Ringe bzw. als Haufen von solchen, die Radekörper dagegen sehen glänzend weiß, wie Zuckerbrocken aus. Diese Methode ist zum Auffinden der Kornradeverunreinigung des Mehls sehr brauchbar, doch kommen ähnliche, aber kleinere Stärkekörper auch bei anderen Caryophyllaceen und in verwandten Familien vor. Stärkekörper, deren Größe 70μ übersteigt, gehören sicher zur Kornrade.

Brandpilzsporen. — Von den Sporen der Schmarotzerpilze, die Getreidekrankheiten hervorrufen, kommen hauptsächlich diejenigen von *Tilletia tritici* (= *T. caries*) und von *Ustilago hordei*, selten die von *Tilletia laevis* und *Urocystis occulta* auch im Mehl vor. Früher waren sie häufiger in den Mahlprodukten, doch werden diese Pflanzenkrankheiten nun mehr und mehr zurückgedrängt und bei der vollkommenen Reinigung des Mahlguts werden die mit Pilzsporen erfüllten („brandigen“) Getreidekörner von dem Mahlprozeß ausgeschieden.

Sind Brandpilzsporen im Mehl, so findet man sie in den auch dem Aufsuchen der anderen Verunreinigungen dienenden Präparaten, und zwar als bräunliche, dickwandige, rundliche Zellen. Die genannten hauptsächlich vorkommenden Arten sind leicht zu unterscheiden:

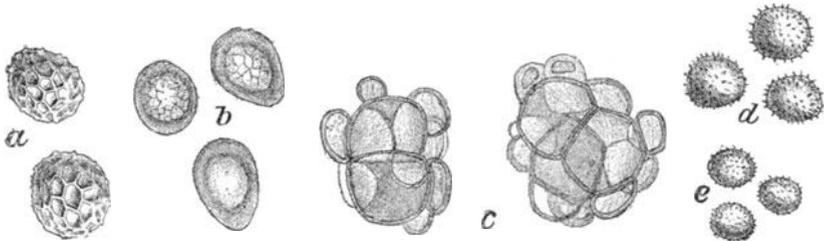


Fig. 96. Sporen von Getreidebrandpilzen. *a* *Tilletia tritici*; *b* *Tilletia laevis*; *c* *Urocystis occulta*; *d* *Ustilago Maydis*; *e* *Ustilago hordei*. — Vergr. $\frac{650}{1}$.

Tilletia tritici (Schmierbrand, Fig. 96, *a*) ist unverkennbar bezeichnet durch elegante, netzmaschige Leisten auf der äußeren Sporenhaut; die Sporen sind allermeist 0,01 mm breit, trüb olivenbraun.

Tilletia laevis (Fig. 96, b) hat kugelige, elliptische oder eiförmige, nicht selten auch unregelmäßig längliche oder eckige Sporen, die (die länglichen) bis 0,028 mm lang werden. Die Sporen sehen hellbraun aus und haben kein Maschennetz.

Urocystis occulta (Fig. 96, c) ist daran leicht erkenntlich, daß um die lebende Spore stets ein Mantel abgestorbener Sporenzellen herum liegt, daß also keine Einzelsporen sondern Knäuel zur Anschauung gelangen.

Ustilago hordei (Fig. 96, e; Flugbrand oder Rußbrand) hat kugelige oder längliche, öfters gleichfalls unregelmäßig eckige, glatte oder undeutlich punktierte, gelblich olivenbraune Sporen, die meist 0,0045 bis 0,006 mm messen.

Brandpilzsporen in reichlicher Menge enthaltendes Mehl oder Brot besitzt einen widerlichen Geruch nach Trimethylamin. In großen Quantitäten an Haustiere verfütterte Brandpilzsporen waren unschädlich oder sollen nur bei tragenden Tieren in manchen Fällen Aborte hervorgerufen haben. Schädigungen des Menschen wurden noch nicht beobachtet.



Fig. 97. Stärkekörner der Linse.
Vergr. $280/1$.

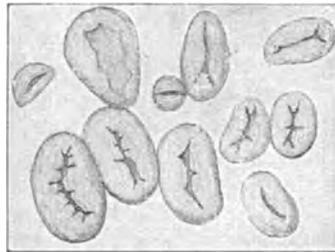


Fig. 98. Stärkekörner der Bohne.
Vergr. $280/1$.

Leguminosenmehl. — Gleich dem Kartoffelmehl (vgl. S. 96) wird manchmal auch ein geringes Quantum von Bohnenmehl (2—3%) besonders dem Weizenmehl beigemischt, um angeblich die Backfähigkeit desselben zu erhöhen. In nicht sorgfältig gereinigtem Mahlgut bleiben manchmal Wickensamen, die vermahlen sich sowohl durch ihre besonderen Stärkekörner wie durch den auffallenden Bau der Samenschale verraten. Die Stärkekörner der Leguminosen, die in Betracht kommen können (Erbse, Bohne, Linse, Wicke), sind alle so gleichmäßig gestaltet, daß ihre Unterscheidung nur schwer möglich ist. Allen kommt gemeinsam (Fig. 97—99) eine dickgedrungene Gestalt

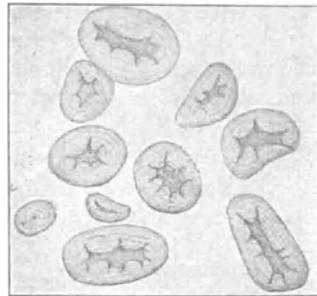


Fig. 99. Stärkekörner der Erbse.
Vergr. $280/1$.

und ganz besonders ein starker Spalt im Innern zu, von dem aus kurze, breite Spalten nach der Peripherie des Stärkekorns ausstrahlen.

Die Leguminosenstärkekörner werden bei aufmerksamer Betrachtung der Mehlpräparate unschwer gefunden. Auch sei darauf aufmerksam gemacht, daß in Wasserpräparaten das mit der Stärke in den Cotyledonen dieser Leguminosen vergesellschaftete Aleuron große Klumpen zu bilden pflegt, die sich mit Jod tief braun färben. Wenn nicht geschälte Leguminosensamen vermahlen wurden, sind die Elemente ihrer Samenschalen sehr leicht unter den Kleienbestandteilen des Mehls aufzufinden. Kann man dort garbenartig zusammenliegende, dickwandige, kurz pfahlförmige Zellen oder Gewebereste konstatieren, deren Zellen große Luftlücken zwischen sich frei lassen und mit vorgestreckten Enden sternförmig zusammenhängen, so sind dies Elemente der Leguminosensamenschalen.

Von den genannten Leguminosenmehlen unterscheidet sich das Mahlprodukt der Lupinensamen in sehr wesentlichen Punkten. Zunächst enthält die Lupine keine Stärke, sondern besitzt als Reservematerial allein Aleuron; dann aber ist zu beachten, daß die nicht durch Wässerung und auf andere Weise entgifteten Lupinen gesundheitsschädlich sein können. Lupinenmehl ist nicht als zur Mehlstreckung verwertbares Material anzusehen; über seine Erkennung vgl. S. 123.

Andere Verfälschungen. — Grobe Mehlsorten, insbesondere Futtermehl, wurden ferner durch Preßkuchenmehl von *Arachis hypogaea* sowie durch Steinnußmehl in seltenen Fällen verfälscht gefunden. Die Erkennung dieser Verfälschungsmittel wird unten (S. 129, 124) behandelt.

Stroh- und Holzmehl. — Während der Kriegszeit wurde der Ersatz des „Streumehls“ in der Bäckerei, welches dazu dient, die Backwaren von den Unterlagen ablösbar zu machen, durch Holz- oder Strohmehl erlaubt. Derartiges Mehl ist unter dem Mikroskop leicht durch die gestreckte Gestalt seiner aus langgestreckten Elementen gebildeten, meist am Ende unregelmäßig zackige Partikel kenntlich. Die Reaktion mit Phloroglucinsalzsäure (vgl. S. 74) läßt Holz- und Strohmehl mit Sicherheit erkennen; bei Strohmehl fehlen niemals Objekte, deren geschlängelte Epidermiszellen (Fig. 101, 103) unverkennbar sind; Holzmehl weist getüpfelte Tracheiden (Fig. 205) auf.

Wruken. — Während des Winters 1916/17 war die Brotstreckung mit Wruken (Erdrüben, Dotschen) vorgeschrieben, ein Verfahren, das zu jeder anderen Zeit als grobe Verfälschung zu bezeichnen gewesen wäre. — Wrukenzusatz wird erkannt, wenn man die Backware in reichlich Wasser aufweicht und dann nach glasig aussehenden, gelblich gefärbten, etwas schleimigen Nestern oder Partikeln sucht. Oft waren nußgroße Stücke im Brot zu finden.

Stärkemehl von anderen Zerealien.

Gerste. — Am leichtesten mit den Stärkekörnern des Weizens zu verwechseln sind diejenigen der Gerste. Auch im Gerstensamen sind Groß- und Kleinkörner vorhanden und auf den ersten Blick zu unterscheiden (Fig. 100). Die Großkörner sind gestaltet wie die großen Stärkekörner des Weizens, doch sind sie dadurch ausgezeichnet, daß sie kaum jemals über 0,035 mm breit und häufig einseitig (etwas bohnenförmig) eingebuchtet sind, sowie daß bei ihnen Zerklüftungen bzw. Risse noch seltener vorkommen als beim Weizen. Wenn Risse sich finden, sind dieselben fast stets auf einen einfachen feinen Spalt beschränkt. Immerhin wäre die bei hohen Weizen- und Roggenpreisen wichtige Unterscheidung von Gersten- und Weizenmehl nach den Stärkekörnern allein sehr schwierig, wenn nicht noch ein anderes Merkmal das Gerstenmehl charakterisierte. Bei den allermeisten Formen der Gerste umschließt die Spelze das Korn dauernd und ist mit ihm verwachsen. Deswegen findet sich in jedem Gerstenmehl die nach der (S. 97) angegebenen Methode im Bodensatz der verzuckerten Mehlproben zu suchenden Spelzenteile. Diese zeichnen sich (Fig. 101) durch die dicken, sehr stark gewellten Zellen ihrer Epidermis unverkennbar aus. Da sie verkieselt sind, werden sie beim Veraschen nicht unkenntlich und vorteilhaft in der weißgebrannten Asche des Satzes gesucht.

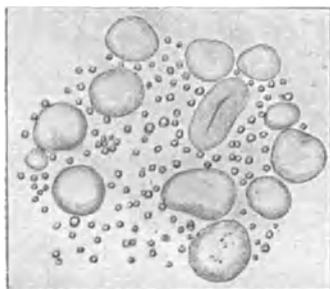


Fig. 100. Gerstenmehl. — Vergr. $\frac{280}{1}$.

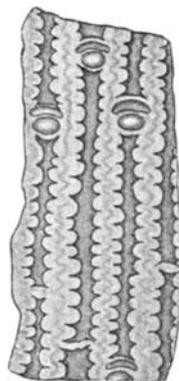


Fig. 101. Epidermis der Gerstenspelze, Flächenansicht. — Vergr. $\frac{280}{1}$.

Hafer. — Die Stärkekörner des Hafers bieten einen ganz anderen Anblick als diejenigen der bisher behandelten Zerealien. Dies wird durch das regelmäßige massenhafte Vorkommen großer zusammengesetzter Stärkekörner bewirkt. Ein gleiches Aussehen besitzen hauptsächlich die Reisstärkekörner; die Unterschiede werden unten angegeben werden.

Im Hafermehl unterscheiden wir unter dem Mikroskop (vgl. Fig. 102) auf den ersten Blick sehr große und sehr kleine Körner. Die großen, die ungefähr die Ausdehnung der Großkörner des Weizens besitzen, erweisen sich bei genauerer Betrachtung als aus vielen kleinen, fast

stets spaltenlosen Körnchen zusammengesetzt. Durch den Mahlprozeß werden sie häufig zertrümmert; ihre scharfkantigen Konstituenten bilden die Hauptmasse der kleinen Körnchen. Außer diesen Fragmenten kommt aber dem Hafer noch eine Form von Kleinkörnern regelmäßig zu: beiderseits zugespitzte spindelförmige Körnchen. Auch im Hafermehl sind meist Fragmente der Spelzen (Fig. 103) vorhanden, die höchst charakteristisch und durch die stärkere Verzahnung ihrer Längswände von dem ähnlichen Spelzenbau der Gerste leicht unterscheidbar sind. Sie werden gleichfalls am leichtesten in der weißgebrannten Asche der Kleienbestandteile gefunden.

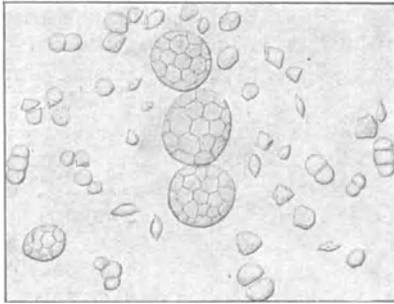


Fig. 102. Hafermehl.
Vergr. $\frac{280}{1}$.

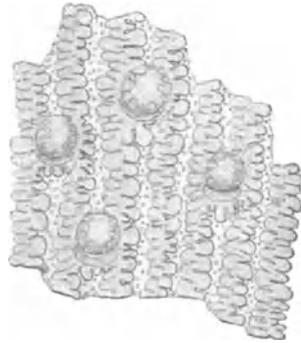


Fig. 103. Epidermis der Haferspelze.
Flächenansicht. — Vergr. $\frac{280}{1}$.

Ferner müssen die keinem Hafermehl fehlenden, sehr langen (bis über 2 mm) aber meist zerbrochenen, mit engem, auf weite Strecken sich gleichbleibendem Innenraum versehenen Haare für die Diagnose Verwertung finden.

Reis (Fig. 104). — Die Reisstärke ist der Haferstärke so sehr gleichgebaut, daß eine Unterscheidung beider, wenn es sich (was kaum vorkommt) um ein Gemisch handeln sollte, schwierig ist. Dagegen ist reines Reismehl von reinem Hafermehl leicht zu unterscheiden, und zwar erstens daran, daß einfache, den kleinen, spindelförmigen Körnchen des Hafers gleichgestaltete Körner (natürlich abgesehen von den kleinen eckigen Körnchen, die durch Zertrümmerung der großen zusammengesetzten entstehen) dem Reis fehlen, zweitens besonders charakteristisch daran, daß die

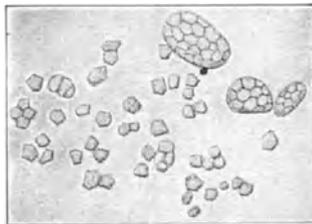


Fig. 104. Reismehl. — Vergr. $\frac{280}{1}$.

Reisstärkekörnchen zwar zerfallen sind, ihre Fragmente aber sich leicht zu großen Klumpen zusammenballen.

Reismehl wird vielfach der Kleinheit der Körner wegen als bester Puder, aber auch als Verfälschung von Kakao, Gewürzen usw. verwendet und ist in diesen Fällen leicht zu erkennen.

Mais (Fig. 105). — Das Maismehl ist durch die scharfeckige polyedrische Form vieler Körner, den meist deutlichen Kern und die fehlende Schichtung sowie die geringere Größe der Stärkekörner von Weizen-, Roggen- und Gerstenmehl unterschieden. Auch eine Verwechslung mit dem Hafer- und Reismehl ist ausgeschlossen, da erstens beim Maismehl keine zusammengesetzten Körner vorhanden sind, zweitens die Größe derselben (bis 0,035 mm) diejenige der genannten Zerealien-Stärkekörner um das Doppelte übertrifft.

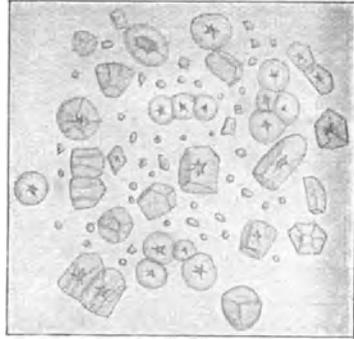


Fig. 105. Maismehl. — Vergr. $250\times$.

Hirse (Fig. 106). — Unter diesem Namen werden die Früchte verschiedener Gramineen, besonders von *Andropogon Sorghum* (Sorgho-Hirse, Mohrhirse, Besenhirse), *Panicum miliaceum* (Rispenhirse) und *Setaria italica* (Kolbenhirse, deutsche Hirse) zusammengefaßt.

Die Stärke aller Hirsesorten (Fig. 106, a) ist im Aussehen der Maisstärke sehr ähnlich; insbesondere sind die Stärkekörnchen auch durch eine kristallartige Form und die große Höhlung im Innern ausgezeichnet. Auch bezüglich der Größe sind die *Sorghum*-Stärkekörner vom Mais nicht zu unterscheiden, während die Körner der beiden anderen Hirsesorten kleiner sind (vgl. S. 116).

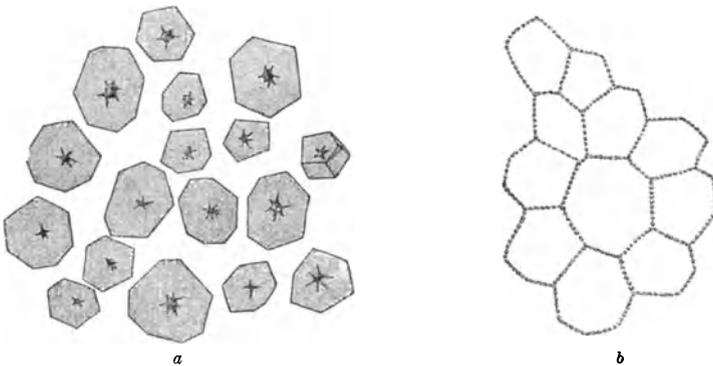


Fig. 106. Hirse (*Andropogon Sorghum*). a Stärkekörner; b geperites Netz zwischen den Stärkekörnern. — Vergr. $500\times$.

Ein wesentlicher Unterschied gegenüber allen anderen Zerealien besteht darin, daß die Hirsestärke einem geperlten Netz von Eiweißstoffen eingelagert ist. Man suche in den Mahlprodukten größere Stärkeklumpen, die reichlich vorhanden sind, und lasse, ohne zu erwärmen, verdünnte Kalilauge zuffießen. Dann wird das in Fig. 106, b gezeichnete Bild sichtbar.

Alle Mahlprodukte der Hirsesorten sind durch das reichliche Vorhandensein von dicken, sehr stark gekrümmten, fast holzigen Spelzenbestandteilen ausgezeichnet. Über ihre Unterscheidung vgl. S. 116.

Buchweizen (Fig. 107).

— Im Buchweizenmehl (von *Fagopyrum esculentum* und *F. tataricum* stammend) sieht man zunächst massenhaft große Stärkekumpen, die den aus lauter aneinandergerepßten polyedrischen Körnchen gebildeten Inhalt von Endospermzellen darstellen. Außerdem wird das Mehl von den Konstituenten dieser Klumpen gebildet.

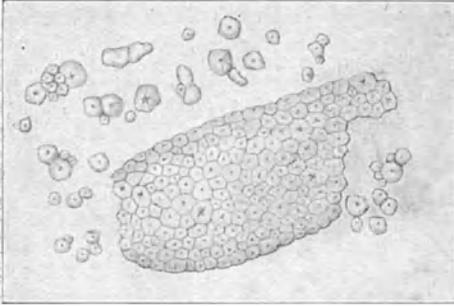


Fig. 107. Buchweizenmehl. — Vergr. $\frac{280}{1}$.

Die Einzelkörnchen sind stets eckig und sehr klein.

Buchweizenmehl gleicht daher sehr dem Reismehl, unterscheidet sich aber durch die Größe der Körner (Durchmesser der Einzelkörper beim Buchweizen 3—14 μ , durchschnittlich 9 μ ; beim Reis 3—7 μ , Durchschnitt 5 μ) sowie dadurch, daß fast jedes Korn im Innern eine Höhle zeigt. Schichtung fehlt den Stärkekörnern des Buchweizens.

Stärkemehle aus Knollen und Stämmen.

Abgesehen von der Kartoffelstärke, die bereits oben (S. 94) als Studienobjekt für Stärkekörner im allgemeinen behandelt wurde, kommen im Handel noch eine Anzahl anderer, ausländischer Stärkesorten vor, die Knollen- und Stammorganen von Pflanzen entstammen.

Arrowroot. — Im Handel wird hauptsächlich das Westindische Arrowroot (Fig. 108) geführt, das von *Maranta*-Arten (hauptsächlich *Maranta arundinacea*) stammt. Es ist der Kartoffelstärke recht ähnlich und wird gewöhnlich mit ihr vermengt bzw. verfälscht. Bei genauerer Untersuchung ist die *Maranta*-Stärke jedoch hauptsächlich durch folgende Merkmale von der Kartoffelstärke zu unterscheiden:

1. Die bei der Kartoffelstärke allermeist sehr deutliche Schichtung ist bei der *Maranta*-Stärke sehr schwach, oft kaum zu erkennen.
2. Die Stärkekörner der *Maranta* zeigen allermeist zwei Spalten, die infolge ihres Luftgehaltes schwarz aussehen und vom



Fig. 108. Marantastärke. — Vergr. $\frac{280}{1}$.

Kern so ausgehen, daß sie eine gerade Linie oder einen sehr stumpfen Winkel (eine \vee -förmige Figur) bilden. Große Stärkekörner mit dieser Spalte kommen bei der Kartoffel nicht vor. 3. Die *Maranta*-Stärkekörner werden nur in seltenen Ausnahmefällen über 0,05 mm groß, während dies bei den Kartoffelstärkekörnern sehr häufig der Fall ist.

Ostindisches Arrowroot (Fig. 109). — Stammt von verschiedenen *Curcuma*-Arten und ist zunächst dadurch auffallend, daß die Schichtung der Körner sehr stark ist und daß die Schichten nicht um den Kern herumgehen, sondern sich ganz regelmäßig am Rand des Kornes auskeilen. Ferner ist außerordentlich charakteristisch, daß der Kern des Kornes am äußersten Ende desselben, und zwar in einer aufgesetzten kleinen Spitze liegt, sowie daß die Körner sehr stark abgeplattet sind. Man sieht deshalb beim Betrachten des Mehls zweierlei vollständig verschieden erscheinende Figuren, nämlich verhältnismäßig breite, spatelförmige Körner — die Flächenansicht — und sehr schmal elliptische — die Seitenansicht der Körner. — Kartoffelmehl, das auch hier hauptsächlich als Fälschung vorkommt, wird sofort an der abweichenden Gestalt und Schichtung sowie daran erkannt, daß bei der Kartoffelstärke der Kern nie in ähnlicher Weise aufgesetzt ist wie bei der *Curcuma*-Stärke.



Fig. 109. Curcumastärke. — Vergr. $200\times$.

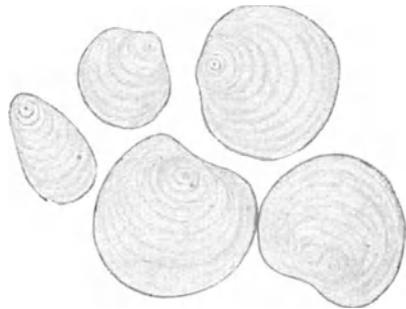


Fig. 110. Cannastärke. — Vergr. $200\times$.

Queensland-Arrowroot (Fig. 110). — Stärke aus den Rhizomen mehrerer *Canna*-Arten, ausgezeichnet durch die Größe (50—130 μ) der Körner sowie durch deren Gestalt. Cannastärke ist unverkennbar. Die flachen Körner sind sehr stark und sehr deutlich exzentrisch geschichtet; öfters kommen Exemplare vor, die zwei Kerne enthalten.

Brasilianisches Arrowroot (Fig. 111). — Stammt von *Manihot utilisima* her. In der Knolle der Stammpflanze sind fast alle Stärkekörner aus zwei bis sieben ungefähr gleich großen Körnern zusammengesetzt, die dort, wo sie mit den anderen Teilkörnern verbunden sind, ebene, nach außen zu aber sehr stark gewölbte Flächen aufweisen. In der Handelsware sind die zusammengesetzten Körner allermeist zerfallen; verhältnismäßig selten begegnet man noch aus zwei bis drei Teilstücken bestehenden intakten Körnern. An dem Merkmal, daß

diese Stärkesorte aus von derart verschiedenartigen Flächen begrenzten Körnern besteht, die alle ungefähr gleich groß sind (0,018 bis 0,023 mm), wird die *Manihot*-Stärke unschwer erkannt. Auch in der echten Tapioca, die aus der Stärke von *Manihot utilissima* hergestellt wird (vgl. oben S. 95), ist trotz der partiellen Verkleisterung der Charakter der *Manihot*-Stärke noch deutlich erkennbar.



Fig. 111. *Manihot*stärke.
Vergr. $280\times$.



Fig. 112. Sago. — Vergr. $280\times$.

Sago (Fig. 112). — Aller echte Sago stellt verkleistertes Stärkemehl aus Stämmen von Palmen (hauptsächlich *Sagus Rumphii* und *Borrassus flabelliformis*) und Cycadaceen (*Cycas*- und *Zamia*-Arten) dar. Da die Palmstärke aus den weichen Innengeweben der Stämme gewonnen wird, führt sie stets in recht bedeutender Menge Trümmer von Geweben sowie Kristalle von Kalkoxalat; nicht selten begegnet man auch Haaren. Auf diese Bestandteile des Handelsartikels wird man achten, wenn man die Diagnose stellen soll, ob eine Ware als echter Sago anzusehen ist oder nicht. Man löst zu diesem Zweck das Stärkemehl (vgl. S. 96, 97) und untersucht den Bodensatz. Dabei wird man bei echtem Palmensago Gewebereste sowie drusen-, nadelartige und schön ausgebildete säulenförmige Kristalle von Calciumoxalat finden. Auch die Stärkekörner als solche sind charakteristisch. Soweit sie durch den Verkleisterungsprozeß noch nicht bis zur Formlosigkeit verändert wurden, zeigen sie einen sehr großen Kern und an der Oberfläche erhöhte Stellen, die mit glatten Flächen enden und beweisen, daß die Körner ursprünglich zusammengesetzt waren. — Palmsago ist nur noch selten im Handel; als echter Sago wird fast ausschließlich Tapioca verkauft.

Übersicht der praktisch wichtigen Stärke- und Mehlsorten.

Man untersuche die Proben in Wasser und gebe nur soviel Material in den Tropfen, daß die Stärkekörner getrennt liegen. Haufen stören die Übersicht und sind oft die Ursache von Täuschungen! Ferner beachte man, daß nicht alle Stärkekörner der Proben die unten als charakteristisch bezeichneten Merkmale aufzuweisen pflegen, sondern

daß diese meist nur an gut ausgebildeten, oft erst nach längerem Suchen aufzufindenden Körnern sichtbar sind.

- A. Bei Behandlung von 1 g Mehl mit 200 ccm 5% Kalilauge sind im Bodensatz Nadeln von Kalkoxalat nachweisbar.
- I. Nadeln sehr groß und dick, balkenförmig (meist zerbrochen); Stärkekörner vielfach mit hufeisenförmig angeordneten Spalten (Fig. 190):
Veilchenwurzelpulver (*Iris*).
- II. Nadeln sehr fein, beiderseits allmählich scharf zugespitzt.
- a) Begleitelemente der Stärkekörner stets zartwandig; diese gestreckt, ziemlich gleichförmig, mit sehr deutlicher und extrem exzentrischer Schichtung, ohne Ansatzflächen kleiner Körner; nicht verkleistert:
Bananenstärke (*Musa*).
- b) Begleitelemente oft dickwandig (Steinzellen usw.); Stärkekörner ungleichförmig, die größeren ungefähr isodiametrisch und diese nicht exzentrisch geschichtet; mit Ansatzflächen kleinerer Körner; verkleistert (Fig. 112):
Sago (*Sagus* usw.).
- B. Neben den Stärkekörnern nur wenig andersartige Elemente; nie Kristallnadeln.
- I. Die großen Stärkekörner sind weder zusammengesetzt noch weisen sie im Umriß gerade Flächen (Ansatzstellen abgelöster Teilkörner) auf.
- a) Große Körner mit stark exzentrischer Schichtung oder mit stark exzentrisch liegendem Kern (Schichtungszentrum).
1. Schichtung meist undeutlich; Schichtungszentrum durch einen \sim -förmigen Spalt markiert (Fig. 108): Westind. Arrowroot (*Maranta*).
2. Schichtung deutlich; Schichtungszentrum in der Regel ohne den bezeichneten Spalt.
- a) Viele große Körner über 75 μ breit.
- * Nur wenige Körner messen bis 100 μ (Fig. 80):
Kartoffel (*Solanum tuberosum*).
- ** Viele Körner messen über 100 μ (Fig. 110):
Queensland-Arrowroot (*Canna*).
- β) Große Körner 50—70 μ messend.
- * Kern liegt in dem spitzen Ende der Stärkekörner (Fig. 109):
Ostind. Arrowroot (*Curcuma*).
- ** Kern liegt etwas von dem abgerundeten Ende entfernt:
Guyana-Arrowroot (*Dioscorea*).
- b) Große Körner mit zentralem Schichtungszentrum oder vom Zentrum ausgehenden Spalten.
1. Auffallende Größenverschiedenheit zwischen großen und ganz kleinen Stärkekörnern.
- a) Schichtung der Großkörner meist deutlich; Spalten vorhanden (Fig. 81):
Roggen (*Secale*).
- β) Schichtung der Großkörner nicht oder undeutlich sichtbar; Spalten meist fehlend.
- * Großkörner bis 40 μ breit; im veraschten Präparat keine welligen Epidermiszellen (Fig. 82):
Weizen (*Triticum*).
- ** Großkörner bis 35 μ breit; im veraschten Präparat charakteristische, verkieselte Epidermiszellen (Fig. 100, 101):
Gerste (*Hordeum*).
2. Die größten Körner werden mit den kleinsten durch allmähliche Übergänge verbunden.
- a) Viele Körner über 30 μ groß; reichlich Körner mit vielen Spalten.
- * Größte Körner bis 40 μ (Fig. 97, 98):
Erbse (*Pisum*),
Linse (*Lens*).
- ** Größte Körner bis 60 μ (Fig. 99):
Bohne (*Phaseolus*).
- *** Größte Körner bis 70 μ :
Saubohne (*Vicia Faba*).

β) Körner höchstens 30 μ groß.

* Ohne deutlichen Kern; ziemlich viele Körner zusammengesetzt: Roßkastanie (*Aesculus*).

** Mit deutlichem, wenigstens bei den größeren Körnern als Schatten sichtbarem Kern; wenige Körner zusammengesetzt.
§ Körner ziemlich gleichmäßig, alle rundlich (Fig. 120):

Eiche (*Quercus*).

§§ Körner sehr ungleich, viele spitz (Fig. 121):

Kastanie (*Castanea*).

II. Die größeren Körner sind entweder zusammengesetzt oder zeigen im Umriß eine bis mehrere ebene Flächen oder das ganze Mehl besteht aus kleineren, etwas kantigen Körnchen.

a) Nur wenige Körnchen mit deutlich gewölbten Flächen.

1. Bei Behandlung der brockenförmigen Stärkekörner-Konglomerate mit sehr verdünnter Kalilauge bleibt ein gepertes Netz von Eiweißstoffen zurück.

a) Stärkekörner messen bis 30 μ (Fig. 106): Mohrrhirse (*Sorghum*).

β) Stärkekörner messen unter 20 μ .

* Im Mahlprodukt sind gerunzelte Spelzenreste vorhanden:

Kolbenhirse (*Setaria italica*).

** Im Mahlprodukt nur glatte Spelzenreste:

Rispenshirse (*Panicum miliaceum*).

2. Bei Anwendung von Kalilauge ist kein gepertes Netz sichtbar zu machen.

a) Körner mindestens 15 μ , maximal bis 35 μ groß (Fig. 105):

Mais (*Zea Mays*).

β) Körper maximal 15 μ groß.

* Kern der Körner nie deutlich.

§ Körner 2—10 μ groß (Fig. 104):

Reis (*Oryza*).

§§ Körner 10—15 μ groß (Fig. 102):

Hafer (*Avena*).

** Körner bilden große Klumpen; Kern wenigstens an den größeren deutlich (Fig. 107): Buchweizen (*Fagopyrum*).

b) An jedem Stärkekorn deutlich gewölbte Flächen sichtbar.

1. Körner bis 30 μ groß, Zahl der ebenen Flächen 1—3, sehr selten mehr; Schichtung nicht wahrnehmbar (Fig. 111):

Brasilian. Arrowroot (*Manihot utilissima*).

2. Körner bis 50 μ groß; Zahl der ebenen Flächen allermeist über 3; Schichtung meist deutlich: Batatenstärke (*Batatas edulis*).

Kaffee.

Die mikroskopische Untersuchung hat nur beim gemahlten Kaffee einen Zweck, hier aber ist sie höchst wichtig, da dieser außerordentlich häufig verfälscht wird.

Die Kaffeebohne besteht aus dem Endosperm der Frucht von *Coffea arabica*. Ihre wohlbekannte Form zeigt in der Mitte der flachen Seite eine tiefe Längsfurche und in dieser finden sich festgeklemmt Reste der Samenschale. Reines Kaffeepulver darf also keine weiteren Bestandteile enthalten als die Gewebe des Endosperms (und des bei der Untersuchung nur sehr selten zu Gesicht kommenden, daher zu vernachlässigenden winzigen Keimlings) sowie der Samenschale. Diese Gewebe sind so charakteristisch, daß die Frage, ob ein Kaffeepulver

rein sei oder nicht, eine der leichtesten ist, die bei der Nahrungsmitteluntersuchung gestellt werden kann. Schwieriger zu entscheiden pflegt zu sein, womit eine etwa auftretende Fälschung bewirkt wurde.

Um Kaffee zu untersuchen, verfährt man folgendermaßen:

a) Vorprüfung. — 2 g Kaffeepulver wird in 500 g kaltes Wasser eingerührt. Bis auf die bei der Röstung verbrannten Teilchen schwimmt der Kaffee oben, während die gebräuchlichen Surrogate und Verfälschungen allermeist untersinken. Diese werden dann gesondert mikroskopisch untersucht.

Eine andere, nicht nur für Kaffee, sondern für fast alle Nahrungsmittel- und Gewürzpulver höchst empfehlenswerte Vorprüfungsmethode ist folgende:

Das Pulver wird sehr locker auf eine Glasscheibe ausgebreitet und einer Voruntersuchung mit der Lupe unterworfen. Dabei fallen durch Glanz, Größe, Farbe usw. von der Norm abweichende und deshalb verdächtige Partikel auf. Diese sondert man vom normalen Pulver, brennt sie in Paraffin ein, indem man eine erweichte Paraffinkerze auf sie drückt, fertigt feine Schnitte an, befreit dieselben mittels Xylol vom Paraffin und untersucht mit stärkerer Vergrößerung. Solche Präparate leisten gerade in schwierigen oder zweifelhaften Fällen die allerbesten Dienste.

b) Mikroskopische Untersuchung. — Man trocknet den gemahlten Kaffee bei 100° und zerreibt im Porzellanmörser etwa $\frac{1}{4}$ g so lange, bis sich das Pulver eben noch körnig anfühlt. Dieses Kaffeemehl noch mehr zu zerkleinern, ist nicht praktisch, da sonst die Partikel keine genügend zusammenhängenden Bilder mehr gewähren. Dann übergießt man das Pulver in einem Uhrsälchen mit Eau de Javelle und läßt dies $\frac{1}{2}$ — $1\frac{1}{2}$ Stunden lang einwirken. Darauf wird die Flüssigkeit vorsichtig abgesogen, durch reines Wasser ersetzt und nun werden aus dem Bodensatz Präparate gemacht.

Bei Betrachtung derselben sieht man, daß die Körnchen unregelmäßig eckig sind. Die kleineren sind gebleicht, bei den größeren trifft dies wenigstens an den Rändern zu und die Zellstruktur ist erkennbar.

Die Körner des gemahlten Kaffees müssen aus einem Gewebe gebildet sein, das (vgl. Fig. 113) starke, auffallend knotenartig verdickte Wände aufweist. Bei Zellen, die in der Fläche gesehen werden, scheinen große und kleinere, meist etwas breit gezogene Löcher in der Zellwand zu sein. Aus derartig aussehenden Zellen gebildetes Kaffeepulver ist unbedingt echt. — In den Zellen finden sich die gebräunten Überreste des Protoplasmas oft in großen Klumpen, sowie stark lichtbrechende Öltröpfchen.

Das Gewebe der Samenhaut (Fig. 114), die natürlich nur in einzelnen Fragmenten vorliegen kann, ist durch sehr charakteristische, langgestreckte, hier und da mit stumpfen, kurzen Auswüchsen versehene Zellen gekennzeichnet. Diese Zellen besitzen meist schief ge-

stellte sehr deutliche Poren (Tüpfel); sie haben für die Untersuchung große Bedeutung.

Ein Kaffeepulver darf nur diese beiden Gewebeelemente enthalten; jede andere unter dem Mikroskop hervortretende Erscheinung (abgesehen von sehr spärlich auftretendem, den Keimlingen entstammendem Parenchym) weist auf eine Verfälschung hin.

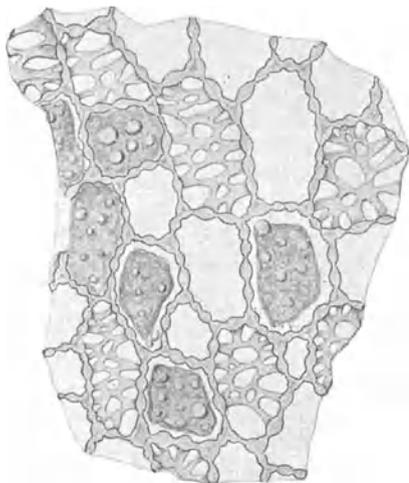


Fig. 113. Endosperm des Kaffee.
Vergr. $250/1$.

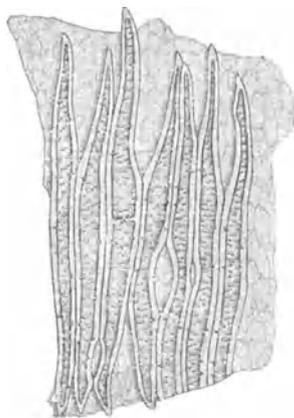


Fig. 114. Steinzellen mit Resten der Samenschale des Kaffee. — Vergr. $125/1$

Surrogate des Kaffees.

Die Zahl der neuerdings verwendeten Kaffeesurrogate ist sehr groß; nur die häufiger vorkommenden können angeführt werden.

Sakka-Kaffee. — Die getrockneten, gerösteten und gemahlenen

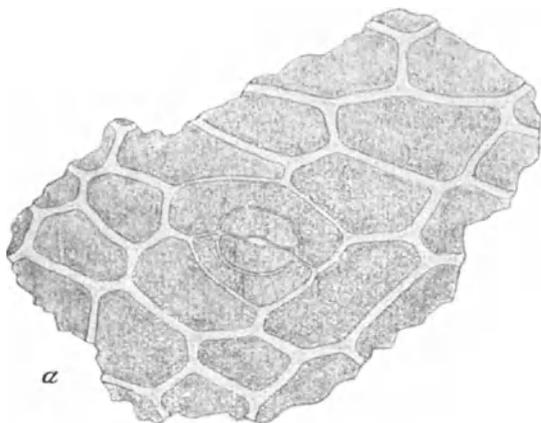


Fig. 115. Sakka-Kaffee. *a* Epidermis mit Spaltöffnung (Vergr. $250/1$).
b Sklerenchymfasern des Endocarp (Vergr. $75/1$).

Schalen der Kaffee Frucht, die aber weder Koffein noch die dem Kaffee eigenen Aromastoffe enthalten und deshalb im Wert keines der anderen Surrogate übertreffen.

Sakka-Kaffee wird erkannt an der Epidermis (Fig. 115, a), die aus geradwandigen, tiefbraunen Inhalt enthaltenden Zellen besteht. Höchst charakteristisch sind die Spaltöffnungen, die von nur zwei dem Spalt parallelen Nebenzellen umgeben sind.

Ferner ist das aus wirt durcheinander gelagerten Fasern (Fig. 115, b) gebildete Endokarp ein besonders wichtiges Merkmal dieses Surrogats.

Zichorienkaffee. — Dieses Kaffeesurrogat wird hergestellt aus den gerösteten, zu Pulver vermahlenden, bis 50% Inulin enthaltenden Wurzeln der Zichorienpflanze (*Cichorium Intybus*). Die im Handel vorkommende Ware enthält häufig auch andere geröstete Wurzeln, z. B. der Runkelrübe, Mohrrübe usw., auf die weiter unten eingegangen wird. Als Verfälschung sind diese Substanzen nicht aufzufassen, denn solche Stoffe in ihrer Mischung liefern eine Ware, welche manchen Konsumenten besonders gefällt. Es wird daher als Zichorienkaffee nicht allein gemahlene Zichorienwurzel, sondern ein Kaffeesurrogat häufig verschiedener Mischung bezeichnet.

Soll Zichorienpulver nachgewiesen werden, so verwendet man mit Eau de Javelle gebleichte (siehe S. 117) Proben und achtet auf folgende Merkmale: 1. In der dicken Rinde der Zichorienwurzel sind reichlich Milchsaftschläuche vorhanden, die auch im Untersuchungsobjekt aufzusuchen sind. Diese Schläuche (Fig. 116) sind durch ihren dunkleren, körnigen Inhalt kenntlich, sie laufen meist zu mehreren oder vielen ungefähr parallel nebeneinander her, anastomosieren vielfach und treten in den gebleichten Geweben meist auf den ersten Blick hervor; sie besitzen keine Querscheidewände. Dabei ist zu bemerken, daß auch die Siebröhren dunkler aussehen und langgestreckte Gebilde sind; diese werden aber leicht daran erkannt, daß sie nie anastomosieren und deutliche Querwände besitzen.

2. Von ebenso großer Bedeutung für die Erkennung des Zichorienkaffees sind die Holzzellen (Tracheiden), die auch in kleinsten Fragmenten deutlich beobachtbar und charakteristisch sind. Man achte (Fig. 117) auf derbwandige, breite Zellen, deren Wände mit schmal elliptischen (loch- oder netzartig aussehenden) Tüpfeln versehen sind. Diese Tüpfel selbst sind selten mehr als $\frac{1}{3}$ des Zelldurchmessers breit.

Hat man die gleichen Gewebeelemente (also Milchsaftschläuche, Parenchymzellen und Tracheiden) vor sich, erreicht die Breitenerstreckung der Tüpfel aber die halbe Breite der Tracheidenzellen oder übertrifft sie, so hat man es nicht mit aus *Cichorium Intybus*, sondern aus der Wurzel des Löwenzahns (*Taraxacum officinale*) hergestelltem Zichorienkaffee zu tun. Einem derartigen Kaffeesurrogat begegnet man allerdings nur selten.

Rübenwurzeln. Wie oben bemerkt, sind in vielen Zichorienkaffeesorten Rübenwurzeln (*Beta vulgaris*) in größerer oder geringerer Menge vorhanden. Das hauptsächlichste Merkmal des Rübenkaffees ist, daß ihm die Milchsaftschläuche abgehen und daß die Gefäß-

elemente (Tracheiden und Tracheen) durchaus zurücktreten, während sie bei der Zichorie (und Löwenzahnwurzel) reichlich vorhanden sind.

Hat man Zichorienkaffee, in dem geröstete Rübenwurzel nachgewiesen werden soll, so bleicht man das Präparat mit Eau de Javelle

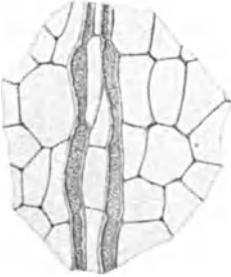


Fig. 116. Milchsafschläuche der Zichorie. — Vergr. $125/1$.

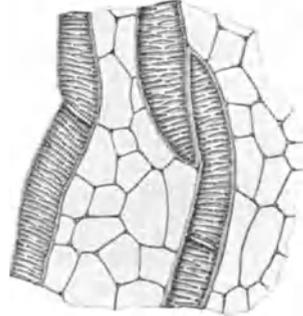


Fig. 117. Gefäße der Zichorie. Vergr. $125/1$.

und sucht dann nach Gewebepartikeln, welche keine Milchsafschläuche enthalten. Bestehen diese aus Parenchymgewebe ohne Tracheiden oder Gefäße und sind deren Zellen durchschnittlich über 0,08 mm breit (während diejenigen der Zichorie nur sehr selten 0,04 mm überschreiten), so ist der Zusatz von Rübenwurzel festgestellt.

Feigenkaffee. — Dieses vornehmste Kaffeesurrogat besteht aus gerösteten zerstampften Feigen (Fruchtstand von *Ficus Carica*). Die

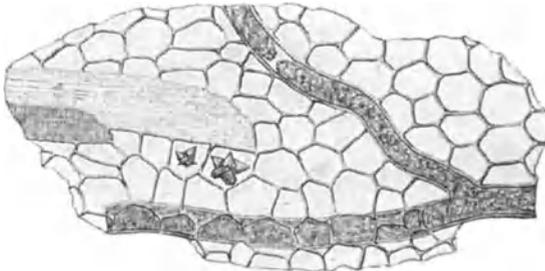


Fig. 118. Längsschnitt durch das Fruchtfleisch der Feige. Vergr. $250/1$.

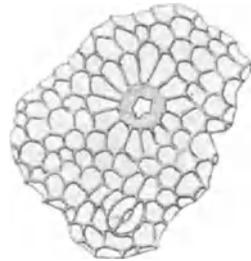


Fig. 119. Epidermis der Feige mit Haaransatz und Spaltöffnung. Vergr. $250/1$.

Untersuchung des Feigenkaffees hat große praktische Bedeutung, da er häufig mit minderwertigen Kaffeesurrogaten verfälscht wird. Der Feigenkaffee (Fig. 118) besitzt wie die Zichorie Milchsafschläuche, dagegen nur wenige Tracheen bzw. Tracheiden; überdies sind letztere häufig mit schön spiraler Wandverdickung versehen und viel schmaler als bei Zichorie und Löwenzahn. Die Parenchymzellen enthalten sehr häufig morgensternförmige Drusen von Kalkoxalat. Ferner sind in der Feige massenhaft kleine Früchtchen (Kerne) enthalten, die in den

meisten Fällen noch mit bloßem Auge sichtbar sind (das Publikum verlangt diese Kernchen als Kriterium für die Echtheit des Feigenkaffees), von denen zwar viele zerstampft wurden, aber selbst in Fragmenten noch ohne weiteres erkennbar sind. Ihre Samenschale besteht aus Steinzellen, die nur einen sehr kleinen (rundlichen oder gestreckten) Hohlraum im Innern besitzen, von dem zahlreiche fein strichförmige Poren wie Spinnenbeine durch die dicke Wand hindurchgehen. Schließlich finden sich (vereinzelt) im Feigenkaffee noch große, keilförmige, vielfach mit einem Zystolithen von Kalziumkarbonat versehene Haare. Auch die Ansatzstellen der abgefallenen Haare in der Epidermis (Fig. 119) sind leicht kenntlich. Sie stellen einen Kreis mit stark verdickter Wand dar, auf welchen radial eine große Anzahl von Zellwänden zulaufen. Da der Zellinhalt der Feige wesentlich aus Zucker besteht, fehlen im Feigenkaffee Stärkekörner. — Sehr häufig kommen im Feigenkaffee Pilzsporen und -Fäden sowie Milben vor.

Wird die Frage nach einer Verfälschung des Feigenkaffees gestellt, so handelt es sich meistens um Beimengung von Zichorie oder Rübenwurzeln. Um die Untersuchung auszuführen, entfernt man den Zucker durch Auslaugen des Pulvers mit reichlich Wasser im Spitzglas, wobei sich die Elemente nach ihrer Schwere geordnet absetzen und mikroskopiert unter Jodzusatze um Stärkebeimengung zu finden. Dann untersucht man die mit Eau de Javelle gebleichten Gewebereste und achtet besonders auf Zichorie (S. 119), Rüben (S. 119), Birnen (S. 125), Weinbeeren (S. 126), Carobe (S. 122), Lupinen (S. 123) und andere Hülsenfrüchte (S. 123), sowie Zerealienstärke (S. 95, 109—111).

Eichelkaffee. — Dies Kaffeesurrogat begegnet man unter seinem richtigen Namen sowie in verschiedenen Nährpräparaten. Eichelkaffee besteht aus den gerösteten und gemahleneu Kotyledonen verschiedener

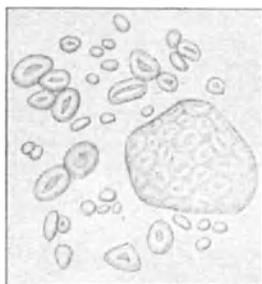


Fig. 120. Stärke des Eichelkaffee.
Vergr. $250\times$.

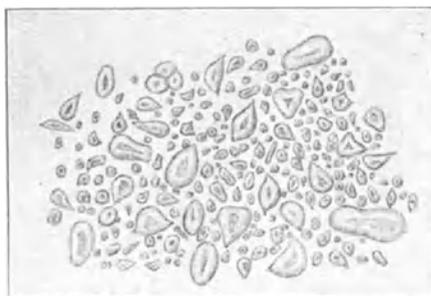


Fig. 121. Stärke der Edelkastanie.
Vergr. $375\times$.

Quercus-Arten. In der Hauptmasse besteht er aus den Stärkekörnchen und Stärkekümpen (Fig. 120), die im allgemeinen den Stärkekörnern der Leguminosen ziemlich ähnlich sehen, sich von denselben aber dadurch unterscheiden, daß radiale Spalten nicht oder nur selten und dann nur in geringer Zahl (1—4) vorkommen. Behandelt man die

Stärke des Eichelkaffees mit Eisenchlorid, so färbt sie sich infolge ihres Gerbsäuregehaltes hell, aber deutlich schmutzig blaugrün. Diese Réaktion tritt besonders schön bei Stärkekörner-Klumpen und großen Einzelkörnern auf; sie ist 2—3 Minuten nach Einwirkung des Reagens unverkennbar, muß aber mit ziemlich starker Vergrößerung beobachtet werden. Eichelkaffee wird mit Zerealienmehl (S. 95, 109—111), Hülsenfrüchten (S. 123), Birnen (S. 125) und Rübenwurzeln (S. 119) verfälscht.

Kastanienkaffee. — Hauptsächlich in den Mittelmeerländern wird auch die Edelkastanie (*Castanea vesca*) als Kaffeesurrogat verwendet. Da das aus den Samen gewonnene Mehl auch nicht selten in Deutschland zur Untersuchung kommt, sei darauf hingewiesen, daß es (Fig. 121) sich durch die außerordentlich verschiedene Größe der Stärkekörner sowie durch deren variable Gestaltung auszeichnet. Insbesondere charakteristisch sind massenhaft vorkommende Körner, die an einem Ende oder beiderseitig spitz zulaufen. — Kastanienstärke gibt die Blaufärbung mit Eisenchlorid fast ebenso schön wie Eichelstärke.

Getreidekaffee. — Alle Getreidearten einschließlich des Mais werden entweder in normalem oder gekeimtem Zustand (Malz) geröstet und als Kaffeesurrogate verwendet. Ihr Nachweis ist infolge des Stärkeichtums dieser Samen sehr leicht; die Unterscheidung wird nach den oben (96—98, 109—111) gegebenen Anweisungen ausgeführt.

Carobenkaffee. — Die schlechtesten, besonders durch Insektenfraß beschädigte Sorten der Carobenfrucht (*Ceratonia siliqua*, Johannisbrot) werden hier und da zu Kaffeesurrogat verarbeitet. Ohne auf die weniger wichtigen Punkte, die zur Erkennung des Carobenkaffees dienen können, einzugehen, sei hier nur auf das untrügliche Merkmal desselben hingewiesen. Das Fruchtfleisch der Carobe besteht größtenteils aus dünnwandigem Parenchym, dessen Zellen je einen großen,



Fig. 122. Inhaltssäcke des Carobenkaffees. — Vergr. $120\times$.

spiralig oder quer gefalteten Sack enthalten (Fig. 122). Nimmt man etwas ungebleichtes Carobepulver unters Mikroskop, so erscheinen diese Säcke als große, hell kaffeebraune Schollen, an denen die Streifung meist sofort und sehr deutlich sichtbar ist. Ist der Carobenkaffee nicht oder nur schwach geröstet, so nehmen diese Säcke bei

Zusatz von Kalilauge eine violette Farbe an, die bald in schmutziges Blau oder Blaugrün übergeht, worauf sich der Farbstoff blau löst. Im gerösteten Surrogat werden sie mit Kalilauge schmutzig grau.

Leguminosenkaffee. — Eine ganze Anzahl von Leguminosensamen werden als Surrogate oder zur Verfälschung des Kaffees verwendet. Es kann hier nicht unsere Absicht sein, alle irgendwie schon beobachteten derartigen Vorkommnisse kennen zu lernen; nur die häufiger vorkommenden Surrogate bzw. Verfälschungen seien angeführt. Als solche sind zu nennen:

Erbsen, Bohnen, Linsen. — Das Mehl dieser drei Hülsenfrüchte wird recht häufig in Kaffeesurrogaten, seltener in gemahlenem Kaffee gefunden. Da (mit Ausnahme des Getreidekaffees und des Eichelkaffees) weder die gebräuchlichen Surrogate noch die Kaffeebohne Stärke in größeren Mengen, jedenfalls aber keine großen Stärkekörner enthalten, ist der Nachweis der genannten Leguminosensamen, wenn Anwesenheit von Aleuron und Struktur der Stärkekörner auf sie hinweist (vgl. oben, S. 107), sichergestellt. Außer diesen Stärkekörnern bieten aber auch noch in den allermeisten Fällen die Reste der Samenschale Erkennungsmerkmale hervorragender Art. Die Samenschale der Leguminosen wird in ihrer äußersten Schicht aus einer Lage langer, palissadenartig dicht nebeneinander stehender, sehr starkwandiger Zellen gebildet. Diese Zellen (Makrosklereiden) kommen in allen Mahlprodukten der Leguminosen als garbenähnliche, sehr auffallende Gebilde zur Ansicht; sie werden bei Besprechung des Lupinenkaffees genauer beschrieben werden.

Lupinen. — Als Fälschung, aber auch als Surrogat werden die Lupinensamen dem Kaffee beigemischt; dies geschieht entweder, indem man die giftigen Lupinensamen direkt in geröstetem Zustand zerkleinert, oder indem man ihnen zuvor den Giftstoff entzieht und sie dann verarbeitet. Gleich den eben abgehandelten Leguminosensamen besitzt die Lupine (oder vielmehr die Lupinenarten, da mehrere derselben als Kaffeesurrogat Verwendung finden) die palissadenförmige äußerste Schalenschicht, deren Zellen einzeln oder meist garbenförmig zusammengelagert im Präparat (Fig. 123) liegen. Hat man derartige Figuren gefunden, so kann noch irgend ein anderer Leguminosensamen vorliegen; zur weiteren Diagnose der Lupine verhilft der Umstand, daß die Makrosklereiden aller Lupinenarten gekniet sind, die der übrigen in Betracht kommenden Leguminosen nicht, sowie daß die Lupine keine Stärke, sondern nur Aleuron als Reservestoff führt. Die Aleuronkörner müssen in Alkohol oder konzentriertem Glycerin untersucht werden, da sie durch Wasser desorganisiert werden.

Sie stellen glänzende, gelbe oder bräunliche, unregelmäßig kugelige oder ellipsoidische Körnchen dar, die mit Jod behandelt eine tiefbraune Färbung annehmen. Ferner sind die Parenchymzellen der Kodyledonon bei der Lupine dadurch charakterisiert, daß ihre Wände vielfach große, breite Interzellularräume führen, die als Kanäle zwischen den Zellwänden liegen. Endlich suche man nach Fragmenten, in denen drei

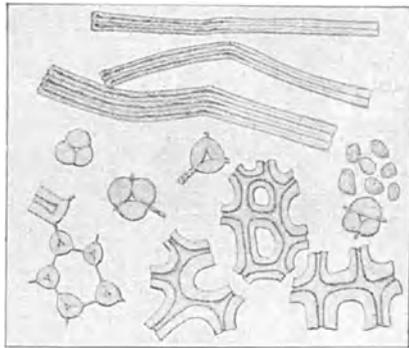


Fig. 123. Elemente des Lupinenkaffees. Vergr. 190/1.

dünne Zellwände zusammenstoßen. Durch Verdickung der Membranen in den körperlichen Ecken entstehen bei dem Lupinensamen höchst charakteristische runde Figuren, die im Innern ein dreieckiges Loch führen.

Palmkernmehl. — Wegen der sehr ähnlichen Struktur der Endospermwände ist das manchmal zur Verfälschung von gemahlenem Kaffee verwendete Preßkuchenmehl der Palmkerne (*Elaeis guineensis*) besonders wichtig. Wie beim Kaffee treffen wir auch hier (Fig. 124)

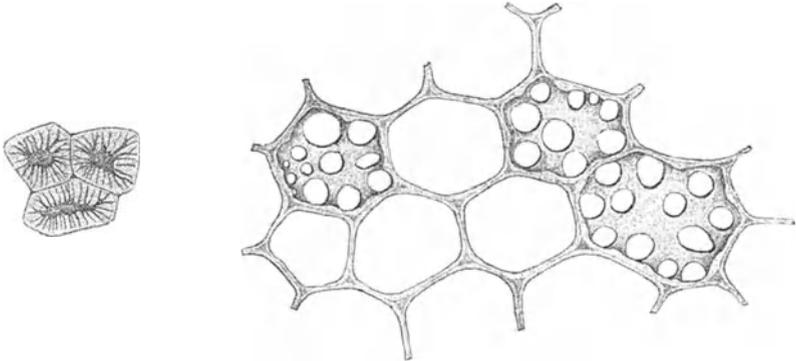


Fig. 124. Palmkernkuchen. Links Steinzellen der Samenschale, rechts Zellen des Endosperm. Vergr. $\frac{250}{1}$.

Endospermzellen mit großen Tüpfeln, die aber (im Gegensatz zu den vielfach breitgezogenen des Kaffees) meist fast genau kreisrund sind. Auch sind die Wände dieser Palm-Endospermzellen viel weniger stark knotig und Steinzellen der Samenschale mit sehr vielen feinsten, strichförmigen, meist verzweigten Tüpfeln fehlen nicht.

Steinnußmehl. — Das bei der Verarbeitung der Steinnuß (*Phytalephas macrocarpa*) zu Knöpfen abfallende Mehl wurde öfters als Ver-



Fig. 125. Querschnitt durch das Endosperm der Steinnuß. — Vergr. $\frac{250}{1}$.

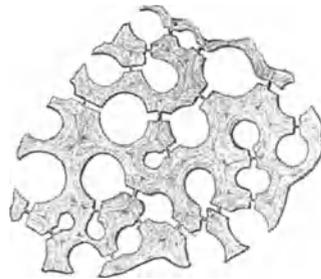


Fig. 126. Querschnitt durch das Endosperm der Dattel. — Vergr. $\frac{250}{1}$.

fälschungsmittel des Kaffeepulvers verwendet. Abgesehen von den äußeren Gewebeschichten der Steinnuß, die viel seltener zu Gesicht kommen, sind im Steinnußmehl in größter Menge die auf den ersten

Blick kenntlichen Endospermzellen vorhanden. Diese (Fig. 125) zeichnen sich durch eine ganz unglaublich dicke Zellhaut aus (der Reservestoff des Samens ist Zellulose und wird eben als dicke Zellwand gespeichert). In den scharfkantigen Fragmenten des Steinnußkerns pflegen, besonders wenn eine Behandlung mit Jod vorhergeht, schmale (mit vielen Beinen versehene tausendfußartige) gelbe Körper in einer gleichmäßig hellen Masse eingebettet zu erscheinen. Die gleichmäßige Masse stellt die Zellwände dar, die gelben Körper aber die mit eiweißhaltigen Inhaltstoffen versehenen Zellhöhlungen. Die Linien, die von den Körpern ausgehen, sind die dünnen Tüpfel, die behufs gegenseitiger Kommunikation der Zellen die dicken Wände durchsetzen. Dies Bild ist zur Erkennung der Steinnußfragmente ohne weiteres geeignet.

Dattelkernmehl. — Gemahlene Dattelkerne sollen manchmal zur Verfälschung des Kaffeepulvers verwendet werden. Der Zusatz ist gleichfalls durch die besondere Gestalt der Endospermzellen ohne weiteres nachweisbar. Auch das Endosperm der Dattel (Fig. 126) besteht aus sehr dickwandigen Zellen; von demjenigen der Steinnuß unterscheidet es sich aber leicht durch die größeren Zellhöhlen, sowie dadurch, daß nicht viele schmale, sondern wenige (1—2) breitere Poren (Tüpfel) die zwischen je 2 Zellen gelegene Zellwand durchsetzen. Weitere Merkmale zur Erkennung der Dattelkerne sind unnötig.

Dörrobst. — Besonders häufig wird Dörrobst zur Verfälschung des Feigenkaffees verwendet, und zwar kommen allermeist gestoßene, angeröstete Birnen in Betracht. Soll ein Feigenkaffeepulver auf einen Zusatz von Dörrobst untersucht werden, so achte man in erster Linie auf Steinzellgruppen (Fig. 127), die von rundlichen, sehr dickwandigen, mit feinen Poren versehenen Zellen gebildet werden. Diese Zellen haben zwar Ähnlichkeit mit den in der Schale der Feigenkerne enthaltenen, aber sie sind viel größer und liegen niemals in einer Schicht, sondern stets als körperhafte Klumpen beisammen. Ferner sei beachtet, daß im Parenchymgewebe der Obstsorten keine Milchsaftschläuche und keine Kristalldrüsen vorkommen, während beide bei der Feige massenhaft vorhanden sind und auch in kleinen Fragmenten zur Anschauung gelangen.

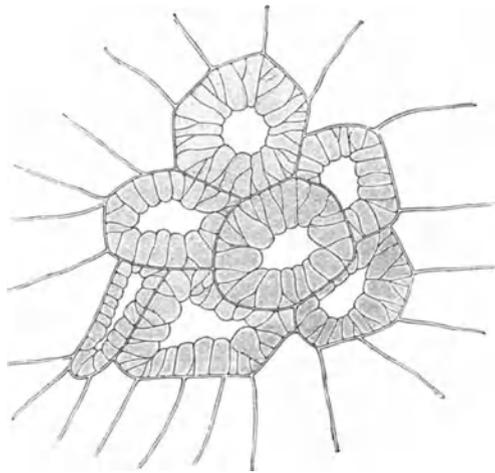


Fig. 127. Steinzellgruppe aus dem Fruchtfleisch der Birne. Vergr. $160\times$. (Nach Strasburger.)

Traubenkerne. — Gemahlene Traubenkerne wurden ebenfalls als Kaffeeverfälschung gefunden. Sie sind (Fig. 128), abgesehen von den etwas langgezogenen, mit sehr vielen feinen Tüpfeln versehenen Steinzellen, besonders leicht kenntlich durch die im Parenchym reichlich vorhandenen Raphidenzellen.

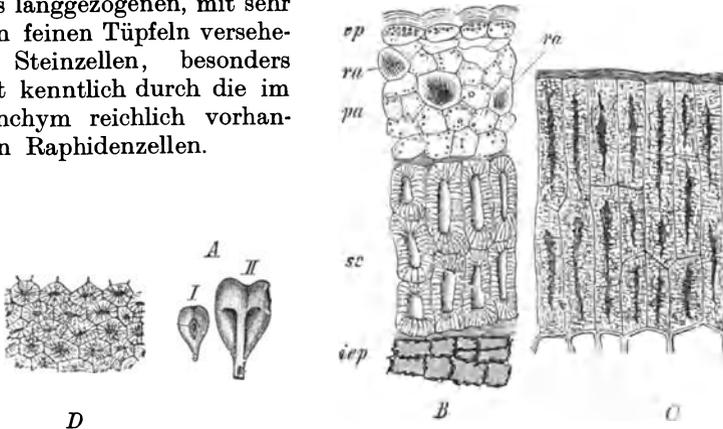


Fig. 128. Traubenkerne. A Kerne, I. Vorderansicht (natürl. Gr.). II. Rückenansicht ($\frac{1}{2}$). B Querschnitt der Kernschale (ep Oberhaut, pa Parenchym mit Raphiden ra, sc Steinzellschicht, iep innere Oberhaut, umgelegt). C Steinzellschicht der Malagatraube. D dieselbe in der Aufsicht. (Nach Hanaušek.)

Sägespäne. — Sowohl im Kaffeepulver wie auch bei rohem Kaffee findet sich manchmal ein Beisatz von feinen Sägespänen. Bei Rohkaffee haben dieselben den Zweck, die breite, tiefe Spalte des im Preis niedriger stehenden Santoskaffees zu verschließen und ihn dem höherwertigen Jamaika- und Portorikokaffees ähnlich zu machen. Bei rohem Kaffee erkennt man die Behandlung mit Sägespänen leicht, wenn man mit einem Messer in der Spalte kratzt. Dabei fällt das Sägemehl, wenn solches vorhanden ist, heraus. Auch im Kaffeepulver sind die Holzelemente leicht zu entdecken. Man achte insbesondere auf dickwandige, am Ende zugespitzte, mit schrägstehenden Tüpfeln versehene Fasern (Librifasern) sowie auf Reste der großen Gefäße.

Mineralbestandteile. — Nicht selten wird Kaffeepulver mit Mineralien, insbesondere mit Ziegelmehl verfälscht. Unter dem Mikroskop erscheinen die eckigen, kantigen, unregelmäßigen Körner, die für anorganische Körper charakteristisch sind. Der weitere Nachweis, sowie die Mengenbestimmung fällt in das Gebiet der chemischen Analyse.

Kaffeersatz. — Mit dem Mikroskop nicht nachweisbar ist die Fälschung gemahlener Kaffees mit bereits benutztem, ausgelaugtem Kaffeepulver. Diese Fälschung muß durch Bestimmung des Extrakts nachgewiesen werden.

Kakao, Schokolade.

Die Kakaopräparate werden aus den gepulverten Kotyledonen des Kakaobaumes (*Theobroma Cacao*) hergestellt, die von großen, aus dünnwandigem Parenchym bestehenden, tief zerklüfteten Gewebmassen

gebildet werden. Sie sind mit einer feinen Epidermis überkleidet (Fig. 129), aus der ganz besonders bemerkenswerte Haargebilde entspringen. Dieselben sind zylindrisch oder keulenförmig und bestehen aus einer oder nach der Spitze zu meist zwei Reihen breiter Zellen. Die große Übermasse der gepulverten Ware aber wird von dem Parenchymgewebe der Kotyledonen gebildet. Dieses ist vollgepfropft mit Fett (Kakaobutter) und enthält auch sehr kleine ($4-12\mu$) Stärkekörnchen; nur einzelne Zellen sind ohne körnigen Inhalt und werden von einem schön violetten, selten braunen oder braungelben Klumpen eines mit den Gerbstoffen verwandten Farbstoffs eingenommen. Kalilauge färbt diese Körper blaugrün, verdünnte Schwefelsäure oder Chloralhydrat blutrot. Selten erscheinen die Elemente der noch nicht vollkommen entwickelten Gefäßbündel, nämlich kleine Fragmente von Spiralgefäßen.



Fig. 129 Epidermis der Kakao-Cotyledonen mit zwei Haaren. Vergr. $125/\mu$.

Durch mikroskopische Untersuchung werden bei Kakaopulver zwei wichtige Fragen, nämlich nach der Größe der Teilchen und nach der Reinheit des Präparats entschieden.

Je feiner die Einzelteilchen sind, um so leichter lassen sie sich in Wasser aufschwemmen („Löslichkeit“ des Kakao); von der Zerkleinerung hängt die Ausgiebigkeit des Pulvers ab. Untersuchungen und Messungen in dieser Richtung werden am nicht entfetteten Wasserpräparat vorgenommen.

Hat man Kakaopulver (Fig. 130) auf seine Reinheit zu untersuchen, so entfette man eine Messerspitze voll durch Äther und spüle mit Alkohol absol. nach. Die Kakaobutter macht die mikroskopischen Bilder unklar und hemmt die Reaktionen. Von dem völlig entfetteten Pulver mache man Wasserpräparate und achte darauf, daß diese nur zertrümmertes Parenchym, spärliche Haarfragmente, vereinzelte Farbstoffzellen und Farbstoffklumpen, kleinste rundliche, einfache oder aus 2—4 Teilkörnern zusammengesetzte Stärkekörner sowie spärliche, zarte Spiraltracheiden enthalten dürfen. An einem Präparat wird durch Jodlösung die Stärke identifiziert, mehrere andere werden durch Chloralhydrat aufgehellt, wobei auf die Lösung des Farbstoffs zu achten ist.



Fig. 130. Kakaopulver. *p* Parenchym; *g* Tracheiden; *tr* Haare; *a* Stärkekörnchen; *f* Farbstoffsplitter; *k* Theobrominkristalle. — Vergr. $875/\mu$.

Verfälschungen des Kakaopulvers. — Kakao wird hauptsächlich

durch Mehlzusatz verfälscht. Auf die großen Stärkekörner der Zerealien ist zu achten. Auch die kleine Eichelstärke (vgl. S. 126, Fig. 120) ist immer noch wesentlich größer (bis 30μ) als die Kakaostärke (bis 12μ) und verrät sich insbesondere durch die charakteristischen Klumpen, während die Kakaostärkekörnchen stets einzeln liegen.

Eine weitere Verfälschung wird häufig durch das Zumengen der Kakaoschalen bewirkt. Die Kakaokotyledonen sind mit (als Kakao-tee bekannten) holzig-pergamentartigen Samenschalen bedeckt, die zwar eine geringe Menge von Theobromin (0,75 %), aber kein Aroma enthalten.

Kakaoschalen weisen zwei Merkmale auf, die zusammen selbst in feinstgemahlenem Kakao noch mit Sicherheit ihre Anwesenheit erkennen lassen: sie enthalten reichliche Mengen von Pflanzenschleim und von verholzten Elementen. Zur Untersuchung fertige man von dem entfetteten Pulver zweierlei Präparate an: zunächst verreihe man chinesische Tusche auf dem Objektträger in einem Wassertropfen, streue etwas trockenes Kakaopulver auf und bedecke mit dem Deckglas. Ist Pflanzenschleim vorhanden, so entstehen in dem schwarzen Objekt helle Punkte, die von dem zähen, aufquellenden Schleim gebildet werden. Zu einem anderen Präparat füge man Phlorogluzinlösung und Salzsäure. Die verholzten Elemente färben sich damit rot, eine Färbung, die aber leider oft durch das natürliche Braun des Objekts verdeckt wird. Unter allen Umständen sind die verholzten Elemente aber als Steinzellen durch ihre stark verdickten Wände kenntlich. — Beim Eintreten der Schleimreaktion sowie durch den Nachweis der Steinzellen (vgl. Fig. 131, *d*) ist die Verfälschung mit Kakaoschalen

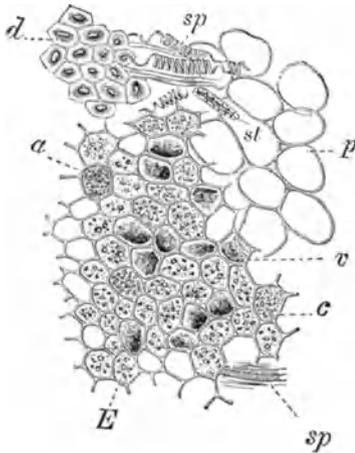


Fig. 131. Gewebe des Kakao. *d* Sklereiden der Samenschale; *E* Parenchym der Kotyledonen der Stärke, Fett, Aleuron (*a*), Farbstoffzellen (*v*); *sp* Spiralgefäße. Vergr. $160\times$. (Nach Moeller.)

nachgewiesen. Man achte aber darauf, nicht Luftblasen für Schleim zu halten.

Untersuchung der Schokolade. — Die Schokolade wird durch das Verreiben der fettreichen Kakaosamen mit einem Zusatz von (50 % oder mehr) Zucker und Gewürzen hergestellt. In dem dergestalt hergestellten Produkt sind die Zellelemente mehr zerkleinert als im Kakaopulver; dementsprechend ist es schwieriger, aus Schokolade charakteristische Bilder zu erhalten.

Um Schokolade zu untersuchen, zieht man zunächst durch Erwärmen

mit Äther das Fett aus, löst dann mit kaltem oder lauwarmem (30—35°) Wasser den Zucker; der in Äther und Wasser unlösliche Rückstand wird der mikroskopischen Betrachtung in gleicher Weise unterworfen, wie man dies mit dem Kakaopulver (S. 127) macht. Außer den Elementen des Kakaosamens dürfen sich nur finden Reste der Gewürze, wenn die Schokolade nicht mit Vanillin oder Perubalsum gewürzt war. Man achte in den Präparaten auf große, feine Nadeln von Kalkoxalat und auf die später zu beschreibenden Samen der Vanille; beides beweist eine Zumengung von Vanille. Auch die Bestandteile anderer Gewürze (Zimmet, Gewürznelken, Muskatnuß, Macis, Kardamomen) finden sich manchmal; ihre Erkennung wird weiter unten bei Behandlung dieser Gewürze beschrieben werden.

Verfälschungen der Schokolade. — Es war ein sehr weit verbreiteter Gebrauch, der Schokolade ein geringes Quantum Mehl zuzusetzen, und zwar geschah dies, um das daraus bereitete Getränk etwas schleimig zu machen. Ob ein solcher Mehlzusatz, wenn er sich in bescheidenen Grenzen hält, als Fälschung anzusehen sei, wurde von vielen bestritten, von anderen bejaht. Diese Frage ist aber erledigt durch den Beschluß der deutschen Schokoladefabrikanten, daß unter Schokolade nur ein Gemisch von Kakao, Zucker und Gewürzen zu verstehen sei. Dementsprechend ist auch der Zusatz von Mehl als Fälschung zu betrachten. Hauptsächliche weitere Verfälschungen sind: 1. Kakaoschalen (vgl. oben S. 128); diese werden wie im Kakao-pulver aufgesucht und erkannt. 2. Nicht selten kommt es vor, daß die Samen der Erdnuß (*Arachis hypogaea*) mit den Kakaobohnen zugleich vermahlen werden; diese Verfälschung ist sehr leicht zu entdecken. Die Samenschale der Erdnuß (vgl. Fig. 132) wird nämlich von drei Zellschichten gebildet, deren oberste aus pflasterartig festgefügtten, rotbraunen Zellen mit dicht zahn- oder kammartig gestellten Verdickungen der Wände besteht. Auch das kleinste Fragment der kammartig verdickten Zellwände kann kaum übersehen werden und beweist die Anwesenheit der Erdnuß. 3. Färbung mit Santelholz-pulver ist nicht selten. Die Holzstruktur dieser Materie sowie der Umstand, daß der Santelfarbstoff sich in Kalilauge tief rot löst, machen die Erkennung leicht. 4. Häufig kommt eine Verfälschung der Schokolade mit Mineralsubstanzen, insbesondere mit rotem Bolus und feinst gemahlenem Ziegelmehl vor. Die Mineralkörnchen werden ohne weiteres unter dem Mikroskop erkannt, die Menge des Zusatzes aus dem Aschengewicht bestimmt. Dabei ist zu bemerken, daß bei Anwesenheit von (mikroskopisch nachzuweisenden) Kakaoschalen der

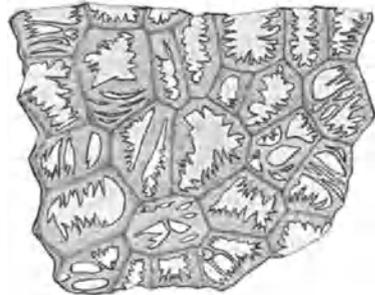


Fig. 132. Epidermis der Samenschale der Erdnuß. — Vergr. $\frac{250}{1}$.

Fig. 132. Epidermis der Samenschale der Erdnuß. — Vergr. $\frac{250}{1}$.

Aschengehalt bis 9 % steigen kann, ohne daß absichtlich Mineralsubstanzen als Verfälschungsmittel angewendet wurden.

Kolanuß.

Die Kolanuß besteht aus den großen Cotyledonen von *Cola acuminata*, die in getrocknetem Zustand 0,8—2,41% Koffein und Theobromin enthalten; zur Untersuchung gelangt dieselbe in sehr zerkleinertem Zustand.

Die Fragmente bestehen (Fig. 133) aus einer kleinzelligen Epidermis, großzelligem, mit Stärke erfülltem Parenchym und zerstreuten sehr feinen Gefäßbündeln. Charakteristisch sind zunächst die in ihrer Größe nur wenig variablen Stärkekörner, die fast alle im Innern zerklüftet sind und (in Wasser betrachtet) oft deutliche konzentrische Schichtung aufweisen. Viel wichtiger aber für die Erkennung der Droge selbst im Pulverzustand ist die gelbe (braungelbe) Farbe aller Zellwände, sowie besonders die Erscheinung, daß alle Wände nach den Interzellularräumen zu zerstreute knopfige oder leistenförmige Auswüchse zeigen. Dies für die Diagnose entscheidende Merkmal wird vorteilhaft am Kalipräparat studiert, indem man sich recht große Interzellularräume aufsucht und deren Grenzräume mit starker Vergrößerung betrachtet. In solchen Präparaten treten häufig lange Koffeinnadeln, meist in Büschel angeordnet, entgegen.

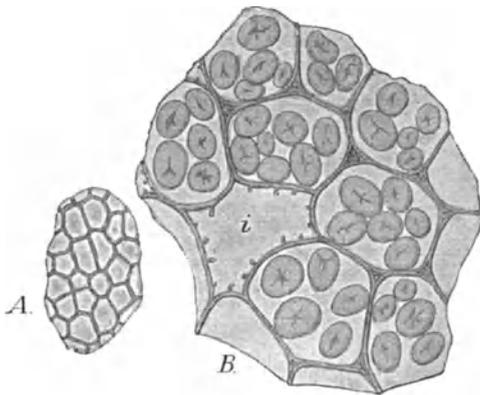


Fig. 133. Schnitte durch die Kolanuß. A Epidermis; B Parenchym der Cotyledonen; i Interzellularraum. Vergr. $\frac{250}{1}$.

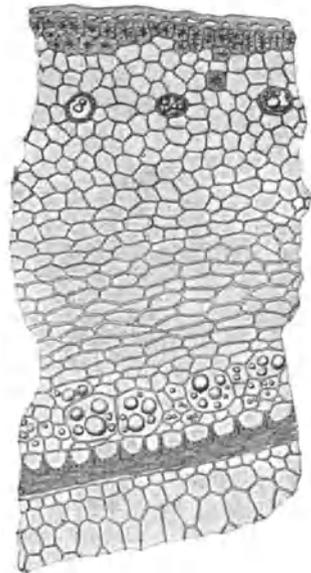


Fig. 134. Querschnitt durch den schwarzen Pfeffer. — Vergr. $\frac{150}{1}$.

Pfeffer.

Pfeffer, die Beerenfrucht des in Ostindien heimischen Kletterstrauches *Piper nigrum*, ist das am stärksten konsumierte Gewürz. Der sogenannte schwarze Pfeffer ist die nicht völlig reife, an der

Sonne oder in Öfen getrocknete; der weiße Pfeffer die reife nach dem Einweichen in Meer- oder Kalkwasser vom Fleisch befreite Frucht. Jener hat einen schärfer brennenden Geschmack als der reine Pfeffer.

Das Pfefferpulver des Kleinhandels ist allgemein Fälschungen ausgesetzt. Wer Pfeffer und andere Gewürze auf Verfälschungen untersuchen soll, muß sich an einer eigens gepulverten Ware genaue Kenntnis des Aussehens der darin normalerweise vorkommenden Gewebeelemente verschaffen, sowie die Fälschungsmittel gleichfalls in Pulverform zum Vergleich bereitstehen haben.

Über die Elemente, die im Pfefferpulver vorkommen dürfen, orientiert man sich leicht aus dem Querschnitt (Fig. 134). Man sieht, daß die Frucht eine Epidermis besitzt, unter der eine starke Lage von Steinzellen sich findet; dann folgt eine dicke Lage von Parenchym, deren obere Hälfte große Ölzellen führt, während in der unteren Hälfte das Öl in Tropfen fast in jeder nicht besonders gestalteten Zelle enthalten ist. Zwischen äußerer und innerer Schicht dieses Parenchyms begegnen streckenweise spiralwandige Tracheiden, die Reste rudimentärer Gefäßbündel. Nach innen grenzt das Parenchym an eine Lage nur nach innen, also einseitig verdickter Steinzellen.

Zwei schwerer erkennbare Zellagen stellen die Samenschale dar, darauf folgt das aus unregelmäßig polyedrischen, dünnwandigen Zellen gebildete Endospermgewebe des Samens. Dieses Endosperm, die Hauptmasse des Pfefferkorns, ist erfüllt mit sehr kleinen, zusammengesetzten, kantigen Stärkekörnchen; einzelne Zellen desselben aber sind frei von diesem Inhaltsstoff und enthalten gelbe Harzklümpchen.

Für die Untersuchung des Pfeffers eignet sich Chloralhydrat als Aufhellungsmittel besser als Eau de Javelle. In reinem Pfefferpulver, das 24 Stunden lang in Chloralhydrat gelegen hat, unterscheidet man leicht Elemente, die dreierlei verschiedene Färbungen aufweisen, nämlich: 1. graue oder grauweiße Klümpchen. Diese erkennen wir bei Jodzusatz leicht als die stärkeerfüllten Endospermzellen. 2. dunkelbraune Körner; in ihnen suche man die peripheren gelben Steinzellen, denn diese Körner stellen die äußeren Lagen der Pfefferfrucht dar. 3. braungelbe oder gelbe Fragmente, durch die einseitig verdickten, darin enthaltenen Steinzellen als der innersten Lage der Fruchtschale angehörig gekennzeichnet. Außerdem kommen aus ihrem Zusammenhang vollständig herausgerissene Zellelemente aller in Betracht kommenden Gewebe sowie lose kleinste Stärkekörnchen reichlich vor.

Auch das aus dem weißen Pfeffer gewonnene Pulver unterscheidet sich meist nicht wesentlich von demjenigen des schwarzen Pfeffers, da erfahrungsgemäß gerade die unvollkommen geschälten und deshalb unansehnlichen Körner vorzugsweise gepulvert werden. Die Elemente der Fruchtschale treten gegenüber denen des Endosperms zurück.

Verfälschungen des Pfefferpulvers und anderer Gewürzpulver.

Jedes Pfefferpulver, das andere als die beschriebenen Zell- bzw. Gewebeteile enthält, ist verfälscht. Große Schwierigkeit kann es aller-

dings bereiten, die Art der Verfälschung zu bestimmen, da bereits die seltsamsten Dinge darin gefunden wurden. Im folgenden werden die häufiger vorkommenden Verfälschungen beschrieben.

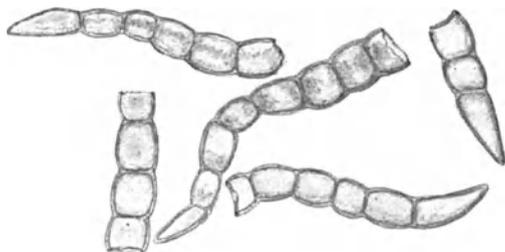


Fig. 135. Haare der Pfefferspindel. — Vergr. $150\times$.

Pfefferspindeln. —

Die Pfefferfrüchte sitzen dicht gedrängt in ährigen Fruchtständen, deren Achsen (Fruchtspindeln) oft massenhaft in der nicht ausgelesenen Rohware vorkommen. Werden diese mit gepulvert, so erscheinen im Gewürz viele Bastfasern und bis

30μ weite Gefäße sowie insbesondere höchst charakteristische, aus einreihigen kurzen Zellen gebildete Haare (Fig. 135).

Paprika. — Bei Verwendung der im folgenden beschriebenen Fälschungsmittel vermindert sich die Schärfe des Pfefferpulvers. Sehr häufig wird deshalb zugleich mit den geschmacklosen Unterschiebungen noch Paprika beigemischt. Zellen, die hochrote Öltröpfchen enthalten, (vgl. S. 138), lassen die Fälschung erkennen.

Brot, Mehl. — Insbesondere trockenes, gemahlenes Brot wird im Pfefferpulver sehr häufig gefunden. Um dasselbe zu erkennen, setze man dem Präparat vom Rand her sehr vorsichtig stark verdünnte Jodlösung zu. Bräunliche oder gelbliche Schollen, die sich allmählich vollständig blau, schließlich schwarzblau färben, deuten mit Sicherheit auf Brotkrümel. — Auch Mehl ist (besonders im weißen Pfefferpulver) sehr häufig nachzuweisen. Die Gestalt der Stärkekörner läßt Kartoffel-, Weizen-, Roggen-, Gerstenmehl sofort erkennen (vgl. S. 93 ff.); schwieriger ist die Frage zu entscheiden, ob Reismehl beigemischt wurde. Zur Sicherheit kommt man durch den Vergleich einer Reismehlprobe: die Stärkekörner des Reis sind deutlich größer, sehr viel scharfkantiger als die des Pfeffers.

Kleie. — Findet man im Pfeffer feine Häute mit dem oben (S. 98) geschilderten charakteristischen Bau der Getreidesamenschalen und zugleich mit gelbem, bei Jodzusatz sich tiefer bräunendem Inhalt erfüllte dickwandige Zellen (Kleberzellen), so ist die Fälschung mit Kleie nachgewiesen. Anstelle der Kleie werden mehrfach auch gemahlene Birtreber zur Verfälschung verwendet. Deren Elemente sind von denen der Kleie nicht verschieden; vgl. oben S. 109 über die Spelzenbestandteile der Gerste.

Sägemehl. — Auf den ersten Blick erkennt man unter dem Mikroskop eine etwaige Beimischung dieser kleinsten Holzfragmente an den langen Holzfasern, den Hoftüpfeln der Tracheiden usw. — Um sich einen Überblick über etwa vorhandenes Sägemehl in der Gewürzprobe zu verschaffen, wende man die Phloroglucin-Salzsäurefärbung an. Zellkomplexe, die sich rot färben, betrachte man genauer. Sind sie aus

langgestreckten Elementen gebildet und kann man nun die Tüpfel erkennen, so ist die Diagnose auf Sägemehl gesichert.

Baumrinde. — Auch die Baumrinden enthalten oft große Bündel mit Phlorogluzin-Salzsäure sich rot färbender Fasern, daneben (und oft mit letzteren in Zusammenhang) aber auch große Steinzellen. Da solche auch im Pfeffer vorkommen, sind sie nur dann charakteristisch, wenn sie eben mit Fasern zusammenliegen. Ganz besonders bezeichnend für Rinden aber ist, daß sie stets große Gruppen meist ziemlich dünnwandiger Zellen enthalten, die von konzentrierter Schwefelsäure nicht angegriffen werden. Dies sind Korkzellen. Hat man den Verdacht geschöpft, daß eine Verfälschung des Pfeffers mit Baumrinde vorliegt, so kocht man etwas von dem Pulver mit Sudan-Glyzerin auf. Sind nach dieser Behandlung tafelförmige oder isodiametrische hochrote Zellen vorhanden, deren ganze Struktur als Korkzellen erkannt wird, so ist die Fälschung nachgewiesen.

Nußschalen. — Verhältnismäßig schwer mit Sicherheit festzustellen ist eine Verfälschung des Pfeffers mit gepulverten Nußschalen. Diese Fälschung kommt besonders in Süddeutschland nicht selten vor. Hat man ein Präparat gemacht und findet Gruppen von Steinzellen, die nicht gelb, sondern weiß aussehen, so erregt dies den Verdacht, daß sie von Nußschalen stammen könnten. Die Steinzellen der Nußschale sind recht verschieden gestaltet, je nachdem sie aus den äußersten, mittleren oder inneren Schichten stammen.

Um die Diagnose sicher zu stellen, mustere man eine große Anzahl (20—30) Präparate (Fig. 136) durch. Alle Steinzellgruppen, die in organischer Verbindung mit dünnwandigem Parenchymgewebe stehen, gehören der Nußschale nicht an, ebenso Steinzellen, die nur nach einer Seite hin verdickte Wand aufweisen. Dagegen beweist das häufige Vorkommen weißer, nicht in Verbindung mit Parenchym stehender Zellen die Anwesenheit von Nußschalenpulver.

Olivenkerne. — Um diese hauptsächlich in Frankreich vorgekommene Fälschung nachzuweisen, verfährt man folgendermaßen: Als Vorprüfung übergießt man das Pfefferpulver mit konzentrierter Schwefelsäure. Sieht man nun mit der Lupe dunkelorange rote Fleckchen, so sind dies die Reste des Fruchtfleisches der Olive; die genauere Untersuchung wird dann mikroskopisch ausgeführt. Im Präparat begegnet man, wenn Olivenkerne als Fälschungsmittel verwendet wurden, zahlreichen langgestreckten Steinzellen. Hier besonders ist der Besitz

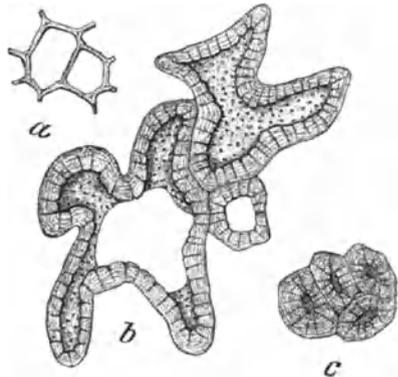


Fig. 136. Elemente der Nußschalen: *a* von der innersten, *b* von der mittleren, *c* von der äußeren Schicht. — Vergr. $250\times$.

eines Polarisationsapparates für die genaue Durchführung der Untersuchung wünschenswert. Die Steinzellelemente der Olivkerne (und Nußschalen) sind bei gekreuzten Nikols (bei schwacher Vergrößerung betrachtet) glänzend weiß, jene des Pfeffers aber glänzend gelb.

Palmkernmehl. — Weitaus die wichtigste Verfälschung des Pfeffers ist die mit dem Preßrückstand fetthaltiger Palmkerne. Als solche kommen hauptsächlich die Preßkuchen der Ölpalme (*Elaeis guineensis*, S. 124, Fig. 124) und der Kokospalme (*Cocos nucifera*, Fig. 137) in Betracht. So häufig diese Fälschung ist, so leicht ist sie zu entdecken. Zunächst verraten sich die Preßrückstände aller Ölsamen durch Tropfen fetten Öls (Alkanninprobe, vgl. S. 75); ferner sind die großen, teils dunkel-undurchsichtigen, teils glashellen Schollen im Präparat höchst verdächtig. Um zur Sicherheit zu gelangen, extrahiere man das Fett

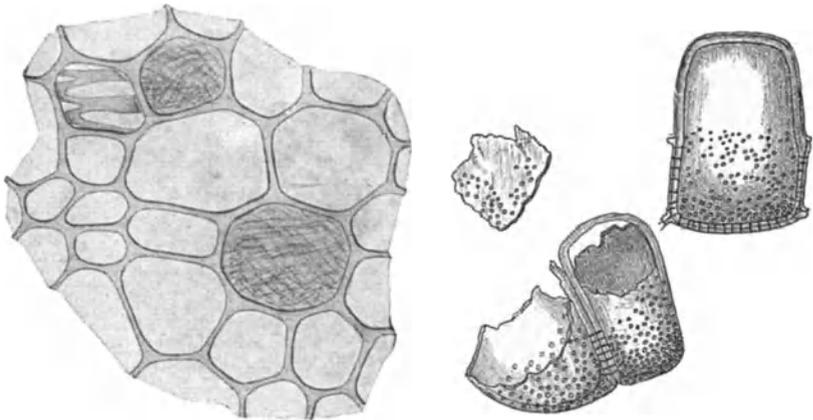


Fig. 137. Endosperm der Kokosnuß; zwei Zellen mit Fettsäurenadeln. — Vergr. $250\times$. Fig. 138. Mandel-Preßkuchen. Braune dickwandige Epidermiszellen. — Vergr. $165\times$.

eines kleinen Quantums des zu untersuchenden Pulvers mit Äther, spüle mit Alc. absol. nach und mache dann Präparate. Sind Parenchymzellen ohne Stärkeinhalt vorhanden, deren Wandungen ganz ähnlich wie diejenigen der Kaffeebohne (vgl. Fig. 124, S. 124) runde große Tüpfel aufweisen, so ist der Nachweis vom Palmkernmehl (*Elaeis*) geliefert. Haben diese Zellen dagegen keine derartig verdickten Wände und besteht ihr Inhalt aus einem großen Klumpen von Eiweißsubstanz (färbt sich mit Jod gelb), so gehören sie zur Kokosnuß.

Erdnüsse. — Wie zur Verfälschung von Mehl und Kakao (vgl. S. 129), so auch zu der des Pfeffers wird die Erdnuß (*Arachis hypogaea*) verwendet. Das oben angegebene Merkmal der säge- oder kammartig verdickten Samenhautzellwände (Fig. 132) läßt die Preßrückstände der *Arachis* leicht erkennen.

Mandel-Preßkuchen. — Die Preßrückstände, die bei der Gewinnung des Mandelöls bleiben, sind stets und leicht an den großen,

unter dem Mikroskop gelb oder gelbbraun aussehenden, stark gefügelten Epidermiszellen (Fig. 138) der Mandel oder der anderen als Surrogat dienenden *Prunus*-Arten (Pflirsich, Aprikose usw.) zu erkennen.

Leinkuchen, Rapskuchen. — Die Anwesenheit dieser beiden verhältnismäßig häufig vorkommenden Verfälschungen wird auf sehr einfache Weise unter dem Mikroskop erkannt. Sowohl die Lein- wie die Rapsamen enthalten größere Mengen von Pflanzenschleim, der mittels der Tuschreaktion nachgewiesen wird. Man verfährt dabei in der oben (S. 74) angegebenen Weise. Überall, wo ein Stückchen der Samenoberhaut von Lein oder Raps liegt, entsteht nach wenigen Minuten ein durchsichtiger Fleck, der durch das Zurückdrängen der Tuscheflitterchen durch den aufquellenden Pflanzenschleim gebildet wird. Man hat auf diese Weise die Anwesenheit des einen der beiden Verfälschungsmittel erkannt, so ist nun die Unterscheidung derselben nicht schwer. Die leichtest kenntlichen Elemente der Leinkuchen sind in Fig. 140 dargestellt. Es sind dies viereckige Plättchen, erfüllt mit

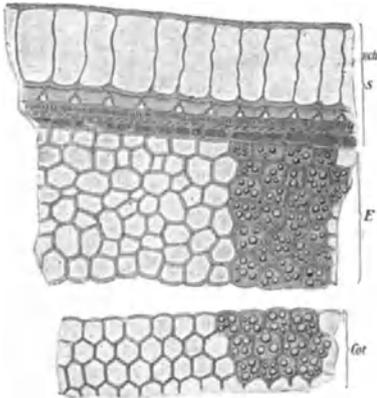


Fig. 139. Querschnitt durch den Leinsamen. S Samenschale; E Endosperm; Cot Cotyledonargewebe; sch Schleim-epidermis. — Vergr. $125/1$.

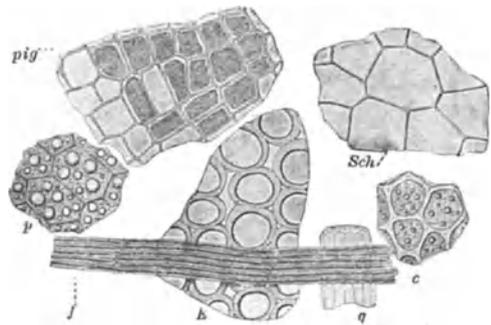


Fig. 140. Elemente des Leinpreßkuchens in der Flächenansicht. pig Pigmentschicht; sch Schleim-epidermis; p Embryonalgewebe; f Faserschicht; c Endosperm; E Ringzellen. — Vergr. $190/1$.

dunkelbraunem Farbstoffinhalt (*pig*) sowie in Bündeln liegende Faserzellen (*f*), die von sehr feinen und durchsichtigen Querzellen (*q*) gekreuzt werden.

Derartige Elemente fehlen dem Rapskuchen vollständig. Dort sind (vgl. Fig. 141) zwar auch dunkelbraun gefärbte Gewebe vorhanden, aber diese zeigen niemals ähnlich viereckigen Bau der einzelnen Zellen; insbesondere das mit *a* bezeichnete Gewebe, die Palissadenschicht des Rapsamens, ist durch die sehr stark verdickten Zellwände leicht kenntlich.

Schließlich sei noch auf einen Unterschied hingewiesen, der es erlaubt, die beiden Verfälschungen bei einiger Übung sehr leicht zu erkennen. Sowohl bei Raps wie bei Lein kommen rein weiße Gewebefetzen vor (Fig. 140 *p*; 141 *c*), die mit Öltropfen versehen sind, dagegen keine Stärke führen und daran leicht als

nicht zum Pfeffer gehörig erkannt werden. Diese Gewebestückchen stammen von den Embryonen der Pflanzen. Sie sind ohne weiteres nicht unterscheidbar, fügt man aber einen Tropfen Kalilauge zu, so werden diese Zellketten sofort schön gelb, wenn sie zum Raps gehören, bleiben dagegen farblos, wenn sie vom Lein stammen.

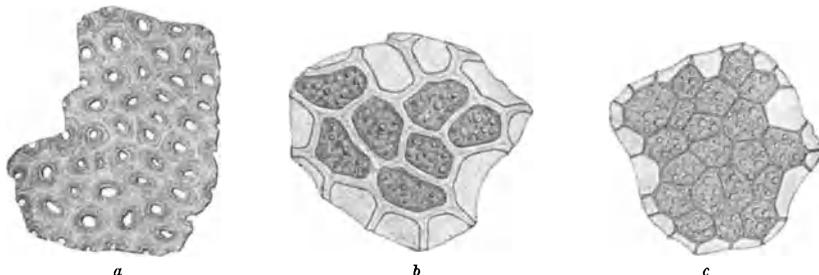


Fig. 141. Elemente des Raps-Preßkuchens in der Flächenansicht. *a* Palissadenschicht; *b* Kleberschicht; *c* Embryonalgewebe. — Vergr. $250\times$.

Sonnenblumensamen. — Preßkuchen, die bei der Gewinnung des Öls von *Helianthus annuus* abfallen, wurden gleichfalls bereits als Gewürzverfälschung aufgefunden. Die Samenschale der Sonnenblume ist leicht charakterisiert durch dünnwandige und einzellige Haare, die stets zu zweien dicht nebeneinander entspringen, sowie durch Epidermiszellen, die teilweise mit einer dunkelbraunen Masse (Pigment) erfüllt sind.

Mineralische Beimengungen. — Ihre Anwesenheit zeigt das Mikroskop ohne weiteres; über Natur und Menge gibt die Aschebestimmung Auskunft. Schwarzer Pfeffer darf nicht über 8%, weißer nicht über 4% Asche liefern.

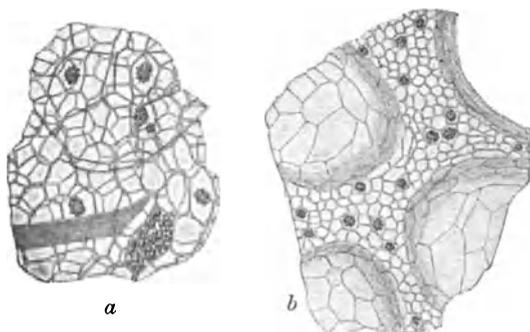


Fig. 142. Gewebe des Piment. *a* Scheidewand der Frucht; *b* Parenchym der Fruchtschale mit Ölräumen. — Vergr. $190\times$.

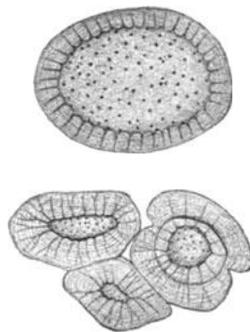


Fig. 143. Steinzellen des Piment. Vergr. $190\times$.

Piment.

Als Piment oder Nelkenpfeffer (Fig. 142, 143) sind die Früchte von *Pimenta officinalis* im Gebrauch. Sie sehen den Pfefferkörnern ungefähr ähnlich, unterscheiden sich aber leicht durch bedeutendere

Größe (bis 7 mm), gekörnte (nicht runzelige) Außenfläche, vierzähligen Kelchrand auf dem Scheitel und besonders (was beim Durchschneiden sofort sichtbar wird) durch die von einer Scheidewand durchzogene, gedoppelte Höhlung im Innern.

Auch Piment wird als Pulver verkauft und ist in diesem Zustand das Objekt häufiger Fälschungen. Behufs Untersuchung wird das Gewürzpulver im Mörser soweit zerkleinert, daß seine Fragmente bequem unter dem Deckglas Platz haben, dann bleicht man es ein bis zwei Stunden in Eau de Javelle.

Bei der Untersuchung findet man im unverfälschten Piment folgende Elemente: 1. einfache, sehr kleine Härchen, die sich auf der Epidermis der Frucht befanden. Diese Härchen sind sehr charakteristisch, aber nur spärlich vorhanden. 2. Der voluminöseste Bestandteil sind große Steinzellen (Fig. 143). Sie stammen aus der Fruchtschale; ihre Membran ist verschieden stark verdickt; die Porenkanäle, die die Membranen der stärkst verdickten durchsetzen, sind verästelt. Die Steinzellen des Piment sind, in Wasser betrachtet, weiß (nicht gelb) und niemals faserig verlängert. 3. Sehr auffallend pflegen in den Pulverproben dünne Gewebefetzen (Fig. 142b) zu sein, die deutlich gewölbt sind und eine zellartige Netzzeichnung aufweisen: die Wände der großen Ölräume, die das ätherische Öl der Pimentfrucht enthalten. Bei Betrachtung in Wasser sind diese Gewebestücke tief braun. 4. Gleichfalls braun oder rotbraun sind zartwandige Zellen, die sowohl aus dem Fruchtfleisch wie aus der Scheidewand der Fruchthöhle stammen. Mehrfach sind diese Zellen fast ganz erfüllt mit trümmerartigen Einzelkristallen von Kalkoxalat (Fig. 142a). 5. In Wasserpräparaten können besonders bei Jodzusatz die reichlich vorhandenen, sehr kleinen Stärkekörner nicht übersehen werden. 6. Sehr auffällig sind ferner die Tropfen des grünlich gefärbten ätherischen Öls, die sich reichlich im Präparat vorfinden. 7. Endlich enthält das Pimentpulver auffällig massenhaft kleine Kristalldrüsen von Kalziumoxalat.

Verfälschungen des Pimentpulvers. — Fast alle beim Pfeffer aufgeführten und beschriebenen Verfälschungen kommen auch beim Piment vor. Außer ihnen ist aber für Piment von besonderer Wichtigkeit der Zusatz gepulverter Nelkenstiele (vgl. Fig. 155). Diese Fälschung ist sehr leicht zu entdecken. Auch die Nelkenstiele enthalten reichlich dickwandige Zellelemente, die mit den Steinzellen des Piments eine gewisse Ähnlichkeit haben, doch sind sie beim Nelkenstielpulver stets gelb gefärbt, beim Piment dagegen farblos. Ferner begegnen im Nelkenstielpulver massenhafte, langgestreckte, sehr dickwandige Fasern, während die Steinzellen des Piments nicht langgestreckt sind. Auf dies Merkmal achte man besonders aufmerksam, da das Vorhandensein von Fasern auch auf die Fälschung des Pimentpulvers mit Holz- und Rindenbestandteilen verschiedenster Herkunft hinweist und solche leicht erkennen läßt.

Paprika.

Das beißend scharfe Gewürz, das als Paprika oder spanischer Pfeffer (Cayennepfeffer usw.) bezeichnet wird, stammt allermeist von *Capsicum annuum*, seltener von *Capsicum fastigiatum*.

Die tiefrote Farbe der Paprikafrucht wird durch massenhaft vorhandene rote (mit konz. Schwefelsäure indigoblau gefärbte) Öltropfen in den äußern Schichten des Fruchtfleisches bedingt. Diese Öltropfen sind das beste Erkennungsmittel für die allermeisten Gewebepartikel, die bei der mikroskopischen Untersuchung von Paprikapulver begegnen. Es gibt zwar auch nicht tiefrote, ja sogar grüne Sorten von Paprika, die nicht weniger scharf schmecken als die roten. Als Pulver kommen diese Sorten im Handel aber nicht vor, da das Publikum das Pulver der roten Formen verlangt.

Seiner größten Menge nach besteht das Paprikapulver aus den zerkleinerten Geweben des Fruchtfleisches; Reste der Samen treten zurück, werden aber doch bei aufmerksameren Suchen stets gefunden. Das hervorstechendste Merkmal des Pulvers bei mikroskopischer Betrachtung stellen die roten Öltröpfchen dar. Sie liegen teils in Zellen eingeschlossen, teils frei im Präparat und werden durch Wasser nicht verändert. Deshalb untersucht man Paprikapulver zweckmäßig als Wasserpräparat.



Fig. 144. Gekrösezellen der Paprikasamenschale.
Vergr. $\frac{1000}{1}$.

Ferner ist als negatives Merkmal beachtenswert, daß größere Partien von Gefäßbündeln und anderen sehr langgestreckten Elementen im Paprikapulver vollständig oder fast vollständig fehlen (die kleineren Gefäßbündel desselben kommen kaum in Betracht, doch können als seltene Erscheinung bei der Untersuchung sich Bruchstücke des Holzkörpers des Fruchtsstiels zeigen); endlich sind die Stärkekörner der Paprikafrucht nur in recht geringer Zahl vorhanden und außerordentlich klein. Alle Stärke, die deutliche große

Körner darstellt oder die in einiger Menge vorhanden ist, deutet auf Verfälschung.

Ganz besonders charakteristisch aber sind die Fragmente der Samenschale von *Capsicum*. Dieselben stellen (vgl. Fig. 144) derbwandige Fetzen von ganz eigentümlicher Struktur dar. An dem gekröseartigen Aussehen, das die Flächenansicht bietet, werden diese Fragmente der Samenschale leicht erkannt.

Die Untersuchung des Paprikapulvers wird in folgender Weise bewirkt: Man nimmt eine Prise des Pulvers und weicht sie 24 Stunden lang in Wasser (dem zweckmäßig einige Tropfen Ammoniakflüssigkeit zugesetzt sind); darauf fertigt man Präparate und durchmustert dieselben zunächst ohne Zusatz eines Reagens.

Alle Gewebeteile, die rote oder gelbe Punkte (Öltropfen) enthalten, sowie farblose dünnwandige Parenchymfetzen sind ebensowenig zu beanstanden wie die als Fragmente der Samenschale erkannten Gerösezellen. Dagegen sind langgestreckte, dünnwandige sowie alle als Steinzellen sich charakterisierenden Elemente verdächtig. Ebenso dürfen im Paprikapulver sich keine Kristalle vorfinden. Ferner werden unter dem Mikroskop sofort alle Elemente, die braun gefärbt sind, den Verdacht erregen, daß eine Fälschung vorliegt, da die Paprikaf Frucht keine braunen Teile enthält.

Hat man auf diese Weise sich mit dem Präparat völlig vertraut gemacht, so setzt man etwas Jod zu, um auf Stärke zu prüfen.

Welcher Art eine Verfälschung ist, wird, wenigstens was die verbreiteteren Fälschungsmittel betrifft, aus unsern oben beim Pfeffer gegebenen Ausführungen leicht bestimmt werden. Man achte vorzüglich auf Zusatz von Mehl, klein gestoßener Brotrinde, auf Preßrückstände von Ölsamen, Rindmehl, Holzmehl und Ziegelmehl. — Der Aschengehalt darf 6,5 % nicht übersteigen.

Senf.

Eine mikroskopische Untersuchung von Senf sowie von zu Genußzwecken bestimmtem, präpariertem Senfpulver könnte nur den Zweck haben, darin Substanzen zu bestimmen, die den Nahrungs- und Genußmitteln nicht angehören und genossen nachteilige Wirkungen haben. Ferner könnte es sich eventuell darum handeln, die Gegenwart des Pulvers der Senfsamen festzustellen für den Fall, daß der Geschmack des Präparats dies zweifelhaft erscheinen ließe. Speisesenf wie Speisesenfpulver sind zusammengesetzte Genußmittel, die nur den Ansprüchen des Geschmacks entsprechen sollen. Zur Erreichung dieses Zwecks ist die Vermischung des Senfpulvers mit Salz, allen möglichen Gewürzen, Mehl, Essig, Wein, Zucker usw. allgemein gebräuchlich. Solche Beimischungen können nicht als ungehörige oder als Fälschungen angesehen werden, da man den Wert der Senfpräparate nach der äußern Beschaffenheit und dem Geschmack beurteilt und eine einfache Mischung von reinem Senfpulver mit Wasser, Wein oder Essig keineswegs wohlschmeckend ist. Mehl gibt die schleimige Konsistenz des Präparats.

Anders verhält es sich mit dem Senfmehl, das für Arzneizwecke (Senfumschläge usw.) bestimmt ist oder das im Großhandel als Rohstoff für die Senfbereitung verkauft wird. Dieses muß selbstverständlich rein sein.

Senfmehl stellt die gemahlene Samen mehrerer der *Cruciferen*

Familie angehöriger Pflanzen, nämlich von *Sinapis alba* (weißer Senf), *Brassica Besseri* (Sareptasenf) und *Brassica nigra* (schwarzer Senf) dar. Je nach den verschiedenen gebräuchlichen Fabrikationsweisen wird der geschälte oder ungeschälte, der durch Auspressen seines Öls großenteils entledigte oder der ölhaltige Samen gemahlen. Dementsprechend kann Qualität und mikroskopisches Bild verschiedener Senfmehle sehr variabel sein.

Bekanntlich ist die scharf schmeckende Verbindung, die den Senf zum häufig gebrauchten Gewürz eignet (Senföl), nicht als solche in den Senfsamen enthalten, sondern entsteht erst bei der Zubereitung. Im schwarzen und im Sareptasenf ist ein Sinigrin genanntes Glykosid enthalten, das durch die Einwirkung eines in besonderen Zellen der Senfsamen sich befindenden Ferments (Myrosin) gespalten wird und das Senföl entwickelt. Ebenso ist im weißen Senf ein anderes Glykosid von ähnlichen Eigenschaften, das Sinalbin enthalten.

Die Hauptmasse des Senfpulvers wird von den dünnwandigen Parenchymzellen des Keimlings gebildet. Diese Zellen enthalten Aleuronkörner von beträchtlicher Größe sowie reichlich fettes Öl in kleinen Tröpfchen. Stärke findet sich im Senfsamen nicht; wenn solche im Präparat auftritt, ist sie beigemischt worden. — An den Zellelementen des Keimlings können die verschiedenen Senfarten und ebenso die Beimischung von Rapskuchen zum Senfmehl nicht unterschieden werden. Dementsprechend wäre es unmöglich, die Stammpflanze eines aus geschälten Samen hergestellten Senfpulvers auf mikroskopischem Wege zu ermitteln, wenn nicht erfahrungsgemäß doch immer noch genug Schalenfragmente vorhanden wären, die die Erkennung ermöglichen.

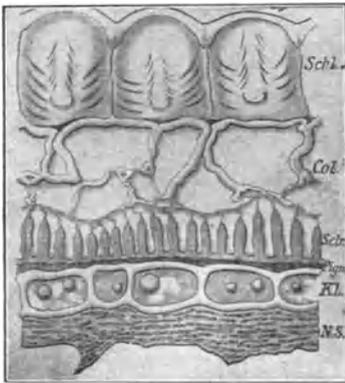


Fig. 145. Weißer Senf. Querschnitt durch die äußeren Partien des Samens. *Schl* Schleimepidermis; *Col* Collenchymschicht; *Scl* Palissadenschicht; *Pgm* Pigmentschicht; *Al* Aleuronschicht; *NS* Endosperm. — Vergr. $\frac{250}{1}$. (Nach Rosen.)

Die Anatomie der Senfschalen erhellt aus Fig. 145. Zu oberst liegen als Epidermis (*schl*) große farblose und glänzende Zellen. Die Haupt-eigentümlichkeit derselben besteht darin, daß aus der Membran entstandener Schleim die ganzen Zellen ausfüllt. Legt man trockenes Senfpulver in der S. 74 beschriebenen Weise in Tuscheverreibung, so kann man das Aufquellen dieser Schleimschicht aufs deutlichste beobachten. — Diese Zellschicht kommt den sämtlichen Senfarten zu.

Unter der Epidermis liegt eine Parenchymschicht (*col*), deren Bedeutung für die Diagnose (ebenso wie diejenige der aus dünnwandigen Parenchymzellen gebildeten, weiter nach innen gelegenen Schichten) gering ist. Dagegen ist die aus dicht gestellten, radial verlängerten Zellen gebildete Zelllage von großer Wichtigkeit.

Wie Fig. 145 zeigt, besteht diese Schicht (auch als Becher- oder Palissadenschicht bezeichnet) aus Zellen, deren Innenwände vollständig, deren Seitenwände bis über die Mitte stark verdickt sind, während

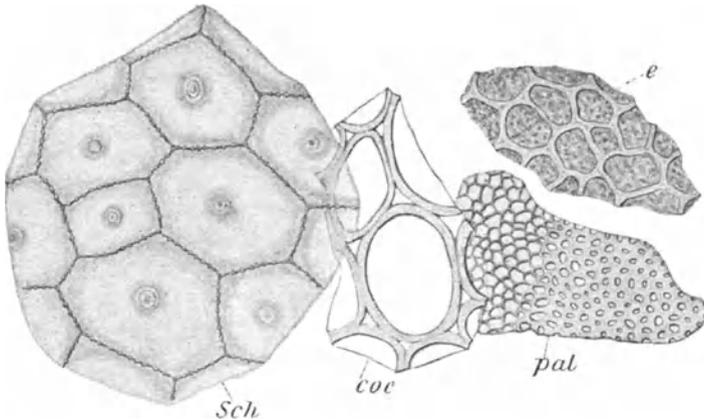


Fig. 146. Gewebe des weißen Senf in der Flächenansicht. *Sch* Schleimepidermis; *col* Collenchymschicht; *e* Embryonalgewebe; *pal* Palissadenschicht. — Vergr. $\frac{250}{1}$.

die Außenwände und die übrige Hälfte der Seitenwände unverdickt blieben. Diese Palissadenzellen sind bei schwarzem und Sareptasen dunkelrotbraun, beim weißen Senf dagegen fast ungefärbt. Die intensive Färbung dieser Schicht (sowie der darunter liegenden), die das verschiedene Aussehen der dunklen Samen von *Brassica nigra* und *B. Bessieriana* sowie die helle Farbe der Körner der *Sinapis alba* erklärt, bietet das beste Merkmal für die Unterscheidung der Sorten.

In Fig. 146, 147 sind die Flächenansichten dieser Gewebe geboten, wie sie im Untersuchungspräparat hervortreten (wobei zu bemerken, daß das Embryonalgewebe weitaus am massenhaftesten vorhanden ist). — Es fallen insbesondere die bei den dunkeln Senfsorten dunkel, bei *S. alba* hell gefärbten Fragmente der Palissadenschicht auf; auch die Zellen der Kleberschicht sind sehr leicht zu finden und zu erkennen. Ist daneben noch durch Tusche nachzuweisende Schleimepidermis vorhanden, so ist die Diagnose gesichert.

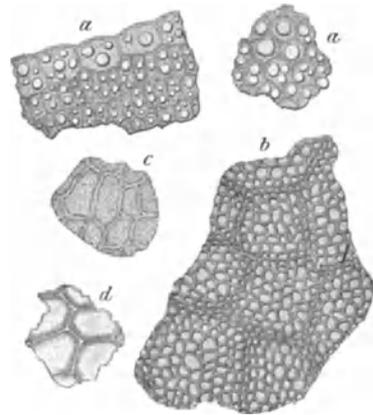


Fig. 147. Gewebe des schwarzen Senf. *a* Embryonalgewebe; *b* Palissadenschicht; *c* Aleuronschicht; *d* Schleimepidermis. Vergr. $\frac{200}{1}$.

Einzig die nicht eben selten als Verfälschung des Senfpulvers verwendeten Samen von Raps und Rübsen (*Brassica oleracea*, *B. Napus*) bzw. ihre Preßrückstände, die Rapskuchen, zeigen so vollkommen gleichartige Elemente wie diejenigen des Senf, daß eine in der Praxis durchführbare sichere Unterscheidung der aus den verschiedenen *Brassica*-Arten gewonnenen Mahlprodukte unmöglich ist. Abweichend ist allein die schwer kontrollierbare Verdickung der Palissadenzellen.

Dagegen ist eine Beimischung anderer Verfälschungsmittel, vorzüglich der Leinpreßrückstände nach dem Charakter ihrer Zellelemente (vgl. S. 135, Fig. 139, 140) und von Curcumapulver (vgl. unten) ebenso leicht festzustellen wie diejenige von mineralischen Verfälschungsmitteln.

Nochmals bemerkt sei aber, daß selbst bei Anwesenheit nicht zugehöriger Bestandteile von Verfälschung nicht gesprochen werden kann, wenn dem Geschmack entsprechender Speisesenf zur Untersuchung vorliegt.

Muskatnuß und Macis.

Die Muskatnuß ist der Samenkern des tropischen Kulturbaums *Myristica fragrans* (*Myristicaceae*); Macis (Muskatblüte) der Samenanter (Arillus) derselben *Myristica*. Da sowohl Muskatnuß wie Macis selten als Pulver im Handel sind, werden sie kaum verfälscht; sie begegnen bei der Nahrungsmitteluntersuchung nur ausnahmsweise.

Bekanntlich ist die Muskatnuß des Handels stets mit einem wenigstens in den Furchen festhaftenden weißen Überzug versehen.

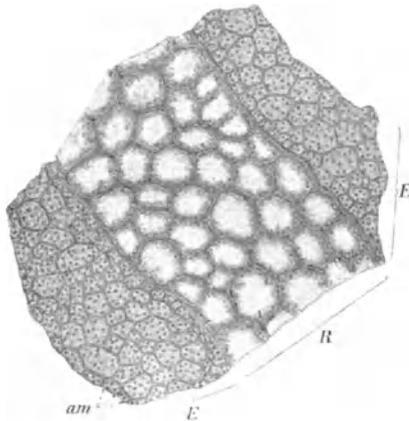


Fig. 148. Schnitt durch die Muskatnuß. *E* Endosperm; *R* Ruminationsgewebe; *am* Stärke Körner. Vergr. $\frac{500}{1}$.

Dieser besteht aus Kalk und rührt von dem Gebrauch her, die Kerne vor dem Export zu kalkan. Im wesentlichen bestehen die Muskatnüsse aus dem großen Endosperm; der kleine Embryo liegt als braunes Körperchen in einer nahe dem Nabel gelegenen Höhlung. Auf dem Schnitt oder Bruch zeigt die Muskatnuß ein zierlich marmoriertes Gefüge; dies rührt daher, daß die braune Samenhaut in tiefen Falten und Schleifen in das grau-gelbliche Endospermgewebe hineinwächst (zerklüftetes [ruminates] Endosperm).

Der Nachweis gepulverter Muskatnuß (besonders häufig als Würze der Schokolade verwendet) ist nicht leicht, da ihre Zellformen nichts Auffallendes haben.

Die Gewebe des Endosperms und der von außen in dasselbe eindringenden braunen Zerklüftungsleisten sind sehr verschieden. Die

Leisten (Fig. 148, *R*) zeigen nur einen direkt den tiefbraunen Zellwänden anliegenden Protoplasmabelag ohne weiteren Inhalt, die Endospermzellen (*E*) dagegen sind dicht mit (oft deutlich nadelartig kristallinischem) Fett (Myristinsäure) und Stärkekörnern erfüllt. Fragmente, die das Aneinandergrenzen dieser beiden Gewebearten zeigen, sind unbedingt charakteristisch. Die Myristinsäure wird durch Kalilauge rasch verseift, von Säuren dagegen nicht angegriffen. Alkannafärbung derselben gelingt gut bei längerer Einwirkung des Reagens (oder wenn man das Fett durch Schmelzen auf dem Objektträger in Tropfen geteilt hat, schon nach kurzer Zeit). Schwer aufzufinden sind Eiweißkristalloide, die kleine Würfel oder Oktaeder darstellen und am besten durch Fuchsinfärbung nachgewiesen werden.

Die Stärke ist dadurch ausgezeichnet, daß sie stets aus zwei bis vier (selten mehr) kleinen ($\pm 10 \mu$ großen) Teilkörnern zusammengesetzt ist.

Um den Muskatnußzuwachs zur Schokolade nachzuweisen, verwendet man (vgl. S. 129) den Rückstand, der bei der Behandlung der Schokolade mit Äther übrig geblieben ist. Derselbe wird mit Jod tingiert und läßt dadurch die Stärkekörner sowie die etwa vorhandenen Eiweißkristalloide (erstere in blauschwarzer, letztere in tiefbrauner Farbe) hervortreten. Da die Stärkekörner der Kakaobohnen gleichfalls manchmal zusammengesetzt sind, sei man mit ihrer Verwendung zur Diagnose vorsichtig. Diese ist dagegen feststehend, wenn aneinanderhängendes Endosperm- und Ruminationsgewebe sichtbar ist oder der Nachweis der Kristalloide gelingt.



Fig. 149.
Muskatnuß mit Macis.
(Nach Möller.)



Fig. 150. Bombay-
Muskatnuß mit Arillus.
(Nach Möller.)

Macis, Muskatblüte. — Der Artillus von *Myristica* ist nach oben in bandartige Lappen zerschlitzt. Er besteht aus dünnwandigem, große Ölzellen enthaltendem Parenchym, ist stärkefrei und wird nach außen durch eine sehr dickwandige Epidermis begrenzt. Die Zellen

enthalten hauptsächlich Fett. Nach Ätherextraktion werden sehr zahlreiche kleine Amylodextrinkörnchen (mit Jod rotbraun gefärbt) sichtbar.

In Pulverform wird Macis an den sehr langgestreckten und dickwandigen, mit Chlorzink-Jod reine Zellulosereaktion gebenden Zellen der Oberhaut, denen da und dort Parenchym mit Ölzellen anhängt, erkannt.

Verfälscht wird Macis durch Unterschiebung des geschmacklosen Arillus von *Myristica malabarica* (Bombay-Macis). In der ganzen Droge wird diese Verfälschung sofort daran erkannt, daß die Artilluszweige des Bombay-Macis nach oben schmaler und wurmförmig gestaltet sind, sich auch nach der Spitze zu einer Kappe verflechten (vgl. Fig. 149, 150). Der Inhalt der Ölzellen des Bombay-Macis wird mit Kalilauge blutrot, während die Ölzellen des echten Macis bei gleicher Behandlung die Farbe kaum ändern. An dieser Reaktion wird die Unterschiebung auch in Pulverform erkannt.

Kardamomen.

Dies selten zur Untersuchung gelangende Gewürz stammt von *Elettaria Cardamomum* (*Zingiberaceae*); von dieser Art (Malabar-Kardamomen) ist die nach der Fruchtgestalt auf den ersten Blick unterscheidbare *Elettaria major* (Ceylon-Kardamomen) spezifisch verschieden. Auch im Geschmack sind beide Formen derart different, daß die Ceylon-Kardamomen als minderwertig zu bezeichnen sind.

Der klarst erkennbare Unterschied der beiden Sorten wird durch ihre Größe gebildet: die echten Kardamomen sind etwa 1, selten bis 2 cm lang und fast 1 cm dick; die Ceylonware dagegen wird zwar nicht dicker als die Malabar-Kardamomen, ist aber stets 3—4 cm lang. Wie die Kapseln, so sind auch die Samen von *E. major* größer (etwa doppelt so groß) als diejenigen der echten Pflanzen.

Das Kardamomenpulver des Handels wird aus der ganzen Frucht hergestellt, obgleich die Schale viel weniger aromatisch ist als die Samen.

Reichlich finden sich in den Zellen der Schale beider Arten gelbe bis braune Harzklumpen; Fragmente, die solche enthalten, betrachte man bei der Untersuchung genau daraufhin, ob an ihnen vielleicht ein Rest der Fruchtepidermis sichtbar ist. Da die Epidermis der Frucht von *Elettaria major* behaart ist, diejenige von *E. Cardamomum* dagegen nicht, ist das Auffinden von Haaren geeignet, Aufschluß darüber zu geben, welcher Spezies das Pulver angehört. Die zu suchenden Haare sehen wie die kleinen Haare des Roggens (S. 99, Fig. 88, B) aus. Ferner sei beachtet, daß aus den Figuren, die aneinanderstoßende Zellwände der Oberhaut bilden, das Vorhandensein von Haaren auch dann erschlossen werden kann, wenn diese bereits abgefallen sind. Bei den echten Kardamomen stoßen nie mehr als vier Zellwände in einem Punkt zusammen; bei den Ceylon-Karda-

momenten dagegen zeigt die Epidermis in Menge Stellen, wo fünf bis sieben Zellwände auf einen Punkt (die Haarbasis) zulaufen und sich in einem kleinen Kreis vereinigen. Ferner kann in einem Ceylon-Kardamomen enthaltenden Pulver der besondere Bau der Umhüllung des Samens nicht entgehen. Man achte auf Zellen, die fast vollständig sklerosiert, d. h. fast bis zum Verschwinden des Lumens verdickt sind. Hat man solche gefunden, so untersuche man, ob eine schmale Zellwand von der Verdickung vollständig frei geblieben ist (*E. Cardamomum*) oder ob die Verdickung auch auf diese Zellwand übergreift und nur ein kleiner Raum in ihrer Mitte frei geblieben ist (*E. major*). — Höchst bezeichnend für das Kardamomenpulver ist, daß die dicht mit kleinsten Stärkekörnern erfüllten Zellen des Perisperms im Zentrum je eine Gruppe kleiner Kristalle von Kalkoxalat führen. Man erkennt dieselben besonders nach Anwendung von Chloralhydrat leicht als dunkle Punkte.

Um eine Verfälschung des Kardamomenpulvers mit völlig fremdartigen Substanzen zu erkennen, beachte man, daß in der Fruchtschale recht ansehnliche Gefäßbündel (von nicht besonders charakteristischer Gestalt) sowie in der Samenhülle Kristalldrüsen von Kalziumoxalat vorkommen. Ferner wird der Hauptteil guten Pulvers von den Geweben der Samen gebildet, in denen hornartig festgepreßt teils Aleuron und fettes Öl, teils außerordentlich kleine, aber zu großen Klumpen zusammengeballte Stärkekörner sich finden. — Alle anderen Elemente gehören nicht in das Gewürzpulver und deuten auf Verfälschung.

Vanille.

Die mikroskopische Erkennung der Vanille hat verhältnismäßig geringe Bedeutung, da die Verwendung des künstlich dargestellten Vanillins allmählich den Gebrauch der Droge mehr und mehr einschränkt, andererseits die Frucht unzerkleinert in den Handel kommt. Allein in Schokolade und andern Süßigkeiten kann unter Umständen ein Nachweis gefordert werden.

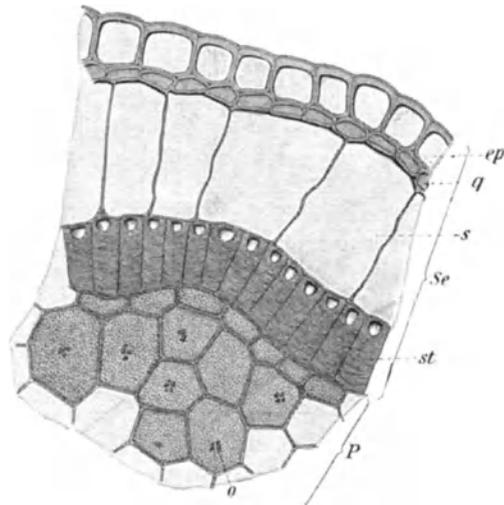


Fig. 151. Querschnitt durch den äußersten Teil des Kardamomensamens. ep Epidermis; q Querzellenschicht; s Sekretzellen; st Steinzellen; P Perisperm; o Kalkoxalatkristalle; Se Samenschale. — Vergr. $110\times$.

Vanille ist die vor der vollständigen Reife gepflückte und getrocknete Frucht der *Vanilla planifolia* (*Orchidaceae*), einer ursprünglich in Mexiko heimischen, nun in den Tropen vielfach kultivierten Pflanze. Drei Hauptmerkmale sind unter den Umständen, die für den Nachweis der Vanille in der Praxis Geltung haben, besonders zu betonen, nämlich:

1. Die Oberhaut der Vanille ist mit kleinen, rundlichen Spaltöffnungen versehen. Man suche in einer auf Vanille zu prüfenden Warenprobe nach länglichen, braunen Gewebefetzen, die aus derbwandigen, hier und dort mit schmalen, einfachen Tüpfeln versehenen Zellwänden gebildet werden, und achte, wenn man solche gefunden hat, darauf, ob Spaltöffnungen sichtbar sind. Gemeinsam mit den beiden folgenden Merkmalen sichert das Auffinden von Spaltöffnungen führender Epidermis die Diagnose.

2. Man suche, am besten mit Hilfe des Polarisationsapparates, nach langen, nadelförmigen, an beiden Enden scharf zugespitzten Kristallen. Wie sehr viele monokotyle Pflanzen enthält auch die Vanille sogenannte Raphiden (Kristallnadeln) von Kalkoxalat. Diese oder ihre Bruchstücke geben bei der Untersuchung ein vorzügliches Merkmal ab. Dabei hüte man sich aber, Kristalle, an denen überhaupt Flächen deutlich erkennbar sind, für Raphiden zu halten.



Fig. 152. Same der Vanille. Vergr. $\frac{25}{1}$.

3. Schließlich bilden die 0,4 mm langen und 0,3 mm breiten fast schwarzen Samen (Fig. 152) ein sehr wichtiges diagnostisches Merkmal. Diese erscheinen unter dem Mikroskop als vollkommen undifferenzierte Körner, fügt man aber Kalilauge bei und kocht das Präparat mit ihr auf, so zerplatzt der Same bei genügendem Druck auf das Deckglas und man erkennt seine zellige Struktur.

Eine Unterscheidung der echten Vanille in dem Zustand, in dem sie als Gewürz zerkleinert zur Untersuchung gelangt, von dem selten im Handel vorkommenden Vanillon (*Vanilla Pompona*) hat für die Praxis der Nahrungsmitteluntersuchung kaum mehr Bedeutung.

b) Von Blüten und Blütenteilen stammende Objekte.

Gewürznelken.

Die Gewürznelken sind die Blütenknospen von *Eugenia aromatica* (*Myrtaceae*). Sie kommen meist unzerkleinert in den Handel.

Eine mikroskopisch nicht kontrollierbare, betrügerische Verfälschung der Gewürznelken besteht darin, daß durch Destillation ihres Öls beraubte Ware der vollwertigen beigemischt wird. Derartige Nelken (sowie alte, minderwertige Ware) erkennt man daran, daß sie bei einem Druck des Fingernagels kein Öl auf die Oberfläche gelangen lassen (was bei guter Ware der Fall ist) und daß sie auf Wasser schwimmen, während tadellose Nelken untersinken. Diese auf das hohe spezifische Gewicht guter Nelken begründete Prüfungsmethode läßt sich auch (mit Vorsicht) auf die Beurteilung von Nelkenpulver

anwenden. Wird gutes Nelkenpulver auf Wasser geschüttet, so sinkt es sofort unter, und nur sehr wenige Partikel verbleiben im Niveau des Wassers. Ist dies dagegen dicht mit einer Partikelschicht bedeckt, so liegt auch Verfälschung vor. Pulver aus durch Destillation beraubten Nelken verhält sich so, daß es in Wasser eingerührt anfangs oben bleibt, nach etwa einer halben Stunde aber abwärts sinkt.

Bei Kenntnisnahme vom anatomischen Bau der Gewürznelken muß man sich darüber klar sein, daß man es mit einer ganzen Blüte, also mit einer Summe von recht verschiedenartigen Organen zu tun hat. Der „Stiel“ der Gewürznelke ist ein fast bis zur Spitze unfruchtbarer Fruchtknoten oder besser das Rezeptakulum desselben; die vier derben Zipfel am obern Ende des „Stiels“ stellen Kelchblätter dar; die kugelige Kuppe wird gebildet durch vier Blumenblätter, die eine große Zahl von Staubgefäßen und den Griffel umschließen.

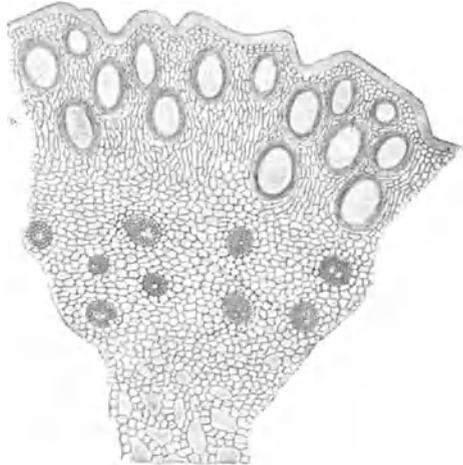


Fig. 153. Querschnitt durch den äußeren Teil des „Stieles“ der Gewürznelke. s Sekretbehälter. Vergr. $60\times$.

Der Bau des die Hauptmasse der Droge ausmachenden Stiels wird durch Fig. 153 erläutert. Die Mitte wird eingenommen durch ein



Fig. 154. Nelkenstiel in natürl. Größe.

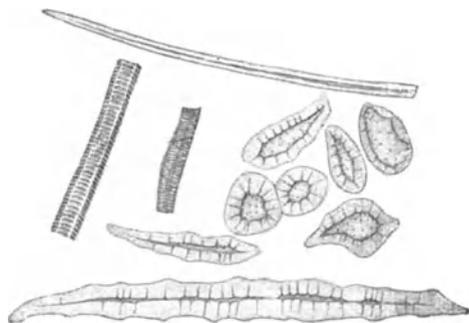


Fig. 155. Verholzte Elemente des Nelkenstielpulvers. Vergr. $170\times$.

parenchymatisches Mark, dessen Rand durch einen Ring von Gefäßbündeln gebildet wird (dieser Teil fehlt auf der Figur). Um dies

Mark liegt eine Zone von reihenweise geordneten und große Zwischenzellräume zwischen sich lassenden Zellen, daran schließt sich weiter nach außen ein Kranz von kleinen von einzelnen Sklerenchymfasern begleiteten Gefäßbündeln. In dem unter der Oberfläche gelegenen Gewebe begegnet man großen, mit gelbem mehr oder weniger eingetrocknetem Öl versehenen Ölräumen; die Oberfläche selbst wird von einer lederigen, nach außen sehr dickwandigen Epidermis gebildet. Die Kelchblätter bestehen aus Parenchym, das gleichfalls große Sekreträume führt; ihre Epidermis weist zerstreute Spaltöffnungen auf. Von Blumenblättern und Staubgefäßen begegnen im Gewürzpulver durch zarte Struktur und massenhaft vorhandene Kristalldrüsen kenntliche Reste; auch Pollenkörner, die als kleine, gleichseitige Dreiecke im Präparat liegen, sind zu finden. Die Ecken dieser Pollenkörner zeigen für den Durchtritt der Pollenschläuche bestimmte Poren. Sehr bemerkenswert ist, daß außer dem meist nur sehr sparsam Oxalat führenden Stiel sämtliche Teile der Gewürznelke in reichlichster Menge kleine Kristalldrüsen von Kalkoxalat enthalten.

Für die Untersuchung des Pulvers ist dies Kalkoxalat von großer Wichtigkeit; nicht weniger bedeutsam ist, daß die Gewürznelke durchaus keine Stärke enthalten darf, daß die Ölräume deutlich erkennbar sind, daß vereinzelt Sklerenchymfasern und feine Spiralgefäße, aber weder Steinzellen noch netz- oder leiterförmig verdickte Gefäße vorkommen. Ferner bietet die außerordentlich dicke, oft Spaltöffnungen führende Epidermis ein beachtenswertes Merkmal.

Kommt im Präparat Stärke vor (Jodreaktion!), oder finden sich Steinzellen, Treppengefäße, überhaupt reichlicher sehr dickwandige Elemente, so liegt ohne Zweifel Betrug vor.

Die häufigste Verfälschung des Nelkenpulvers wird mit stärke-mehlhaltigen Samen ausgeführt; insbesondere wurde manchmal Eichelkaffee als Fälschung bemerkt. Derartige Ware ist leicht zu erkennen. Ferner wird ein Teil des Gewürznelkenbaumes selbst zur Fälschung verwendet, nämlich die Nelkenstiele (*Stipites* oder *Festuca* *Caryophyllorum*). Es sind dies (vgl. Fig. 154) die Blütenbestandteile, von denen die Blüten abgenommen sind. Diese Nelkenstiele enthalten auch ätherisches Öl, doch viel weniger als die Nelken selbst; sie sind im Pulver an ihren massenhaft vorhandenen dickwandigen Elementen (Fig. 155), insbesondere den Steinzellen, Bastfasern und den durch ihre regelmäßige Tüpfelung höchst auffallenden, charakteristisch polygonalen Treppengefäßen leicht zu erkennen.

Im übrigen sind im Nelkenpulver (Aschengehalt höchstens 8%) so ziemlich alle häufiger als Gewürzverfälschungen bekannten Beimengungen schon gefunden worden. Man vergleiche darüber S. 131—136. Auch Piment (vgl. S. 136) wird häufig beigemischt.

Safran.

Safran wird von den getrockneten Narben des *Crocus sativus* (*Iridaceae*) gebildet; er gelangt sowohl unzerkleinert wie gepulvert in

den Handel. Die ganze Ware ist sehr häufig, die gepulverte fast stets verfälscht.

Nur die tief gelbrot gefärbten Narben stellen den Safran dar; der Griffel, der je drei Narben trägt, ist minderwertig oder wertlos. Deshalb soll bei guter Ware möglichst wenig vom Griffel vorhanden sein. Trotzdem ist dies allermeist der Fall, ja die Griffel (Feminell genannt) werden nicht nur besonders gesammelt, sondern auch künstlich gefärbt und der Ware beigemischt. Außer dem „Feminell“ finden sich gewöhnlich die gelben Blumen einiger Kompositen, insbesondere der Ringelblume, *Calendula officinalis* (auch diese Verfälschung führt häufig den Namen Feminell), sowie des Safflors *Carthamus tinctorius*, seltener der Arnika, *Arnica montana* und Paprikapulver im Safran. Aber auch andere Fälschungsmittel, wie z. B. rotes Santelholz, künstlich gefärbte Teile aller möglichen Pflanzen (besonders Maisgriffel) werden häufig in dem teuren Safran gefunden.

Wer Safran zur Untersuchung erhält, streue die Probe in der Weise auf einen stark benetzten Bogen weißen Filtrierpapiers, daß die einzelnen Partikel durch möglichst weite Zwischenräume getrennt sind. Nach sehr kurzer Zeit ist dann leicht folgendes zu beachten: die als Fälschung beigemischten Kompositenblüten nehmen ebenso wie die Safrannarben in der Feuchtigkeit ihre natürliche Gestalt an. Zugleich sieht man, daß um jedes echte Safranstückchen herum sich ein gelber Hof bildet, während um andere Partikel diese Erscheinung gar nicht eintritt oder der gefärbte Hof karminrot bzw. curcumagelb ist. Diese abweichenden Partikel stellen Verfälschungen dar, werden herausgesucht und für sich geprüft. Keine Farben geben an das nasse Papier ab die Kompositenblüten und Santelholz; mit karminrotem Hof sind alle künstlich (mit Fuchsin) gefärbten Fälschungsmittel umgeben.

Auch für die Untersuchung des Safranpulvers ist es höchst wichtig, daß diese Droge ihre Farbe an Wasser abgibt, und zwar vollständig. Um dies Pulver zu untersuchen, legt man eine kleine Probe einen Tag lang in Wasser, filtriert dann ab und wäscht auf dem Filter nochmals gründlich aus. Ist der Filterrückstand dann noch rot bzw. gelb oder zeigt wenigstens einzelne rote Punkte, so ist damit eine Fälschung erwiesen, weil Safran seinen Farbstoff vollkommen verliert. Gefärbte Partikel untersuche man 1. auf Stärke und Verhalten gegen Alkalien (*Curcuma*-Pulver, S. 168); 2. auf gelbe Öltropfen in den Zellen (*Calendula* oder Paprika); 3. auf Holzstruktur (Santelholz, der Farbstoff löst sich in Kalilauge tief rot). Liegt keine dieser Fälschungen vor, so ist die Diagnose auf *Carthamus* zu stellen. Maisgriffel sind flach bandartig und weisen zwei den Rändern parallel verlaufende Nerven auf.

Auch die entfärbten Partien des Pulvers mustere man dann genau. Sie müssen beim Safran aus lauter sehr dünnwandigen, insbesondere nur sehr zarte Tracheiden führenden Geweben bestehen.

Beschwerung mit Mineralstoffen ist durch die Aschebestimmung (Safran bis 4,5%) nachzuweisen.

Insektenpulver.

Mehrere *Chrysanthemum*-Arten (*Compositae*) liefern Blütenköpfchen, die in getrocknetem oder gemahlenem Zustand instande sind, Insekten zu töten. In hervorragendster Weise ist dies bei dem in Dalmatien und Montenegro häufigen *Chrysanthemum cinerariifolium* sowie bei dem kaukasisch-armenischen *Chrysanthemum roseum* der Fall. Die jungen Blütenköpfe der ersten Art liefern das dalmatiner, die der zweiten das kaukasische („persische“) Insektenpulver.

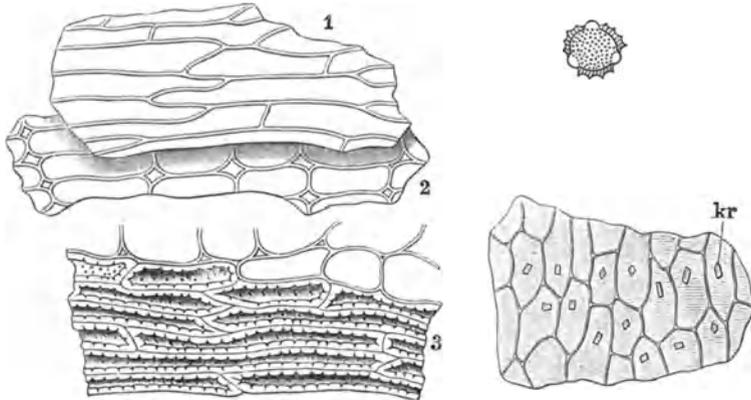


Fig. 156. Längsschnitt durch ein äußeres Hüllkelchblatt von *Chrysanthemum cinerariifolium*. Links: 1 Epidermis, 2 unverdickte Mittelschicht, 3 Sklerenchymschicht. Rechts oben: Pollenkorn, unten: Stück eines Blumenblattes mit Kristallen (*kr*) von Kalkoxalat. (Nach Tschirch und Oesterle.)

Die mikroskopische Untersuchung des Insektenpulvers ist ziemlich leicht zu bewirken, da eine ganze Anzahl von leicht kenntlichen Elementen vorhanden sind, die es charakterisieren (vgl. Fig. 156, 157).

Das Präparat wird mit Wasser hergestellt, da die Teile genügend durchsichtig sind, um ohne Reagenzien erkannt zu werden. Höchstens kann man etwas Chloralhydrat beifügen.

Zunächst fallen im Pulver die in reichlichster Menge enthaltenen Pollenkörner auf. Dieselben sind gelbbraun und an ihrer allseits bestachelten Membran leicht zu erkennen. Die Pollenkörner bieten ein gutes Mittel zur Kontrolle der Güte des Insektenpulvers. Dieses soll aus noch geschlossenen Blütenköpfen gewonnen sein. In den bereits geöffneten, ein weniger wirksames Präparat liefernden ist stets schon eine Menge Pollen verloren gegangen. Deshalb beweist eine reichliche Pollenmenge im Pulver die Verwendung junger Blütenköpfe.

Ein ferneres Erkennungszeichen bieten die „zweiarmigen“ Haare, die ursprünglich an den Hüllblättern der Blütenköpfe saßen, im Pulver aber überall reichlich vorhanden zu sein pflegen. Diese Haare stellen große, dünnwandige, nach beiden Enden zu allmählich zugespitzte Schläuche dar, die ursprünglich wie Wagebalken quer auf einem kurzen Stiel saßen, in dem Pulver aber meist vom Stiel losgelöst sind. Bei

genauem Suchen wird man in der Mitte dieser wasserhell aussehenden (seltener gelblich gefärbten) Haare einen Schlitz oder einen feinen Ring (die Ansatzstelle des Stiels) finden.

Besitzt der Untersucher einen Polarisationsapparat, so möge er diesen nun einschalten, um nach den Kristallen von Kalkoxalat zu suchen, die für das echte Insektenpulver charakteristisch sind. Die Blumenblätter der Insektenpulverpflanzen besitzen eine aus ziemlich regelmäßig gestellten Zellen gebildete Epidermis, deren Zellen je einen Kristall von Kalkoxalat enthalten. Auch in den Sklerenchymzellen der Hüllkelchblätter findet man meist einen solchen Kristall eingeschlossen.

Bei der Untersuchung merke man, daß dickwandige Zellen des Insektenpulvers stets nur einfache, ganz feine Poren aufweisen und höchstens zehnmal so lang wie breit sind. Andere dickwandige Elemente müssen fehlen; die Hauptmasse des Pulvers muß unter dem Mikroskop aus dünn-durchscheinenden Partikeln bestehen.

Als Fälschung kommen in erster Linie mineralische Beimengungen zum Pulver vor (Chromgelb, Bariumchromat). Auch Curcuma-Pulver (vgl. S. 168) wird zur Aufbesserung von Farbe und Geruch verwendet. Die Menge der Asche guten Insektenpulvers darf 7,6% nicht übersteigen. Das Fehlen der zweiarmigen Haare weist auf die Verwendung anderer *Chrysanthemum*-Arten (insbesondere von *Chr. corymbosum*) hin. Fragmente mit gelben Öltröpfchen werden leicht als die nicht selten beigemengten Reste von *Calendula*-Blüten erkannt.

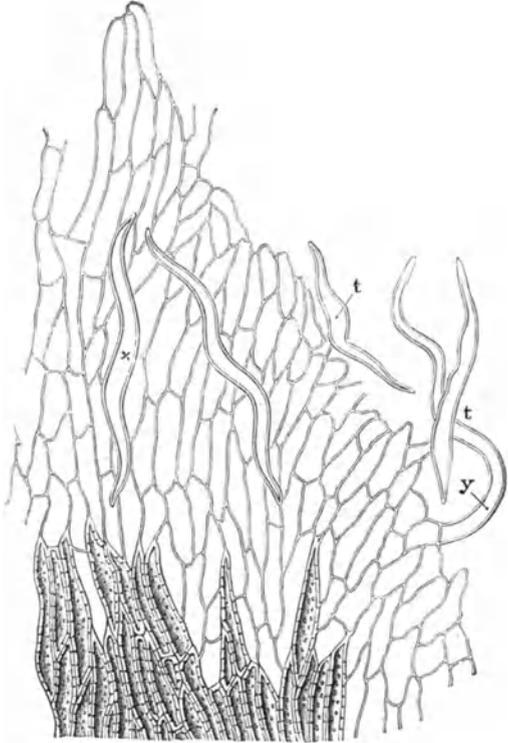


Fig. 157. Flächenansicht des Randes eines inneren Hüllkelchblattes von *Chrysanthemum cinerariifolium*. *t*, *x* zweiarmige Haare, *y* einfaches Haar. (Nach Tschirch und Oesterle.)

c) Von Blättern stammende Objekte.

Tee.

Die Blätter der in Ostasien seit undenklicher Zeit angebauten *Thea chinensis* (*Ternstroemiaceae*) liefern den Tee. Wir haben bereits oben (S. 79) die anatomischen Eigentümlichkeiten des Teeblattes kennen gelernt. Dieselben bieten so ausgezeichnete Erkennungsmerkmale für den Teestrauch, daß die Untersuchung dieses Genußmittels eine der leichtesten ist, die in der Praxis gefordert werden.

Als charakteristisch für die Teeblätter sind in erster Linie die Spikularzellen (Sklerenchymzellen) zu nennen, die das ganze Blatt von einer zur andern Epidermis durchsetzen und sehr dickwandige, in seltener und bezeichnender Weise ausgebildete, knorrige Zellen (Fig. 158, 159) darstellen. Diese Spikularzellen kommen von allen

überhaupt bei der Teeuntersuchung in Betracht kommenden Blättern einzig und allein dem Teestrauch zu, sie sind in jedem Blatt, am sichersten in und bei der Mittelrippe, zu finden.

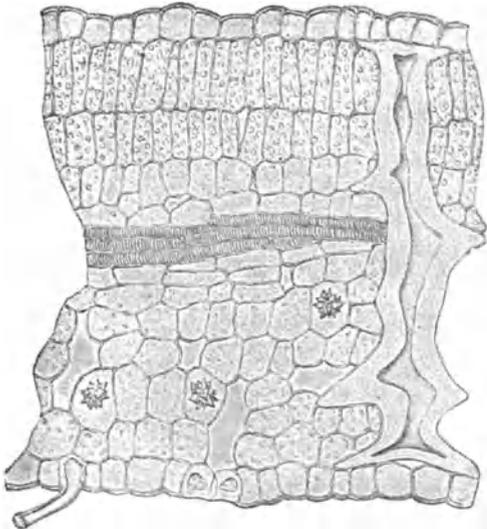


Fig. 158. Querschnitt durch das Teeblatt. — Vergr. $\frac{200}{1}$.

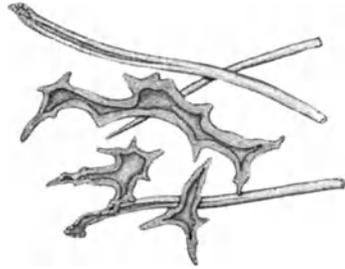


Fig. 159. Spikularzellen und Haare des Teeblattes. — Vergr. $\frac{125}{1}$.

Das zweite Kennzeichen des Tees stellen lange, einzellige, dickwandige Haare mit sehr weit vor der Spitze verschwindendem Lumen dar. Diese kommen in größter Massenhaftigkeit bei den aus ganz jungen Blättern gefertigten Pecco-Tees vor, während sie in Tee, zu dem ältere Blätter verwendet wurden, nicht mehr so häufig sind. Immerhin wird man keine Teeprobe vergeblich nach ihnen durchsuchen.

Um Tee auf seine Echtheit zu untersuchen, verfährt man folgendermaßen: Man übergießt die Blätter mit heißem Wasser und legt die Blattstücke auf einem weißen Porzellanteller flach auseinander, um die scharfen Sägezähne mit der Lupe zu betrachten. Auch achte man darauf, daß beim Teeblatt die Hauptnerven ziemlich entfernt vom Rand durch starke Bogen verbunden sind (Fig. 160).

Zweitens prüfe man die Dicke der so aufgeweichten Blätter, indem man sie zwischen die Finger nimmt. Nicht lederartig anzufühlende Blätter gehören dem Tee nicht an.

Die mikroskopische Prüfung wird zweckmäßig in der Weise vorgenommen, daß man ein die Mittelrippe enthaltendes Fragment der (gebrühten) Blätter mit Kalilauge aufkocht, dann auf den Objektträger legt und mit dem Deckglas zerpreßt. In dergestalt gewonnenen Präparaten liegen außer anderen auch die in Fig. 159 dargestellten charakteristischen Elemente.

Eine andere, gleichfalls vorzügliche Prüfungsmethode ist, daß man die zu untersuchenden Blätter so lange in Eau de Javelle legt, bis sie weiß gebleicht sind. Dann werden sie mit durchfallendem Licht betrachtet und lassen außer den bereits bezeichneten charakteristischen Elementen auch die massenhaft im Teeblatt vorhandenen Kristalldrüsen von Kalkoxalat leicht erkennen.

Ein bereits gebrauchter Tee läßt sich auf mikroskopischem Wege von noch nicht gebrauchtem nicht unterscheiden.

Hat man im Tee dünne Blätter ohne die charakteristischen Elemente gefunden, so ist damit die Fälschung bewiesen. Anatomische Charaktere solcher Fälschungen hier angeben zu wollen, würde zu weit führen.

Dagegen ist es auch ohne anatomische Untersuchung, nur nach den Gestaltungs- und Aderungsverhältnissen der aufgeweichten Blätter, häufig leicht, sich über ihre Abstammung Klarheit zu verschaffen. Die Figuren 161—180 stellen Abbildungen der Blätter des echten Tees und seiner häufigsten Verfälschungen resp. Surrogate dar.

Mate.

Nicht nur eine ganze Anzahl von *Ilex*-Arten des südlichen Brasilien und der La Plata-Staaten, sondern auch mehrere anderen Familien angehörige Pflanzen liefern in ihren getrockneten und zerstoßenen Blättern die Mate (Paraguay-Tee). Da über den Koffeingehalt der nicht von *Ilex* stammenden Mate nähere Angaben fehlen, derselbe auch für *Lomatia* und *Villarezia* mindestens sehr zweifelhaft ist, sollen diese Blattdrogen als Matesurrogate bezeichnet werden.

Mate ist anatomisch charakterisiert (Fig. 181) durch zweischichtige oder wenigstens an einzelnen Stellen durch verschleimte Membranen scheinbar zweischichtige Epidermis der Oberseite und breitgezogenes, meist sehr große Interzellularen aufweisendes Schwammparenchym.



Fig. 160. Chinesischer Tee.
(*Thea sinensis*.)

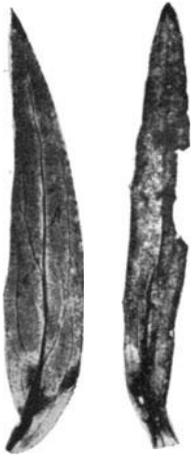


Fig. 161. Blätter von
Lithospermum officinale.
(Figur links nach
Möller.)

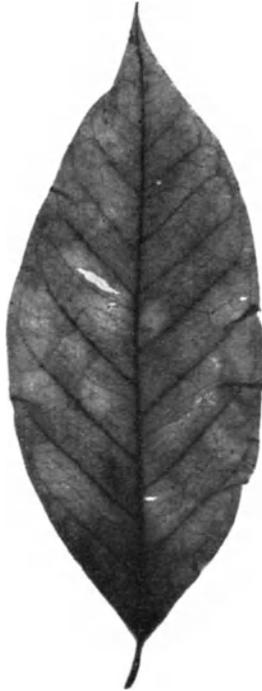


Fig. 162. Kaffeeblatt.
(*Coffea arabica*.)



Fig. 163.
Weidenröschen,
(*Epilobium*
angustifolium.)



Fig. 164.
Blatt von
Epilobium hirsu-
tum.



Fig. 165. Weidenblatt
(*Salix alba*.)



Fig. 166. Teilblättchen der Erd-
beere. (*Fragaria vesca*.)



Fig. 167. Schlehe.
(*Prunus spinosa*.)



Fig. 168. Kirschblatt.
(*Prunus avium*.)



Fig. 169.
Esche; Teilblatt.
(*Fraxinus excelsior*.)



Fig. 170. Maulbeerbaum.
(*Morus alba*.)



Fig. 171—173. Rosenblätter;
Teilblätter.

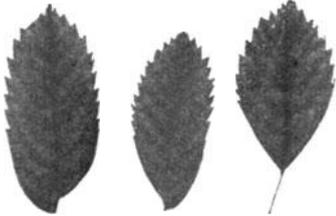


Fig. 178—180. Eberesche;
Teilblätter.
(*Sorbus aucuparia*.)



Fig. 174. Spierstaude.
(*Spiraea ulmaria*):
Teilblatt.



Fig. 175. Eschen-Ahorn.
(*Acer negundo*); Teilblättchen.



Fig. 176. Eichenblatt.
(*Quercus pedunculata*.)



Fig. 177. Heidelbeere.
(*Vaccinium Myrtillus*.)

Dabei achte man darauf, daß bei vielen Sorten große, kaminförmige Interzellularräume besonders von den Spaltöffnungen aus ins Innere des Blattes gehen. Die (nur auf der Blattunterseite vorkommenden) Spaltöffnungen sind größer als die Epidermiszellen.

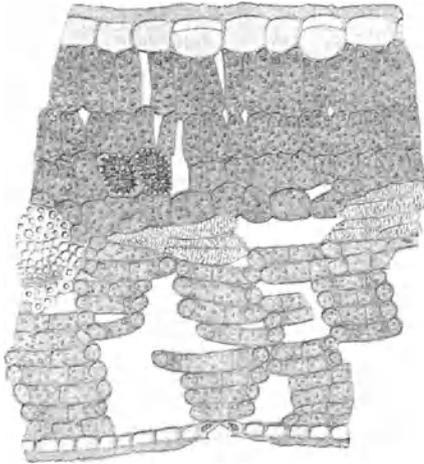


Fig. 181. Querschnitt durch ein Mateblatt (*Ilex paraguariensis*). — Vergr. $190/1$.

Sehr bemerkenswert ist, daß in Brasilien eine giftige Blätter liefernde *Ilex*-Art (*Ilex amara*) vielfach in Mate gefunden wurde. Die Blätter dieser Spezies zeichnen sich durch bitteren Geschmack aus und verursachen Übelkeit und Leibschmerzen. Sie werden in folgender Weise erkannt:

Der besten, die meiste Droge liefernden Matepflanze (*Ilex paraguariensis*) fehlen braune oder schwärzliche, mit der Lupe leicht sichtbare Punkte (Korkwarzen) an den Blättern. Mehrere gleichfalls gute Mate liefernde Arten haben diese (z. B. *I. pseudothea*, *I. dumosa* usw.), aber auch bei *I. amara* sind

sie vorhanden (Fig. 182).

Sind solche Punkte an den Fragmenten der Droge nicht sichtbar, so ist sie unverdächtig; finden sich dieselben aber, so liegt *I. amara*

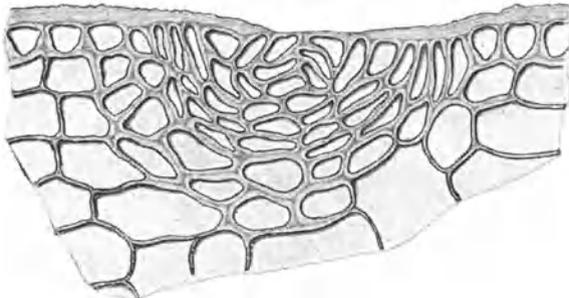


Fig. 182. Querschnitt durch einen Korkwarzenpunkt des giftigen Mateblattes (*Ilex amara*). Vergr. $280/1$.

vor, wenn die Blattepidermis einschichtig und in ihrer Dicke gleich oder breiter als das langgestreckte Palisadengewebe ist, wenn zugleich die Außenwand der Epidermis schmaler als ihr auffallend großes Lumen und ihre Zellen im Querschnitt meist breiter als hoch sind.

Surrogate und Verfälschungen des Paraguaytees.

Als Surrogate wurden bekannt und werden in Südamerika benutzt: *Symplocos*-Arten, kenntlich daran, daß um die Spaltöffnungen nur zwei mit dem Spalt parallele Epidermiszellen liegen; *Lomatia obliqua* mit Spikularzellen in den Blättern, die denen des Tees (vgl. Fig. 159) ähnlich sind; *Villarezia*-Arten, ausgezeichnet durch Epidermiszellen der Oberseite, deren Außenwand wulstige, in das Lumen hineinragende Verdickungen aufweist. Außerdem wird Mate verfälscht mit Blättern mehrerer *Rapanea*-Arten, die an ihren großen, langgezogenen Sekreträumen unschwer zu erkennen sind.

Tabak.

Mehrere Arten der Gattung *Nicotiana* (*Solanaceae*), insbesondere *N. tabacum* und *N. rustica*, liefern die Tabakblätter. Diese werden in verschiedenster Weise (Fermentation, Beizung usw.) vor der Verarbeitung behandelt; trotzdem bleiben ihre charakteristischen Merkmale stets so deutlich sichtbar, daß die mikroskopische Erkennung des Tabaks niemals größere Schwierigkeiten bietet.

Hat man Tabak (außer Schnupftabak) zu untersuchen, so verfährt man folgendermaßen: Man weicht das Objekt in warmem Wasser auf und trennt die einzelnen Blätter mit den Fingern so gut es geht. Dann sucht man sich möglichst verschieden aussehende Blätter heraus und schneidet von diesen mit der Schere je $\frac{1}{2}$ qcm große Stückchen ab. Diese legt man in Eau de Javelle, bis sie weiß gebleicht sind. Ist dieser Zeitpunkt erreicht, so nimmt man die Stückchen heraus, wäscht sie in Wasser ab und legt je eines auf einen Objektträger. Darauf wird jedes Stückchen mit dem Skalpell halbiert, die eine Hälfte umgedreht, Deckglas aufgelegt, Wasser zugefügt und betrachtet. Bei derart bereiteten Objekten ist man sicher, Ober- und Unterseite des Blattes zu Gesicht zu bekommen.

Am gebleichten Tabakblatt (Fig. 183) sieht man nun bei durchfallendem Licht dunkle (fast schwarze) Punkte oder bei stärkerer Vergrößerung Zellen, die mit Kristallsand (kleinsten Kriställchen) von Kalkoxalat dicht erfüllt sind. Diese Kristallsandzellen, die in keinem vom Tabak gemachten Präparat fehlen, sind eines der vorzüglichsten Erkennungsmittel desselben.

Nachdem man nun das Licht genügend abgeblendet, durchmüstre man die Epidermis der Ober- und der Unterseite des Blattes. Diejenige der Oberseite wird an den fast geradlinigen Zellwänden erkannt; die Epidermiszellen der Unterseite dagegen haben stark buchtig gewellte Ränder, auch treten die Nerven deutlich nach der Blattunterseite hervor. Beim Tabakblatt muß es gelingen, auch auf der Blattoberseite Spaltöffnungen nachzuweisen. Zwar sind sie hier nicht so reichlich wie auf der Unterseite, immerhin aber werden sie bei einigem Suchen aufgefunden werden.

Schließlich beachte man an beiden Hälften des Präparats die Haarformen, die der Epidermis aufsitzen (Fig. 184). Man unterscheidet leicht zwei verschiedene Haupttypen von Haaren am Tabaksblatt, nämlich solche mit deutlich abgesetztem, mehrzelligem Kopf (Drüsenhaare) und gewöhnliche, nicht sezernierende Haare.

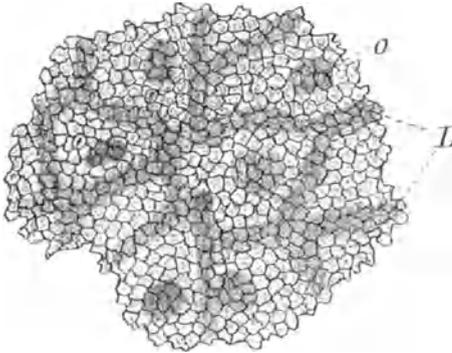


Fig. 183. Tabaksblatt, Gebleichtes Blattstückchen.
L Leitbündel; o Kristallsandzellen. — Vergr. $115/1$.

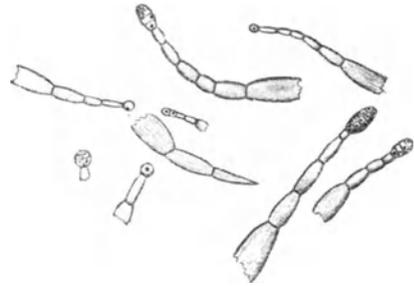


Fig. 184. Haare des Tabaksblattes.
Vergr. $60/1$

Die Drüsenhaare des Tabaks (von denen man bei genauerer Durchmusterung des Präparats lang- und kurzgestielte Formen unterscheiden kann) bestehen allermeist aus einem von farblosen, durchsichtigen, nach oben allmählich schmaler werdenden Zellen gebildeten Stiel und einem von meist gelblichem, öartigem Inhalt erfüllten ellipsoidischen, mehrzelligen Kopf. Die nicht sezernierenden Haare sind gleichfalls mehrzellig, laufen gleichfalls nach der Spitze allmählich zu, entbehren aber des Drüsenkopfes. Dieselben sind manchmal gabelig verzweigt. — Andere Haarformen, insbesondere einzellige Haare, kommen beim Tabak nicht vor.

Bei der Untersuchung müssen diese drei angegebenen Merkmale des Tabaks gefunden werden, um das Tabaksblatt mit Sicherheit zu erkennen. Insbesondere die Kristallsandzellen sind von höchster Wichtigkeit. Andere Formen von Kalziumoxalat (abgesehen von winzigen spärlichen Drusen in den Köpfchen der Drüsenhaare), also größere, deutlich unterscheidbare Einzelkristalle, Drusen oder Raphiden kommen im Tabak nicht vor; sie weisen stets auf Surrogate oder Fälschungen hin, wenn sie in den Präparaten erscheinen.

Die erlaubten Surrogate und Parfüms des Tabaks.

Im Gebiet des Deutschen Reiches waren schon vor dem Krieg durch Bundesratsbeschluß eine ganze Anzahl von Surrogaten des Tabaks und von Zusätzen zu den Fabrikaten erlaubt, die bestimmt sind, den Geschmack des Produkts zu beeinflussen. Am deutlichsten tritt das Parfüm bei den als Cinnamati und Shag bezeichneten ge-

schnittenen Rauchtobaken hervor, die mit den Blättern der Vanillewurzel (*Liatris odoratissima*) versetzt sind.

Andere erlaubte Zusätze zum Tabak sind: Kirsch- und Weichselblätter, Steinkleeblüten, eingesalzene Rosenblätter, Veilchenwurzelpulver, Eibischblätter, Wegerichblätter, Huflattichblätter, Buchenblätter, Hopfenblütendolden, sowie bei der Herstellung von Schnupftabak getrocknete Brennesseln und Baldrianwurzeln. Man hüte sich, mit diesen besonders in geringbewerteten Tabakfabrikaten vorkommenden Zusätzen versehene Proben für gefälscht zu erklären. Der Tabak, besonders der in Deutschland gebaute, enthält mehr Nicotin, als dem Geschmack und der Bekömmlichkeit des Produktes zusagt. Ein Teil des Nikotins wird den Blättern während der Fabrikation durch Einweichen entzogen. In den dadurch entstehenden Soßen werden die genannten Streckungsmittel getränkt und dadurch nikotinhalzig gemacht.

Alle andern Surrogate und Parfüms, insbesondere auch das häufig gebrauchte Waldmeisterkraut, Kartoffelkraut sowie Lavendelblüten, sind Fälschungen.

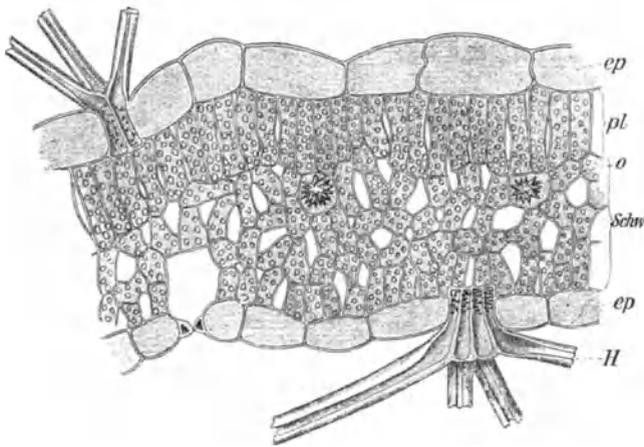


Fig. 185. Querschnitt durch das Eibischblatt. *ep* Epidermis; *pl* Palisadenparenchym; *o* Kalkoxalatdruse; *Schw* Schwammparenchym; *H* Büschelhaar. — Vergr. $200\times$.

Eibischblätter (Fig. 185, 186). — Schon durch beiderseitige, dichte, angedrückt-sammetartige, graue Behaarung sind die Blätter von *Althaea officinalis* sofort sowohl von Tabakblättern wie von den Tabaksurrogaten außer den nur unterseits weißfilzigen Huflattichblättern zu unterscheiden. Diese Behaarung bietet auch mikroskopisch das vorzüglichste Erkennungsmerkmal der Eibischblätter. Die starkwandigen Haare stehen in Büschel vereinigt derart, daß zwei bis sieben mit ihren Basalteilen dicht aneinander gedrückt in der Epidermis stecken (vgl. Fig. 185), während die Haarschäfte dann sich weit auseinanderspreizen. Dadurch entstehen auf der Flächenansicht (Fig. 186)

ganz regelmäßige, sternartige Figuren. Außer diesen Büschelhaaren kommen noch mehrzellige, farblose oder gelbliche, fast ungestielte

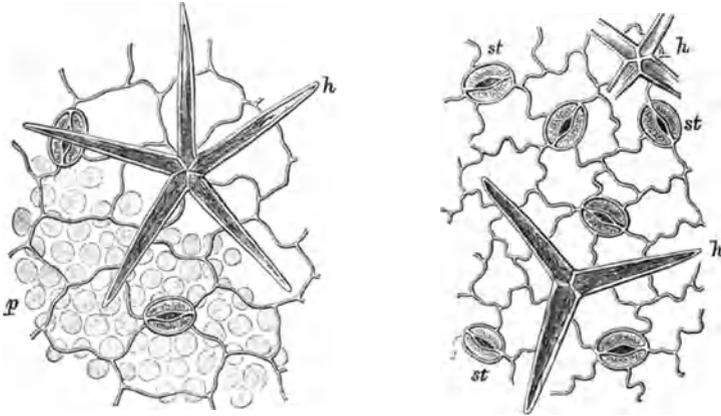


Fig. 186. Epidermis des Eibischblattes. *A* der Blattober-, *B* der Blattunterseite; *h* Büschel-(Stern-)Haare, *p* durchscheinende Pallisadenzellen, *st* Spaltöffnungen. (Nach Vogl.)

Drüsenhaare vor. Im Blattgewebe sind reichlich Kristalldrüsen von Kalkoxalat vorhanden. Ferner ist das Blatt ausgezeichnet durch reiche Mengen von Pflanzenschleim, der vermittelt der S. 74 beschriebenen Tuschereaktion leicht nachgewiesen wird.

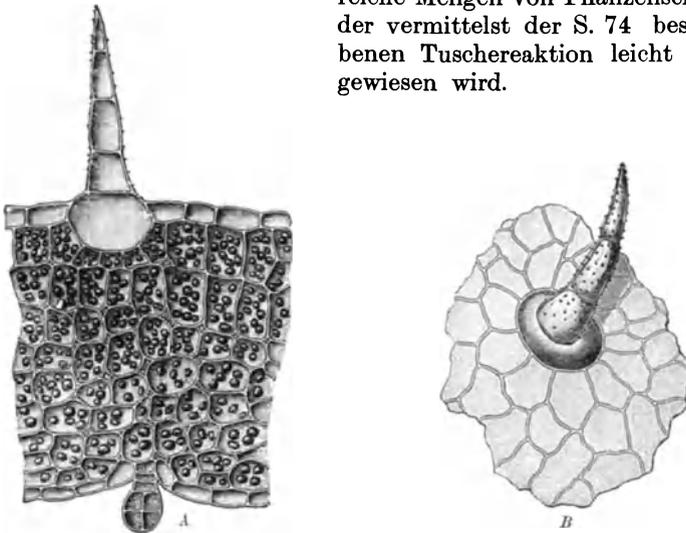


Fig. 187. Blatt des großen Wegerich (*Plantago major*). *A* Querschnitt, *B* Stück der Oberhaut mit Haar. — Vergr. $200\times$.

Wegerichblätter (Fig. 187). — In Betracht kommen vorzüglich die Blätter von *Plantago major* und *Pl. media*, weniger diejenigen von *Pl. lanceolata*. Liegen größere Blattstücke der Untersuchung vor, so

weist schon der parallele Verlauf der großen Nerven auf die Abstammung hin; bei kleinen Fragmenten fällt dies Merkmal weg. Dann achte man bei der Lupenbetrachtung darauf, daß bei Wegerichblättern nur die Haupt- und die von ihnen abzweigenden Nerven ersten Grades deutlich vorspringend sichtbar sind, während vom feineren Nervenetz nichts bemerkbar ist.

Ferner bieten die anatomischen Querschnitts- und Flächenbilder ein recht charakteristisches Aussehen. Am Querschnitt (Fig. 187, A) sieht man, daß ein ausgeprägtes Palissadengewebe nicht vorhanden ist, sondern daß die gesamten Zellen des Mesophylls ungefähr gleich groß sind; die kleinen Nerven, die der Querschnitt zeigt, liegen als vollkommen kreisförmige Gebilde im Mesophyll eingeschlossen. Be-

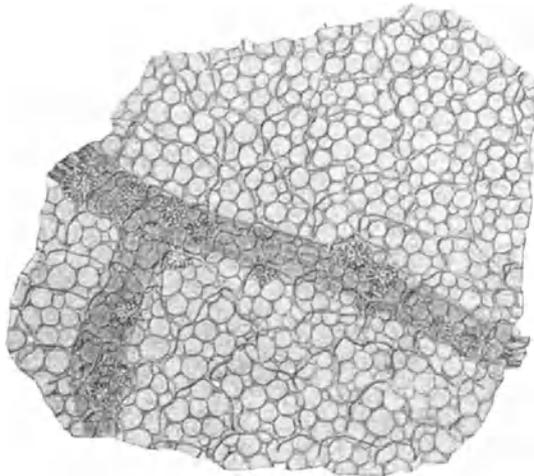


Fig. 188. Flächenansicht der Oberseite eines gebleichten Weichselblattes (*Prunus cerasus*). Vergr. $\frac{250}{1}$.

sonders aber sei auf die ziemlich spärlichen Haare aufmerksam gemacht. Die einen, häufigeren, sind kegelförmig, drei- bis fünfzellig und zeichnen sich dadurch unverkennbar aus, daß ihre Basis als große, zwiebelartige Zelle tief unter das Niveau der übrigen Epidermiszellen herabreicht. Bei *Pl. major* und *media* sind diese Basalzellen der Haare unten breit gerundet, bei *Pl. lanceolata* dagegen häufig dreieckig zugespitzt. — Auch eingesenkte, kleine Drüsenhaare kommen allen Arten zu. Der beste Unterschied der *Pl. lanceolata* von den übrigen in Betracht kommenden Arten, die langen, vielzelligen, schlaffen Haare, die hier besonders reichlich vorkommen, ist an als Tabakssurrogat dienenden Blättern nicht mehr erkennbar.

Kirsch- und Weichselblätter (*Prunus avium* und *P. cerasus*, Fig. 168, 188). — Im gebleichten Präparat fallen die Bestandteile dieser Blätter vor allem dadurch auf, daß über allen, auch den feinsten

Nerven, reichlich und öfters reihenweise gelagerte Kristalldrüsen von Kalkoxalat unverkennbar sind. Außerdem sei auf den Blattrand geachtet, der auf jedem Zahn ein höchst charakteristisches, aus vielen fächerförmig angeordneten Zellen bestehendes, großes Drüsengebilde trägt.

Vanillewurzelkraut (*Liatriis odoratissima*, Fig. 189). — Höchst bezeichnend für diesen durch Cumarinreichtum hervorragenden Parfümzusatz sind sehr reichlich vorhandene Drüsenhaargebilde, die tief versenkt ihren Ursprung nehmen, sich als dicke, keulenförmige Zellreihe auf oder über die Oberfläche der Epidermis erheben und in ihrem oberen Teil häufig derart umgebogen sind, daß dieser flach auf der Epidermis liegt. — Im Flächenbild (gebleichtes Blatt) sehen diese Drüsen-

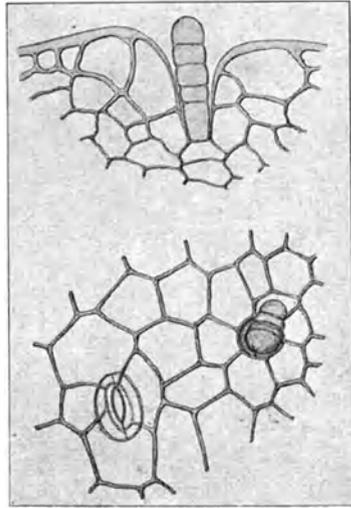


Fig. 189. Vanillewurzelkraut. Oben Querschnitt einer Haaransatzstelle; unten Flächenansicht der Epidermis der Blattunterseite mit Haar und Spaltöffnung. Vergr. $190/1$.

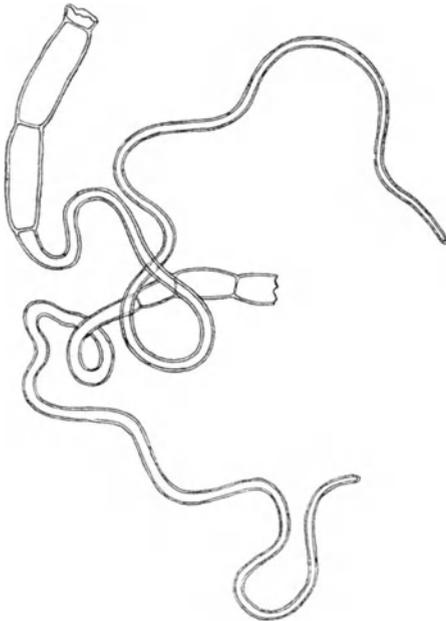


Fig. 190. Hufblattchblätter. Haare von der Blattunterseite. Vergr. $110/1$.

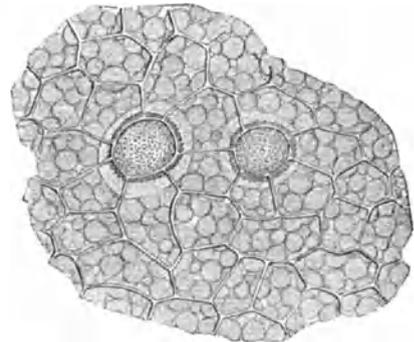


Fig. 191. Flächenansicht eines gebleichten Nesselblattes (*Urtica dioica*) mit zwei Cystolithen. — Vergr. $250/1$.

haare kurzen und dicken Würmern ähnlich, die aus Grübchen in der Epidermis herauschauen.

Hufblattchblätter (*Tussilago farfara*, Fig. 190). — Hufblattchblätter sind auf ihrer Unterseite mit einem dichten Filz überzogen, der aus

sehr langen Haaren besteht, deren jedes einer Hundepeitsche ähnlich sieht. Ein dünnwandiger, dicker, mehrzelliger Stiel trägt einen unregelmäßig gebogenen dickerwandigen aber schmalen, sehr langen, einzelligen Endteil.

Nesselblätter (*Urtica dioica*, *U. urens*, Fig. 191). — Außer den sehr großen, auf einem von Parenchymzellen gebildeten Höcker sitzenden Brennhaaren und den kleinern, aber immerhin noch sehr ansehnlichen Striegelhaaren sind es vor allem die Cystolithen, die diese Blätter auf leichteste erkennen lassen. Dies sind Konkremente von Kalziumkarbonat, die ellipsoidische oder kurz walzenförmige (von oben gesehen runde) Gebilde in Epidermiszellen darstellen. Sie sind an jedem gebleichten Blattfragment sofort sichtbar; daß es sich um Ablagerungen von kohlenurem Kalk handelt, erkennt man leicht daran, daß beim Hinzufügen von Schwefelsäure sich unter starker Gasentwicklung Gipsnadeln bilden.

Rosenblätter (*Rosa centifolia*, Fig. 192). — Die sehr zarten Blumenblätter der Rose werden daran erkannt, daß die Epidermis der Unterseite aus Zellen mit welligen Wänden und angesetzten, ins Lumen hineingehenden Fortsätzen besteht, während die Epidermiszellen der Oberseite geradwandig und papillös (kegelförmig erhaben) sind. Bei scharfer Einstellung erkennt man auf der Oberseite feinste Striche (Kutikularleisten), die von der Umfangswand nach der Spitze jedes Kegels zu verlaufen, diese aber nicht erreichen.

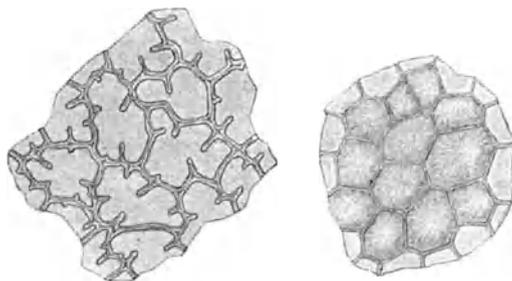


Fig. 192. Flächenansicht des Blumenblattes der Rose; links Unter-, rechts Oberseite. — Vergr. $250\times$.

Steinkleeblüten (*Melilotus*, hauptsächlich *officinalis* und *altissimus*, Fig. 193). — Diese Blüten sind noch nicht so weit

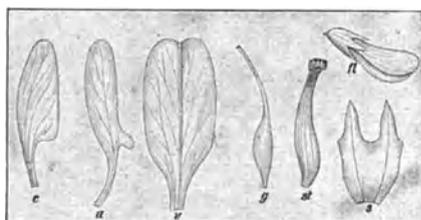


Fig. 193. Lupenbild der Steinkleeblüte. *fl* ganze Blüte; *c* Schiffchen; *a* Flügel; *v* Fahne; *g* Fruchtknoten; *st* Staubgefäße; *s* Teil der Kelchröhre. Schwach vergrößert.

intakt, das sie in aufgeweichtem Zustand mit der Lupe untersucht werden können. Man achte vor allem auf den seitlichen, schräg nach rückwärts gerichteten Ansatz der Flügel (*a*).

Veilchenwurzelpulver (*Iris germanica*, *florentina* und *pallida*, Fig. 194). — Das Pulver der *Iris*-Rhizome ist leicht kenntlich an den großen, balkenförmigen (meist zerbrochenen) Kristallen von Kalkoxalat und an den Stärkekörnern, die im typischen Bild langgestreckt, an einem

Ende gerundet, am andern abgestutzt sind und meist hufeisenförmig angeordnete Spalten aufweisen.

Baldrianwurzel (*Valeriana officinalis*, Fig. 195). — Kennlich daran, daß sich unter der kleinzelligen Epidermis ein sehr großzelliges Hypoderm befindet. Das nach innen folgende Rindenparenchym ist mit Stärke erfüllt.

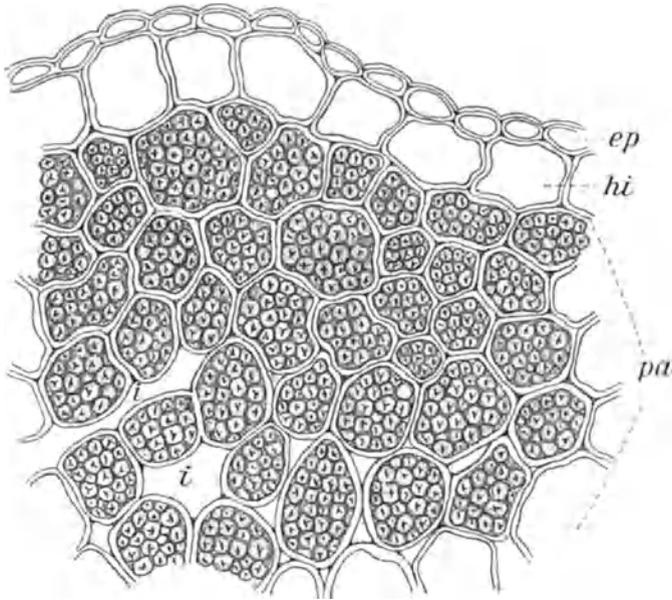


Fig. 195. Baldrianwurzel. Querschnitt durch den äußersten Teil einer jungen Wurzel. *ep* Epidermis; *hi* sekretführendes Hypoderm; *pa* stärkeführendes Rindenparenchym; *i* Interzellularräume. — Vergr. $365/1$.



Fig. 194. Veilchenwurzelpulver. Stärkekörner und beiderseits abgebrochene Kalkoxalatkrystalle. Vergr. $250/1$.

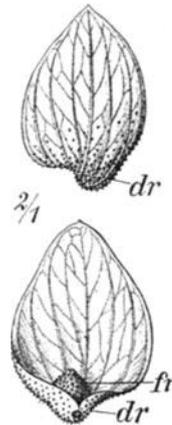


Fig. 197. Deckblatt des Hopfens. Lupenbild. (Nach Gilg.)

Buchenblätter (*Fagus silvatica*, Fig. 196). — Kennlich an der vollkommenen Kahlheit (es werden nur ausgewachsene Blätter verwendet), den beiderseits mit einer chlorophyllfreien Zellschicht bis zu den Epidermen durchgehenden Nerven sowie den Gehalt an Einzelkristallen und Drusen von Kalkoxalat.

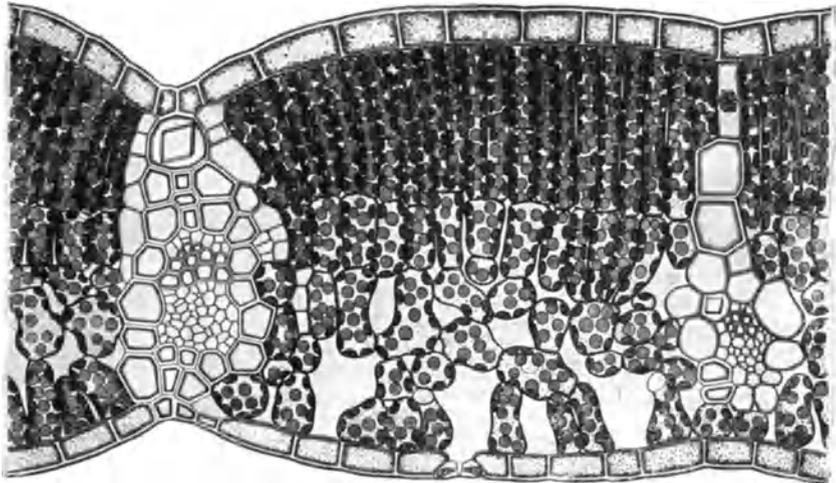


Fig. 196. Querschnitt durch das Buchenblatt. $\times 500$. (Nach Kny.)



Fig. 198. Drüsenhaare der Hopfenblüten. $\times 500$. (Nach Gilg.)

Hopfenblütendolden (*Humulus lupulus*, Fig. 197, 198). — Es werden vornehmlich die bei der Brauerei entfallenden Rückstände nach Wässerung und Reinigung verwendet. Sie sind an der allgemeinen Gestalt der Brakteen mit ihren handförmig nach der Basis zu konvergierenden Nerven sowie durch die großen sitzenden Drüsenhaare kenntlich.

Goldregenblätter (*Cytisus laburnum*, Fig. 199). — Neuestens wurde durch Fühner darauf hingewiesen, daß das Alkaloid Cytisin, welches im Goldregen und Stechginster (*Ulex europaea*) enthalten ist, in seinen physiologischen Wirkungen dem Nikotin überaus nahe steht. Während die vorgenannten Surrogate nur Streckungsmittel sind, ist das Laub des Goldregens ein wirklicher Tabakersatz. Proben, welche

mit dem fermentierten Laub angestellt wurden, ergaben ein recht wohlschmeckendes Produkt. Es eignet sich besonders zur Verwendung in Zigarettenform und bewirkt dieselbe Beruhigung der Nerven wie Tabak. Auch die Peristaltik wird durch die Cytisuszigaretten ebenso angeregt wie durch Nikotinzigaretten.

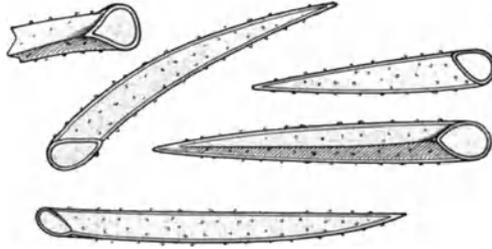


Fig. 199. Haare des Goldregen-Blattes. $\times 200/1$.

Das Cytisusblatt ist unterseits mit anliegenden, seidenartigen Haaren versehen, die durch einen scharfen Kiel ausgezeichnet sind und mit keinem andern mir bekannten Pflanzenhaar verwechselt werden können.

Die häufigsten Verfälschungen des Tabaks.

Kartoffelkraut (*Solanum tuberosum*). — Am gebleichten Präparat durchaus dem Tabak ähnlich und insbesondere auch durch die schwarzen Kristallsandzellen ausgezeichnet, ist diese Verfälschung doch an folgenden Merkmalen sehr leicht zu erkennen: Auch die großen Haare, die beim Tabak alle in ein Drüsenköpfchen ausgehen, enden beim Kartoffelkraut in einfache Spitzen; bei genauer Betrachtung sieht man,



Fig. 200. Unterseite eines gebleichten Waldmeisterblattes mit zwei Raphidenbündeln. — Vergr. $125/1$.

daß fast alle Haare gekörnt sind, während beim Tabak nur schwache Längslinien der untersten Zellen vorkommen; der Blattrand des Kartoffelkrauts ist mit höchst bezeichnenden, kurz kegelförmigen, zahnartigen Trichomen besetzt.

Waldmeisterkraut (*Asperula odorata*, Fig. 200). — Ganz unver-

kennbar wird dies verbotene Parfüm durch die im Mesophyll liegenden massenhaften Raphidenbündel sowie durch den aus scharfen, aufgerichteten Zellen gebildeten Blattrand bezeichnet. Auch achtet man darauf, daß die Spaltöffnungen nur von zwei dem Spalt parallel gelegerten Nebenzellen umgeben sind.

d) Von Stammorganen herrührende Objekte.

Ingwer.

Ingwer ist der geschälte oder ungeschälte, getrocknete Wurzelstock der im tropischen Asien einheimischen Ingwerpflanze (*Zingiber officinale*, *Zingiberaceae*). Meist wird er im ganzen gehandelt und ist dann Fälschungen nicht ausgesetzt. Seltener kommt Ingwerpulver zum Verkauf.

Die Echtheit von Ingwerpulver wird an der charakteristischen Form der allermeist auch bei gebrühten Rhizomen noch im Innern erhaltenen Stärkekörner (Fig. 201) erkannt. Diese Körner sind relativ groß (0,02—0,04 mm lang) und geschichtet. Dabei läuft die Schichtung so, daß sie sich (mit Ausnahme der nächsten Umgebung des ganz an einem Ende gelegenen Kerns) am Rand des Stärkekorns auskeilt. Außerdem ist bei diesen Stärkekörnern zu beachten, daß sie abgeplattet sind. Die schmalen Körner, welche unsere Fig. 201 darstellt, sind von der Seite gesehene Körner. — Echte Ingwerstärke darf (von oben gesehen) nicht oder nur unbedeutend länger als breit sein.

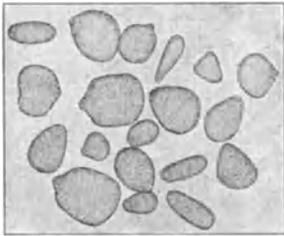


Fig. 201. Stärkekörner des Ingwer.
Vergr. 250/1.

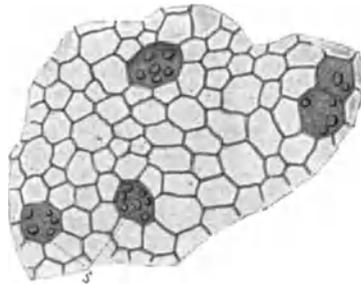


Fig. 202. Parenchym des Ingwer nach Entfernung der Stärke. s Sekretzellen. — Vergr. 70/1.

Außer diesem charakteristischen Bestandteil des Pulvers finden sich normalerweise darin noch mit braunen Harzklumpen erfüllte Zellen (Sekretzellen, Fig. 202), einzelne große, derbwandige Netzgefäße und dickwandige Sklerenchymfasern. Wurde ungeschälter Ingwer gepulvert, so kommen auch tafelförmige, braune, inhaltlose Korkzellen vor.

Fälschungen des Ingwerpulvers sind: Mehl, Brot, Eicheln, Raps- und Leinkuchen sowie Curcumpulver. Die Stärkekörner weder der Zerealien noch der Eichel können mit denen des Ingwers verwechselt werden. Curcuma verrät sich durch die Anwesenheit gelber Partikel, die mit Kleisterballen erfüllt sind. Die Reste von Raps und Lein (vgl. S. 135) werden leicht erkannt.

Curcuma.

Curcuma (Gelbwurz) ist der gekochte und dann getrocknete Wurzelstock von *Curcuma longa* (*Zingiberaceae*). An sich sind die Stärkekörner der Curcuma denjenigen des Ingwer durchaus ähnlich; aber durch das Kochen wird die ganze Stärke verkleistert und dadurch entstehen außerordentlich charakteristische Kleisterballen.

Durch das Kochen wurde ferner das in den Harzzellen vorhandene Curcumin in der ganzen Droge verteilt und färbte die Kleisterballen schön gelb. Jodlösung läßt diese Farbe sofort in blauschwarz übergehen, Alkalien in braunrot. An diesen beiden Farbenreaktionen ist das kleinste Curcumafragment leicht zu erkennen. — Außer der Stärke kommen im Curcuma pulver sämtliche für das Ingwerpulver beschriebenen Gewebeelemente vor mit Ausnahme der dickwandigen Sklerenchymfasern.

Zimt.

Als Zimt kommen hauptsächlich drei verschiedene Sorten in den Handel: 1. Zimt, Zimtkassie; 2. Holzkassie oder Malabarzimt; 3. Ceylonzimt. Über die gegenseitige Verwandtschaft der Stamm-pflanzen dieser Sorten sind wir noch sehr ungenügend unterrichtet.

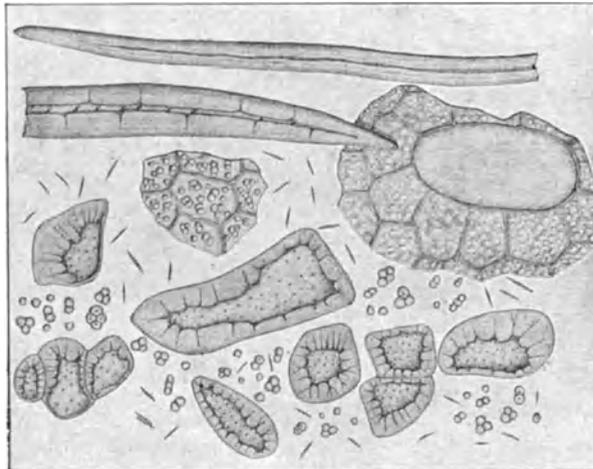


Fig. 203. Elemente des Zimtpulvers. — Vergr. $100\times$.

Im Preis steht Ceylonzimt am höchsten, dann folgt die Zimtkassie; die billigste aber auch schlechteste Ware ist die Holzkassie. Ceylonzimt kommt seltener als Pulver im Handel vor.

Ceylonzimt unterscheidet sich von den übrigen Sorten in gepulvertem Zustand am leichtesten dadurch, daß der Kork bei Ceylonzimt regelmäßig entfernt wurde, bei den andern dagegen noch an

vielen Stellen vorhanden ist. Ferner ist der Steinzellring im Innern der Ceylonware zusammenhängend, bei der Zimtkassie dagegen vielerorts durch dünnwandiges Gewebe unterbrochen. Dies Merkmal wird an mikroskopischen Querschnitten leicht aufgefunden, aber eine völlig konstante Verschiedenheit der Sorten in dieser Beziehung existiert nicht. Über gemischte Zimtpulver irgendwelche bestimmte Angaben zu machen, ist außerordentlich schwierig.

Dagegen ist es leicht, die Reinheit des Zimtpulvers zu kontrollieren, wenn es sich um Verfälschungen mit fremden Bestandteilen handelt.

Das hauptsächlichste Merkmal gepulverten echten Zimts (Fig. 203) ist, daß derselbe keinerlei größere, bei gewöhnlicher Beleuchtung deutlich erkennbare Kristalle aufweist. Wird dagegen der Polarisationsapparat angewendet, so leuchten bei gekreuzten Nikols sofort eine große Menge feinsten Kristallnadeln von Kalkoxalat auf. Diese können ihrer Kürze und Kleinheit wegen nicht mit Raphiden verwechselt werden und kommen in keiner andern ähnlichen Droge vor. — Ferner sind wichtige Bestandteile des Pulvers die Stärkekörner, sowie kurze (bis 60μ lang und 35μ breit bei Zimtkassie, ebenso lang, aber nur bis 30μ breit bei Ceylonzimt) dickwandige Sklerenchymfasern und Steinzellen, die meist nur einseitig nach innen verdickte Wände aufweisen.

Die Stärke wird in einem Wasserpräparat untersucht, alles andere an Präparaten, die in Eau de Javelle gebleicht sind.

Mit diesen positiven Merkmalen des Zimtpulvers ist man imstande, auch Fälschungen zu erkennen.

Zunächst wird man bei Zimtpulver auf Fälschungen derselben Art aufmerksam sein, wie sie bei allen Gewürzen vorkommen und beim Pfeffer (S. 131—136) abgehandelt wurden. Ferner aber treten hier noch spezifische Fälschungen hinzu, von denen die mit gemahlenem Zigarrenkistenholz und mit Baumrindenpulver die wichtigsten sind.

Mit Ausnahme der Koniferenhölzer enthält alles Holzmehl die weiten, verholzten Röhren, die als „Gefäße“ bekannt sind. Findet man im Zimtpulver Röhren mit starker Tüpfelung, insbesondere Wandstücke, die dicht mit sechseckigen Facetten bedeckt sind, so ist die Verfälschung mit Holzmehl bewiesen. Sind die Holzsplitter im ungebleichten Präparat eigentümlich rötlich (nicht gelb oder braun), so ist das Vorhandensein von Zigarrenkisten- (*Cedrela*-) Holz wahrscheinlich. — Koniferenholz ist an seinen charakteristischen Hoftüpfeln leicht erkennbar.

Die Verfälschung mit Rindenpulver irgendwelcher Art wird durch große Sklerenchymfasern, die denen des Zimts unähnlich sind, erkannt. Insbesondere aber bieten häufig vorkommende große Kristalle oder Kristalldrüsen von oxalsaurem Kalk einen Hinweis auf derartige Fälschung.

Die mikroskopische Unterscheidung der einheimischen Nutzhölzer.

Bevor die für die Praxis in vielen Fällen hochwichtige Bestimmung der Hölzer auf mikroskopischem Wege behandelt werden kann, müssen einige für das Verständnis wichtige Erklärungen vorausgesandt werden.

An jedem Dikotylen- und Nadelholzstamm lassen sich in drei Richtungen beliebig viele Schnitte anfertigen, wie sie in Fig. 204 dargestellt sind, nämlich: 1. Schnitte, die genau senkrecht zur Achse den Stamm durchsetzen und die Holzteile desselben quer durchschneiden (Querschnitte); 2. Schnitte, die durch die Achse des Stammes und seine Radien gehen, die also das Holz längs schneiden und Peripherie mit Achse verbinden (Radialschnitte); 3. Längsschnitte senkrecht auf die Radien, also in tangentialer Richtung (Tangentialschnitte). Jeder dieser Schnitte, die als Normalschnitte bezeichnet werden, liefert ein besonderes Bild von der Holzstruktur. Zusammen genügen sie zur vollkommenen Feststellung derselben.

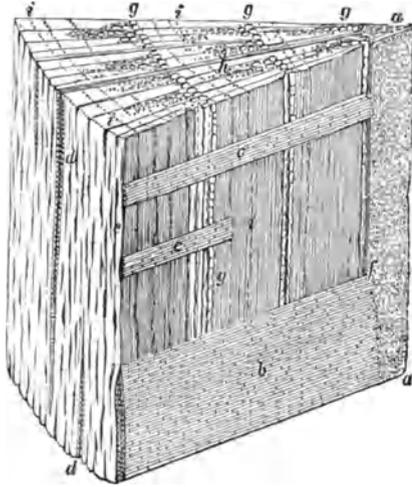


Fig. 204. Schematische Darstellung eines keilförmigen Ausschnittes aus einem Laubholz. (Nach Hartig.)

wandige, langgestreckt spitz zulaufende, mit schiefen feinen Spaltenporen versehene Zellen] oder Holzparenchym [dünnwandige Parenchymzellen mit lebendem Inhalt] darstellen). Ferner aber legt dieser Längsschnitt die Markstrahlen („Spiegel“; Fig. 204 b, c) in ihrer ganzen Ausdehnung bloß.

Der tangentielle Längsschnitt liefert gleichfalls ein Bild von der Beschaffenheit der Holzelemente, schneidet aber die Markstrahlen (d) quer und läßt dadurch ihre Zusammensetzung klarer erkennen.

Von ebensogroßer Wichtigkeit für das Studium der Holzstruktur wie die mikroskopischen Schnitte ist ferner die Mazerationsmethode, die ohne große Mühe die Holzelemente voneinander trennt, sie einzeln vollständig und charakteristisch zur Anschauung bringt. Dies geschieht in folgender Weise:

Man nimmt einen etwa streichholzdicken, 1—2 cm langen Span des Holzes, übergießt ihn in einem Reagenzglas mit 2 cm gewöhnlicher, konzentrierter Salpetersäure, fügt einige Körnchen chloresäures Kali hinzu und kocht kurz in offener Flamme auf. Dann wartet man einige Minuten, bis das Holz vollkommen weiß geworden ist, gießt den Inhalt des Reagenzglases in ein mit Wasser gefülltes Becherglas und nimmt von hier einige Partikel des zerfallenen Holzes heraus. Diese werden dann mit Nadeln auf dem Objektträger zerzupft.

Wie aus der Fig. 204 hervorgeht, zeigt der Querschnitt zunächst am deutlichsten die Jahresringe z, die in der Weise entstehen, daß jede neue Wachstumsperiode eine neue Holzschicht rings um die bereits vorhandenen legt und zugleich, daß im Frühjahr großporiges (dünnwandiges), im Herbst dagegen kleinporiges (dickwandiges) Gewebe gebildet wird. Wo in scharfer Trennungslinie Herbstholz und Frühjahrholz aneinander stoßen, ist ein Jahresring. Ferner zeigt der Querschnitt am übersichtlichsten die Verteilung der Einzellemente des Holzes.

Der radiale Längsschnitt gibt als mit den Fasern des Holzes verlaufender Schnitt zunächst ein vollständiges Bild von der Struktur der Holzelemente (ob sie Gefäße [längs verbundene Röhren mit durchbrochenen oder resorbierten Querwänden] oder Tracheiden [ebensolche, beiderseits geschlossene Röhren] oder Libriformfasern [dick-

Bei der Betrachtung unterscheidet man nun (z. B. im Lindenholz, das alle typischen Zellformen enthält) folgende durch das Mazerationsverfahren freigelegte Elemente:

1. Holzparenchym: Dünnwandige, durch Querwände gefächerte, langgestreckte Elemente oder als viereckige Parenchymzellen sich darstellende Teile derselben.
2. Ersatzfasern: Dünnwandige, ungeteilte (also lang spindelförmige) Elemente.
3. Libriformfasern: Dickwandige mit schiefgestellten, oft nur spärlich vorhandenen, meist einfachen spaltenförmigen Tüpfeln versehene lang spindelförmige Zellen.
4. Tracheiden: Dickwandige, behöft getüpfelte oder mit leistenförmiger Wandskulptur versehene, beiderseits geschlossene Zellen.
5. Gefäße: Dickwandige Elemente, die sich von den Tracheiden dadurch unterscheiden, daß sie zu Röhren mit durchbrochenen oder resorbierten Querwänden vereinigt sind.

Als wichtigster Unterschied der Hölzer von Nadel- und Laubbäumen (Koniferen und Dikotylen) ist bekannt, daß den Nadelhölzern die Gefäße fehlen, den Laubhölzern dagegen reichlich zukommen. Ferner sind die Tracheiden, die mit Holzparenchym allein das Nadelholz bilden, in ganz besonders charakteristischer Weise mit großen Hoftüpfeln versehen, die (vgl. Fig. 205) aus zwei genau konzentrischen Kreisen gebildet zu sein scheinen.

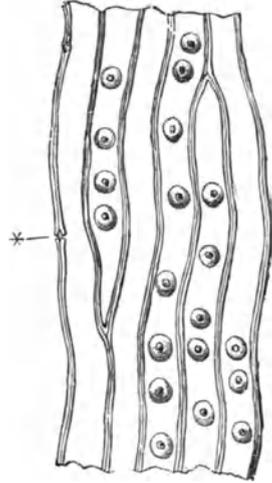


Fig. 205. Nadelholztracheiden mit Hoftüpfeln. Bei * ein Hoftüpfel durchschnitten. Vergr. $100\times$. (Nach Hartig.)

- I. Nadelhölzer: nur aus Tracheiden und Holzparenchym¹⁾ gebildet; Gefäße und Holzfasern fehlen.
 - A. Tracheiden mit schraubenförmiger Membranverdickung (Längsschnitt)²⁾: *Eibe (Taxus)*.
 - B. Tracheiden ohne Schraubenbänder (Längsschnitt).
 1. Mit Harzgängen im Holz (Querschnitt).
 - a) Markstrahlen oben und unten eingefast von Zellen, deren Wände zackig verdickt sind (rad. Längsschnitt): *Kiefer (Pinus)*.
 - b) Markstrahlen ohne Einfassung von zackig verdickten Zellen.
 - a) „Weiches“ Holz; in der Rinde (Längsschnitt) Gruppen von Steinzellen; Jahrringgrenze ohne Holzparenchym: *Fichte (Picea)*.
 - β) „Hartes“ Holz; in der Rinde einzelliegende Sklerenchymfasern; am Ende jedes Jahrrings Holzparenchym: *Lärche (Larix)*, *Tanne (Abies)*.
 2. Ohne Harzgänge im Holze:
- II. Laubhölzer: im Holz finden sich Gefäße.
 - A. Im (mazerierten) Holz fehlen die Tracheiden: dasselbe besteht nur aus Holzparenchym, Ersatzfasern, Libriformfasern und Gefäßen.

¹⁾ Letzteres fehlt bei *Taxus*.

²⁾ Die in Klammern gesetzten Bezeichnungen (Längsschnitt, tang. Längsschnitt, rad. Längsschnitt, Querschnitt, maz. Präparat) bezeichnen die Art des Präparats, an dem die betr. Beobachtung zu machen ist.

1. Libriformfasern einfach.
 - * Gefäße von zweierlei verschiedener Art, im Frühjahrsholz weite, im übrigen viel engere (Querschnitt): *Esche (Fraxinus)*.
 - ** Gefäße alle gleichartig: *Platane (Platanus)*.
2. Libriformfasern gefächert: *Ölbaum (Olea)*.

B. Im (mazerierten) Holz sind Tracheiden leicht auffindbar.

- a) Ersatzfasern und Libriformfasern fehlen (maz. Präparat).
 - a) Gefäßquerwände nur mit einfachen Löchern.
 - * Gefäße und Tracheiden mit Spiralen: *Weißdorn (Crataegus)*.
 - ** Gefäße mit, Tracheiden ohne Spiralen: *Birnbaum (Pirus)*.
 - β) Gefäßquerwände mit leiterförmigen Perforationen.
 - * Perforation nur leiterförmig.
 - § Gefäße und Tracheiden mit Spiralen: *Stechpalme (Ilex)*.
 - §§ Gefäße und Tracheiden ohne Spiralen.
 - 0 Jahrringe mit bloßem Auge nicht sichtbar: *Buxbaum (Buxus)*.
 - 00 Jahrringe leicht sichtbar: *Schneeball (Viburnum opulus)*.
 - ** Außer leiterförmigen auch lochförmige Perforationen: *Buche (Fagus)*.
 - b) Ersatzfasern fehlen, Libriformfasern (mit den übrigen Elementen) vorhanden (maz. Präparat).
 1. Libriformfasern gefächert: *Pfaffenkäppchen (Evonymus)*.
 2. Libriformfasern einfach.
 - a) Libriformfasern einfach getüpfelt (maz. Präparat): *Ahorn (Acer)*.
 - β) Libriformfasern mit behöfteten Tüpfeln.
 - * Gefäße nach ihrer Dicke verschieden, die des Frühjahrsholzes viel weiter und größer als die des Herbstholzes (Querschnitt).
 - § Große Gefäße nur dicht an der Jahresgrenze; von ihnen aus gehen die kleinen in radial geordneten Streifen durch das Sommerholz (am Querschnitt zu sehen).
 - 0 Markstrahlen aus einer Zellreihe gebildet (tang. Längsschnitt): *Kastanie (Castanea)*.
 - 00 Markstrahlen aus zwei bis vielen Zellreihen gebildet: *Eiche (Quercus)*.
 - §§ Große Gefäße im Frühjahrs- und Sommerholz zerstreut, kleine im Herbstholz (Querschnitt).
 - 0 Gefäßquerwände einfach durchbrochen (mazeriertes Präparat): *Weißbuche (Carpinus)*.
 - 00 Gefäßquerwände leiterförmig durchbrochen: *Haselnuß (Corylus)*.
 - ** Alle Gefäße gleichartig (Querschnitt); Gefäßwand mit Spiralleisten: *Kirschenbaum (Prunus)*.
 - c) Holzparenchym, Ersatzfasern, Libriformfasern, Tracheiden und Gefäße vorhanden (mazeriertes Präparat).
 - a) Alle Gefäße gleichartig, weder durch abweichende Größe noch Struktur sich unterscheidend (mazeriertes Präparat).
 - * Tracheiden in ihrer Lage von den Gefäßen abhängig und nur als eine Modifikation derselben erscheinend (Längsschnitt).
 - § Libriform mit einfachen Tüpfeln (mazeriertes Präparat).
 - 0 Gefäße ohne Spiralleisten:
 - × Lumina der Markstrahlzellen alle gleich groß (tang. Längsschnitt): *Pappel (Populus)*.
 - × × Lumina der Markstrahlzellen ungleich groß; einzelne Markstrahlzellen sind viel länger als die andern: *Weide (Salix)*.
 - 00 Gefäße dort, wo sie an Libriform angrenzen, mit Spiralleisten (Längsschnitt): *Roßkastanie (Aesculus)*.

§§ Libriform mit behöften Tüpfeln (maz. Präparat).

0 Gefäße ohne Spiralverdickung (mazeriertes Präparat).

× Gefäßquerwände einfach perforiert (maz. Präparat):
Walnuß (Juglans).

× × Gefäßquerwände leiterförmig durchbrochen.

† Gefäßhoftüpfel 0,0017 mm breit: *Birke (Betula).*

†† Gefäßhoftüpfel 0,003—0,004 mm breit:

Erle (Alnus).

00 Gefäße mit sehr starken Spiralverdickungen: *Linde (Tilia).*

** Tracheiden zur faserförmigen Modifikation gehörend, beträchtlich verdickt, unabhängig von den Gefäßen, im äußeren Teil der Jahrringe die Grundmaße bildend: *Syringe (Syringa).*

β) Große getüpfelte und kleine spiralg verdickte Gefäße vorhanden (mazeriertes Präparat).

* Gefäße einzeln oder nur in ganz kleinen Gruppen (Querschnitt):

Akazie (Robinia).

** Gefäße allermeist in Gruppen, selten einzeln: *Ulme (Ulmus).*

Von Bedeutung für die mikroskopische Praxis ist öfters der Nachweis, ob Bauholz im Winter (in der Ruhe) oder im Sommer (im Saft) geschlagen ist. Obgleich hier nur ein Vorurteil gegen das im Sommer geschlagene Holz vorliegt, ist solches doch im Handel minderwertig, da es im Verdacht steht, leichter von Pilzen angegriffen zu werden, als in der Ruhe geschlagenes Holz.

Insbesondere die Nadelhölzer sind in der Winterruhe sehr leicht daran zu kennen, daß das gesamte Holzparenchym dann mit fettem Öl erfüllt ist, während das im Sommer geschlagene Holz solches nicht oder nur spurenweise erkennen läßt. — Behufs Untersuchung kocht man, um die Markstrahlen in großer Ausdehnung in Übersicht zu haben, feine radiale Längsschnitte mit Sudan-Glyzerin (vgl. oben, S. 75). Dadurch färbt sich das fette Öl intensiv rot. In Holz, das im Sommer geschlagen ist, finden sich bei gleicher Behandlung nicht rot gefärbte Tropfen, sondern nur (und zwar sehr zerstreut) rote Schollen und Häufchen, die von Protoplasma gebildet werden.

Mikroskopische Unterscheidung der pflanzlichen Gespinstfasern.

Behufs Erkennung und Untersuchung der Gespinstfasern in einem Gewebe vermitteltst des Mikroskops wird das Gewebe zuvor von aller Appretur durch Auswaschen befreit, die Kettenfäden (Längsfäden) und die Fäden des Einschlags (Querfäden) voneinander gesondert und jede Art geprüft. Der Faden wird mit einer Nadel zerfasert und in Wasser eingelegt betrachtet.

Aus dem Pflanzenreich stammende Fasern werden mikroskopisch auf den ersten Blick von den tierischen (Wolle, Haare, Seide) unterschieden: die Pflanzenfasern haben eine innere Höhlung und (mehr oder weniger) glatte Oberfläche; Tierhaare haben einen markerfüllten Hohlraum und stark schuppige oder dicht geringelte Oberfläche; Seide ist massiv und glatt.

Auch auf andere Weise ist die pflanzliche oder tierische Provenienz der Fasern leicht festzustellen: entweder brennt man sie an einer Flamme an, wobei

vegetabilische Fasern mit ruhiger Flamme brennen, tierische dagegen eine rasch verlöschende Flamme geben und aufgeblähte Kohle hinterlassen. — Diese Reaktion modifiziert sich besonders durch die häufig angewandte „Beschwerung“ der Fasern beim Färben. Sie läßt z. B. „leicht“ gefärbte Seide ohne weiteres von stark „beschwerter“ unterscheiden: die leicht gefärbten Fäden brennen überhaupt kaum, sondern blähen sich sofort, die schwer gefärbten dagegen leiten einen kaum sichtbaren Funken weiter, der fortglimmt, auch wenn der Faden von der Flamme entfernt wird.

Ferner wird jede animalische Faser durch 10% Natron- oder Kalilauge im Wasserbad spätestens in $\frac{1}{4}$ Stunde gelöst, während vegetabilische Fasern intakt bleiben.

Bei der Untersuchung der pflanzlichen Gespinnstfasern sind die Begriffe Faser und Zelle meist streng auseinander zu halten. Nur bei den Pflanzenhaaren (Baumwolle, Kapok) ist jede unter dem Mikroskop sichtbare Faser zugleich eine Zelle. In allen anderen Fällen sind die Fasern Bündel von Einzelzellen, die dauernd fest vereinigt bleiben und behufs Untersuchung der langgestreckten, dickwandigen Zellen erst durch Mazeration (in Kalilauge, Chromsäure, Salpetersäure + chlorsaurem Kali usw.) voneinander gelöst werden müssen. Der Unterschied von Faser und Zelle geht aus folgenden Längenangaben deutlich hervor: Flachsfasern sind bis 1,40 m lang, während die Einzelzelle des die Faser bildenden Zellbündels nur selten die Länge von 40 μ m überschreitet. Man hüte sich, die folgenden auf die Einzelzellen bezüglichen Merkmale von Flachs, Hanf, Jute usw. an unmazierten Fasern suchen zu wollen!

Querschnitte der Fasern, die vielfach für ihre Diagnose nötig sind, werden erhalten, indem man die zu untersuchenden Fäden in erweichtes Paraffin (Paraffinkerze) eindrückt, erkalten läßt, fein quer schneidet und das Paraffin mit Xylol entfernt.

Baumwolle. — Die Samenhaare mehrerer *Gossypium*-Arten sind als Baumwolle bekannt. Ihre Fasern (Fig. 206) stellen bandartig

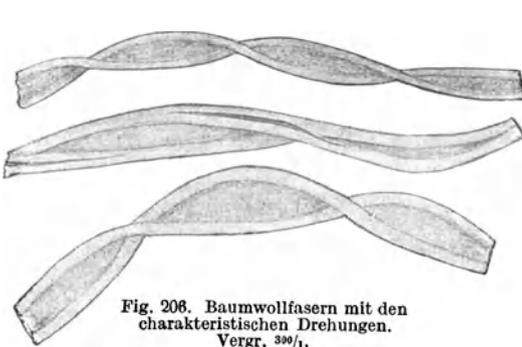


Fig. 206. Baumwollfasern mit den charakteristischen Drehungen. Vergr. $\frac{300}{1}$.

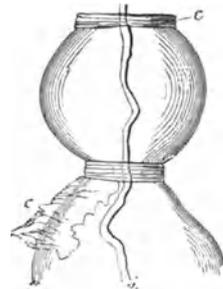


Fig. 207. Baumwollfaser mit Kupferoxydammoniak behandelt. c Kutikula. (Nach Wiesner.)

plattgedrückte, mehr oder weniger steil schraubenähnlich gedrehte oder wellig gebogene bzw. gekräuselte Gebilde dar. Diese für die Baumwolle höchst charakteristische Eigentümlichkeit tritt ganz besonders schön in polarisiertem Licht hervor und kann bei ge-

kreuzten Nikols gar nicht übersehen werden. — Obgleich dies Merkmal Baumwolle von Flachs usw. in den allermeisten Fällen sehr leicht unterscheiden läßt, ist die Drehung an versponnenen Fasern manchmal schwer nachweisbar. Dann sei die mikrochemische Prüfung mit Kupferoxydammoniak angewandt.¹⁾

Um diese auszuführen, setzt man dem Präparat, während man es betrachtet, Kupferoxydammoniak zu. Man sieht nun, wie die Faser sich aufbläht. Nur von Strecke zu Strecke (vgl. Fig. 207) finden sich tiefe Einschnürungen, die durch gefaltete Gürtel bewirkt werden. Hauptsächlich an solchen Gürteln hängend wird man bei genauester Betrachtung auch feinste Membranfetzen finden können. Die Gürtel sowohl wie die Membranfetzen werden durch die Kutikula, die die ganze Faser überzieht und im Reagens unlöslich ist, gebildet.

Eine Kutikula kommt den andern hier in Betracht zu ziehenden Gespinnstfasern außer dem Kapok nicht zu, da dieselben aus dem Innern von Pflanzenorganen stammen. Deswegen wird durch den Nachweis einer solchen (beim Fehlen der dem Kapok eigenen Membranverdickungen an der Basis der Haare) die Baumwolle mit vollster Sicherheit erkannt.

Kapok. — Die Samenwolle der *Ceiba pentandra* und anderer Wollbäume (*Bombaceae*) wurde zunächst als Ersatz der Baumwolle und mit ihr gemischt verarbeitet. Bald erkannte man aber, daß diese Pflanzenfaser infolge ihrer geringen Festigkeit und Dauerhaftigkeit sich zu Textilien nicht eignet. Im großen wird sie nur als Polstermaterial („Pflanzendaunen“) verwendet.

Man erkennt alle Sorten von Kapok (Fig. 208) leicht daran, daß die Basalteile der nur ausnahmsweise an der Spitze gedrehten Haare eine auffällige netzartige Membranverdickung aufweisen.

Flachs. — Die Sklerenchymfasern von *Linum usitatissimum* sind walzenförmig, nicht oder nur wenig hin- und hergebogen, glatt, der Länge nach von einem engen Kanal (Zellhöhle) durchzogen, der bei

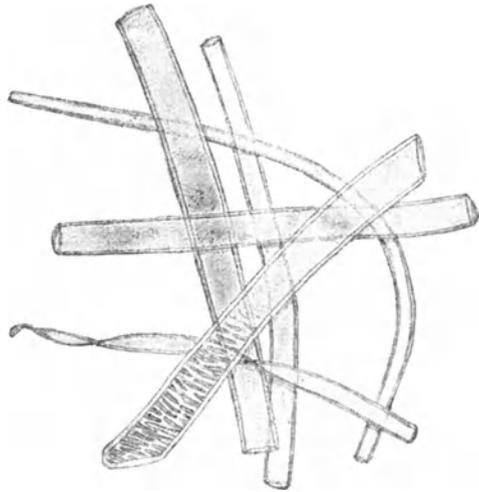


Fig. 208. Kapok. — Vergr. 250/1.

¹⁾ Wird in der Weise bereitet, daß man aus einer Kupfervitriollösung mit verdünnter Natronlauge Kupferhydroxyd fällt, dies mit Wasser durch wiederholtes Dekantieren auswäscht, dann filtriert und in möglichst konzentrierter Ammoniakflüssigkeit löst. — Beschränkt haltbar.

120 facher Vergrößerung wie eine schmale Linie erscheint. Die Leinenfaser läuft in eine schmale Spitze aus. Je nach der Art der Bearbeitung und der Behandlung ist sie glatt oder rau. Handgespinnst hat gemeinlich ein glatteres Aussehen als Maschinengarn, da die Faser bei der Bearbeitung vielfach geknickt wird und auch Längrisse (vgl. Fig. 209) erhält. In Kupferoxydammoniak quillt sie in der Baumwolle sehr ähnlicher Weise, doch sind keine Kuttikulareste dabei sichtbar.

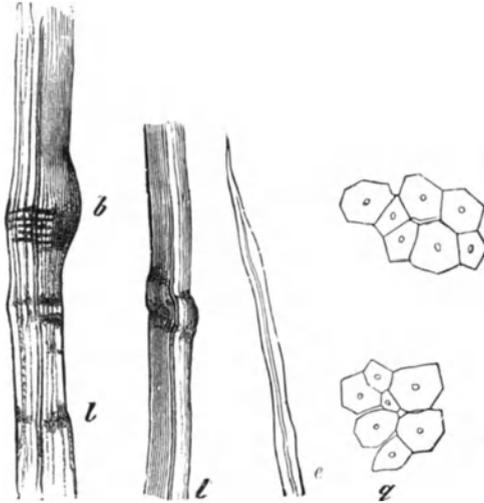


Fig. 209. Flachs. Bastzellen mit Verschiebungen und Ausbauchungen (*b*), *c* Ende einer Zelle, *g* Querschnitt von Flachsfasern. (Nach Berthold.)

Für die in der Praxis hochwichtige und dabei schwierige Unterscheidung von Hanf sind die Querschnitte der Fasern von großer Bedeutung. Sie zeigen (Fig. 209, *g*) die Bastzellen des Flachses als von geraden Linien umgrenzte Polygone.

Fügt man zu derartigen Schnitten Jod-Schwefelsäure,¹⁾ so färben sie sich (abgesehen von der als gelber Punkt sichtbaren Mittelhöhle) voll-

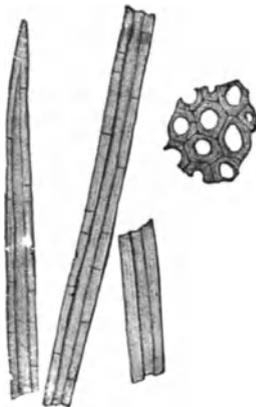


Fig. 210. Bastfaserzellen des Hanf, rechts im Querschnitt. Vergr. $\frac{200}{1}$.

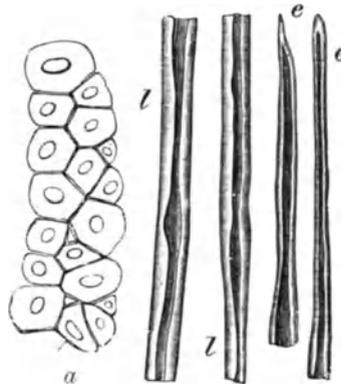


Fig. 211. Jute. *a* Querschnitt einer Faser, *l* Bastzellen mit Lumenerengungen, *e* Endstücke von Bastzellen. (Nach Berthold.)

¹⁾ Unter das Deckglas läßt man zunächst eine wässrige Lösung von 0,3% Jod und 1,3% Jodkalium fließen, läßt dies Gemisch einige Minuten einwirken und fügt dann Schwefelsäure (2 Teile konz. Schwefelsäure, 1 Teil Wasser) zu.

ständig und bis zum Rande blau. Diese Reaktion ist deswegen sehr wichtig, weil die Hanffaserquerschnitte, in gleicher Weise behandelt, von einer gelben Randlinie eingefasst sind..

Hanf. — Der Leinenfaser außerordentlich ähnlich und oft schwer von ihr unterscheidbar ist diejenige von *Cannabis sativa*. Von Wichtigkeit für die Diagnose ist, daß bei der soeben (unter Leinenfaser) beschriebenen Jod-Schwefelsäurefärbung der Querschnitte diese beim Hanf eine deutliche gelbe Randlinie zeigen. Ferner sind die Kanten dieser Querschnitte nicht scharf, sondern gerundet. Endlich finden sich im Parenchymgewebe des Hanfs, das den Fasern stets noch anhaftet, oft gut erhaltene Kristalldrüsen von Kalkoxalat und langgestreckte, mit rotbraunem Inhalt erfüllte Zellen. Diese beiden Elemente gehen dem Flachs ab. — Besonders bemerkenswert aber ist, daß das Zellumen der Hanffaserzellen wesentlich breiter ist als das nur strichförmige des Flachses: es nimmt etwa $\frac{1}{3}$ der Zellbreite ein (Fig. 210).

Jute. — Bastfasern verschiedener Arten von *Corchorus* (*Tiliaceae*). Die Jutefaser hat die merkwürdige, ihre mikroskopische Erkennung vorzüglich erleichternde Eigentümlichkeit, daß die Weite des Zentralkanals (Zellumens) eine sehr verschiedene ist (vgl. Fig. 211). Bei aufmerksamer Betrachtung sieht man, daß die Wände bald sich einander nähern, bald auseinanderweichen. Der Querschnitt der Jute färbt sich mit Jod-Schwefelsäure nicht blau, sondern gelb.

Ramié, Chinagras. — Dieser Textilstoff, der von *Böhméria nivea* (*Urticaceae*) stammt, hat die seines Glanzes wegen im allgemeinen auf ihn gesetzten Erwartungen nicht völlig erfüllt, doch ist er gegenwärtig für die Herstellung der Glühstrümpfe für Gasglühlicht unentbehrlich.

Die Bastzellen der Ramié sind, was ihr Verhalten gegen Jod-Schwefelsäure betrifft, dem Flachs darin gleich, daß sie keine gelbe Randlinie haben; durch diese Eigenschaft unterscheiden sie sich auch ohne weiteres vom Hanf. Von beiden sind sie auch durch ihre ganz beträchtliche Dicke (meist 0,04 bis 0,08 mm; Hanf 0,015 bis 0,03; Flachs 0,012 bis 0,026 mm) ohne weiteres unterscheidbar. Auch der unregelmäßige, zusammen gedrückte Querschnitt der Ramié (Fig. 212) ist durchaus verschieden von dem des Hanfs und Flachses.



Fig. 212. Querschnitt durch eine Ramiéfaser. (Nach Berthold.)

Andere pflanzliche Textilfasern. — Eine genaue Besprechung der übrigen Pflanzenfasern wird durch den folgenden Bestimmungsschlüssel, in den auch die bereits behandelten eingefügt sind, unnötig.

Übersichtstabelle der wichtigeren pflanzlichen Textilfasern.

In diese Tabelle sind diejenigen Textilfasern aufgenommen, die weder in basischem Zinkchlorid (Seide) noch in 10% Natronlauge (Tierhaare) löslich sind.

- A. Fasern außerordentlich lang und dick, gleichmäßig zylindrisch, mit starker Längsstreifung, ohne Innenraum (Lumen) und ohne Spitzen:
Zellulose- oder Kunstseide, Stapelfaser.
- B. Fasern mit einfachem oder mehrfachem Lumen (Innenraum), mit Spitzen: natürliche Fasern.
- I. Niemals mehrere Zellen zu einer Faser zusammengekittet; durch Behandlung mit Kupferoxyd-Ammoniak oder Sudan-Glyzerin ist eine Kutikula nachweisbar (Pflanzenhaare).
- a) Zellen ohne innere linienförmige Längsleisten.
1. Haarbasis mit netzförmiger Membranverdickung; Zellen nicht oder kaum gedreht: *Kapok, Silk-Cotton (Ceiba, Eriodendron, Bombax).*
 2. Haarbasis ohne Membranverdickungen, gedrehte Fasern:
Baumwolle (Gossypium).
- b) Zellen mit innern linienförmigen Längsleisten.
1. Verdickte Haarbasis mit elliptischen Tüpfeln:
Yerkum-Fibre, Akon (Calotropis).
 2. Verdickte Haarbasis mit Spiralleisten:
Kamerun-Faser (Kikxia).
- II. Stets mehrere oder viele Zellen zu einer Faser zusammengekittet; Zellen ohne Kutikula (Sklerenchymfasern).
- a) Die Fasern zusammengesetzt nur aus kurzen, gehöftgetüpfelten Zellen:
Papierfasern.
- b) Die Fasern enthalten strichförmig getüpfelte Faserzellen oder bestehen allein aus solchen.
1. Wenigstens die dickeren Fasern (mit Kalilauge mazerieren!) enthalten (Spiral- oder Netz-) Gefäße (Fasern von monokotylen Pflanzen).
 - § Veraschte Fasern zeigen auffällige, rundliche Kieselkörper.
 - † Alle Faserzellen geradwandig: *Manilahanf (Musa).*
 - †† Viele Faserzellen mit welligen Wänden: *Coir (Cocos).*
 - §§ Kieselkörner fehlen.
 - † In der Asche finden sich reichlich klumpenartige, nicht kristallische Körner von (aus Kalziumoxalat entstandenen) Kalziumoxyd: *Padang (Pandanus).*
 - †† In der Asche keine oder deutlich kristallische Kalziumoxydkörner.
 - = Fasern enthalten stets Parenchymzellen mit großen, prismatischen Kalkoxalat-Kristallen:
 - ! Breite der Faserzellen durchschnittlich 20 Mikra:
Agavefaser (Pita, Sisal-Hanf).
 - !! Breite der Faserzellen durchschnittlich 14 Mikra:
Mauritius-Hanf (Fourcroya).
 - = = Fasern enthalten keine größeren Kristalle; in anhängendem Parenchym höchstens Raphiden.
 - ! Fasern mit sehr breiten Tracheen mit bandartigen, aber schmalen, über die ganze Breite weggehenden Tüpfeln: *Rohrkolben (Typha).*
 - !! Derartige breite Tracheen fehlen.
 - / Den Fasern anhängende Grundgewebezellen mit leistenförmigen Membranverdickungen:
Bogenhanf (Sansevieria).
 - // Den Fasern anhängende Grundgewebezellen ohne solche Verdickungen.

- : Maximaldurchmesser¹⁾ der Zellen 8—19,
meist 13 Mikra:
Neuseeländischer Flachs (Phormium).
- :: Maximaldurchmesser der Zellen 27 bis
42 Mikra: *Pita, Karoa (Bromelia).*
2. Alle Fasern ohne Gefäße (Fasern von dikotylen Pflanzen).
- § Lumina der Zellen sich nicht auffällig verengernd und erweiternd.
- + Querschnitt der Zellen polygonal oder rundlich.
= Lumina der Faserzellen sehr verschieden: in derselben
Faser dickwandige und sehr dünnwandige:
Besenginster (Sarthamnus).
- = = Lumina der Faserzellen alle ungefähr gleichbreit.
! Lumen eng, strichförmig, stets schmaler als $\frac{1}{3}$
der Zellbreite.
/ Aufgeweichte Fasern zeigen geradlinigen Ver-
lauf ihrer Teile.
: Maximaldurchmesser der Zellen 12—26,
meist 25—17 Mikra: *Flachs (Linum).*
:: Maximaldurchmesser der Zellen 20—25,
meist 25—30 Mikra: *Nessel (Urtica).*
- // Aufgeweichte Fasern zeigen bogenförmigen,
netzartig anastomosierenden Verlauf ihrer Teile:
Lindenbast (Tilia).
- !! Lumina weiter ($\frac{1}{3}$ der Zellbreite und mehr).
/ Zellquerschnitt mit Jodschwefelsäure blau oder
grünlich gefärbt; Enden der Zellen nicht halb-
kugelig; Maximaldurchmesser 15—28 Mikra:
Hanf (Cannabis).
- // Zellquerschnitt mit Jodschwefelsäure kupferrot;
Enden der Zellen halbkugelig; Maximaldurch-
messer 20—42 Mikra: *Sunn (Crotalaria).*
- + + Querschnitte der Zellen unregelmäßig zusammengedrückt:
Ramié (Boehmeria).
- §§ Lumina der Bastzellen sich im Verlauf derselben Zelle auf-
fällig verengernd und erweiternd.
- a) Die Außenkontur der Zellen geht mit der Innenkontur pa-
rallel; die Bastzellen zeigen auf ihrer Außenseite Einbuch-
tungen und Höcker: *Chikan-Khadia (Sida retusa).*
- β) Die Außenkontur der Bastzellen verläuft gerade; deswegen
sind Außen- und Innenkontur nicht parallel.
* Lumen der Bastzellen streckenweise vollständig, ohne
auch nur als Linie sichtbar zu bleiben, verschwindend.
§ Querschnitt durch Jodschwefelsäure blau gefärbt:
Gambohanf (Hibiscus cannabinus).
- §§ Querschnitt mit Jodschwefelsäure rotbraun oder tief
goldgelb gefärbt: *Tup-Khadia (Urena sinuata).*
- ** Lumen der Bastzellen überall, wenn auch stellenweise nur
strichförmig, sichtbar.
§ Faserbündel ohne Kalkoxalat-führendes Parenchym:
Jute (Corchorus).
- §§ Faserbündel Reihen von Parenchymzellen enthaltend,
die je einen Kalkoxalatkristall einschließen:
Rai-bhendá (Abelmoschus).

¹⁾ Maximaldurchmesser (Maximalbreite) ist die Breite der dicksten Stellen
der Sklerenchymfasern.

Untersuchung von Papier.

Zur Beurteilung der Güte von Papiersorten ist die Bestimmung der Fasern, aus denen das Papier besteht, von größter Wichtigkeit. Nach Hoyer ordnen sich die Papiere nach ihrem Herstellungsmaterial in folgende Klassen:

1. Klasse: Papier aus Flachs oder Hanf,
2. „ „ „ Baumwolle, Halfa, Jute,
3. „ „ „ Holzzellulose und Strohcellulose,
4. „ „ „ Holzschliff,
5. „ „ „ Wolle, Haare, Seide.

Eine ganze Anzahl dieser Faserstoffe (Flachs, Hanf, Baumwolle, Jute, Wolle, Seide) werden S. 174—177 und S. 325—333 in ihrem mikroskopischen Aussehen besprochen. Der Untersucher muß sich darüber klar sein, daß bei der Papierbereitung die Fasern in viel stärkerer Weise angegriffen werden als bei der Herstellung von Textilwaren,

dann wird er nach den gemachten Angaben auch in Papier die Fasern wiedererkennen. Die dort nicht beschriebenen, für die Papierindustrie vorzüglich wichtigen Fasern sind folgende:

Holzschliff (Fig. 214).

— Durch mechanische Vorrichtungen zerriebenes Holz von Nadel-, selten von Laubbäumen. Die einzelnen Partikel des Holzschliffs lassen unter dem Mikroskop allermeist die Holzstruktur noch in vollster Deutlichkeit erkennen; sie stellen kurze Bündel von Fasern dar, deren Enden eingerrissen, oft quergestutzt,

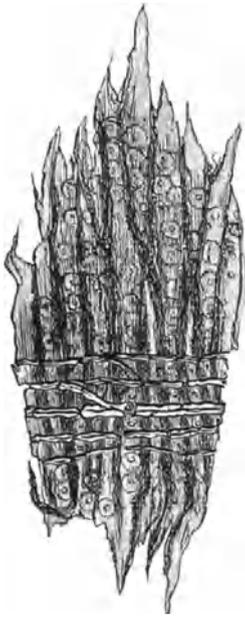


Fig. 213. Holzschliffpartikel von Nadelholz. (Nach Herzberg.)

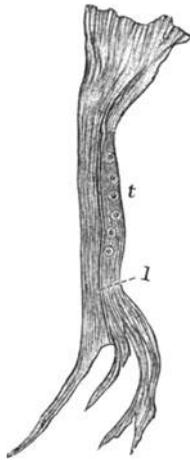


Fig. 214. Zellulosefaser aus Papier, beiderseits abgequetscht. Bei *t* eine Tüpfelreihe, *l* Lumen. — Vergr. $750\times$.

fast stets in die Einzelfasern aufgelöst sind. Auch das Markstrahlgewebe (vgl. S. 170) ist häufig in schönster Weise als zusammenhängende Bänder den Fasern querlaufender Zellen zu sehen. — Sind in den Fragmenten des Holzschliffs Gefäßröhren vorhanden, so stammt er von einem Laubbaum; dagegen zeigt das Fehlen derselben sowie das Vorhandensein der charakteristischen Hoftüpfel (vgl. Fig. 205, 213) die Verwendung von Nadelholz als Ausgangsmaterial an.

Besonders wichtig für die Papieruntersuchung ist die S. 74 beschriebene Reaktion vermittelt Phlorogluzin-Salzsäure auf verholzte Membranen. Hat man Holzschliff zu untersuchen, so kocht man das Papier, bis es sich leicht zerfasern läßt, zerteilt ein kleines Fragment auf dem Objektträger mit Hilfe zweier Nadeln möglichst fein und läßt lufttrocken werden. Dann betupft man das angetrocknete Untersuchungsmaterial mit der alkoholischen Phlorogluzinlösung, bringt einen Tropfen Wasser auf das Präparat, bedeckt mit dem Deckglas. Vom Rande des Deckglases aus läßt man dann Salzsäure zufließen. Man beobachtet nun, wie alle Elemente je nach dem Grad ihrer Verholzung eine mehr oder weniger intensive Rotfärbung annehmen. Holzschliff färbt sich tief rot.

Zellulose (Fig. 214). — Dieser wichtigste Papierstoff besteht aus durch chemisches Verfahren (z. B. Kochen mit Kalziumsulfid) des Holzstoffs (Lignins) entledigten Holzfasern. Der klarste mikroskopische Unterschied zwischen Holzschliff und Zellulose (Zellstoff) wird durch die soeben beschriebene Phlorogluzin-Salzsäurereaktion gegeben. Die Reaktion beruht auf der Rotfärbung des Lignins im Holzschliff: da im Zellstoff diese Verbindung ausgezogen wurde und nur Zellulose als Grundgerüst der Zellwände übrig blieb, so färbt Phlorogluzin-Salzsäure diesen Stoff nicht.

Dabei ist allerdings zu bemerken, daß manchmal unvollkommen entholzte Zellulose vorkommt, bei der einzelne Partien die Rotfärbung, wenn auch in schwacher Weise, doch noch geben.

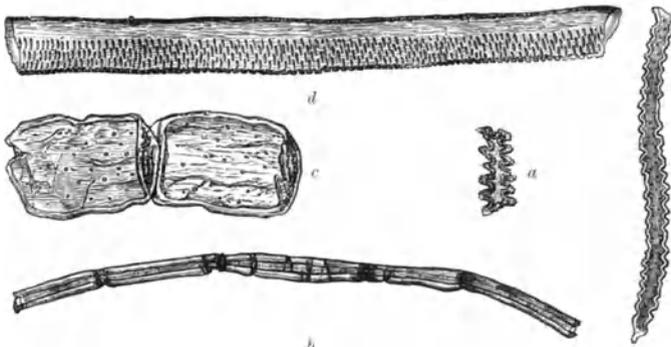


Fig. 215. Elemente der Strohzellulose. *a* Epidermiszelle, *b* Sklerenchymfaser, *c* Parenchym, *d* Gefäßstück. (Nach Herzberg).

Mikroskopisch betrachtet besteht die Zellulose aus langen, bandförmigen, nach beiden Enden allmählich spitz zulaufenden, oft hier aber auch breitgequetschten Fasern. Die Hoftüpfel des Koniferenholzes sind lange nicht mehr so deutlich zu sehen wie beim Holzschliff, doch gelingt es bei schräg fallendem Licht immer noch, sie aufzufinden. Nur im Herbstholz fehlen sie: die Fasern, die dieses zusammensetzen, führen spaltenförmige Tüpfel.

Strohzellulose (Fig. 215). — Wie Holz wird auch Stroh vielerorts

als Rohmaterial für die Zellulosedarstellung verwendet, und zwar ist das Stroh aller in Deutschland gebauten Getreidearten im Gebrauch. Strohzellulose ist ohne Schwierigkeit an den Epidermiszellen zu erkennen, deren Rand stets eine charakteristische Wellung (vgl. Fig. 215, *a*) besitzt. Je nach der Art des verwendeten Strohs ist diese Wellung eine etwas verschiedene: sie variiert zwischen seichten Einbuchtungen und tief einschneidenden Zickzacklinien, ist aber stets deutlich zu sehen. Die Hauptmasse der Strohzellulose wird von Sklerenchymfasern gebildet, deren Wände von Strecke zu Strecke oft fast bis zum Verschwinden des Lumens verdickt sind (Fig. 215, *b*); in geringer Menge sind dünnwandige Parenchymzellen (*c*) sowie Gefäße (*d*) vorhanden. Trotz dem verhältnismäßigen Zurücktreten des Parenchyms in der Strohzellulose ist dasselbe für die Erkennung des Faserstoffes von großer Wichtigkeit, da dünnwandiges Parenchym der sonst schwer unterscheidbaren Halfazellulose abgeht.

Halfazellulose (Alfazellulose, Fig. 216). — Der auch Esparto genannte Rohstoff für diese Zellulose wird von den stielartig runden

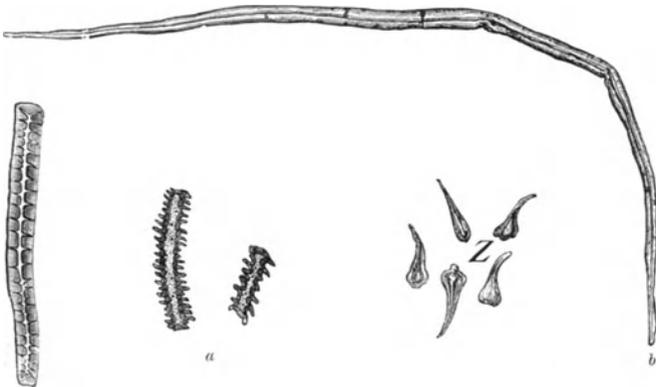


Fig. 216. Elemente der Halfazellulose. *a* Epidermiszellen, *b* Sklerenchymfaser, *z* Haare. (Nach Herzberg.)

Blättern der Graminee *Stipa tenacissima*, die besonders in Südspanien und Mauretanien häufig ist, gebildet. Halfazellulose ist in jeder Beziehung der Strohzellulose durchaus ähnlich; weder die Epidermis- noch die Bastfaserzellen (Fig. 216, *a, b*) sind mit Sicherheit zu unterscheiden; dagegen fehlen beim Esparto die dünnwandigen Parenchymzellen und ein positives Merkmal kommt hinzu, nämlich kleine, krallenförmige Haargebilde (*Z*), die in keinem Espartopapier vermißt werden.

Nach folgendem Schlüssel wird man die häufiger vorkommenden vegetabilischen Papierfasern bestimmen können.

A. Bei Zusatz von 5% Jod-Jodkaliumlösung gelb gefärbte Fasern.

I. Faserbündel mit zerschlissenen Enden, Elemente stark getüpfelt, mit Phlorogluzin-Salzsäure stark rot gefärbt: *Holzschliff*.

- II. Einzelfasern oder ganz dünne Bündel; Elemente ohne starke Tüpfelung, mit Phlorogluzin-Salzsäure schwach rot gefärbt: *Jute.*
- B. Bei Zusatz von 5% Jod-Jodkaliumlösung fast farblos bleibende Fasern.
- I. Ohne beigemengte wellig berandete Grasepidermiszellen.
- a) Ohne Gefäßbröhen: *Nadelholzzellulose.*
- b) Mit Gefäßbröhen: *Laubholzzellulose.*
- II. Mit wellig berandeten Grasepidermiszellen.
- a) Mit dünnwandigen Parenchymzellen, ohne Krallenhaare: *Strohcellulose.*
- b) Ohne dünnwandige Parenchymzellen, mit Krallenhaaren; *Halfazellulose.*
- C. Bei Zusatz von 5% Jod-Jodkaliumlösung violett-rötlich oder bräunlich gefärbt.
- I. Bandförmige, gedrehte Fasern: *Baumwolle.*
- II. Zylindrische, nichtgedrehte Fasern: *Hanf, Flachs.*

e) Einige sehr häufige und charakteristische, zufällig in Präparaten erscheinende Objekte.

In mikroskopischen Präparaten kommen je nach Umständen und insbesondere auch von der Sauberkeit des Arbeitens abhängig eine Unmenge von zufällig hineingeratenen Elementen vor, die sehr wechselnder Natur sein können. Folgende seien hier erwähnt, da sie besonders häufig sind und, wenn unbekannt, durch ihre Erscheinung besondere Aufmerksamkeit erregen.

Fasern der Putztücher. — Selbst von anscheinend völlig festen Tüchern, mit denen Deckgläser und Objektträger geputzt werden, bleiben sehr häufig Fasern im Präparat. Leinenfasern werden oben S. 175, Baumwollfasern S. 174 beschrieben.

Lycopodium (Fig. 217). — Die auch als „Hexenmehl“ bekannten Sporen von *Lycopodium clavatum* stellen ein außerordentlich leicht

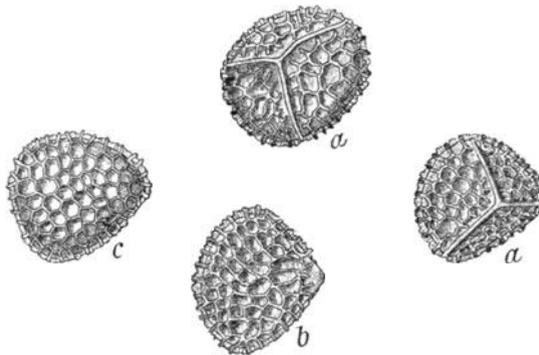


Fig. 217. *Lycopodium*. — Vergr. $566/1$.

bewegliches, hellgelbes Pulver dar, das massenhaft in den Staub der Apotheken übergeht. Die von drei ebenen (a) und einer gekrümmten Fläche (b, c) begrenzten Körner sind von eleganten Netzmaschen über-

zogen. Beigemengte Lycopodium-Sporen machen die Herkunft eines mikroskopischen Objekts aus einer Apotheke wahrscheinlich.

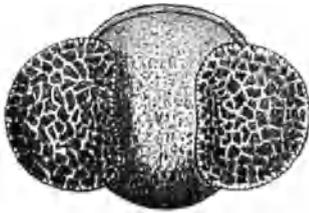


Fig. 218. Pinus-Pollen. — Vergr. $\frac{500}{1}$.

Pollenkörner. — Die Pollenkörner der Kiefer (*Pinus*) bilden vielerorts im Sommer einen so bedeutenden Teil des atmosphärischen Staubes, daß sie, vom Regen zu Boden gerissen, öfters Quadratmeilen als gelblicher Niederschlag überziehen („Schwefelregen“). Sie erscheinen überaus häufig in Präparaten und sind (Fig. 218) an ihren zwei Flugsäcken, die dem eigentlichen Pollenkorn anhängen, sofort erkennbar.

Gleicherweise häufig sind zur Zeit der Getreide- und Wiesenblüte an vielen Orten die Pollenkörner der Gramineen (Fig. 219) im Staub. Sie sind unverkennbar charakterisiert durch ihre völlig glatte, kugel- oder eiförmige Gestalt und eine einzige sehr kleine, runde

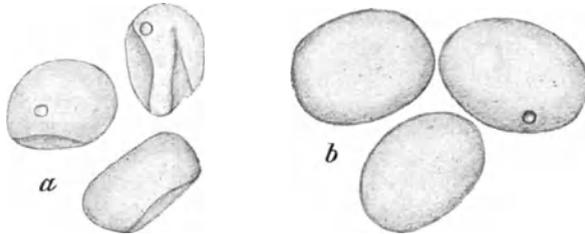


Fig. 219. Pollen des Roggens (*Secale cereale*). a Pollenkörner trocken, geschrumpft; b in verd. Schwefelsäure. — Vergr. $\frac{300}{1}$.

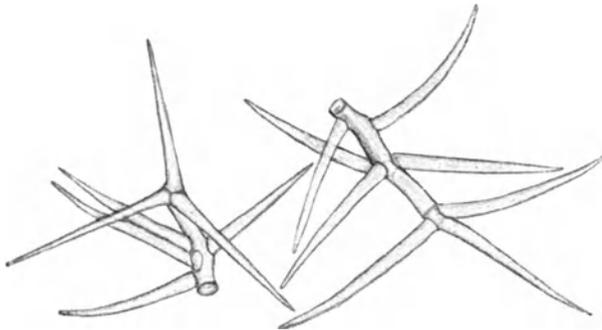


Fig. 220. Platanenhaare (*Platanus orientalis*). — Vergr. $\frac{125}{1}$.

Austrittsstelle für den Pollenschlauch. Die Pollenkörner haben als Ursache des Heufiebers eine beträchtliche hygienische Bedeutung. Mit dem Luftstaub eingeatmet verursachen sie bei besonders disponierten Personen einen ungefährlichen, aber höchst lästigen Katarrh. Daß die Erkrankung nicht durch mechanischen Reiz, sondern durch

von den Pollenkörnern ausgehende Toxine bewirkt wird, geht daraus hervor, daß sie durch ein (leider nur jeweils sehr kurze Zeit wirkendes) Antitoxin bekämpft werden kann.

Platanenhaare (Fig. 220). — Die jungen Blätter der Platane (*Platanus orientalis*) sind mit einer dichten Lage von Kandelaberhaaren überdeckt, die bei der weiteren Entwicklung abgestoßen werden. Wo Platanen als Zierbäume angepflanzt sind, stellen diese Haare zeitweise einen großen Teil des Staubes dar. Eingeatmet können sie die Schleimhäute der Luftwege stark reizen und den schon im Altertum bekannten „Platanenschnupfen“ hervorrufen.

2. Praktisch wichtige mikroskopische Objekte aus dem Reich der niedern (Zellen-) Pflanzen.

a) Höhere Pilze.

Trüffeln und ihre Verfälschungen.

Die Verwendung der Trüffeln als Speisepilze und insbesondere zur Würze von Speisen wird bedingt durch die Intensität des feinen, auch noch bei Anwendung einer relativ geringfügigen Menge zur Geltung kommenden Trüffelgeschmacks. Dementsprechend stehen diese in großem Umfang frisch und getrocknet gehandelten Pilze sehr hoch im Preis. Klagen über den berechtigten Erwartungen nicht entsprechenden oder direkt schlechten Geschmack von Trüffeln oder getrüffelten Speisen (insbesondere Wurst und Pasteten) haben in vielen Fällen die Verwendung von minderwertigen Trüffelarten oder von Unterschiebungen bzw. Verfälschungen zum Grund.

Als hochwertige Pilze, die den Preis rechtfertigen, der für Trüffel bezahlt wird, sind allein die beiden Arten *Tuber melanosporum* und *T. brumale* anzusehen. Echte, aber infolge ihres abweichenden und wesentlich schwächeren Geschmacks minderwertige Trüffeln sind die besonders häufig getrocknet verkauften Spezies *Tuber aestivum* und *T. mesentericum*. Geringwertige Unterschiebungen kommen bei getrockneten Pilzen durch Verwendung des *Choeromyces gibbosus*, bei Wurstwaren durch die Morcheln, nämlich *Morchella conica*, *esculenta* und *Gyromitra esculenta* vor. Betrügerisch ist die Anwendung von *Scleroderma vulgare* und von *Rhizopogon*-Arten an Stelle der Trüffeln. Die mikroskopische Diagnose dieser Pilze ist leicht und sicher.

Die Untersuchung getrockneter oder als Speisezusatz verwendeter Trüffeln wird in der Weise ausgeführt, daß man aus dem Innern (nicht von der körnig-warzigen Oberfläche!) feine Schnitte macht und dieselben bei starker Vergrößerung betrachtet.

Tuber melanosporum und **T. brumale**. — In feinem, wirrem Gewebe zeigen diese Arten helle, wie Löcher aussehende, runde Zellen (Asci), die eine wechselnde Zahl (meist vier) großer Sporen enthalten. Diese Sporen sind dicht mit feinen Stacheln besetzt; bei *T. melanosporum* (Fig. 221c) sind die Sporen tief umbra- (fast schwarz-) braun, bei *T. brumale* (Fig. 221d) kaffeebraun. Ob die verschiedene Größe der Sporen beider Arten, die ich mehrfach beobachtete, konstant ist, sei dahingestellt; von den meisten Autoren wird kein Unterschied in dieser Beziehung gemacht. — Die beiden beschriebenen Arten kommen nur im westlichsten Deutschland (Baden, Elsaß) spärlich vor; besonders

in Frankreich sind sie vielerorts häufig (Perigord-Trüffel) und werden von da ausgeführt.

Tuber aestivum und **T. mesentericum** (Fig. 221 a, b). — Äußerlich kaum, mikroskopisch im kleinsten Fragment von den vorigen Spezies verschieden. Der Bau des Innern ist übereinstimmend, aber die Sporen sind nicht mit Stacheln, sondern von einem Maschennetz

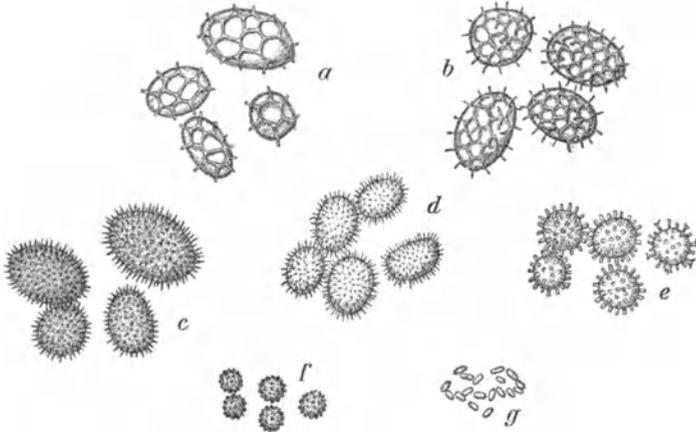


Fig. 221. Sporen der Trüffelarten und ihre Verwechslungen und Verfälschungen. a *Tuber aestivum*; b *T. mesentericum*; c *T. melanosporum*; d *T. brumale*; e *Choeromyces gibbosus*; f *Scleroderma vulgare*; g *Rhizopogon vires*. — Vergr. $375/1$.

stark vorspringender Leisten bedeckt. Bei *T. aestivum* sind die Maschen wesentlich weiter als bei der zweiten Art; auch beobachtet man an den Sporen von *T. mesentericum* vielfach unvollständige, durch die größeren Maschen nicht völlig durchquerende Leisten gebildete Skulptur. Beide Arten haben kaffeebraune Sporen; sie kommen gleichfalls reichlich in Frankreich, aber auch noch vielfach in Deutschland westlich der Elbe vor, haben einen nur schwach balsamischen, juchtenartigen Geruch, werden manchmal unter der Bezeichnung „hannöversche Trüffel“ gehandelt, meist aber von den Perigord-Trüffeln nicht unterschieden. Sie verdienen unter keinen Umständen den hohen Preis der letztern.

Choeromyces gibbosus (Fig. 221 e). — Mit *Tuber* verwandt, auch durch das von dichtstehenden, braunen, gewundenen Adern durchzogene Innere ähnlich, aber ohne weiteres durch die mit Stübchen besetzten, sehr hellbraunen kugeligen Sporen verschieden. Kommt in Laub- und Nadelwäldern, unterirdisch wachsend, in ganz Deutschland vor, ist als „weiße Trüffel“ bekannt und eßbar, aber durchaus minderwertig.

Scleroderma vulgare (Fig. 221 f). — Der überall häufige Hartbovist ist systematisch mit den Trüffeln gar nicht verwandt, sondern gehört zu den Hymenomyceten (Gasteromyceten). Er wird, obgleich er ober- und nicht unterirdisch wächst, in unreifem Zustand häufig mit den Trüffeln verwechselt, auch nicht selten in Scheiben geschnitten und getrocknet als Trüffel verkauft. Sein Geschmack ist unangenehm und durchaus nicht trüffelartig, auch ist er giftig, da in mehreren Fällen auf seinen Genuß unangenehme Erkrankungen folgten.

In manchen Gegenden soll er als Aphrodisiacum Verwendung finden. *Scleroderma* wird leicht an den kleinen, runden, warzigen, tiefschwarzen Sporen erkannt.

Rhizopogon virens (Fig. 221 g). — Dieser Pilz und seine Verwandten kommen bei der Untersuchung von Trüffeln nur vereinzelt vor; er steht *Scleroderma* ziemlich nahe, ist aber mikroskopisch leicht durch die sehr kleinen, fast farblosen, glatten Sporen zu unterscheiden.

Morchel-Arten. — In sogenannter Trüffel-leberwurst werden die Trüffeln öfters durch Morcheln ersetzt. Sowohl an der etwas gallertartigen Substanz der Pilzstückchen wie auch daran, daß dieselben nach der einen Seite tiefbraun bis schwarz, nach der andern aber etwas heller gefärbt sind, wird die Unterscheidung mit Wahrscheinlichkeit erkannt. Gewißheit gibt ein mikroskopischer Querschnitt (Fig. 222), der das Hymenium des Diskomyzeten als palissadenartige Zellschicht mit eingestreuten, im Innern Sporen führenden Schläuchen zeigt.

Hausschwammuntersuchungen.

Allergrößte Bedeutung für den praktischen Mikroskopiker hat die Diagnose des Hausschwamms und der häufig mit ihm verwechselten Pilze.

In der Regel wird feucht liegendes Holz bei Luftzutritt sehr rasch zerstört (vermorscht), während es sich bei Luftabschluß (z. B. Brückenpfeiler unter Wasser, Moor-Einschlüsse) unbegrenzt zu halten pflegt. Die Holzerstörung an der Luft wird durch Pilze, und zwar wesentlich durch *Polyporaceen* bewirkt. Die Nadelholz-Pfähle und -Zäune in unsern Gärten z. B. gehen meist durch die Angriffe des Pilzes *Lenzites sepiaria* und einiger *Polyporus*-Arten, besonders des *Polyporus vaporarius* zugrunde.

Auch in Gebäuden ist Holzwerk manchmal durch das Wachstum von holzzerstörenden Pilzen bedroht; man findet in solchen Fällen am und im Holz (Unterseite der Fußbodenbretter, Balken usw.) Gebilde, die die Konsistenz von Watte, Spinnweben oder Haut haben und sich fächer-, strang- oder faden- oder kreisförmig verbreiten. Diese Teile der Pilze sind die eigentlichen Holzzerstörer; sie können als der vegetative, der Ernährung des Organismus dienende Teil mit dem Wurzelgeflecht der höhern Pflanzen verglichen werden und heißen Myzelien. Sind die Myzelien genügend erstarkt, so treiben sie der Fortpflanzung dienende, die windbeweglichen Sporen erzeugende derbere Pilzgebilde, die Fruchtkörper.

Einteilung und Erkennung der Pilze ist fast ausschließlich von der Gestaltung ihrer Fruchtkörper abhängig; die sich gerade bei der Hausschwammidiagnose oft aufdrängenden Fragen nach den Unterschieden der holzbewohnenden *Polyporus*-Arten betreffen leider die am schwierigsten abzugrenzenden Formenkreise, die die Botanik kennt.

Immerhin vereinfacht sich die Sache sehr, wenn wir sie nur vom Standpunkt des praktischen Bedürfnisses nach den Unterschieden des Hausschwamms (*Merulius larcymanis*) einerseits, von allen übrigen in Gebäuden vorkommenden Holzpilzen andererseits betrachten.

Diese Unterscheidung aber muß aus folgenden Gründen streng durchgeführt werden:

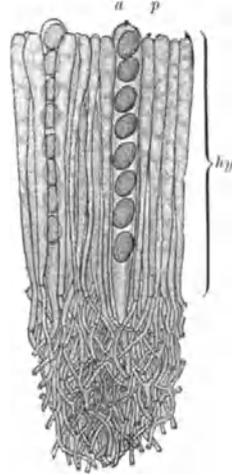


Fig. 222. Querschnitt durch das Hymenium der Frühlingsmorchel (*Gyromitra esculenta*), a Askus mit Sporen; p Paraphysen; hy Hymenium. — Vergr. $\frac{200}{1}$.

Der Hausschwamm ist der einzige Pilz, der in gut gebauten, nicht feuchten Häusern durch Zerstörung des Holzwerks direkt gefahrdrohend ist; zugleich ist der Hausschwamm der einzige Hauspilz, dessen Entfernung nur mit großen Kosten und selten mit Sicherheit bewirkt werden kann.

Dies wird bedingt durch die außerordentlich große Wachstumsenergie (Hand in Hand gehend mit der Fähigkeit, reichlich Wasser durch Veratmung der Zellulose zu gewinnen) des Hausschwamms. Alle andern hier in Frage kommenden Pilze können weder was die Geschwindigkeit des Wachstums (und damit Hand in Hand gehend die Intensität der Holzzerstörung), noch was die Schwierigkeit der Ausrodung betrifft, mit dem Hausschwamm verglichen werden.

Es kommt zwar nicht selten vor, daß auch von *Polyporus*-Arten Holzwerk in einem Hause zerstört wird, ja daß diese Pilze auch Baufälligkei bewirken. Aber dann ist nicht der Pilz, sondern die Feuchtigkeit des Hauses der Fehler, an welchem das Bauwerk zugrunde geht. Warum wundert man sich, wenn ein in feuchtem Mauerwerk liegender Balken durch *Polyporus vaporarius* vermorscht wird, während man es selbstverständlich findet, daß derselbe Pilz einen im Garten eingerammten Pfahl binnen kurzer Zeit zerstört? Es ist der als Feuchtigkeit des Hauses sich manifestierende schlechte Baulichkeitszustand, der in allen Fällen, wo das Holzwerk nicht durch Hausschwamm, sondern durch einen andern Pilz vermorscht wird, die eigentliche Ursache der Schädigung bildet.

Auch der Hausschwamm braucht zu seiner ersten Entwicklung und Kräftigung Feuchtigkeit. Dann aber vermag er auf trockene Gegenstände (z. B. Möbel, Akten, Herbarien) überzugreifen und diese zu zerstören. Dementsprechend kommt es vor, daß auch gut gebaute, trockene Häuser durch den Hausschwamm zu Ruinen gemacht werden. Wenn *Merulius lacrymans* auftritt, ist dieser Pilz und nicht der allgemeine Baulichkeits- (Feuchtigkeits-) Zustand die maßgebende Ursache für die Vermorschung des Holzwerks.

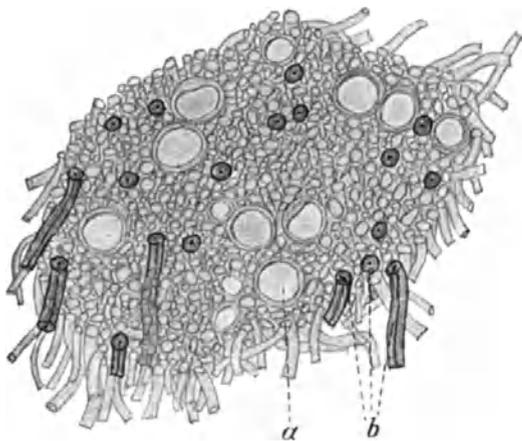


Fig. 223. Querschnitt durch einen Myzelstrang des Hausschwamms, mit Jod behandelt; a gefäßartige Hyphen; b sklerenchymfaserartige Zellen. Vergr. $\frac{375}{1}$.

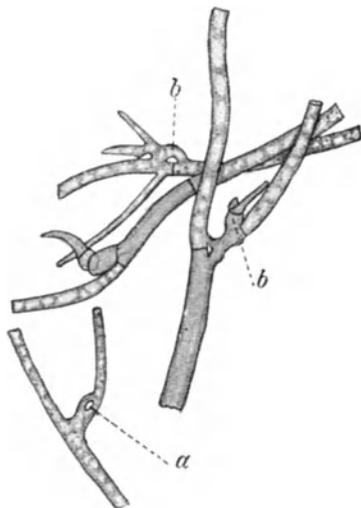


Fig. 224. Junge in Luft gewachsene Hyphen des Hausschwamms; a einfache Schnallenbildung; b ausgesproßte Schnallen. — Vergr. $\frac{200}{1}$.

Wer Hausschwammuntersuchungen zu machen hat, suche zunächst nach den Fruchtkörpern des Pilzes oder ihren Überresten. Dieselben finden sich an der Luft (meist an der Kellerdecke, auf der Fußbodendielung, am Grund der Wände hinter den Scheuerleisten hervorkommend usw.). — Sind Fruchtkörper vorhanden, so ist die Diagnose sehr einfach; fehlen sie aber und ist nur das un-

fruchtbare Myzel zu finden, so genügt es, die Diagnose zu stellen, ob Hausschwamm vorhanden ist oder nicht. Die sichere Erkennung der andern Holzpilze ist schwierig und zur richtigen Bestimmung der seltenen nicht zum Hausschwamm gehörigen Arten, auch wenn sie in Fruchtkörpern vorliegen, ist öfters langjähriges und spezielles Studium der Hymenomyzeten erforderlich.

Die wichtigsten in Häusern auftretenden holzerstörenden Pilze sind folgende:

Merulius lacrymans, Hausschwamm (Fig. 223, 224). — Fruchtkörper ziemlich dick, fleischig-lederartig, naß, meist omeletteförmig, erst weiß, dann von der Mitte aus braungelb werdend. Hymenium (sporentragende Schicht) auf der Oberfläche, stumpfe Falten bildend, die später zu gewundenen und gezackten, netzförmigen, ungleich (1—2 mm) weiten Maschen sich verbinden. Sporen braun, glatt, ungleichseitig eiförmig, 10—11 μ lang, 5—6 μ breit.

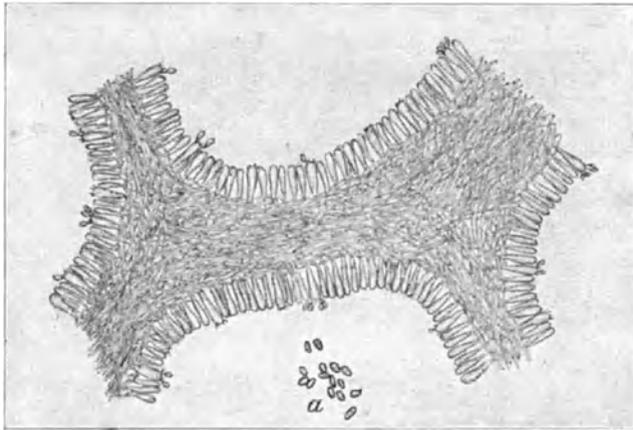


Fig. 225. *Polyporus medulla panis*. Querschnitt durch das Hymenium.
a Reife Sporen. — Vergr. $\frac{200}{1}$.

Myzel sehr verschieden gestaltet, weiß oder oft (stellenweise) gelb oder rötlich. Myzelstränge in ausgetrocknetem Zustand zerbrechlich. Geruch frisch ziemlich stark, champignonähnlich; faulende Fruchtkörper pestilenzialisch stinkend.

Diagnose im Myzelzustand: 1. Die Myzelstränge (Fig. 223) bestehen aus einem Grundgewebe von dünnwandigen Hyphen; zwischen diese eingestreut finden sich weitleumige, gefäßartige Röhren und häufige dickwandige, sklerenchymfaserartige Zellen. Dies erkennt man am besten auf mit Jodtinktur gefärbten feinen Querschnitten, wo die Fasern tief dunkelbraun werden. — 2. Die jungen Hyphen des Myzels zeigen vielfach auswachsende Schnallenverbindungen der Zellen (Fig. 224).

Hat man es nicht mit an der Untersuchungsstelle vorliegendem frischen Myzel zu tun, so erzielt man die nötigen Proben von Myzelsträngen und Myzelien leicht, indem man sich von der Grenze des

äußerlich sichtbaren Pilzwachstums am Holz etwa 20 cm lange Stücke aussägt und dieselben unter einer Glasglocke feucht hält. Weiße, junge Myzelien kommen dann nach wenigen Tagen schimmelartig hervor.

Myzelstränge erhält man, indem man solche Holzstücke unter der Glasglocke dicht in Holzwolle verpackt und feucht hält. Zur Untersuchung taugliche Stränge brauchen 3 bis 4 Wochen zum Wachstum.

Die Frage nach der Herkunft des Hausschwamms ist noch nicht völlig geklärt. Der sog. „wilde“ Hausschwamm, der mehrfach im Wald gefunden wurde, ist bisher auf Standorte beschränkt, bei denen der Verdacht einer Infektion des Waldbodens von Häusern aus nicht von der Hand gewiesen werden kann. Dieser als *Merulius silvester* bezeichnete Pilz hat andere Temperatur-Kardinalpunkte als der echte Hausschwamm.

Hausschwamm ist nicht giftig. Direkte Gesundheitsschädigungen durch ihn sind nicht bekannt. Belästigend wirken faulende Fruchtkörper durch ihren Gestank und das Myzel dadurch, daß es Zimmer feucht macht.

Polyporus medulla panis (Fig. 225—227). — Fruchtkörper dem Substrat anliegend, dauernd weiß, ziemlich trocken lederartig, ausgebreitet, nicht von Myzel umgeben. Hymenium aus feinen, gleichgroßen, dichtstehenden Röhrcn (Fig. 225) ge-

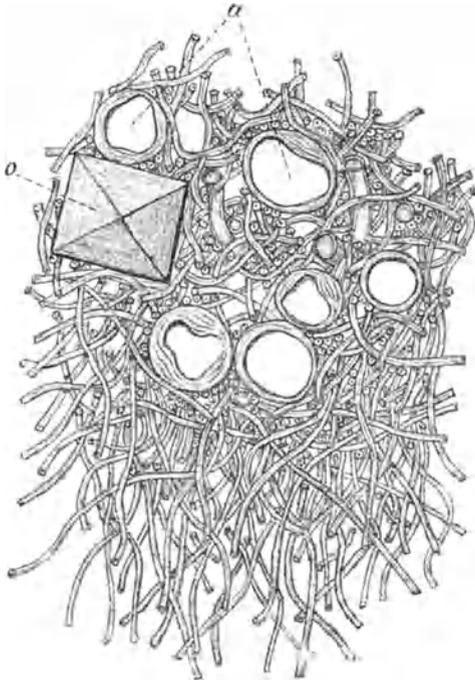


Fig. 226. Querschnitt durch einen Myzelstrang von *Polyporus medulla panis*. o Oxalatkristall; a gefäßartige Hyphen. — Vergr. $\frac{375}{1}$.

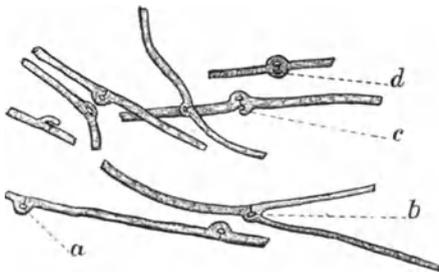


Fig. 227. *Polyporus medulla panis*. Junge Hyphen. a mit vollständiger, b mit ausgesproßter, c mit unvollständiger, d mit doppelter Schnallenbildung. — Vergr. $\frac{250}{1}$.

bildet (die Mündungen sind sehr klein und sehen von oben betrachtet Nadelstichen ähnlich), nach unten der lederartigen, ziemlich dicken (3—15 mm) Pilzsubstanz aufsitzend. Sporen weiß, kurz ellipsoidisch, 4—5 μ lang und wenig schmaler. Geruch schwach.

Myzel verschieden gestaltet, doch meist mit etwas flockigem Habitus, dauernd weiß. Myzelstränge oft sehr dick, auch ausgetrocknet zäh und elastisch. Geruch sehr schwach.

Diagnose im Myzelzustand: 1. Die Myzelstränge (Fig. 226) zeigen in dem von dünnen Hyphen gebildeten Grundgewebe nur Röhren, aber keine dickwandigen Fasern. 2. An jungen Hyphen (Fig. 227) sind auswachsende Schnallenverbindungen der Zellen sehr selten.

Myzelstränge dieses Pilzes finden sich bei den Untersuchungen an Ort und Stelle fast stets vor; junge Myzelien werden wie beim Hausschwamm gewonnen, sie kommen aber später als dort aus den Holzstücken heraus und sind hauchartig, dem Substrat angedrückt. — Dieser Pilz wird von den meisten Hausschwamm-Sachverständigen als *Polyporus vaporarius* bezeichnet; er ist demselben tatsächlich nahe verwandt.

Polyporus vaporarius. — Fruchtkörper dem Substrat anliegend, dauernd weiß, hautartig, wenig feucht, flach ausgebreitet, am Rand in Myzel übergehend. Hymenium aus öfters etwas ungleichgroßen, dichtstehenden, ziemlich groben Röhrenchen gebildet (Mündungen groß, eckig, oft zerschlitzt), nach einiger Zeit schmutzigweiß werdend, nach unten nur einer dünnen Unterlage (oft scheinbar dem Holz) aufsitzend. Sporen weiß, ellipsoidisch, 5–6 μ lang, 3–3,5 μ breit. Geruch sauerartig.

Myzel zarter, aber von dem der vorigen Art nicht immer sicher unterscheidbar. Myzelstränge gewöhnlich wesentlich dünner, selten mehr als Stricknadeldicke erreichend, auch ausgetrocknet zäh und elastisch.

Diagnose im Myzelzustand: 1. Die Myzelstränge zeigen die Eigenschaften der vorigen Art. 2. An jungen Hyphen habe ich auswachsende Schnallenverbindungen noch nie angetroffen.

Bezüglich der Kultur verhält sich *Polyporus vaporarius* wie die vorige Art, nur treibt er viel leichter Fruchtkörper. Diese sind besonders an mit Harn getränkten Holzstücken unter der Glasglocke oft schon nach drei Wochen zu erzielen.

Polyporus destructor. — Fruchtkörper vom Substrat abstehend, ungestielt mit breitem Grund angewachsen (etwa ohrmuschelförmig), hellbräunlich oder weißlich, mit dunkleren Zonen auf dem Schnitt, von wässrig-fleischiger, anfangs fast käsiger Substanz. Hymenium abwärts gerichtet, aus langen Röhrenchen bestehend, deren Mündungen rundlich, gezähnt oder zerschlitzt und weißlich sind. — Nicht selten sind die Fruchtkörper auch dem Substrat anliegend und bestehen fast nur aus Röhrenchen; die wässrige Substanz läßt den Pilz auch in diesem Fall leicht von den beiden vorigen unterscheiden.

Diese Art wird von mehreren Autoren als häufiger Holzzerstörer in Häusern angegeben; ich habe sie bisher nur selten gefunden.

Lenzites sepiaria. — Fruchtkörper ohrmuschelförmig vom Substrat abstehend, filzig-korkig, rostbraun, ungestielt, trocken. Hymenium auf der Hutunterseite, blätterartig (den Lamellen der *Agaricaceae* ähnlich). Sporen weiß, zylindrisch 6,5–7,5 μ lang, 2,5–3 μ breit.

Myzel nur an feucht liegendem Holz auf die Oberfläche kommend, erst weiß

dann bald rostbraun, oft zunderartige Massen und dicke Stränge bildend. Geruch fast fehlend.

Dieser Pilz ist schon durch die rostbraune Farbe seines Myzels ohne weiteres sowohl vom Hausschwamm wie von den oben genannten *Polyporus*-Arten verschieden. Er ist ein oft vorkommender Holzzerstörer, aber auf Nadelholz beschränkt. Infizierte Holzstücke lassen in der Kultur die Fruchtkörper sehr leicht hervorsprossen. Mikroskopisch wird das Myzel durch seine besonders stark abstehenden, mit dem Faden eine medaillonartige Figur bildenden Schnallen erkannt.

Coprinus radians. — Fruchtkörper zartfleischig, aus dünnem Stiel mit schirmförmigem Hut bestehend, 2—4 cm breit, nach der Reife in schwarze Tinte zerfließend, stets aus dem besonders an Kellerdecken nicht seltenen, wergartigen glebbraunen oder rotgelben, oberflächlich liegenden Myzel entspringend. Dies Myzel läßt sich in großen, tuchartigen Fetzen von den Kellerwänden abreißen, es ist durch seine Farbe sehr leicht kenntlich. — *Coprinus radians* greift das Holz nicht an.

Armillaria mellea, Hallimasch. — Derber Hutpilz mit breitem, oberseits braunem, schuppigem, unterseits mit weißen Lamellen besetztem Hut und blassem, über der Mitte einen flockig-häutigen Ring tragendem Stiel, nicht zerfließlich. Myzel stets auch in Form von schwärzlich berindeten, innen weißen Strängen (Rhizomorpha), die sich vielfach verzweigen, auftretend.

Die Gestalt von Rhizomorpha und Pilz ist unverkennbar. Der Hallimasch ist besonders dort gefährlich, wo auf den gewachsenen, mit Myzel infizierten Boden in Wäldern (Forsthäuser, Restaurants usw.) Dielung von Laub- oder Nadelholz aufgelegt wird. Diese kann in kürzester Zeit vernichtet werden, ohne daß der Pilz in weiterer Höhe befindliches Holz angreift.

Lentinus squamosus. — Bildet in derjenigen Form, die unter Lichtabschluß in Häusern vorzukommen pflegt, ohne weiteres kenntliche, meist rotbraune, geweihartig verzweigte, derbe Gefilde, die nur selten Hutreste tragen. Myzel weiß, strangartig oder flächenförmig ausgebreitet. Lamellen der Hüte mit gesägter Schneide.

Auch dieser Pilz ist meist auf die Kieferndielung von Kellern und Erdgeschoss beschränkt; er kommt nicht häufig vor, kann aber starke Holzzerstörungen anrichten. Kennlich ist er und von ihm befallenes Holz am leichtesten durch süßlichen, an Perubalsam erinnernden Geruch.

Coniophora cerebella. — Fruchtkörper flach dem Substrat anliegend, erst fleischig-häutig, dann beim Austrocknen knorpelig werdend und sich oft stellenweise ablösend, erst weiß, dann bald dunkelbraun mit weißem, flockigem Rand. Hymenium nach oben gekehrt, selten glatt, meist unregelmäßig kleinwarzig oder körnig; Sporen gelbbraun, breit elliptisch, 10—15 μ lang, 7—9 μ breit.

Dieser Pilz ist besonders in feuchten Kellern am Holzwerk sehr häufig anzutreffen. Das Myzel ist erst lehmgelb, wird aber bald dunkelbraun; es ist vollauf charakterisiert durch neben den dünnen Hyphen sich findende dickere Röhren, deren Scheidewände sehr elegante Schnallenverbindungen in Mehrzahl (3—6) aufweisen. Sterile Myzelien schreiten, unter der Glasglocke feucht gehalten, nach kurzer Zeit (2—3 Wochen) zur Bildung der Fruchtkörper. Das Holzwerk greift dieser Pilz öfters stark an.

Bestimmung von Pilzresten bei Pilzvergiftungen.

In vielen Fällen von Pilzvergiftung untersucht der Arzt den Mageninhalt des Erkrankten oder Verstorbenen, um die Fragen beantwortet zu erhalten, ob wirklich eine Pilzvergiftung vorliegt und welche Spezies sie bewirkt hat.

Stets liegen in den Speiseüberresten dann noch kenntliche Pilzstückchen vor. Man suche aus dem zur Untersuchung kommenden

Mageninhalt die makroskopisch leicht kenntlichen Reste der Pilzhüte heraus und bringe sie in absoluten Alkohol, um sie zu härten.

a) Schwere Vergiftungen Gesunder mit ungünstigem Ausgang sind nur mit wenigen Pilzen der deutschen Flora möglich: dies sind Morcheln, die ein durch Trocknen oder Abkochen und Abgießen des Wassers (was man niemals versäumen sollte!) rasch verschwindendes Gift (Helvellasäure) enthalten, Knollenblätterspilz und Fliegenpilz.

b) Nierenleidende können durch den Genuß in frischem Zustand scharf pfefferig brennend schmeckender Reizker und Täublinge (z. B. *Lactaria torminosa*, *Russula emetica*) sehr gefährdet werden, weil die scharfen Bestandteile dieser Pilze durch die Nieren wieder ausgeschieden werden und diese stark reizen. Auch bei Gesunden wird nach dem Genuß von scharfschmeckenden Pilzen dieser Gattungen vorübergehende Albuminurie erzeugt.

c) Die giftigen *Boletus*-Arten (z. B. *B. Satanas*) stellen prompt wirkende Brechmittel dar, ohne daß bisher nach ihrem Genuß dauernde oder gefährlichere Gesundheitsschädigungen beobachtet wurden.

d) Über die Vergiftungen mit *Scleroderma vulgare* ist nichts bekannt, außer daß sie beobachtet wurden. Tödlichen Ausgang hatten sie nicht. — Der Gift-Pfifferling (*Cantharellus aurantiacus*), eine vielfach als giftig angegebene Art, die sich vom Pfifferling (*Canth. cibarius*) durch schwächeren Habitus, dunklere Färbung und stärker vortretende, sehr regelmäßig dichotome Lamellen unterscheidet, ist offenbar keine homogene Art. Formen, die hierher zu rechnen sind, werden vielfach ohne jeden Schaden gegessen; andere dagegen erregen, wie ich aus eigener Erfahrung weiß, leichtes Übelbefinden.

Für die Praxis hat allein die anatomische Kenntnis des Knollenblätterspilzes (*Amanita phalloides*) wirkliche Bedeutung, da auf seinen Genuß fast alle jedes Jahr wiederkehrenden Pilzvergiftungen zurückzuführen sind, während Morchelvergiftungen (*Gyromitra*, *Morchella*) seltener sind und solche mit dem allgemein als giftig bekannten, leicht kenntlichen Fliegenpilz (*Amanita muscaria*) kaum vorkommen.

Die *Amanita phalloides* (mit ihren Unterarten *A. verna* und *A. viridis*) ist deswegen höchst gefährlich, weil sie leicht mit dem Champignon verwechselt wird und schon in kleiner Dosis tödlich wirkt. Sie ist (wie die andern *Amanita*-Arten) leicht kenntlich daran, daß auf dem Querschnitt der Lamellen (Fig. 228) eine deutlich bogig von der Mittellinie nach außen gehende Anordnung der Hyphen vorhanden ist, während beim Champignon (Fig. 229) die gesamte Mittelschicht der Lamellen aus geraden, nicht bogig verlaufenden, breiten Hyphen sich zusammensetzt, an die nach außen, unter dem Hymenium, noch eine kleinzellige Gewebeschicht sich anschließt.

Die Schnitte, die diese Bilder zeigen, werden in der Weise gemacht, daß man die Lamellen tangential zum Hutrand schneidet; sind im zu untersuchenden Mageninhalt keine hochroten Membranfetzen (*Amanita muscaria*) vorhanden und zeigen die Lamellen den bogigen Bau der Mittelschicht, so ist bei Pilzvergiftungen die Bestimmung des Knollenblätterspilzes gesichert.

Auf in gleicher Art angelegten Schnitten sind auch die *Lactaria*- und *Russula*-Arten kenntlich. Beide Gattungen unterscheiden sich von den übrigen Hutpilzen dadurch, daß im Grundgewebe (Mittelschicht) der Lamellen außer schmalen Hyphen Inseln sehr großer,

rundlicher Zellen vorhanden sind. Fehlen bei solchem Bau mit dunklem, körnigem Inhalt versehene Milchsafschläuche, so hat man es mit einem Täubling (*Russula*) zu tun; sind Milchzellen (stets reichlich) vorhanden, so stammt das Fragment von einem Reizker (*Lactaria*).



Fig. 228. Querschnitt durch die Lamelle des Knollenblätterpilzes. — Vergr. $\frac{250}{1}$.

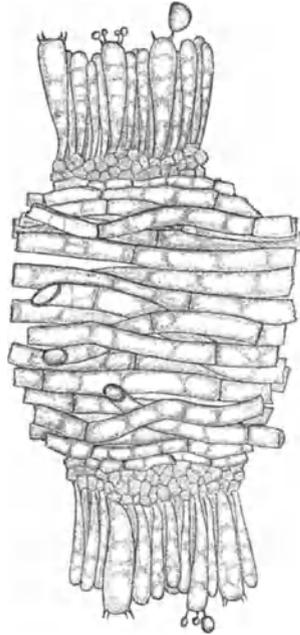


Fig. 229. Querschnitt durch eine Lamelle des Champignons. — Vergr. $\frac{250}{1}$.

Morcheln werden nach der oben (S. 187, Fig. 222) gegebenen Anweisung leicht erkannt; auch die Diagnose auf *Scleroderma* (oben, S. 186, Fig. 221 f) ist nach der Sporengestalt dieses Pilzes leicht zu stellen.

b) Die gewöhnlichsten Schimmelpilze.

Wo nur eine Spur organischer Nährstoffe der freien Luft ausgesetzt ist, siedeln sich bei genügender Feuchtigkeit Schimmelpilze an; wo reichlichere Mengen zu Gebote stehen, werden solche Ansiedlungen auch dem bloßen Auge erkennbar. Es „schimmelt“ bald in Form lockerer weißer oder farbiger Tupfen, oder es erheben sich sammetartige Rasen oder kleine Wälder von zarten Fäden mit oder ohne Fruchtsansätzen. Bei uns kennt man den Schimmel hauptsächlich vom Obst und von den Speisen in der Speisekammer und von den Kellerwänden. In den feuchten Tropengegenden schimmelt alles: Kleider, Schuhwerk, Klaviere, Wäsche usw.

Selbst im Wasser wächst der Schimmel, so auf der Haut der Fische, auf erstoffenen Fliegen, auf Fischlaich usw.

Über die Häufigkeit des Auftretens der Schimmelpilze in der atmosphä-

rischen Luft haben wir durch Saito in Tokio sehr ausführliche Angaben erhalten. Er untersuchte während der einzelnen Monate eines ganzen Jahres die Luft des botanischen Gartens, der Straße, der Seefläche, des Operationsaals in der chirurgischen Klinik, des Kloakenraums des botanischen Instituts und des Vorlesungszimmers einer Mittelschule.

Die bei sämtlichen Versuchen am häufigsten gefundenen Schimmelpilze waren *Cladosporium herbarum*, *Penicillium glaucum*, *Epicoccum purpurascens*, *Aspergillus glaucus*, *A. nidulans*, *Catenularia fuliginea*, *Mucor racemosus*, *Rhizopus nigricans* (*Mucor stolonifer*), *Macrosporium cladosporioides*, *Monilia*-Spezies und *Pykniden*-Bildner. *Botrytis* und *Verticillium glaucum* kamen nur in den wärmeren Monaten in der Gartenluft vor, *Heterobotrys* und *Fusarium roseum* dagegen in der kälteren Periode.

Bei trockenem Wind gibt es viele Keime, nach Regen und Schneefall wenig.

Wichtig ist es, die Bedingungen des Auftretens der Schimmelbildung in unseren Gebäuden zu kennen. In nicht gut ausgetrockneten Neubauten siedelt sich auf den Tapeten reichlich Schimmel an, der in dem Kleister seine Nahrung findet. So lange der Kalk im Mörtel nicht mit Kohlensäure gesättigt ist, scheidet sich immer noch Wasser aus den Wänden ab. Tüchtig lüften bei trockenem Ostwind! Bei feuchtem Westwind unterlasse man die Ventilation kalter Räume, da dann die Feuchtigkeit an den kalten Flächen sich niederschlägt. In Kellern müssen die Abflußkanäle einen Wasserverschluß haben, da sonst beständig kalte Luft unten abzieht und feuchte warme Luft aus den oberen Luftschichten heruntergesaugt wird. Die Eisschränke mit Türen sind nicht so sparsam, als die mit Deckelöffnung, weil beim Öffnen der ersteren fast die gesamte kalte Luft ausströmt und durch die feuchtwarme Luft der Küche ersetzt wird. Hier kann ein Schimmeln und Verschleimen der Speisen leicht auftreten, während bei jenen, da kalte Luft nicht abziehen kann, im Gegenteil die Oberflächen trockner werden. Durch Filter keimfrei gemachte Luft in kalte Keller einblasen, heißt geradezu eine Schimmel epidemie erzeugen, sofern die Luft vor der Filtration nicht trocken gemacht wurde. Dies kann geschehen, indem man sie an Eisstücken oder Kühlröhren vorbeiführt oder stark gekühlte Flüssigkeit durchstreifen läßt.

In vielen Fällen ist es wichtig zu wissen, aus welchen Infektionsquellen die Pilzkeime der Luft herkommen, z. B. in Brauereien, die auf offenen Kühlschliffen die Bierwürze zur Abkühlung bringen. Hier leistet die „biologische Luftanalyse“, gute Dienste. Man sterilisiert kleine Blechschachteln (Zigaretenschachteln) oder Glasschalen, sei es durch trockne Hitze oder durch Ausspülen mit kochendem Wasser und setzt diese Gefäße an verschiedenen Orten je eine Stunde lang aus. Nachher nimmt man den eingefangenen Staub mit bei 30—40° flüssig gemachter Nährgelatine auf, gießt diese in einen Rollzylinder und läßt sie an den inneren Wandungen erstarren.

Besonders geeignet zu solchen Luftanalysen sind die mit abwärtsgekehrter Öffnung und mit einer Schmelzrinne für Gelatine versehenen Pilzkulturgefäße nach Lindner. (Bei Warmbrunn & Quielitz, Berlin NW. 40, Heidestraße, erhältlich, ebenso die Broschüre: Der biologische Nachweis von Pilzsporen in der Luft, die Züchtung von Pilzrosen und die Herstellung von Pilzmalereien.)

Die Pilzkeime wachsen in dem gleichmäßig dünnen Wandbelag zu regelmäßigen, oft konzentrisch gezeichneten Kolonien heran. Diese Ringbildung ist auf den Wechsel von Tag und Nacht zurückzuführen. Eine solche Kolonie stellt eine Art Kalender dar, der aber nicht bloß auf die seit dem Auftreten des ersten Ringes verflossene Anzahl Tage, sondern auch aus den Abständen jener untereinander auf wärmeres oder kälteres Wetter schließen läßt. Endlich gibt die mehr oder minder kräftige Ausbildung der Sporenmassen an, ob ein heller oder trüber Tag gewesen. Manche Oxalsäure bildende Pilze zeigen um die Kolonie herum einen ziemlich breiten trüben Ring, der aus lauter kleinen Kristallen von oxalsaurem Kalk besteht.

Sofern die betreffende Pilzkolonie Farbstoffe bildet, entsteht eine sog. „Pilzrose“. Farblose Kolonien, wie z. B. die von *Oidium*, erscheinen seidenglänzend in der Durchsicht. Indem eine solche Pilzrose wochenlang fortwächst, bietet

sie ein ausgezeichnetes Objekt dar zur täglichen Beobachtung. Allmählich trocknen die Kulturen ein und behalten dann monate- ja auch jahrelang ihre zarte Struktur und Farbe fast unverändert. Auch die Lebensfähigkeit der Sporen erhält sich in dem trocknen Zustand oft noch Jahre lang, je nach der Pilzart.

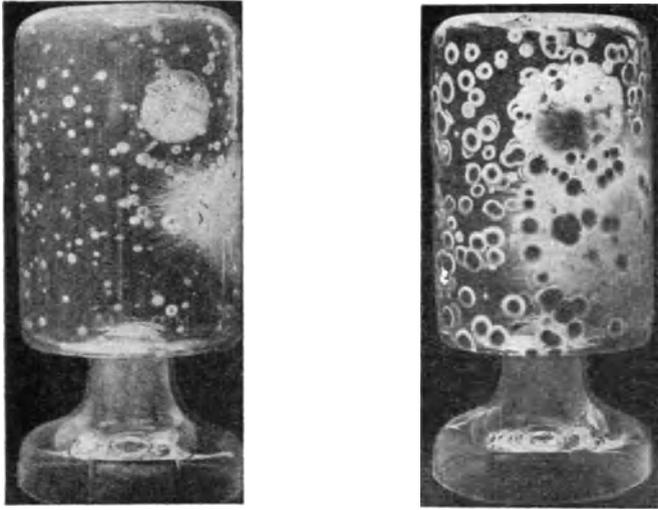


Fig. 230. Biologische Analyse der Luft eines Pferdestalls. Dasselbe Pilzkulturglas links nach 2 Tagen, rechts nach 6 Tagen (18.–24. II. 15.). Besonders zahlreich sind die sich schwärzenden Kolonien von *Cladosporium herbarum* angegangen. $\frac{1}{3}$ nat. Gr.

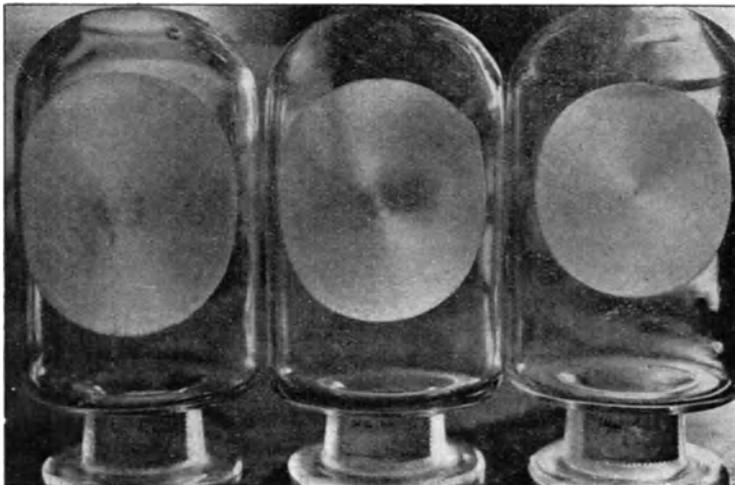


Fig. 231. Drei *Oidium lactis*-Varietäten in Lindnerschen Pilzkulturgefäßen. Kultiviert von Schnell. Links: aus obergäriger Brauerei Englands; Mitte: aus Kiel; rechts: aus Kopenhagener Milch. Der wunderbare Seidenglanz der Kultur kommt im Bild nicht annähernd an die Wirklichkeit heran. (Aufnahme von Lindner.)

„Pilzmalereien“ kommen dadurch zustande, daß man das in Wasser verteilte Sporenmaterial bestimmter Pilze auf dem dünnen Gelatinebelag in Punkt- oder Strichmanier aufträgt, am besten mittels einer Pipette. Die Zeichnung hat man zuvor mittels eines Fettstiftes auf der Außenseite des Glases aufgetragen. Der didaktische Wert solcher Luftanalysen und Pilzkulturen liegt nicht nur in dem Anreiz zu häufigen vergleichenden Beobachtungen und zu sauberem Arbeiten, sondern vor allem auch darin, daß sie in anschaulichster Weise in die Grundbegriffe der Hygiene und Infektionslehre einführen.

Es mag hier noch erwähnt werden, daß von manchen besonders zarten Pilzgebilden leicht Schattenbildaufnahmen gemacht werden können, indem man an das Pilzkulturgefäß Gaslichtpapier mit der Hand andrückt und eine Zeit lang in der Dunkelkammer Licht einwirken läßt. Als Beispiel einer solchen Aufnahme diene die nebenstehende Abbildung einer älteren Kolonie von *Endomyces Magnusii*, die in Bierwürzelatine gewachsen.

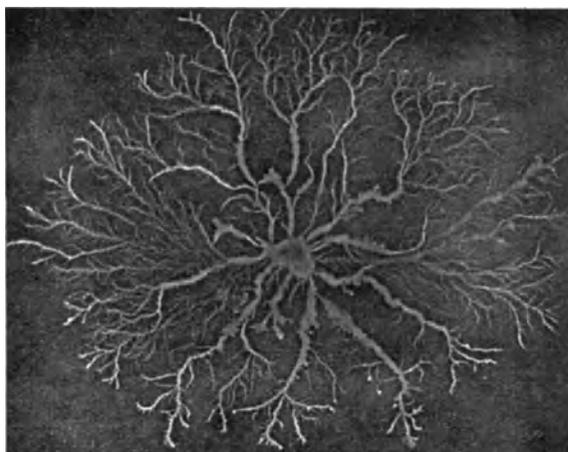


Fig. 232. Pilzrose von *Endomyces Magnusii* (Ludwig) in dünner Würzelatine gewachsen. Schattenbildaufnahme. Nat. Größe.

Bei der Züchtung der Pilze in sog. Riesenkolonien läßt man dieselben von einem Punkt aus auf einer dicken Nährgelatineschicht in geräumigen Kolben heranwachsen.

Zu der makroskopischen Pilzkultur muß sich nun die mikroskopische gesellen. Am eindrucksvollsten werden hier jene Kulturen wirken, die wir Tag für Tag unter dem Mikroskop verfolgen können. Das ist am besten möglich bei der Anwendung der Tröpfchenkultur. Mit Hilfe einer Zeichenfeder, die auf einen längeren Nagel aufgesteckt wird, oder mit Hilfe ausgekochter Zahnstocher trägt man auf ein flambiertes Deckgläschen 30—40 Tröpfchen einer mit Pilzsporen versetzten Nährflüssigkeit in geordneten Reihen auf; alsdann befestigt man das Deckgläschen auf einem hohlen Objektträger und verkittet beide durch einen Vaseline ring. Statt mit Vaseline kann man auch mit Paraffinöl abdichten. In den kleinen Tröpfchen oder Federstrichen wächst nun der Pilz heran, von der Spore an bis zur neuen Fruchtbildung. In den Tröpfchen findet eine völlig ungestörte Entwicklung statt, die mikroskopisch in allen Einzelheiten verfolgt werden kann, ein Umstand, der die Lust zum Mikroskopieren stets rege erhält. Diese Methode ist für den Unterricht besonders empfehlenswert, ja sie ist geradezu ein Musterbeispiel der praktisch-heuristischen Lehrmethode, da jeder Schüler allmählich heranreifen sieht, was er selbst zur

Aussaat gebracht. Damit die Punkt- oder Strichreihen auf dem Deckgläschen nicht verlaufen, ist es nötig, daß letzteres eine Spur fettig war. Mitunter will man aber eine Entwicklung in einer über das ganze Deckgläschen ausgebreiteten Flüssigkeitsschicht anstreben. Hierzu ist nur ein völlig entfettetes Deckgläschen zu gebrauchen. Das Entfetten geschieht durch längeres Erhitzen des Deckgläschens auf Schwarzblech. Statt weicher Vaseline oder Paraffinöl bedient man sich als Verschlusmaterial festerer Vaseline oder Wachs, die man noch flüssig als Ringwall um die Höhlung des Objektträgers aufträgt. Das Deckgläschen wird auf diesem Ringwall einfach festgedrückt und dabei Sorge getragen, daß keine Luftkanäle nach außen vorhanden sind. In einer solchen (Fig. 233) „Adhäsionskultur“ vollzieht sich die Entwicklung völlig in einer Ebene, was für die mikroskopische Beobachtung und bei mikro-photographischen Aufnahmen große Vorteile bietet. Natürlich ist die Entwicklung der Pilze der kärglich zugemessenen



Fig. 233. Mehrere Tage alte Adhäsionskultur eines Pinselschimmels mit ungestörter Sporenkettenentwicklung. 250 fach.

Nahrung entsprechend keine allzu üppige. Es liegt zwischen Keimung und Sporenbildung nur ein kurzer Weg; dieser ist aber um so besser zu überschauen; vor allem kann man die interessanten Vorgänge des Plasmatransportes nach den Orten der Fruchtbildung studieren. Mitunter bemerkt man auch Durchwachungserscheinungen, die dadurch zustande kommen, daß einzelne Zellen ihre Querwände in benachbarte schwächlichere Mycelglieder auskeimen lassen. Charakteristisch für die meisten Pilzkulturen ist, daß die den Nährtropfen überschreitenden Äste auf weite Strecken hin die Flüssigkeit beiderseits mit sich hinwegführen, bis sie zur Lufthyphenbildung schreiten, wobei meist die Zellwände einen fettigen Glanz zeigen, der auch den Sporen eignet. Das Auftreten zahlreicher kugeligter Wassertropfen, die infolge zu großen Turgors aus den Lufthyphen herausgedrückt werden, deutet darauf hin, daß die Außenwände derselben fettig sind. Die in der Flüssigkeit verbleibenden Mycelfäden zeigen allmählich Degenerationserscheinungen. Ausscheidungen gewisser Stoffwechselprodukte führen häufig zu Kristallbildungen. Eine nicht seltene Erscheinung ist das Auftreten sog. Anastomosen, das sind Verwachsungen von Mycelfäden untereinander. Auch die sog. Schnallenbildung gehört hierher; es handelt sich bei ihr nur um ganz kurze Seitenäste einer Zelle, die sogleich mit der Nachbarzelle desselben Fadens sich vereinen. In manchen Fällen, z. B. bei *Arthrobotrys oligospora*, werden schlingenartige Anastomosen angelegt zum Einfangen von Nematoden (Fadenwürmern). Bei der Anspruchslosigkeit der Pilze ist es oft gar nicht nötig, besondere Nährlösungen ihnen anzubieten. Will man z. B. sehen,

welche Arten auf den unter den Spelzen der Gersten liegenden „Schüppchen“ vorkommen, dann genügt es, diese winzigen trockenhäutigen Organe einfach mit etwas Wasser angefeuchtet auf die Unterseite des Deckgläschens anzuklatschen. Das Wasser laugt aus den Schüppchen genug Nahrung heraus, um etwa vorhandene Sporen zur Keimung und weiter zur Fruktifikation zu bringen.

Dauerpräparate, in denen die Pilze unverändert liegen, kann man auf folgende, allerdings etwas umständliche Weise erhalten: Man läßt die Feuchtigkeit der Tropfenkulturen soweit abdunsten, daß gerade noch genug vorhanden ist, um ein Schrumpfen zu vermeiden. Dann überschichtet man das Präparat mit einer Lösung von 0,15 Prozent Wollblau oder Baumwollblau in Milchsäure und läßt diese einige Minuten einwirken. Hierauf saugt man diese Lösung vorsichtig mit Filtrierpapier ab, wobei darauf zu achten ist, daß das Pilzräschen nicht fortschwimmt, und wäscht das am besten in einem Uhrglas liegende Präparat mit Wasser nach. Hierauf wird es durch verschieden starken Alkohol und Xylol in der üblichen Weise in Kanadabalsam übergeführt.

Wenn wir uns auf bequeme Weise Schimmelpilzmaterial verschaffen wollen, brauchen wir nur irgendwelche Samen in Keimapparaten feucht aufzubewahren. Noch schneller vollzieht sich eine üppige Schimmelbildung auf frisch eingesammelten Pferdeäpfeln, die unter einer Glasglocke gehalten werden. Während in den Keimapparaten z. B. auf Gerste vorwiegend Pilze mit leicht verstäubbaren, fettigen Sporen der Gattung *Penicillium*, *Aspergillus*, *Cladosporium* u. dgl. aufkommen, ist ein Pferdeapfel in den ersten Tagen gewöhnlich mit Mucorarten (*Mucor Mucedo*, *Thamnidium elegans*, *Chaetocladium*, *Pilobolus*) reichlich bedeckt. Erst nach dem Zusammensinken des Mucorgeslechtes kommen andere Familien, wie Sordarien, ja sogar Hutpilze wie Coprinusarten zum Vorschein. Wieder andere Pilzformen erhalten wir, wenn wir Laub unter einer Glasglocke aufbewahren. Hier treffen wir nach einigen Tagen das *Trichothecium roseum* massenhaft in Form eines trockenen, zart rosafarbenen feinkörnigen Belages an. Wieder andere Formen liefern in Reagenzgläsern eingespernte Getreideähren oder Strohhalme. Hier ist der zinnberrote *Acrostalagmus cinnabarinus* neben *Chaetomium*-Arten häufig. Gute Ausbeute an hübschen Formen liefern auch die Schälstellen an gefällten Baumstämmen. Hier ist unter anderem besonders *Epicoccum purpurascens* anzutreffen, das mit die prächtigsten farbigen Pilzrosen liefert. Zur Zeit der Obst- und Beerenreife kommen *Botrytis*- und *Monilia*-Arten häufig vor, ebenso die Schorfpilze (*Fusicladium*-Arten). An den Staudengewächsen fand Corda viele von den zierlichen Kunstformen, die er in seiner „Prachtflora europäischer Schimmelpilze“ in wunderschönen Bildern wiedergegeben hat. Ein jeder, der dieses Werk nur ein einzigesmal durchblättert hat, dürfte für immer im Banne der Schimmelpilzkunde gefangen gehalten werden. Endlich sei noch auf die tierbewohnenden Pilze aufmerksam gemacht. So finden sich *Empusa*-Arten auf Fliegen, Raupen, Mückenarten, Heuschrecken, Blattläusen und Käfern. Allgemein bekannt ist die Erscheinung der durch *Empusa*-Infektion an den Fensterscheiben verendeten Fliegen, die in weitem Umkreis von einem weißen Staub, den abgeschleuderten Sporen der *Empusa*, umgeben sind.

Außer den *Empusa*-Arten kommen hier noch in Frage: *Isaria farinosa* und *I. strigosa*, *Botrytis Bassiana* und *Cordyceps militaris*, von denen die *Isaria* z. B. unter den Maikäfern tüchtig aufräumt, während *Cordyceps* die Raupen des Kiefernspinners befällt. Den hier angeführten Pilzen verdankt die Forstwirtschaft manche Schadenverhütung durch Insekten. Engere Beziehungen zwischen Pilzen und Tieren treten uns auch in Gallenbildungen entgegen, deren Innenwände vielfach mit einem dichten Pilzlager so ausgekleidet sind, daß die Larve gar nicht mit der eigentlichen Gallenwand in direkte Berührung kommt. Die Gallenpilze erzeugen in der Galle sporenenähnliche, aber nicht keimungsfähige Gebilde, die zur Ernährung der Larven dienen. Sie spielen also dieselbe Rolle, wie die „Kohlrabihäufchen“, welche Möller in Brasilien in den Ameisenpilzgärten auf den von den Ameisen angefertigten Blattbreikugeln angetroffen hat. Die Pilze der südamerikanischen Ameisen sowie der Termitenbauten des tropischen Asiens sind Hymenomyceten der Gattungen *Rozites* und *Volvaria*. Wie die Gallenhöhlungen, so werden auch die Bohrgänge mancher Holzkäfer von Pilzen bewohnt. Die in den Fraßgängen

der Holzborkenkäfer auftretende „krümelige Substanz“ hat man als „Ambrosia“ bezeichnet, weil sie den Käfern offenbar zur Nahrung dient. Neger hat neuerdings für alle durch solche symbiontische Lebensweise ausgezeichnete Arten den Begriff „Ambrosiapilze“ aufgestellt und einige besonders interessante Fälle ausführlicher beschrieben. Die Ambrosia der *Asphondilia*-Gallmücken wird von Arten der Gattung *Macrophoma* gebildet. Neger meint, daß der Pilz wahrscheinlich schon vom Muttertier dem Ei bei der Eiablage beigegeben wird. Die Ambrosiapilze des Holzbohrkäfers *Xyloterus lineatus* und *X. dispar* konnten noch nicht näher bestimmt werden, ihnen kommt jedoch die Eigenschaft zu, auf künstlichen Nährböden Fruchtester zu bilden, ebenso wie dem *Endomyces Hylecoeti* Neger, der einem anderen Holzbohrkäfer, dem *Hylecoetus dermestoides* sich vergesellschaftet. Die Kulturen dieses Pilzes zeichnen sich durch starken Geruch nach gekochten Äpfeln aus. Häufig fanden sich *Ceratostomella*-Arten in den Kulturen der Ambrosiapilze ein, sie gehören aber doch nicht zu diesen; ebensowenig die gelegentlich in den Fraßgängen auftretenden Hefen und Bakterien. Meist werden die Fraßgänge und Larvenwiegen im Splintholz angelegt, in dem die Ambrosiapilze leichter ihre Nahrung finden als im Kernholz. Den Larven der Holzborkenkäfer wächst dann die Ambrosia gewissermaßen in den Mund. In den Ameisenpilzgärten übernehmen meist junge „Arbeiterinnen“ die Aufgabe, das Unkraut in dem „Kohlrabibeet“ auszujäten. Als Unkrautpilze in den Termitenpilzgärten ist eine *Xylaria*-Art und *Neoskofitzia termitum* häufiger beobachtet worden.



Fig. 234. *Acer platanoides*-Stumpf mit Milchfluß. Königsberg, Mai 1916.

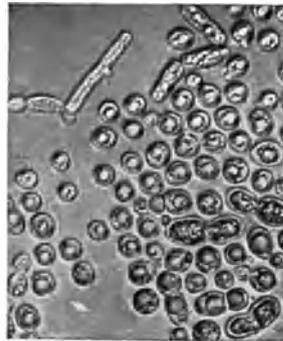


Fig. 235. *Endomyces vernalis* mit verfetteten Zellen. 500fach.



Fig. 236. *Endomyces vernalis* als gecköseartige Haut auf der Nährlösung gewachsen.

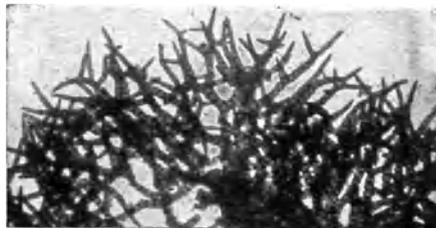


Fig. 237. Rußtaupilz. *Hormiscium pinophilum*.

Wo man besonders schön geformte Schimmelpilze, die wahre Kunstformen der Natur darstellen, finden kann, das kann man aus dem Corda herauslesen, ebenso wie man ihnen hübsche Namen geben kann. Den „seltsamen Besen-



Fig. 238. *Penicillium Fieberi*
nach Corda gez. von Oelbermann.

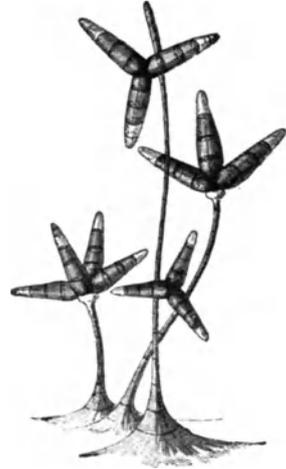


Fig. 239. *Triposporium elegans*
nach Corda gez. von Oelbermann.



Fig. 240. *Gonatorrhodum speciosum*
nach Corda gez. von Oelbermann.

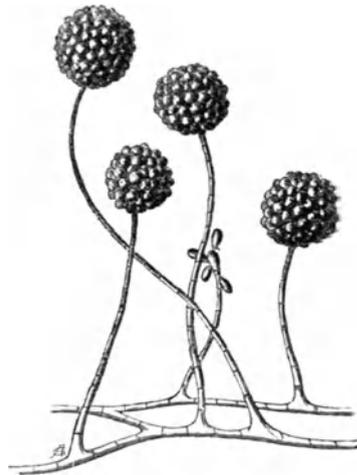


Fig. 241. *Haplotrichum roseum*
nach Corda gez. von Oelbermann.

schimmel“ *Corethrops paradoxa* fand er auf feucht gehaltenen Blumentopfscherben, den „schönen Morgensternschimmel“ *Rhopalomyces elegans* auf zerfließenden Blättern des Gummibaums, die „prächtige Knotenkette“, *Gonathorhodum spe-*

ciosum auf angeschnittenen modernden Georginenstengeln, den „Medusenkopf-quastenschimmel“, *Stysanus caput medusae* auf faulenden Kürbisschalen, den „geknieten Rutenschimmel“, *Botrytis geniculata* auf Birkenspänen, die „knopfschimmelartige Ringelkeule“, *Helmisporium stemphylioides* auf Eibenholz, den „schönen Dreifußsporling“, *Triposporium pulchrum* auf alten Birkenspänen, den „schönen Gliedträubling“, *Arthrobotrys superba* auf feuchtgehaltener Erde, den „rosnroten Knopfschimmel“, *Haplotrichum roseum* auf Papier, in dem Tabak verpackt und das später über Sand ausgebreitet worden war.

„Diese wunderbaren Gebilde mit Hilfe trefflicher Mikroskope zu enträtseln gehört zu den schönsten Vergnügungen. Sie bilden eine Reihe von Gestalten einer dem nackten Auge fast unsichtbaren und dem Geiste ungeahnten wunderbaren Schöpfung, einer Schöpfung, die dem Tode der Fäulnis entsprungen, gleichsam die rohe Materie untergegangener Wesen in ätherischer Form umgestaltet und die dem Auge des geistig regern tieferen Naturforschers diese Gestalten als vorahnende Formen einer höheren Pflanzenwelt erscheinen läßt.“ (Corda 1839.)

Auf ein massenhaftes Vorkommen von Schimmelpilzen in der freien Natur muß noch aufmerksam gemacht werden. Das eine betrifft die Erscheinung des sog. Milchflusses an frischen Baumstümpfen oder Astbrüchen von Birke, Weißbuche im Frühjahr, das andere die Erscheinung der Schleimgärung im Juni an Eichen, Ahorn u. dgl.

Im Milchfluß spielt der *Endomyces vernalis* die Hauptrolle, im Eichenschleimfluß der *Endomyces Magnusii*. Beide Pilze vermögen reichlich Fett in den Zellen zu speichern und ist man zu ihrer technischen Verwertung übergegangen. Das Fett ist dem Olivenöl ähnlich. Der *Endomyces vernalis* gibt frisch getrocknet einen waffelähnlichen Geschmack.

Eine andere Gruppe von Pilzen, die in der Natur weiteste Verbreitung haben, sind die Rußtaupilze, so genannt, weil sie auf den Blättern und Blattstielen wie Ruß aufliegen. Sie sind an höhere Zuckerkonzentrationen angepaßt, wie sie in dem Honigtau, den die Blatt- und Schildläuse ausspritzen, vorhanden sind. Außer *Cladosporium herbarum* sind *C. crustaceum* und *Atichia glomerulosa* typische Rußtaupilze. Im Kampf mit dem Zucker versuchen sie denselben nach Möglichkeit in Schleim oder Fett überzuführen, um seine stark osmotische Wirkung zu mindern.

Wir geben (Fig. 238—241) einige Beispiele von solchen Kunstformen aus der Schimmelpilzgruppe, um besonders Künstler und Lehrer auf die ästhetischen Werte, welche die Beschäftigung mit dem Mikroskop darbietet, hinzuweisen.

Mucor Mucedo. Eine der verbreitetsten Arten, insbesondere auf Mist wachsend und bis mehrere Zentimeter hohe, schlaffe, seiden-glänzende Rasen bildend. Die Sporangienträger dieser Art sind nicht verzweigt; die Köpfchen sind in reifem Zustand schwarz. Charakteristisch für diese Art ist, daß die im Innern der Sporangien enthaltene Blase (Columella) mit rötlichem Saft erfüllt ist. Die Sporen sind eiförmig, gelb-hellbraun, 8μ lang und 4μ breit.

Mucor racemosus (Fig. 242). Dieser Köpfchenschimmel bildet auf Nahrungsmitteln aller Art, insbesondere aber auf Milch ausgebreitete, mäusegraue Rasen; er ist leicht daran zu erkennen, daß das Hauptstämmchen (Fruchtträger), das an seiner Spitze das große kugelförmige Sporangium trägt, eine Anzahl kurzer Seitenzweige treibt, die alle ebenfalls mit (kleineren) kugeligen Sporangien enden. In Zuckerlösung bildet dieser Pilz Alkohol und wächst hefenartig. (Mukorhefe, Mukor gemmen.)

Mucor stolonifer (Fig. 243). Sehr leicht kenntlich ist diese Art daran, daß bei ihr immer ein Büschel von Sporangienträgern zu-

sammensteht und daß die Pflanze darunter ein Bündel bräunlicher wurzelartiger Fasern ins Substrat sendet. (Daher wird er auch als *Rhizopus nigricans* bezeichnet.) Sporangien durch reichlich eingelagerte Kalziumoxalat-Kristalle schwarz erscheinend; Sporen unregelmäßig eckig, 10 bis 15 μ im Durchmesser, mit leistenförmigen Verdickungen. Er findet sich häufig auf faulenden Pflanzenresten, ist aber auch imstande, weichere Früchte, wie Birnen und Tomaten, zur Fäulnis zu bringen.

Thamnidium elegans (Fig. 244). Ein weißer Köpfchenschimmel, der auf Brot und anderen Nahrungsmitteln sich besonders gern einfindet und dadurch charakterisiert ist, daß der Hauptsporangienträger (meist quirlig gestellte) Seitenzweige treibt, die eine große Masse kleiner Sporangien (Nebensporangien) erzeugen, die jedoch nur eine oder wenige Sporen enthalten.

Zu den Köpfchenschimmeln gehören auch die *Amylomyces*arten, die Diastase reichlich ausscheiden und daher das Malz bei der Verzuckerung stärkereicher Maischen ersetzen können. In französischen und belgischen Maisbrennereien ist das sog. Amyloverfahren in großartigem Maßstabe zur Anwendung gekommen.

Ebenfalls als Diastasebildner zu technischer Bedeutung gelangt sind mehrere Aspergillusarten. Die Saké-bierbrauerei in Japan bedient sich des *Aspergillus Oryzae* (Fig. 246) und die Soyabrauerei in China des *Asp. Wentii*, um einerseits den gedämpften Reis, andererseits die gedämpfte Masse der Soyabohne zu verzuckern oder zu peptonisieren.

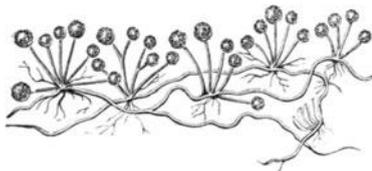


Fig. 243. *Mucor stolonifer*. — Vergr. 100/1.

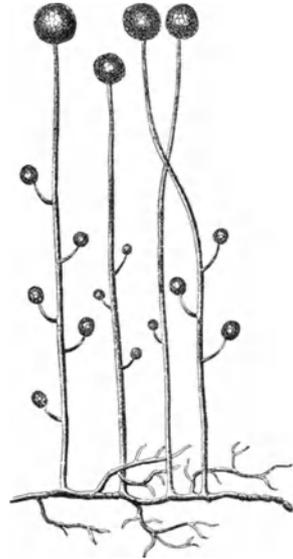


Fig. 242. *Mucor racemosus*.
Vergr. 100/1.

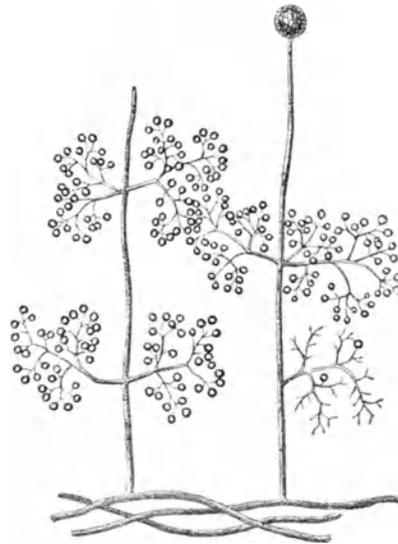


Fig. 244. *Thamnidium elegans*. — Vergr. 100/1.

Aspergillus herbariorum. Mit der folgenden Art der gemeinste Schimmelpilz, an Nahrungsmitteln usw. blaugrüne Rasen bildend. Aus kriechenden, mit reichlichen Scheidewänden versehenen weißen Fäden erheben sich an der Spitze keulenförmig anschwellende Sporenträger; die obere Keule selbst ist mit kleinen, kegelförmigen Zellen (Sterigmen) allseits bedeckt, an deren Spitze in Reihen die blaugrünen Sporen abgeschnürt werden.

Zu dieser Konidienform gehören schwefelgelbe Perithezien, die man besonders leicht erhalten kann, wenn man ein aufgeschnittenes Brot befeuchtet, mit Konidien impft und dann wieder zusammenklappt. Sie enthalten Ascosporen von $5-7\mu$ Dicke und $8-10\mu$ Länge.

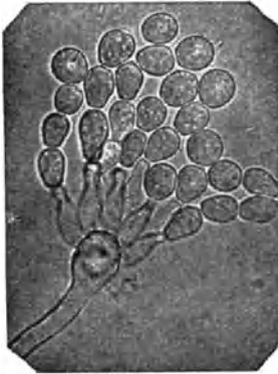


Fig. 245. *Aspergillus Oryzae*. $600\times$. Kolbenförmige Anschwellung des Konidienträgers und kegelförmige Sterigmen mit Sporenketten. Aus einer Adhäsionskultur.

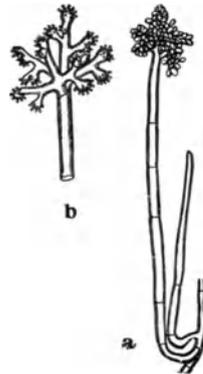


Fig. 246. *Botrytis cinerea*. a $100\times$, b oberer Teil von a, mit abgefallenen Sporen. — Vergr. $200\times$. (Nach de Bary.)

Penicillium crustaceum (Fig. 233). Im makroskopischen Aussehen der vorigen Art ähnlich und wenn möglich noch gemeiner als diese.

Die Rasen sind blau- bis graugrün, die Konidien entstehen am Ende der besenförmig verzweigten Sporenträger in Ketten an besonderen, kurzzyklindrischen Stergimen. Die Konidien sind rundlich, mit einem Durchmesser von ca. 3μ . Eiweiß wird peptonisiert und aus Fett flüchtige Säuren und Ester gebildet. Zu diesem Schimmelpilze gehören kugelige, sich sehr langsam entwickelnde Fruchtkörper, deren Schläuche $5-6\mu$ lange und $4-4,5\mu$ dicke Sporen enthalten.

Dieser Schimmel ist die Ursache des eigenartigen ranzigen, scharfen Geschmacks des Roquefort- und Gorgonzolakäses, in denen seine Sporen die bekannten grünen Adern bilden, und des Parmesankäses. Man nimmt dabei an, daß hierbei besondere Varietäten auftreten, die technisch als »Edelpilz« bezeichnet werden.

Auf Camembert und Brie Käse züchtet man zwei andere *Penicillium*-Arten, *P. album* und *P. candidum*.

Penicillium brevicaulis. Dieser Pilz, der auf dumpfigem Papier,

Tapeten u. a. a. O. vorkommt, hat ein besonderes Interesse, weil er eine äußerst empfindliche Reaktion auf Arsen gibt. Seine sterilen Rasen sind je nach dem Substrat weiß bis bräunlich. Die Konidien sind gelblich, rund oder birnförmig mit einer deutlichen Verdickung an der Abschnürungsstelle, ihre Größe beträgt etwa $6,5\mu$ im Durchmesser oder $6,0\mu \times 10\mu$ nach Breite und Länge. Auf Nährböden, die Arsen in irgendeiner Form enthalten, entwickelt der Pilz einen intensiven knoblauchähnlichen Geruch (Arsenwasserstoff). Um diesen deutlich hervorzubringen, genügt bei metallischem Arsen ein Zusatz von 0,0001 g, bei Arsenverbindungen gelingt noch der Nachweis von 0,000 001 g. Das Auftreten dieses Geruches führt leicht zum Nachweis arsenhaltiger Tapeten, selbst wenn diese überklebt sind. Daß auch Tellur eine sehr ähnliche Geruchsreaktion gibt, ändert an ihrer Brauchbarkeit nicht viel.

Botrytis cinerea (Fig. 246). Kleine graue, bei der Sporenreife bald mehr mausgraue, bald braungraue oder graugelbe Rasen, auf modern-den Vegetabilien aller Art außerordentlich häufig. Die Sporen dieses Schimmels werden nicht in Ketten, sondern einzeln gebildet; sie stehen in Menge zusammen auf den Spitzen plumper Auszweigungen der Fruchträger. Häufig ist dieser Pilz auch die Ursache von Erkrankungen verschiedener Gewächshauspflanzen, aber auch Freilandpflanzen wird er gefährlich, so vor allem den Weintrauben, den Tulpen u. a. Bildet auch Sklerotien und wurde daher von de Bary zu *Sclerotinia Fuckeliana* gerechnet.

Oospora lactis (Fig. 247). Diese Schimmelart wird auch *Oidium lactis* genannt; sie ist überall dort massenhaft, wo Milch und Milchreste zu finden sind, tritt aber auch sonst auf faulenden Flüssigkeiten, besonders in Gärungsbetrieben, auf. *Oospora lactis* bildet feine, schneeweiße Räschen; sie entwickelt keine eigentlichen Fruchträger, sondern ihre Fäden bzw. die Zweige derselben zerfallen dadurch in Sporenketten, daß die einzelnen Zellen sich zu Sporen umbilden und sich von dem Verband der Fäden nicht leicht ablösen.

Von dieser Art gibt es viele Varietäten, die sich besonders durch biologische Eigentümlichkeiten unterscheiden. Sehr auffällig ist die Fähigkeit dieser Pilzgruppen, Alkohol als Kohlenstoffquelle gut zum Wachstum verwerten zu können. Die *Oidium*gruppe bildet prachtvolle Riesenkolonien und seidengänzende Flächenkolonien auf dünner Gelatineschicht in Rollkulturen (Fig. 231).

c) Die wichtigsten Pilzkrankheiten der Kulturgewächse.

Um die Pilze, die Pflanzenkrankheiten hervorrufen, richtig zu erkennen, genügt es nicht immer, nur ein mikroskopisches Präparat zu untersuchen, denn sehr häufig finden sich dabei keine Fruktifikationsorgane, oder aber der Zu-



Fig. 247. *Oospora lactis*. s In Sporenketten umgewandelte Zweige. Vergr. 200/1.

sammenhang zwischen den gefundenen Pilzen und der vorliegenden Krankheit ist nicht klar erkennbar. Findet sich nur steriles Mycel in dem Gewebe, so genügt es oft, die betreffenden Organe (Blätter, Stengelteile usw.) in eine feuchte Kammer zu legen, um die weitere Entwicklung der Pilze zu verfolgen. Sehr viele bilden hierbei Fruktifikationsorgane, mit deren Hilfe eine Bestimmung möglich ist. Dies gilt besonders für diejenigen Pilze, die Konidien bilden, wie *Botrytis*, *Fusarium*, *Phytophthora*, sowie für solche, die sich bereits in einem fortgeschrittenen, der Fruktifikation nahen Stadium befinden. In anderen Fällen ist es dagegen nötig, den Krankheitserreger auf einer anderen Unterlage zur weiteren Entwicklung zu bringen. Dabei leisten Nährböden, die man aus den Preßsäften der betreffenden Pflanzen mit Agar oder Gelatine herstellt, oder mit einer Nährlösung getränktes Filtrierpapier, sowie sterilisierte Teile der kranken Pflanze selbst gute Dienste. Als besonders geeignet haben sich auch sterilisierte Stückchen von Kartoffeln und von ausgereiften Kartoffel- oder Lupinenstengeln erwiesen. Die Kartoffelknollen begünstigen im allgemeinen das Myzelwachstum, die Stengel die Entwicklung von Konidien und anderen Sporenformen. Will man, um später Infektionsversuche zu machen, den Krankheitserreger isolieren, so entnimmt man möglichst an der Grenze des als krank erkannten Gewebes unter Vermeidung der älteren erkrankten Partien kleine Gewebestückchen, die man entweder mit flüssig gemachter Gelatine verschüttelt und in verschiedener Verdünnung, wie das bei bakteriologischen Arbeiten üblich ist, in Petrischalen ausgießt, oder sie im Ganzen auf einen festen Nährboden überträgt. Legt man eine größere Zahl solcher Kulturen an, so gelingt es in den meisten Fällen, des Krankheitserregers habhaft zu werden.

Bakterienfäule der Kartoffel (Fig. 248).

Die Bakterienfäule der Kartoffel und die mit ihr häufig im Zusammenhang stehende „Schwarzbeinigkeit“ der Kartoffelstauden

gehört zu den Pflanzenkrankheiten, die fast überall leicht zur Untersuchung zu beschaffen sind. Das Charakteristische der Krankheit ist folgendes:

Im Juli oder August sieht man auf den Kartoffelfeldern einzelne oder zahlreiche Pflanzen plötzlich abwelken. Bei näherer Untersuchung zeigen die Stengel an ihrem Grunde einen Zerfall, der mit einer Schwärzung des kranken Teiles verbunden ist (daher der Name „Schwarzbeinigkeit“). Mikroskopisch zeigen sich die einzelnen Gewebeteile voneinander gelockert und die dabei entstehenden Zwischenräume

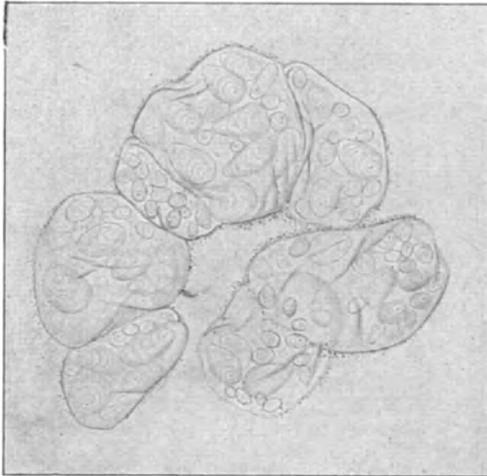


Fig. 248. Bakterienfäulnis der Kartoffel. — Vergr. $\frac{250}{1}$.

sind von lebhaft beweglichen Bakterien erfüllt. Außer dem Stengelgrunde sind die unterirdischen Stengelteile und auch oft die Knollen

erkrankt. Gegen den Herbst hin tritt die Knollenfäulnis mehr in den Vordergrund und vernichtet nicht selten einen hohen Prozentsatz der Ernte. Das Fleisch der erkrankten Knolle ist weich bis breiig, die einzelnen Zellen haben ihren Zusammenhang verloren, da die eingedrungenen Bakterien durch ein von ihnen ausgeschiedenes Enzym die Zwischenzellsubstanz aufgelöst haben. Gleichzeitig werden die Zellen abgetötet, der Zellsaft tritt aus, die Wände verlieren ihre Festigkeit und so kommt das Bild der Fig. 248 zustande. Auf diesem sieht man einige Kartoffelzellen, die durch Bakterien voneinander gelöst sind. Die Stärkekörner sind unversehrt, aber die Zellen haben ihre Gestalt verloren und machen den Eindruck schlaffer Säckchen. Außerhalb — nicht innerhalb — der Zellen sieht man zahlreiche Bakterien. In trockener Umgebung verdunstet die Feuchtigkeit rasch, und es bleibt nur die Stärke mit den Zellhäuten zurück (Bakterien-Trockenfäule); unter dem Einfluß anhaltender Nässe siedeln sich Fäulnisorganismen an, und die Gewebereste werden völlig zerstört (Naßfäule).

Als Erreger dieser Krankheit können verschiedene Bakterien auftreten, von denen bisher vier, nämlich *Bact. phytophthorum* (Appel), *Bact. solanisaprum* (Harrison), *Bact. atrosepticum* (v. Hall) und *Bact. xanthochlorum* (Schuster) näher untersucht sind. Diese Arten unterscheiden sich folgendermaßen:

	Größe	Verflüssigung im Gelatinestich	Geißeln
<i>Bact. phyt.</i>	0,9—1,6 × 0,75 μ	rasch, strumpffg.	3—4 peritriche
<i>Bact. atrosept.</i> . .	0,8—1,6 × 0,4 μ	schwach	zahlreiche peritriche
<i>Bact. solanisapr.</i>	1,5—3 × 0,6—1,4 μ	rübenfg.	2—8 peritriche
<i>Bact. xanthochl.</i>	1,5—3 × 0,75 μ	champagnerglasfg. (Auf Agar Fluoreszenz)	1—2, selten 3 polare

Sämtliche Arten haben die Neigung, in Kultur bei höherer Temperatur Fäden zu bilden.

Die Verbreitung erfolgt meist durch Benutzung erkrankten Saatgutes, aber unter besonders ungünstigen Verhältnissen, zu denen die Verwendung zerschnittener Saatkartoffeln, ungünstige Witterungsverhältnisse u. a. m. zu rechnen sind, findet auch ein Befall vom Boden aus statt.

Die Bekämpfung beruht auf der großen Empfindlichkeit der in Frage kommenden Bakterien gegen Trockenheit einerseits und der Eigenschaft der Kartoffel, leicht Wundkork zu bilden, andererseits und besteht darin, daß man die Kartoffeln erkrankter Felder, nach sorgfältigem Entfernen der als krank kenntlichen, möglichst kühl und trocken aufbewahrt und vor ihrer Benutzung als Saatgut womöglichst noch bis zur leichten Schrumpfung eintrocknen läßt. Da die dicken Sorten meist widerstandsfähiger sind als die dünnchaligen, so hilft auch oft ein in dieser Richtung durchgeführter Sortenwechsel.

Bakterienbrand der Kirschbäume (Fig. 250).

Diese besonders in Baumschulen manchmal verheerend auftretende Krankheit ist erst seit kurzem näher untersucht; sie ist aber deshalb besonders interessant, weil sie zurzeit den einzigen bei uns häufiger

vorkommenden Fall darstellt, bei dem lebende Holzpflanzen durch Bakterien zerstört werden. Die vom Bakterienbrand ergriffenen Bäume gehen, je nachdem die Stämme oder einzelne Äste infiziert sind, scheinbar plötzlich ein oder es sterben einzelne Zweige ab. Dies geschieht gewöhnlich im Laufe des Sommers, nachdem die Bäume noch normal ausgetrieben haben. An der Rinde findet man dann dunkel verfärbte eingesunkene, gegen die gesunden Teile sich scharf abhebende Stellen, die sich beim Anschneiden tot erweisen. Die abgestorbenen Stellen zeigen in der jüngsten Rinde große Lücken im Gewebe, die durch die Zerstörung der jungen Phloënteile und ihrer Umgebung entstehen.

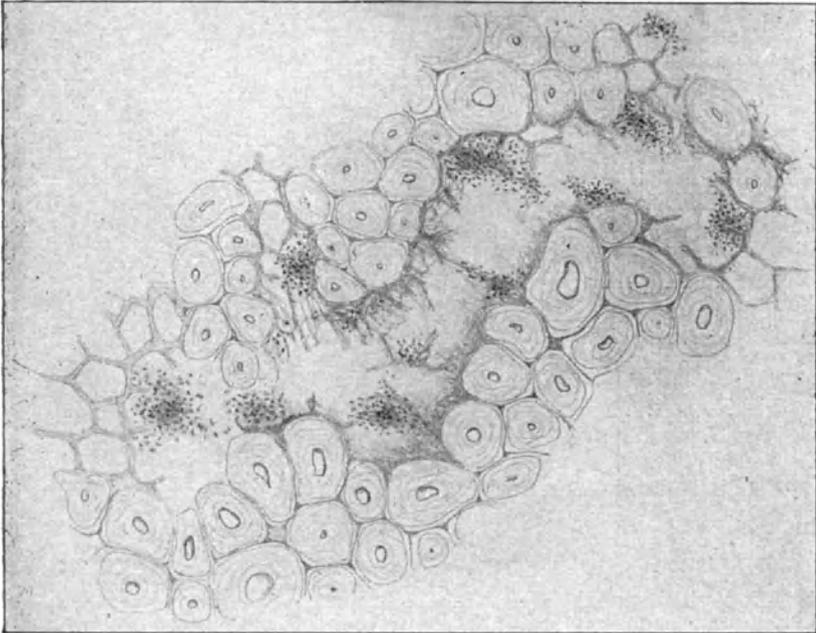


Fig. 249. Bakterienbrand der Kirschbäume. (Nach Aderhold und Ruhland.) Vergr. 800/1.

Diese Lücken erscheinen vielfach gefächert, da die Markstrahlen der Zerstörung Widerstand leisten, und dadurch kommt eine schon dem bloßen Auge erkennbare, charakteristische, netzartige Struktur zustande. Durchtränkt sind die kranken Stellen von einem anfangs gelblich-grünen, später dunkelroten Gummi, der häufig auch in Tropfen hervorquillt. Zwischen den Gummimassen und den zerstörten Gewebeteilen finden sich Massen von Bakterien (Fig. 249). Wie bei allen Bakterienkrankheiten der Pflanzen findet man die pathogene Art nur an der äußersten Zone der erkrankten Stellen, während in den schon abgestorbenen Teilen sich die verschiedenartigsten saprophytisch lebenden Arten breit machen. Die aus den brandigen Stellen der Kirsch-

bäume von Aderhold und Ruhland isolierte und durch Versuche als Erreger der Krankheit nachgewiesene Art ist ein schlankes, lebhaft bewegliches Stäbchen von $1,6-4 \mu$ Länge und $0,6-0,8 \mu$ Dicke, mit mehreren polaren Geißeln. Auf 5%iger Rohrzucker-Bouillongelatine sind die aufliegenden Kolonien dünn, sattweiß, napfartig verflüssigend, mit einer vakuoligen, schwammartig aussehenden Struktur; daher der Name *Bacillus spongiosus* Aderh. et Ruhl.

Wieweit die Krankheit auch auf andere Stein- und Kernobstsorten überzugehen vermag, ist noch nicht näher untersucht, doch leiden Apfel-, Pflaumen- und andere Obstbäume an ähnlichen Krankheitserscheinungen.

Als Gegenmittel ist das möglichst sorgfältige Ausschneiden bzw. das Entfernen und Verbrennen aller kranken Zweige und Stämme zu empfehlen. Auch ist darauf zu achten, daß die Krankheit nicht mit dem Messer des Gärtners von Baum zu Baum verschleppt wird.



Fig. 250. Von der Kohlhernie befallene Kohlrabipflanze.

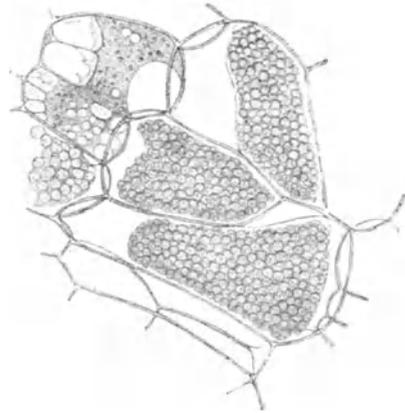


Fig. 251. Sporen von *Plasmodiophora Brassicae*. (Nach Woronin.) Vergr. $400\times$.

Kohlhernie (Fig. 250, 251).

Sämtliche Arten der Gattung *Brassica* sowie eine Anzahl von andern Cruciferen leiden oft an knollenförmigen Wurzelanschwellungen verschiedenster Gestalt, die durch einen Schleimpilz, *Plasmodiophora Brassicae* Woron., hervorgebracht werden. Untersucht man einen feinen Schnitt durch eine solche Anschwellung bei starker Vergrößerung, so findet man viele Zellen, die durch ihre Größe auffällig sind, dicht mit kleinsten, stark lichtbrechenden Kügelchen erfüllt. Dies sind die Sporen der *Plasmodiophora*. Durch Woronins Unter-

suchungen wissen wir über diesen Pilz folgendes: Jede der kleinen Sporen verwandelt sich in Wasser oder feuchter Erde in eine kleine, amöbenartige, frei bewegliche, mit einer Wimper und Pseudopodien versehene Plasmamasse, die Myxamöbe. Diese dringt in junge Kohlwurzeln ein, lebt zunächst als membranloser Schmarotzer (Plasmodium) im Plasma der Wirtspflanze und teilt sich, nach völligem Heranwachsen, wieder in kleinste Partien, die sich mit Membranen umgeben und die Sporen darstellen. Durch Verwesung der Wurzeln werden die Sporen dann wieder frei.

Die beste Bekämpfung dieser Krankheit besteht darin, auf Feldern, die einmal hernienkranke Pflanzen getragen haben, mehrere Jahre hindurch andere Früchte anzubauen, bis die Sporen zugrunde gegangen sind. Auch auf etwa vorhandene kranke Pflanzen wildwachsender Cruciferen ist dabei zu achten. — Auch wirkt eine starke Düngung mit Ätzkalk der Krankheit entgegen.

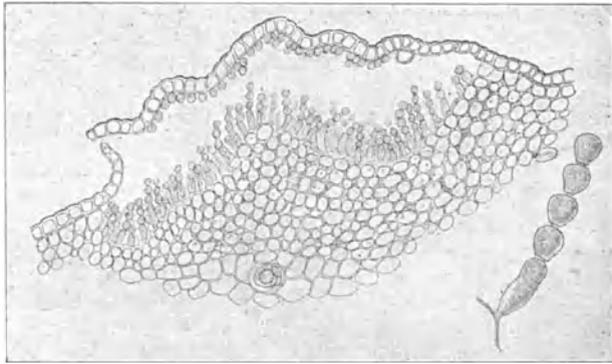


Fig. 252. *Cystopus candidus*. A Konidienpolster $70/1$; unter der sich abhebenden Epidermis sind die zahlreichen, perlschnurartig an kurzen Trägern entstehenden Konidien zu sehen. Tiefer im Gewebe liegt ein Oogonium. B Einzelner Träger mit vier Konidien. Vergr. $300/1$.

Weißer Rost der Cruciferen (Fig. 252).

Der weiße Rost der Cruciferen wird hervorgerufen durch *Cystopus candidus* Pers. Auf den verschiedensten Cruciferen verursacht dieser Pilz Deformationen, die von einfachen Krümmungen und Auftreibungen der Blätter bis zur völligen Mißgestaltung der ganzen Pflanze alle Variationen darbieten. Am häufigsten findet man den Pilz auf *Capsella bursa pastoris*, auf der seine porzellanartigen weißen Konidienpolster besonders üppig ausgebildet sind, aber auch auf den verschiedenen *Brassica*-Arten, auf dem Rettich, dem Meerrettich, der Gartenkresse, dem Goldlack und vielen andern Arten kommt er vor. Das Myzel wächst interzellulär, durch kleine Haustorien sich ernährend, und bildet in mehr oder weniger große Polster vereinigte Konidienlager (Fig. 252). Die Konidien entstehen perlschnurförmig an kurzen Trägern und sind untereinander durch kurze, stielartige Zwischenzellen

verbunden; die Form und Größe der Lager ist eine ganz unbestimmte. Mit dem Beginne der Abschnürung der Konidien wird die Epidermis der Nährpflanze gesprengt und abgehoben. Aus den Konidien schlüpfen Schwärmsporen, die ihre Beweglichkeit durch zwei Zilien erhalten. Auf Keimlingen und anderen jüngsten Pflanzenteilen keimen diese Schwärmsporen aus und entsenden ihre Keimschläuche durch die Spaltöffnungen in das Innere des jungen Gewebes. Außerdem findet aber auch die Bildung von Oogonien statt. Dieselben finden sich in den tiefer liegenden Gewebeteilen, besonders der Stengel, wie dies an Fig. 252 zu sehen ist. An das Oogonium legt sich das Antheridium an und befruchtet die Eizelle durch einen dünnen Keimschlauch. Die daraus entstehende Oospore hat eine dicke höckerige Membran; sie wird erst durch die Verwitterung des umgebenden Gewebes frei, enthält dann zahlreiche Schwärmsporen, die ebenso wie die aus den Konidien zwei Zilien haben und durch die Spaltöffnungen in Keimpflanzen eindringen.

Tritt die Krankheit auf Kulturpflanzen stark auf, so entferne man möglichst alle befallenen Pflanzenteile so früh wie möglich; ist dies nicht vollkommen durchführbar, so räume man die kranken Pflanzen ab, sobald sie absterben, und lasse keine Teile auf dem Felde liegen, damit eine Überwinterung und Neuinfektion durch die Oosporen im Frühjahr vermieden wird.

Phytophthorakrankheit der Kartoffel (Fig. 253).

Von Juni bis August sieht man häufig auf dem Kartoffelkraut sogenannte Brandflecke entstehen, die erst gelb, dann braun, schließlich schwärzlich werden und sich rasch vergrößern. Am Rande dieser Flecken sieht man auf der Blattunterseite, besonders bei feuchtwarmer Witterung, mit bloßem Auge, daß auf dem dort noch grünen Blattgewebe ein weißer Reif liegt. Das ist die von *Phytophthora infestans* bewirkte Kartoffelkrankheit oder Kartoffelfäule, die in wenig Tagen das Laub auf ganzen Feldern zu vernichten vermag.

Betrachtet man die bereiften, aber noch grünen Stellen mit dem Mikroskop, so sieht man, daß aus den Spaltöffnungen verzweigte Bäumchen herauswachsen, deren Äste zitronenförmige Körper tragen. Diese Körper sind die Sporangien. Wird ein Sporangium in Wasser gebracht, so platzt es, und aus seinem Innern treten eine Anzahl lebhaft beweglicher, mit zwei Geißeln versehener Zoosporen, die nach einiger Zeit zur Ruhe kommen. Sind bei nassem oder tauigem Wetter die Sporangien in Wassertropfen auf Kraut oder junge Knollen der Kartoffelpflanze gelangt, so wachsen die zur Ruhe gekommenen Schwärmsporen zu einem Schlauch aus, der die Oberhaut der Nährpflanze durchbohrt, sich im Innern derselben verzweigt und nun neues Myzel und neue Fruchträger erzeugt.

Außer in dem Kraute lebt der Pilz aber auch noch in den Knollen, die er unter Bräunung des Gewebes zerstört. In die Knollen dringt er besonders bei nasser Witterung durch die Schale ein und wächst dann zwischen den Zellen in die Tiefe. Das Myzel ist sehr

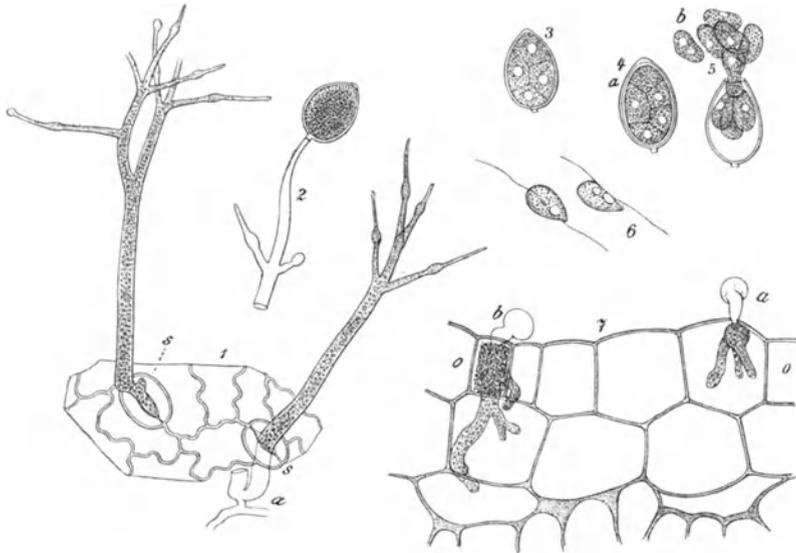


Fig. 253. Phytophthorakrankheit der Kartoffel. 1. Oberhautstückchen von der Unterseite eines Kartoffelblattes, aus dessen Spaltöffnungen die Sporangienträger des Pilzes hervorwachsen $200/1$; 2. Ende eines Sporangienträgers mit reifem Sporangium $300/1$; 3. Sporangium nach zweistündigem Liegen im Wasser mit beginnender, 4. mit vollendeter Teilung; 5. Entleerung der Schwärmersporen; 6. schwärmende Sporen von oben und von der Seite; 7. Eindringen der Keimschläuche durch die Oberhaut eines Kartoffelstengels. 3–7 Vergr. $400/1$. (Nach de Bary.)

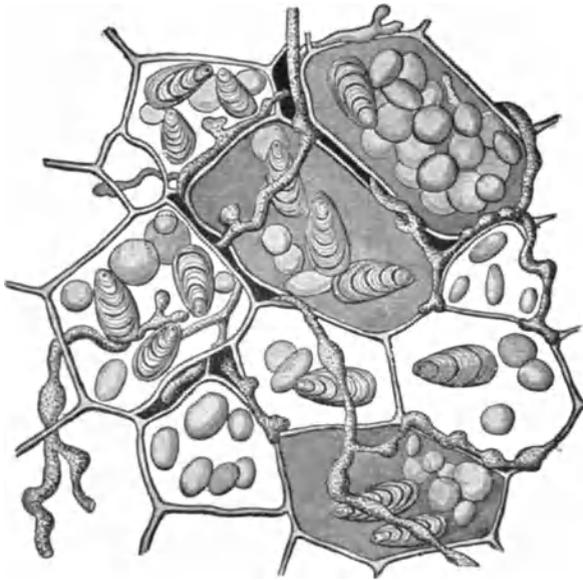


Fig. 254. Gewebe der Kartoffelknolle, von *Phytophthora*-Myzel durchwachsen. Vergr. $300/1$.

charakteristisch: es ist ohne Querwände, von unregelmäßiger, an eine knorrige Wurzel erinnernder Gestalt. Bei reinem *Phytophthora*-Befall bleiben die Stärkekörner unverändert. (Man erleichtert sich den mikroskopischen Nachweis des Myzels dadurch, daß man die als krank äußerlich kenntlichen Kartoffeln durchschneidet und 1—2 Tage in eine feuchte Kammer legt. Es treten dann an den Stellen, an denen das Myzel reichlicher ist, Konidienträger als zarte weiße Rasen aus dem Gewebe hervor.)

Oosporen, wie bei anderen Peronosporeen, sind bis jetzt noch nicht mit Sicherheit nachgewiesen; man nimmt daher an, daß der Pilz als Myzel in den Kartoffelknollen überwintert.

Zur besseren Übersicht über die Unterscheidung der verschiedenen Kartoffelkrankheiten dient die Tabelle auf S. 214.

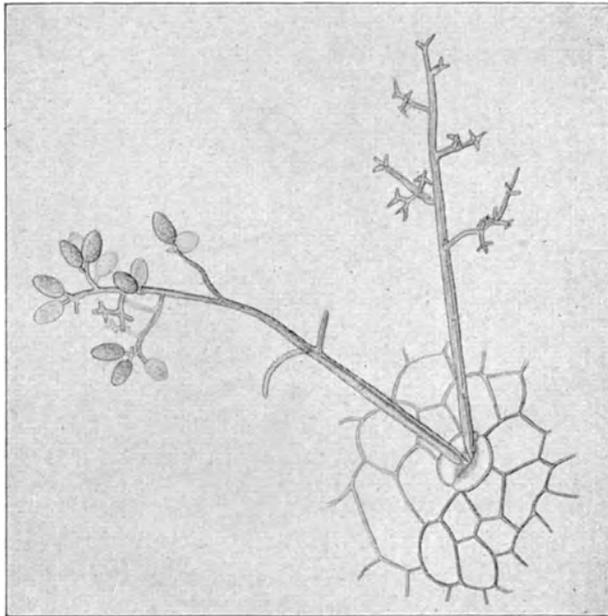


Fig. 255. Falscher Meltau des Weinstocks. Zwei Konidienträger der *Plasmopara* kommen aus einer Spaltöffnung hervor. An dem Träger rechts sind die Konidien bereits abgefallen. $\frac{200}{1}$.

Falscher Meltau des Weinstocks (Fig. 255).

Diese Krankheit ist zu Ende der 70er Jahre des vorigen Jahrhunderts aus Nordamerika nach Europa eingeschleppt worden; sie wird durch einen nahen Verwandten des Kartoffelkrankheitspilzes, durch *Plasmopara* (*Peronospora*) *viticola* verursacht. Die *Peronospora*-Krankheit ist leicht daran zu erkennen, daß besonders auf der

Übersicht über die hauptsächlichsten Kartoffelkrankheiten.

Name der Krankheit	Ursache	Kennzeichen der Krankheit an Kraut	Kennzeichen der Krankheit an Knollen	Zeit des Auftretens	Umstände, die die Verbreitung begünstigen	Schutzmittel
Kraut- und Knollenfäule	Pilz <i>Phytophthora infestans</i>	braune Flecken mit weißlichem Flaum umsäumt	braune Flecken im Fleisch, äußerlich als braun-bläuliche, eingesunkene Flecken kenntlich	Juli bis September	feucht-warme Witterung	Bespritzung des Krautes mit Kupferkalkbrühe
Dürrfleckenkrankheit	Pilz <i>Alternaria solani</i>	runde braune trockene Flecken auf den Blättern	—	Juli bis September	kleine, blattbewohnende Insekten	Spritzen mit Kupferkalkbrühe
Blattrollkrankheit	unbekannt	Blätter rollen sich längs der Mittelrippe zusammen, Ertragsrückgang	—	—	ungünstige Witterungs- und Bodenverhältnisse, krankes Saatgut	Verwendung guten Saatgutes
Bakterienringkrankheit	Bakterien	Verkümmerung der Stengel und Blätter	Gefäßbündelring mehr oder weniger verfärbt und erweicht	während der ganzen Vegetationsperiode	krankes Saatgut, Verwundungen der unterirdischen Teile der Pflanze	Verwendung gesunden, unzerschnittenen Saatgutes
Gefäßverpilzung	Pilz <i>Verticillium Fusarium</i>	Rollung der Blätter, Welken, Verfärbung der Gefäßbündel	Verfärbung und Verpilzung der Gefäße	Juli bis zur Ernte	krankes Saatgut, Trockenheit	Verwendung gesunden Saatgutes
Schwärzbeinigkeit und Bakterienknollenfäule	verschiedene Bakterien	Stengel am Grunde schwarz und abgestorben	Knollen sind naßfaul	am Kraut Juni — August, an den Knollen jederzeit	krankes Saatgut, feucht-warme Witterung	Verwendung gesunden, unzerschnittenen Saatgutes
Fußverpilzung	<i>Rhizoctonia</i> , vielleicht auch andere Pilze	Verkürzung der Triebspitzen und Rollung der oberen Blätter, Vermorschung des Stengelgrundes	<i>Rhizoctonia</i> -Pocken auf der Schale	Juli bis zur Ernte	sauerer Boden	noch unbekannt, wahrscheinlich gibt es widerstandsfähige Sorten
<i>Fusarium</i> -fäule	Pilz, verschiedene Arten von <i>Fusarium</i>	Vermorschung und gänzliche Zerstörung der Knollen	—	—	Verletzungen durch Einflüsse verschiedenster Art	—
Eisenfleckigkeit	unbekannt	—	braune, rostfarbene Flecke im Fleisch	—	—	—
Schorf	<i>Actinomyces</i> -Arten	—	abnorme Korkbildung der Schale von verschiedener Form und Ausdehnung	—	alkalische Düngemittel	frische Ätzkalkdüngung bei jedesmaligem Anbau von Kartoffeln
Kartoffelkrebs	Pilz <i>Chrysomya pilosella</i> , <i>endobiotica</i>	krebsartige Wucherungen an den Knollen und seltener an den unteren Stengelteilen	—	Juli — Oktober	schlechte Bodenbearbeitung, zu häufiger Nachbau von Kartoffeln	Anbau widerstandsfähiger Sorten

Blattunterseite weiße Schimmelflecke entstehen (Fig. 256), während die Blattoberseite an den betreffenden Stellen gelblich bis braun gefärbt wird. Bald folgt dann ein Absterben und Abfallen der kranken Blätter. Außer den Blättern werden auch die Beerenstiele und Beeren befallen; letztere verlieren dadurch die Form und hängen als schlaffe Säckchen (sog. Lederbeeren) an den Stielen.

Die Infektion der Blätter erfolgt fast nur von der Unterseite her, wo die Spaltöffnungen als Eingangspforten dienen. Am Rande der einige Tage nach der Infektion eintretenden Blattflecke kommen die Konidienträger zu mehreren aus den Spaltöffnungen hervor (Fig. 255) und sind dann als weißer Rasen sichtbar. Die Konidien sind eiförmig,

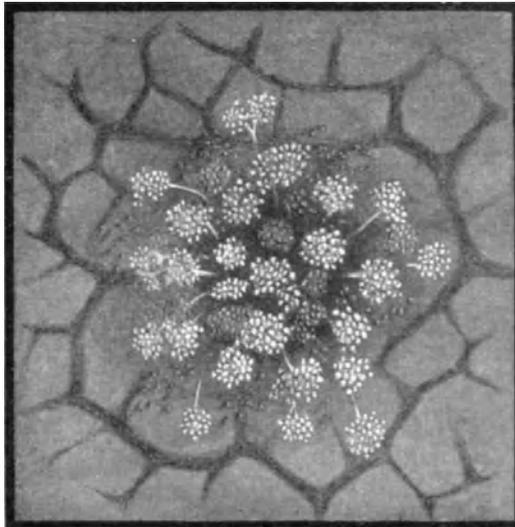


Fig. 256. Lupenbild eines Peronospora-Rasens. Orig.

17—23 μ und 1,3—1,7 μ breit. Im Innern der Blätter bilden sich außerdem noch Eisporen (Oosporen) mit einer glatten bräunlichen Haut, die 3—38 μ Durchmesser besitzen.

Diese Oosporen fallen mit den Blättern ab, überwintern, keimen im Frühjahr nach Verwitterung des sie einschließenden Blattgewebes und stecken die jungen Rebblätter wieder an.

Als bestes Mittel zur Bekämpfung der Blattfallkrankheit hat sich das mehrmalige Bespritzen der Blätter mit Kupferkalkbrühe und, als deren Ersatz, Perocidkalkbrühe erwiesen. Bei der Ausführung muß darauf geachtet werden, daß die Blattunterseiten möglichst von der Flüssigkeit getroffen werden. — Außerdem ist im Herbst das abgefallene Laub möglichst gründlich zu vernichten und im Frühjahr sind die Reben rechtzeitig aufzubinden, da die am Boden befindlichen Blätter am ersten befallen werden.

Taschenkrankheit der Pflaumen (Fig. 257).

Als „Narren“ oder „Taschen“ sind Pflaumenfrüchte (Zwetschgenfrüchte) bekannt, welche keinen Stein enthalten und eine unförmliche Gestalt angenommen haben (vgl. Fig. 257 *a*). Die Krankheit ist besonders im Juni-Juli fast überall zu finden; sie wird verursacht durch *Exoascus Pruni* Fuck. Die mikroskopische Betrachtung von Schnitten durch derartig kranke Früchte lehrt, daß dieselben dicht mit einem Pilzgeflecht durchzogen sind. Wenn man gegen Ende der Pilzentwicklung untersucht, findet man, daß die Pilzfäden nach der Oberfläche durchgebrochen sind und hier keulenförmige, dicht nebeneinander gestellte Schläuche (Asci) hervorgetrieben haben (Fig. 257 *b*); in jedem Schlauch werden acht Sporen erzeugt. Meist sind auch die den kranken Früchten zugehörigen Zweige von dem Myzel durchwuchert und es kommt vor, daß auch sie deformiert sind. Die Überwinterung findet im Weichbaste solcher Zweige statt, aus denen das Myzel im Frühjahr wieder in die Fruchtanlagen hineinwächst.

Fig. 257. *Exoascus Pruni*. *a* Zweig von *Prunus domestica* mit befallenen, krankhaft veränderten Früchten; *b* der Pilz. (Nach Sorauer.)

Meist genügt zur Bekämpfung ein gründliches Absammeln und Vernichten der Taschen.

Fleckenkrankheiten des Klees (Fig. 258).

Die Blätter des Klees und der Luzerne sind sehr oft über und über mit zahllosen, kleinen, braunen Flecken bedeckt. Diese werden hervorgerufen durch einen parasitären Scheibenpilz: *Pseudopeziza Trifolii* Fuck., dessen Fruchtkörper mittels des Mikroskops leicht aufzufinden und zu erkennen sind. Das Myzel des Pilzes durchwuchert das Blattgewebe. Die Fruchtkörper werden direkt unter der Blattepidermis angelegt und kommen auf den Blattflecken sowohl aus der Ober- wie Unterseite hervor. Sie werden als Apothezien be-

zeichnet und bilden eine graugelbliche, wachstartig weiche, flache, runde Scheibe von $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ mm Durchmesser, die aus zahllosen, dicht nebeneinander stehenden, vertikal gerichteten Sporenschläuchen besteht, zwischen denen sich fadenförmige Paraphysen befinden.

Die Schläuche sind keulenförmig und enthalten acht elliptische, einzellige, farblose Sporen, die aus den Schläuchen, sobald sie reif sind, in die Luft geschleudert werden. Durch diese Sporen wird die Verbreitung des Pilzes bewirkt. (Angeblich bringt der Pilz außer den Apothezien zeitweise auch noch eine Konidienform (*Sporonema*) mit sehr kleinen, eiförmigen, einzelligen, farblosen Konidien hervor.) Bei starkem Auftreten des Pilzes wird der Klee in seiner Entwicklung nicht unbeträchtlich geschädigt, da die befallenen Blätter vorzeitig vergilben und verwelken.

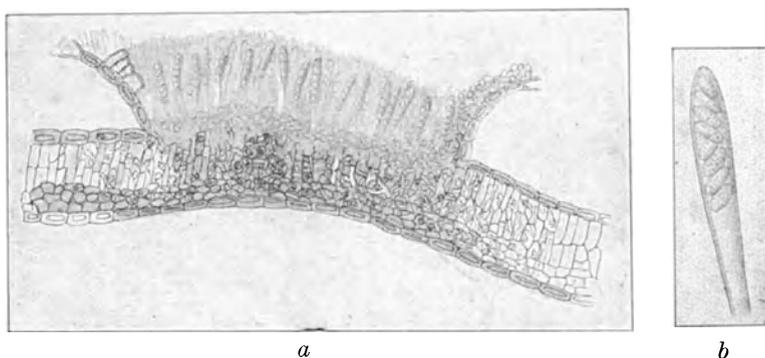


Fig. 258. *Pseudopeziza Trifolii*. a Blattquerschnitt mit einem reifen Apothezium. $\frac{120}{1}$.
b einzelner Schlauch mit Sporen. $\frac{500}{1}$.

Eine ähnliche Schädigung des Klees, die durch die zahlreichen schwarzen, glanzlosen, etwa 1 mm großen Flecken kenntlich ist, wird durch den Pilz *Phyllachora trifolii* Fock., zu dem als Konidienform *Polythrincium trifolii* Kze. gehört, hervorgerufen.

Runzelschorf des Ahorns (Fig. 259).

Im Frühjahr gelangen die Sporen des Pilzes *Rhytisma acerinum* Fr. durch den Wind auf die jungen Blätter des Ahorns, wachsen in dieselben hinein und erzeugen gelbe Flecken. Auf diesen treten sehr bald schwarze Punkte auf, die sich rasch vergrößern und zusammenfließen, so daß die ganzen Flecken kohlschwarz werden und nur von einem schmalen, gelben Saum umgrenzt bleiben. In diesem Stadium sind die Flecke, die die Größe eines Zweifpennigstücks haben, sehr in die Augen fallend und charakteristisch. Oft finden sich auf jedem Blatt mehrere solcher Flecke, so daß das ganze Laub der Bäume schwarz getupft erscheint. Das schwarze Aussehen rührt daher, daß das sich im Blattgewebe sehr reich entwickelnde Pilzmyzel unmittel-

bar unter der Epidermis als schwarzes, aus kleinzelligem Pseudoparenchym bestehendes, sklerotiumartiges Stroma ausgebildet. Auf den Blattflecken entstehen zunächst kleine, halbkugelige Sporenbehälter, sog. Pykniden, die in ihrem Innern sehr kleine, farblose, einzellige, stäbchenförmige Sporen entwickeln. (Dieser Pyknidenzustand des Pilzes wurde früher *Melasmia acerinum* Lév. genannt.) Die Pykniden verschwinden alsbald wieder und nun beginnt die Anlage der Apothezien. Der ganze Fleck erhält ein gehirntartig gerunzeltes Aussehen, daher die Bezeichnung „Runzelschorf“. Jede Runzel ist ein junges Apothezium. In demselben werden zunächst nur die vertikal gestellten, fadenförmigen farblosen Paraphysen gebildet. In diesem Zustand befindet sich der Pilz, wenn die Blätter im Herbst abfallen. Erst im Frühjahr entwickeln sich auf den am Erdboden liegenden, faulenden Blättern in den Apothezien zwischen den Paraphysen zahlreiche, keulenförmige Schläuche und in diesen je acht fadenförmige, farblose, einzellige Sporen (Fig. 259). Sobald die Apothezien reif

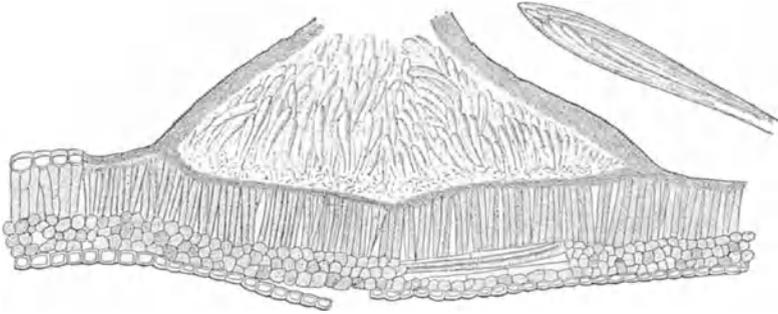


Fig. 259. *Rhynchospora acerinum*. Schnitt durch ein reifes Apothezium und das Blatt, auf dem es sitzt. $\times 200/1$. Rechts oben ein einzelner Schlauch mit seinen acht Sporen. $\times 500/1$.

geworden sind, was im Mai der Fall ist, öffnen sie sich in ihrer ganzen Länge. Die Sporen werden mit großer Gewalt aus den Schläuchen in die Luft geschleudert und gelangen nun auf die jungen Ahornblätter. Der Pilz tritt vornehmlich auf dem Spitzahorn, oft und zuweilen ebenfalls recht stark auch auf dem Bergahorn auf.

Man kann diese Blattfleckenkrankheit dadurch unterdrücken, daß man die am Erdboden liegenden, befallenen Ahornblätter untergräbt oder zusammenharkt und entfernt und damit den Krankheitsherd beseitigt.

Mehltau des Getreides und der Gräser (Fig. 260, 261).

Auf den Blättern unserer Getreidearten und einer ganzen Anzahl von Gräsern findet man bei anhaltend feuchter Witterung oder an dauernd feuchten Standorten häufig weißliche schimmelartige Flecke auf den Blattscheiden und Blättern, die anfangs spinnwebartig dünn und gleichmäßig sind; später verdichten sie sich zu bräunlichen oder

grünweißen Polstern. Der weißliche Überzug besteht aus den zahlreichen, farblosen Myzelfäden von *Erysiphe graminis*, D. C., die die Oberfläche des Pflanzengewebes überziehen und sich durch Haustorien ernähren. Die Schädigung, die sie dabei hervorrufen, gibt sich dadurch zu erkennen, daß die befallenen Teile mißfarbig werden und dann bald vertrocknen. Aus den Myzelfäden erheben sich zahlreiche Konidienträger, die an ihrer Spitze reihenweise ovale Konidien ab-schnüren (Fig. 260); diese Konidien sind sofort keimfähig und dienen der Verbreitung des Pilzes während des Sommers. Wenn dann das Myzel sich stellenweise verdichtet hat, erkennt man in den entstandenen kleinen Polstern schwarze Pünktchen, die sich unter dem

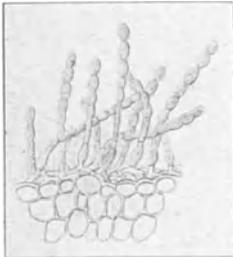


Fig. 260. *Erysiphe graminis*. Konidienform. Aus dem auf der Epidermis der Nährpflanze hinkriechenden Myzel erheben sich die Träger mit den kettenförmig sich abschnürenden Konidien.

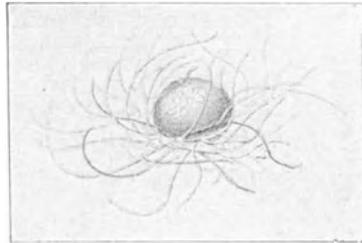


Fig. 261. *Erysiphe graminis*. Perithezie. Kugelige Kapselfrucht mit zahlreichen braunen Stütz-fäden.

Mikroskop als die Schlauchfrüchte — Perithezien — des Pilzes zu erkennen geben; sie sind die Überwinterungsform des Mehltaus und erreichen ihre Reife erst im nächsten Frühjahr auf dem toten Substrate. Dann stellen sie sich als kleine schwarzbraune kugelförmige Kapseln mit zahlreichen dunkeln Anhängseln dar, die mehrere Schläuche mit je vier bis acht länglichrunden, einzelligen, farblosen, ziemlich dickwandigen Sporen enthalten.

Erysiphe graminis D. C. besitzt, ähnlich wie die Rostpilze, sogenannte „spezialisierte Formen“, d. h. Formen, die morphologisch nicht zu unterscheiden sind, sich aber biologisch verschieden verhalten, indem sie an bestimmte Gruppen von Nährpflanzen gebunden sind.

Echter Mehltau des Weinstocks (Fig. 262—264).

Der Meltau des Weinstocks wird durch *Uncinula necator* (Schw.) Burril verursacht. Das Myzel dieses Pilzes, an dem sehr bald die Konidien (*Oidium Tuckeri* Berk. Fig. 262) entstehen, bildet zunächst weißliche Flecke, überzieht aber bald flächenweise die jungen Reben, Beeren und Blätter, so daß sie wie mit Asche bestreut aussehen (daher auch der Name Äscherich). Später bräunt sich das Gewebe der erkrankten Stellen. Die Beeren werden am Weiterwachsen gehindert

und platzen auf, so daß die Kerne zutage treten; später trocknen sie ein oder verfaulen, je nachdem das Wetter trocken oder feucht ist.

Die mikroskopische Untersuchung ergibt ein Pilzmyzel, mit dem die Epidermis der befallenen Pflanzenteile überzogen und das durch lappige Fortsätze (Appressorien) angeheftet ist. Die Ernährung vollzieht sich durch die aus den Appressorien in die Zellen eindringenden Haustorien. An aufgerichteten Trägern werden eirunde Konidien in großer Menge abgeschnürt, die sehr leicht keimen und dadurch die Verbreitung des Pilzes während des Sommers besorgen. Die Überwinterung des Pilzes kann entweder durch Myzelteile oder durch Perithezieren erfolgen. Die

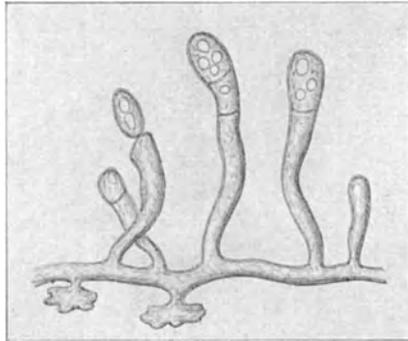


Fig. 262. Meltau des Weinstocks. An dem querliegenden Myzelaste sind nach unten zwei Appressorien, nach oben fünf Konidienträger in verschiedenen Entwicklungsstadien zu sehen.

Überwinterungsmyzelien sind kräftiger als die Konidien abschnürenden Pilzfäden und dadurch ausgezeichnet, daß sie unregelmäßige Haustorien

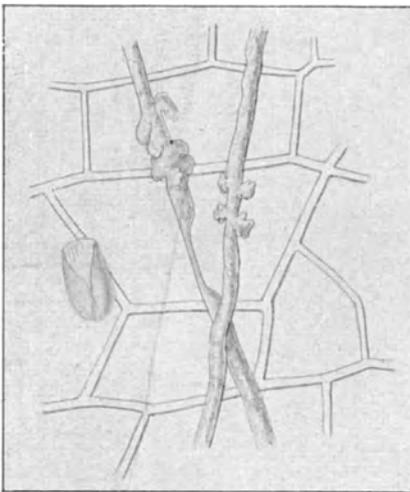


Fig. 263. Überwinterungsmyzel von *Uncinula necator*. Links eine tote Konidie.

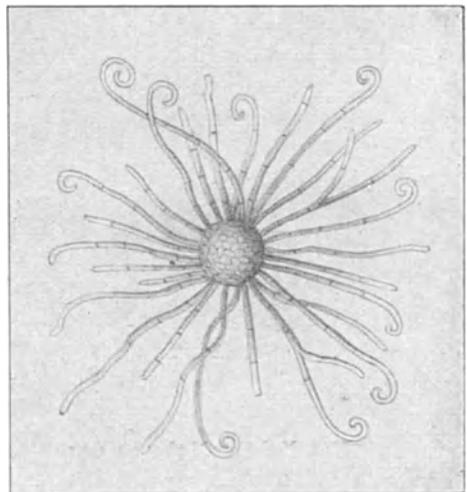


Fig. 264. Perithezie von *Uncinula necator*. (Nach Viala.)

zu Knäueln gehäuft tragen (Fig. 263). Diese am einjährigen Rebholze aufgefundenen Dauermyzelien wachsen im Frühjahr zu normalen Pilzfäden aus.

Die Perithezien, die bei uns bis jetzt nur selten aufgefunden wurden, sind dunkelgefärbte, runde, etwas plattgedrückte Gehäuse, die mehrere achtsporige Schläuche enthalten. Außerdem sind sie mit einfachen oder gegen das Ende zu dichotom geteilten Anhängseln, die an der Spitze eingerollt sind, versehen (Fig. 264).

Auf dem Meltau schmarotzt ein ihm nahe verwandter Parasit, eine zu den Pyrenomyzeten gehörige *Cincinnobolus*-Art.

Die Bekämpfung des Mehltaupilzes erfolgt durch Überpudern der befallenen Blätter usw. mit Schwefelpulver. Um die überwinternden Organe zu vernichten, ist ein Anstreichen der Rebteile im ersten Frühjahr mit Eisenvitriollösung zu empfehlen. Dieses Mittel hat jedoch nur dann einen Zweck, wenn es auf weite Strecken hin angewandt wird, da es die Pflanzen nicht gegen eine spätere Infektion durch die Konidien schützt.

Weinstockpilz oder Wurzelpilz der Reben (Fig. 265).

Unter diesem Namen versteht man im allgemeinen die schimmelartige Wucherung des Pilzes *Dematophora necatrix* Hart., wenn auch

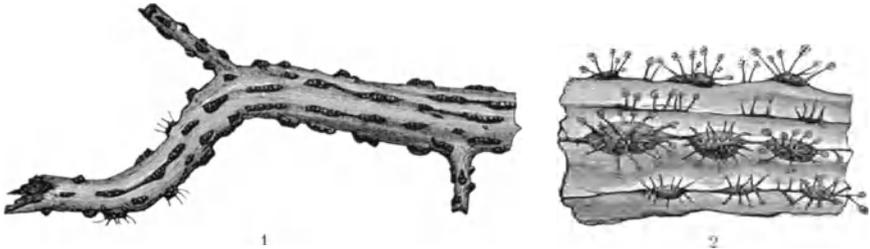


Fig. 265. 1. Ein Stück Weinstockwurzel mit Myzellager oder sklerotienartigen Knollen des Wurzelpilzes besetzt, von welchen einige bereits borstenähnliche Konidienträger entwickelt haben. Natürl. Größe. 2. Ein Teil von 1 nach Ausbildung der Konidien. $\frac{3}{4}$ l. (Nach Hartig.)

bekannt ist, daß das Myzel anderer parasitischer Pilze, wie z. B. *Armillaria mellea*, ähnliche Erscheinungen hervorruft.

Das Bild, welches die durch diesen Pilz erkrankten Weinstöcke zeigen, ist dem der von der Reblaus befallenen ähnlich. Es erkranken meist zunächst einzelne Stöcke, von denen aus nach und nach immer mehr die benachbarten angesteckt werden, so daß mehr oder weniger kreisförmige Infektionsbezirke zu erkennen sind. Die Weinstöcke selbst zeigen alle die Erscheinungen, die durch Ernährungsstörungen hervorgerufen werden; die Triebe entwickeln sich nur kümmerlich und bringen nur kleine, oft gekräuselte Blätter hervor, die leicht gelb werden und gewöhnlich viel eher wie die der gesunden Stöcke abfallen. Versucht man den Stock herauszuziehen, so gibt derselbe leicht nach, da er nicht mehr festgewurzelt ist.

Die Wurzeln riechen dumpfig-schimmelig und lassen schon mit bloßem Auge einen mehr oder weniger dichten, weißen, filzigen Überzug erkennen, der sich unter dem Mikroskop als ein Gewirr von Myzelfäden entpuppt. Allmählich werden diese Myzelfäden stellenweise dunkler, und es entstehen aus ihnen in ziemlich regelmäßiger

Anordnung in Rindenrissen des unteren Stammes und auf der Wurzelrinde festere Körper, Myzellager oder Sklerotien.

Diese tragen die dünnen, borstenförmigen Fruchträger, die an ihrem oberen Teile rispig verzweigt sind und farblose, eiförmige Sporen (Konidien) hervorbringen.

Die Folge der Tätigkeit der *Dematophora necatrix* Hart. ist ein Abfaulen der Wurzeln und damit ein Absterben des Stockes durch Vertrocknung. Die Zeit, die von der Infektion bis zum Tode des Stockes vergeht, ist je nach den äußeren Verhältnissen verschieden und ein Krankheitsverlauf von wenigen Monaten bis zu fünf oder sechs Jahren ist beobachtet worden. Immer aber leidet auch bei den langsam verlaufenden Fällen die Fruchtbarkeit schon nach dem ersten Jahre.

In seinem Vorkommen ist der Wurzelpilz durchaus nicht an den Weinstock gebunden, vielmehr kommt er auf den Wurzeln der verschiedensten Pflanzen vor. Bedingung für seine Entwicklung ist ein bestimmter Grad von Feuchtigkeit.

Daher ist das zuerst anzuwendende Gegenmittel möglichste Entwässerung des Bodens, und oftmals gelingt es schon hierdurch, ein Weiterumsichgreifen dieses gefährlichen Weinbergfeindes zu verhüten. Ferner sind alle Stöcke, bei denen die Krankheit weiter fortgeschritten ist, auszureißen und zu verbrennen, der Boden aber am besten mit Schwefelkohlenstoff (etwa 50 g auf den Quadratmeter) zu durchtränken. Bei Neuanlagen auf einmal infiziert gewesenen Böden ist möglichst alle fäulnisfähige Substanz zu vermeiden, was dadurch geschieht, daß das zu verwendende Blindholz mit möglichst wenig altem Holze geschnitten wird, daß der Boden von allen Wurzeln gesäubert wird, daß die Rebpfähle an ihrem unteren Ende entweder angekohlt oder mit Kupfervitriol imprägniert werden und daß als Dünger entweder Kunstdünger oder doch gut verwitterter Stalldünger Verwendung findet.

Mutterkorn (Fig. 266, 267).

Der Mutterkornpilz (*Claviceps purpurea* Tul.) kommt auf verschiedenen Gräsern, besonders aber häufig in den Ähren des Roggens vor; nach langen Forschungen wurde erkannt, daß dieser Pilz nacheinander in drei durchaus verschiedenen Formen auftritt, nämlich:

1. Als „Honigtau“ (Fig. 266). Unter Honigtau (früher *Sphacelia segetum* Lév. benannt) versteht man die Erscheinung, daß in jungen Getreideähren sich Tropfen eines süßen, zähen, gelblichen Schleims bilden. Nimmt man einen solchen Tropfen unter das Mikroskop, so sieht man in ihm massenhaft kleine, elliptische Zellchen schwimmen: das sind die Sporen des Honigtaus, welche von einer schimmelähnlichen Lage von Pilzfäden erzeugt werden. Die dicke Flüssigkeit, die nur bei warmem Wetter reichlich erscheint, ist nach neueren Untersuchungen Narbenflüssigkeit, die durch den vom Pilz ausgeübten Reiz reichlicher ausfließt. Die Sporen werden von Insekten, die dem Honigtau nachgehen, auf andere Blüten überführt und tragen hauptsächlich zur Verbreitung des Pilzes bei. Sie keimen unter günstigen Verhältnissen schon nach fünf bis sechs Stunden und das aus ihnen erwachsende Myzel schnürt bereits nach acht Tagen neue Konidien ab.

2. Das Sklerotium (vgl. oben, Fig. 93). Das zweite Entwicklungsstadium des Mutterkornpilzes geht aus der von Pilzfäden vollkommen durchsetzten und erfüllten Fruchtknotenbasis der Getreidepflanze hervor. Es entwickelt sich ein oft 2 cm und mehr langer Körper, der in seinem Innern aus einem pseudoparenchymatischen Pilzgewebe besteht, dessen Fäden dickwandig und mit fettem Öle erfüllt sind. Bedeckt ist dieser Kern von einer rötlichbraunen oft rissigen Rindenschicht. Man nennt solche Dauerzustände von Pilzen Sklerotien und kennt ähnliche aus sehr vielen verschiedenen Verwandtschaftsgruppen. Das Sklerotium von *Claviceps purpurea* Tul. ist das in den Apotheken gebräuchliche und allgemein bekannte „Mutterkorn“, das das giftige Ergotin enthält und dessen Genuß im Brot die Ursache der im Mittelalter als furchtbare Epidemien aufgetretenen „Kriebelkrankheit“ („St. Antoniusfeuer“) ist.



Fig. 266. Mutterkornpilz im ersten Entwicklungsstadium (Honigtau). Ein junges Sklerotium ist bedeckt mit schlauchförmigen Zellen, welche ovale Sporen abschnüren. (Nach Kny.)

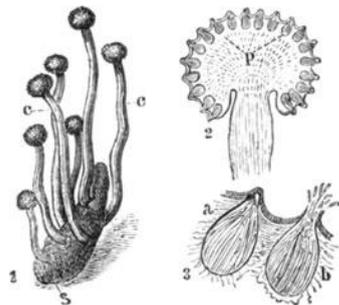


Fig. 267. Mutterkornpilz im dritten Entwicklungsstadium. 1. Sklerotium mit Pilzfrüchten (natürl. Größe). s Sklerotiumlager, c Früchte des Mutterkornpilzes (fruchtbares Pilzlager). 2. Ein Fruchtköpfchen vergrößert im Vertikaldurchschnitt, Fruchtbehälter [Perithezien (p)] zeigend. 3. Perithezium stark vergrößert, achtsporige Sporenschläuche enthaltend. a noch geschlossene Perithezie, b geöffnete Perithezie, Sporen auswerfend.

3. Der ausgebildete Pilz (Fig. 267). Das dritte und letzte Entwicklungsstadium tritt außerhalb des Bereiches der Getreideähre auf. Gelangt nämlich das Sklerotium auf feuchte Erde, so löst sich im Frühjahr von der violetten Oberflächenschicht hier und da ein Lappchen ab, und an den entblößten Stellen erscheinen weiße Knöpfchen, die sich später strecken, schmutzig-violett färben und je in einen langen Stil, sowie in einen rundlichen Kopf differenzieren¹⁾. Diese Form ist der eigentliche *Claviceps*, ein der Klasse der *Pyrenomyceten* angehöriger Pilz. Die Köpfchen sind dicht von Würzchen bedeckt und enthalten unter jedem Würzchen einen eiförmigen Frucht-

³⁾ Will man diese Keimung experimentell ausführen, so ist es von besonderem Vorteil, die Sklerotien im Freien zu überwintern, da sie viel leichter keimen, wenn sie vorher der Kälte und Feuchtigkeit des Winters ausgesetzt waren.

behälter (Perithezie), welcher mit zahlreichen, gegen den Scheitel konvergierenden, linienförmigen, achtsporigen Schläuchen (Sporenschläuchen) gefüllt ist. Bei der Reife öffnet sich jede Perithezie mit einem Loche inmitten des deckenden Wärczens. Aus dem oberen Ende des Sporenschlauches treten die fadenförmigen Sporen in Bündeln zusammenhängend aus und schieben sich durch die Perithezienöffnung nach außen. Ein Sklerotium kann 20—30 Fruchtheälter tragen, die mehr als eine Million Sporen entwickeln. Diese Sporen rufen auf Gräsern wieder Honigtau hervor.

Außer dem typischen *Claviceps purpurea* Tul. unterscheidet man noch einige nahe verwandte Arten, die auf Gräsern, z. B. *Molinia caerulea*, *Glyceria fluitans* u. a. vorkommen, die aber nicht auf die Getreidearten übergehen. Andererseits kann aber das Mutterkorn des Getreides eine Reihe von Gräsern infizieren, wobei besonders hervorzuheben ist, daß auch Fälle vorkommen wie *Anthoxanthum odoratum*, in denen nur der Honigtau, nicht aber das Mutterkorn gebildet wird. Natürlich ist dieser Honigtau für Getreide ebenfalls ansteckend. Erwiesen ist die Übertragbarkeit des Roggenmutterkorns auf *Anthoxanthum odoratum*, *Arrhenatherum elatius*, *Dactylis glomerata*, *Hordeum murinum*, *Festuca pratensis*, *Briza media*, *Poa pratensis*, *Bromus sterilis*, Weizen und Gerste sowie einige praktisch weniger in Betracht kommende Gramineen.

Die Bekämpfung des Mutterkornpilzes hat in der Weise zu geschehen, daß man die Ernte eines mit Mutterkorn befallenen Feldes möglichst frühzeitig vornimmt, um die Sklerotien nicht aus den Ähren ausfallen zu lassen; daß man die ausgedroschenen Mutterkorn-Sklerotien durch gründliches Putzen von den Getreidekörnern trennt und die Schädlinge tief eingräbt oder in die Jauchegruben schüttet, wo sie verfaulen. Ferner aber mähe man die in der Umgebung der Getreidefelder, z. B. an Rainen, vorhandenen wilden Gräser vor der Blüte, damit sich nicht von ihnen aus der Honigtau auf das Getreide verbreite.

Steinbrand des Weizens (Fig. 268 a, b, 269).

Der Steinbrand des Weizens wird hervorgerufen durch den zu den Ustilagineen gehörenden Pilz *Tilletia tritici* Wtr., bei uns seltener durch dessen nahen Verwandten *Tilletia laevis* Kühn. Die Er-

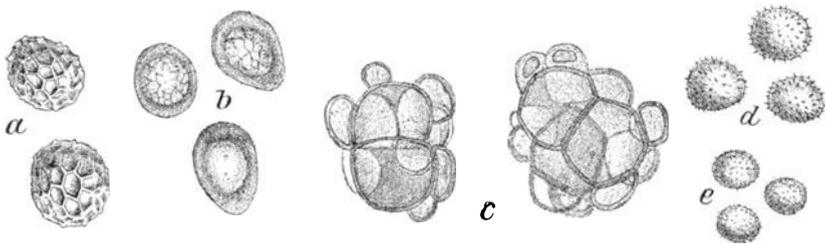


Fig. 268. Brandsporen von: a *Tilletia tritici*, b *T. laevis*, c *Urocystis occulta*, d *Ustilago maydis*, e *U. nuda*. ⁶⁰/₁.

scheinung der Krankheit besteht darin, daß die Ähren an Stelle der normalen Körner Brandkörner tragen. Diese sind ihrer Form nach meist kürzer und dicker wie die normalen, sind grauschwarz, und da sie dadurch dunkel durch die Spitzen schimmern, erscheint die ganze

Ähre meist etwas rauchgrau. Nicht immer sind aber alle Körner einer Ähre brandig, sondern häufig beschränkt sich die Erkrankung auf einzelne Körner. Angefüllt sind diese kranken Körner mit einem dunkelbraunen, sich fettig anfühlenden Pulver, das aus zahllosen Sporen des Pilzes besteht. Diese Sporen sind bei *Tilletia tritici* Wtr. (Fig. 268, a) von netzig angeordneten Leisten besetzt, die den Rand des Kornes unter dem Mikroskop gezähnt erscheinen lassen; diejenigen von *T. laevis* Kühn (Fig. 268, b) sind glatt; beide riechen, besonders zwischen den Fingern gerieben, unangenehm nach Heringslake (Trimethylamin). Bringt man die Sporen in Wasser ohne Nährstoffe, so keimen sie in 4 bis 5 Tagen mit einem langen, kräftigen Keimschlauch, der erst wenn er an die Luft kommt Konidien entwickelt. In feuchter Luft oder in feuchter Erde wird nur ein kurzer Träger ausgebildet, an dessen Scheitel ein Kranz von Konidien („Kranzkörperchen“) entsteht. Häufig sind diese Konidien zu zweien durch eine Brücke verbunden. Diese Konidien keimen ihrerseits wieder und können entweder die Weizenpflanze direkt infizieren oder aber sie bilden sekundäre Konidien, die die Infektion vermitteln. Diese verschiedenen Stadien sind in Fig. 269 abgebildet.

Die Übertragung des Pilzes kommt in der Weise zustande, daß die Brandkörner, die vor der Ernte nicht ausfallen, mit gedroschen werden und dabei ausstäuben. Die Sporen setzen sich an den Weizenkörnern fest und gelangen so wieder auf das Feld. Dort keimen sie gleichzeitig mit den Saatkörnern, die Keimschläuche ihrer Konidien wachsen in die Keimlinge hinein und leben in den heranwachsenden Pflanzen weiter, bis sie gleichzeitig mit ihrem Wirte ihre Fortpflanzungsorgane bilden.

Ob Weizen Sporen von Steinbrand enthält, erkennt man entweder an den beigemischten Brandkörnern, geringere Infektionen aber dadurch, daß man eine Probe Weizen mit Wasser ausschüttelt, das Wasser zentrifugiert und den Zentrifugenschlamm auf das Vorhandensein von Sporen mikroskopisch untersucht. Auf diese Weise lassen sich noch die geringsten Beimengungen feststellen.

Aus diesem Überblick über die Lebensweise des Pilzes ergibt sich seine Bekämpfung, die darin besteht, daß man das Saatgut von den anhaftenden Stein-

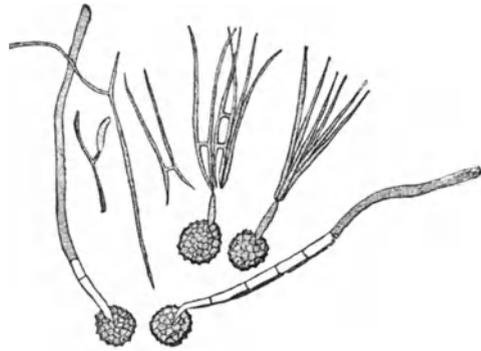


Fig. 269. *Tilletia tritici*. Unten, rechts und links, zwei Sporen, die im Wasser lange Keimschläuche getrieben haben; oben rechts zwei Sporen, die in feuchter Luft kurze Träger entwickelt haben, an denen die meist zu zweien verbundenen Konidien in kranzförmiger Anordnung stehen. Links davon ein solches Paar, dann weiter eine einzelne gekeimte Konidie und endlich eine Tochterkonidie an einem aus einer Primärkonidie entwickelten Myzelstück.

(Nach v. Tubeuf.) 200/1.

brandsporen befreit. Die üblichsten Mittel sind das Beizen des Saatgutes mit Kupfervitriollösung unter nachfolgender Kalkung, das Beizen mit 0,1 prozentiger Formaldehydlösung ($\frac{1}{4}$ Stunde lang), oder 0,25 prozentiger Usipulunlösung, das Bekrusten mit Bordelaiser Brühe und die Heißwasserbehandlung, wobei das Saatgut zehn Minuten lang in Wasser von etwa 55% gehalten wird. Wichtig ist bei Anwendung aller dieser Mittel, viel Flüssigkeit zu verwenden und alle aufsteigenden Brandkörner abzuschöpfen, da die geschlossenen Brandkörner nicht immer sicher abgetötet werden und noch zu Infektionen Anlaß geben können.

Flug- oder Staubbrand des Getreides (Fig. 268 e).

Während man früher den Flugbrand der verschiedenen Getreidearten als eine einheitliche Art (*Ustilago carbo* Tul.) auffaßte, unterscheidet man jetzt eine ganze Reihe von Formen, die sich zum Teil morphologisch und biologisch so verschieden verhalten, daß sie als gute Arten angesehen werden müssen. Die hauptsächlichsten sind: *U. tritici* Jens., *U. avenae* Jens. und *U. nuda* (Jens.) Kellerm. et Sw., von denen die beiden ersten auf die in ihrem Namen zum Ausdruck kommenden Nährpflanzen, die letzte auf Gerste beschränkt ist.

Von dem Steinbrand des Weizens unterscheiden sich die Flugbrandarten dadurch, daß sie schon während des Sommers die Umhüllung des Kornes zerstören und ausstäuben.

Biologisch zerfallen sie in zwei Gruppen, nämlich die mit Blüteninfektion und die mit Keimlingsinfektion. Die Angehörigen der ersten Gruppe keimen mit einfachem Myzel, die der letzteren mit einem konidientwickelnden Promyzel. Zu der ersteren gehören *U. tritici* Jens. und *U. nuda* (Jens.) Kellerm. et Sw., zu letzterer *U. avenae* Jens.

Die Blüteninfektion besteht darin, daß die Sporen in die Blüte hineinstäuben, sofort keimen und ihre Keimschläuche durch den Griffel in den Fruchtknoten hineinsenden. Dieser wird zunächst nicht geschädigt, sondern reift zu einem scheinbar gesunden Korn heran. In diesem läßt sich jedoch Myzel nachweisen, und zwar befindet es sich hauptsächlich im Schildchen, von wo es bei der Keimung in das dem Vegetationspunkt zunächst gelegene Gewebe hineinwächst. Im Schildchen ist es meist in Nestern vorhanden und stellt kurze, unregelmäßig gewundene, dicke Fadenstücke dar, die interzellulär wachsen; in dem Keimling findet es sich dann, besonders in der Nähe der Gefäßbündel, reichlicher. In der heranwachsenden Pflanze entwickelt sich das Myzel weiter und schreitet in den Blütenständen des Weizens bzw. der Gerste zur Sporenbildung, wobei es diese in die bekannten schwärzlichen, mit den abstäubenden Sporen bedeckten Brandähren verwandelt.

Die Keimlingsinfektion ist beim Flugbrande des Hafers die gewöhnliche Vermehrungsart; zwar ist auch *Ustilago avenae* Jens. vielleicht befähigt, Blüteninfektion hervorzurufen, doch haften seine Sporen im allgemeinen den Samen äußerlich oder zwischen den Spelzen an, um erst bei der Aussaat zu keimen und in den Keimling einzudringen. Diese Art keimt mit einem kurzen Promyzel, an dem sich reichlich Konidien entwickeln; diese vermehren sich entweder durch

Sprossung hefeartig oder treiben einen Keimschlauch. Im übrigen verläuft das Leben des Pilzes in der Pflanze wie bei den übrigen Brandarten.

In ihrer ganzen Biologie schließen sich dem Haferflugbrand der Hart- oder Schwarzbrand der Gerste (*Ustilago hordei* Belf.) und der gedeckte Haferbrand (*Ustilago laevis* [Kellerm. et Sw.] Magn.) eng an, deren Sporen erst nach der Blütezeit reif werden, weshalb diese beiden Arten völlig auf eine Keimlingsinfektion angewiesen sind.

Für die Untersuchung der verschiedenen hier erwähnten Brandarten sei darauf hingewiesen, daß *Ustilago tritici* Jens. und *nuda* (Kellerm. et Sw.) Magn. ihre Keimfähigkeit nur wenige Monate behalten, während die anderen Arten bei trockener Aufbewahrung mindestens ein Jahr lang völlig normal keimen.

Die Bekämpfung des Flugbrandes von Weizen und Gerste wird in der Weise durchgeführt, daß das Saatgut zunächst 4 Stunden in Wasser von 20—30° eingequollen wird und dann entweder 7—10 Minuten mit Wasser von 50—52° oder auf Trockenapparaten so weit behandelt wird, daß es ungefähr dieselbe Zeit die gleiche Temperatur annimmt.

Im übrigen sei auf die Tabelle auf Seite 228 verwiesen.

Maisbrand (Fig. 268, d).

An den verschiedensten Stellen der Maispflanze findet man häufig Beulen von verschiedenster Größe, die mit einer weißgrau glänzenden Haut überzogen und mit einem braunschwarzen Pulver angefüllt sind. An den Stengelteilen erreichen diese Brandbeulen oft die Größe eines Kinderkopfes, während sie an einzelnen Blütenteilen nur haselnußgroß und noch kleiner sind. Die Sporen des Pilzes (*Ustilago Maydis* Tul.), der diese Krankheit verursacht, sind mehr oder weniger rund mit einem Durchmesser von 9—12 μ und dicht mit Stacheln bedeckt. Die Infektion kommt nicht nur durch Sporen, die dem Samen anhaften, zustande, sondern erfolgt auch an allen jüngsten Teilen, wie in den Scheiden wachsender Stengel, in den Blüten, an den Vegetationspunkten usw., wenn dort Sporen auffliegen.

Soweit durchführbar, sollte man alle Beulen ausschneiden; auch ist eine Beizung des Saatgutes mit Kupfervitriollösung und eine Vermeidung frischen Dunges anzuraten.

Roggenstengelbrand (Fig. 268, c).

Der Roggenstengelbrand, hervorgerufen durch *Urocystis occulta* Rbh., tritt da und dort häufig auf. Er schädigt die Roggenpflanzen dadurch, daß er den Stengel und die in der Entwicklung begriffenen Ähren zerstört. Das Myzel, das sich nach der bei der Keimung des Saatkorns erfolgenden Infektion in der Nährpflanze entwickelt, bringt seine Sporen in Massen in den verschiedensten Teilen des Stengels und der Blätter hervor. Diese Stellen erscheinen als grauschwarz durchschimmernde, etwas verdickte Streifen, die später aufplatzen und die Sporen verstäuben. Die Sporenknäuel bestehen

Übersicht über die hauptsächlichsten Brandarten unserer Getreidearten.

Getreideart	Art des Brandes	Name des Erregers	Beschaffenheit der Sporen	Keimung der Sporen	Farbe der Sporenmassen	Freiwerden der Sporenmassen	Art der Infektion	Bekämpfung
Weizen	Flugbrand	<i>Ustilago tritici</i>	kuglig, fein bewarzt	direkt mit Myzel (ohne Konidien) auskeimend	braun	zur Blütezeit	Blüteninfektion	Benutzung brandfreien Saatguts Heißwasser- oder Heißluftbehandlung nach Vorquellen (für den Züchter: rechtzeitiges Ausreißen der Brandpflanzen, isolierte Zucht brandfreier Pflanzen)
	Steinbrand	<i>Tilletia tritici</i> (a) und <i>Tilletia laevis</i> (b)	a) kuglig, durch erhabene Leisten gefeldert b) unregelmäßig, kuglig, glatt	mit Promyzel und Konidien (Kranzkörperchen)	schwarzbraun	beim Drusch	Keimlingsinfektion	Beizung des Saatguts
Gerste	Flugbrand	<i>Ustilago nuda</i>	kuglig, fein bewarzt	direkt mit Myzel (ohne Konidien) auskeimend	braun	zur Blütezeit	Blüteninfektion	Benutzung brandfreien Saatguts Heißwasser- oder Heißluftbehandlung nach Vorquellen (für den Züchter: rechtzeitiges Ausreißen der Brandpflanzen, isolierte Zucht brandfreier Pflanzen)
	Hart- oder Schwarzbrand	<i>Ustilago hordei</i>	unregelmäßig, kuglig, glatt	mit Promyzel und Konidien	schwärzlich	beim Drusch	Keimlingsinfektion	Beizung des Saatguts
Hafer	Flugbrand	<i>Ustilago avenae</i>	kuglig, fein bewarzt	mit Promyzel und Konidien	braun	zur Blütezeit	Keimlingsinfektion	Beizung des Saatguts
	gedeckter Haferbrand	<i>Ustilago laevis</i>	unregelmäßig, kuglig, glatt	mit Promyzel und Konidien	schwärzlich	beim Drusch	Keimlingsinfektion	Beizung des Saatguts

meist aus ein bis drei dunkleren Hauptsporen und zahlreichen helleren Nebensporen (Fig. 268, c). Die inneren Sporen keimen leicht im Wasser zu einem kurzen Myzelstück aus, das am Ende mehrere zylindrische Konidien entwickelt. Diese Konidien keimen meist am unteren Teile seitlich aus.

Die Bekämpfung des Roggenstengelbrandes gelingt leicht mit denselben Methoden wie des Weizensteinbrandes.

Getreiderost (Fig. 270—276).

Der Rost der Getreidearten wird von verschiedenen naheverwandten Pilzen hervorgerufen, von denen die häufigsten sind: *Puccinia graminis* Pers. (Schwarzrost), *P. dispersa* Eriks. et Henn. (Braunrost), *P. triticina* Eriks. (Weizenrost), *P. glumarum* Eriks. et Henn. (Gelbrost), *P. simplex* Eriks. et Henn. (Zwergrost), *P. coronata* Eriks. et Henn. (Kronenrost).



Fig. 270. Blatt mit Uredosporenhäufchen. (Nach Erikson.)

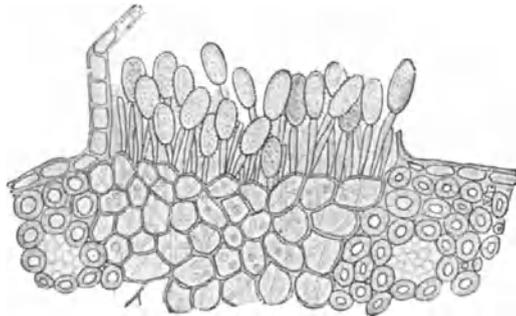


Fig. 271. Uredosporenlager von *Puccinia graminis* auf einem Roggenblatt. 250/1.

Ihren Namen haben die Rostpilze daher, daß sie als rostrote Flecke oder Pusteln an den befallenen Getreidepflanzen erscheinen. Die Pilzfäden durchziehen erst das Gewebe der Nährpflanzen, durchbrechen dann aber in dicht geknäuelten Massen die Epidermis derselben und bilden nun erhabene, staubige Häufchen. Sieht man sich eines derselben von der häufigsten Art, *P. graminis* Pers., im Frühsommer an, so findet man (vgl. Fig. 271), daß dieselben gebildet werden von elliptischen, dünnwandigen Zellen ohne Scheidewand, mit feinstacheliger Membran, die auf dünnen Stielchen stehen. Diese Sporen, die als Uredosporen bezeichnet werden, sind sofort keimfähig und verbreiten die Krankheit, wenn sie vom Wind fortgeführt werden, über weite Strecken der Getreidefelder.

Später im Jahre bilden dann dieselben Pusteln, die erst Uredosporen hervorgebracht hatten, dickwandige, zweizellige Sporen (Fig. 273);

diese sind nicht sofort keimfähig, sondern haben den Beruf, den Pilz durch den Winter zu bringen. Solche Sporen werden als Teleutosporen bezeichnet.

Im Frühjahr keimen die Teleutosporen in der Weise aus (vgl. Fig. 275), daß sie durch vorgebildete Keimporen dicke, mit Scheidewänden versehene Schläuche (Promycelien) herausenden, an denen auf dünnen Fädchen (Sterigmen) kleine dünnwandige Sporen (Sporidien, *sp*) entstehen.

Diese Sporidien der *Puccinia graminis* Pers. keimen nun nicht wieder auf Gräsern, sondern sie kommen nur zur Entwicklung, wenn sie auf die Blätter des Berberitzen-Strauches (*Berberis vulgaris* L.) gelangen. Hier dringen sie ein und bilden dichte Fadengeflechte, die bald wieder als rote Pusteln erscheinen und zweierlei verschiedene Fruchtbildungen erzeugen. Auf der Oberseite der Blätter (vgl. Fig. 276b) entstehen krugförmige Behälter, die kleinste Zellchen (Spermatien) hervorbringen. Die Bedeutung dieser Spermatien ist noch unbekannt. Auf der Unterseite dagegen entwickeln sich größere Becher, die in Reihen dicht gedrängt die Aecidium-Sporen hervorbringen. Diese Aecidium-Sporen sind nur auf Gräsern keimfähig und bringen von neuem die Uredo-Sporenformen hervor.

Fig. 272. Stengel mit Teleutosporenhäufchen. (Nach Erikson.)



Wie bei keiner anderen Pilzgruppe ist hier die Spezialisierung entwickelt und studiert. So unterscheidet man zurzeit, um bei dem Beispiele von *P. graminis* Pers. zu bleiben, folgende biologische Formen dieser Art: *P. graminis Secalis*, *P. gr. Triticici*, *P. gr. Avenae*, *P. gr. Airae*, *P. gr. Agrostis*, *P. gr. Poae* — von denen allen durch Experimente nachgewiesen ist, daß sie verschiedene Gruppen Nährpflanzen für die morphologisch nicht unterscheidbaren Uredosporengenerationen haben.

Wie *Puccinia graminis* Pers. für ihr Aecidium die Berberitze, so

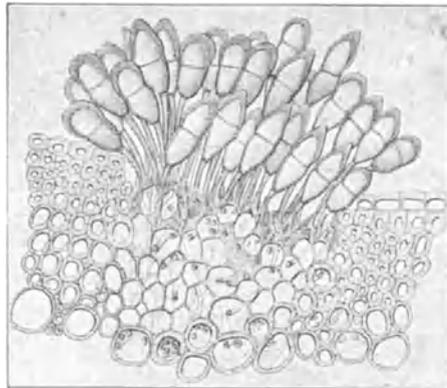


Fig. 273. Teleutosporenlager von *Puccinia graminis* auf einem Roggenstengel. ¹⁷⁰/₁.

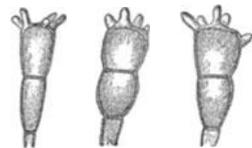


Fig. 274. Teleutosporen von *Puccinia coronata*. ³⁰⁰/₁.

benutzt *P. dispersa* Eriks. et Henn. *Anchusa arvensis* L. und *A. officinalis* L.; *P. coronata* Kleb. hat ihr Aecidium auf *Rhamnus cathartica* L.

Die wichtigsten Unterscheidungsmerkmale der Getreideroste.

	Uredo- und Teleutoform auf	Äzidenform auf	Aussehen der		Aussehen der		Die Teleutospore keimt
			Uredolager	Teleutolager	Uredosporen	Teleutosporen	
1. <i>P. graminis</i> Schwarzrost	Roggen Gerste Weizen Hafer	Berberis vulg.	2 bis 3 mm lang, beim Zusammenfließen bis 1 cm lang, strichförmig, braun bis ockerfarben	schwarzbraun, strichförmig zusammenfließend, bisweilen bedeckt bleibend, meist kohlig, pulverig	länglich, stachelig, hellbräunlich, meist 4 Keimsporen oder spitzer Spitze	langgestielt, spindel- oder keulenförmig, etwas eingeschn., kastanienbr., mit verdickter runder oder spitzer Spitze	Frühjahr
2. <i>P. dispersa</i> Braunrost	Roggen	Anchusa arvensis und officinalis	1 bis 1,5 mm lang, ordnungslos, braun bis ockerfarben	von der Epidermis bedeckt bleibend, glänzend, zerstreut, schwarz, meist blattunterseits	kugelig bis ellipsoide, stachelig, gelb, 8 bis 10 Keimsporen	kurzgestielt, keulenförmig, unsymmetrisch	Herbst Keimschl. farblos
3. <i>P. triticea</i> Weizenrost (Braunrost des Weizens)	Weizen	unbekannt	1 bis 1,5 mm (an Keimpflanzen im Herbst bis 2 mm), braunockerfarben, ordnungslos	von der Epidermis bedeckt bleibend, zerstreut	kugelig bis ellipsoide, Keimschl. dunkelrot	wie bei <i>dispersa</i>	Herbst Keimschl. farblos
4. <i>P. glumarum</i> Gelbrost	Weizen Roggen Gerste	unbekannt	0,5 bis 1 mm lang, linienförmig geordnet und oft zusammenfließend, zitronengelb	von der Epidermis bedeckt bleibend, besonders auf den Blattscheiden, lange, feine, braune bis schwarze Striche bildend	kugelig bis kurz elliptisch, stachelig, gelb, heller rot	kurz gestielt, unsymmetrisch keulenförmig abgeflacht oder mit zwei seitlichen Hörnern	Herbst Keimschl. gelb
5. <i>P. simplex</i> Zwergrost	Gerste	unbekannt	0,3 bis 0,5 mm lang, 0,1 bis 0,2 breit, ordnungslos, zitronengelb	von der Epidermis bedeckt bleibend, äußerst klein, punktförmig	kugelig bis kurz elliptisch, gelb	gestielt, meist einzellig, asymmetrisch, sackähnlich, abgestutzt oder zugespitzt	Frühjahr Keimschl. dick
6. <i>P. coronifera</i> Kronenrost	Hafer	Rhamnus cathartica (nicht auf R. frangula)	lebhaft orangefarben, Epidermis blasenartig abhebend	Lager seitlich mehr oder weniger zusammenfließend, ring- oder rautenförmige Fig. bildend, lange (bis Frühjahr) von der Epidermis bedeckt bleibend	kugelig bis kurz ellipsoide, gelb, stachelig, 10 Keimsporen	mit nach Zahl und Form wechselnden Krönchenfortsätzen	Frühjahr

Zu den übrigen Arten ist bis jetzt ein *Aecidium* noch nicht bekannt geworden. Die früher als Zwischenformen der Getreideroste angesprochenen *Aecidien* auf *Symphytum* und *Pulmonaria* gehören zu dem auf *Bromus*-Arten beschränkten Braunrost (*P. Symphyti Bromorum* F. Müll.). — Einen Überblick über die Unterscheidungsmerkmale der einzelnen Getreiderostarten gibt die S. 231 abgedruckte Tabelle.



Fig. 275. Keimende Teleospore mit Promyzelien, welche Sporidien (*sp*) abschnüren. Vergr. 400/1.

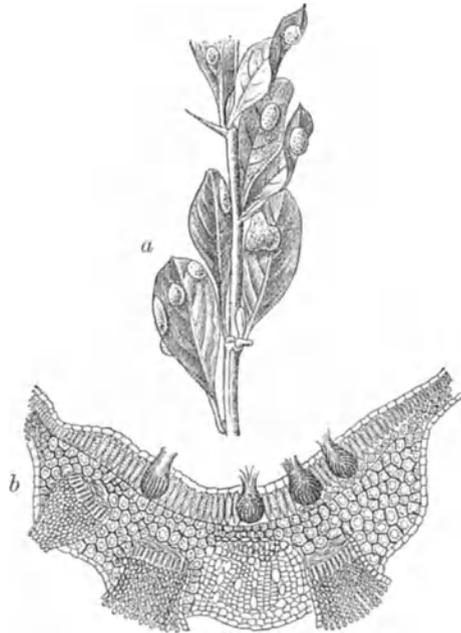


Fig. 276. *Puccinia graminis*. *a* Aecidien auf einem Zweig von *Berberis vulgaris*; *b* Durchschnitt durch ein solches Aecidium, nach oben die Spermatienbehälter, nach unten die Sporenbecher. (Nach Sorauer.)

Bei Bekämpfung der Rostkrankheit ist man auf große Schwierigkeiten gestoßen. Die Verbreitung der *P. graminis* Pers. kann zwar durch Wegschaffen der *Berberis*-Sträucher eingedämmt werden; dies ist aber bei *P. dispersa* Eriks. et Henn. nicht der Fall, weil deren *Aecidium*form auf verbreiteten Ackerunkräutern vorkommt. Man hat als Aushilfsmittel mit Aussicht auf Erfolg von der Tatsache Gebrauch gemacht, daß manche Getreidesorten dem Rost starken Widerstand leisten bzw. von demselben nur wenig ergriffen werden und baut daher in gefährdeten Lagen nur solche Sorten.

Gitterrost der Birnbäume (Fig. 277—279).

Im Sommer, etwa August, findet man auf den Blättern von Birnbäumen häufig große orangerote Flecke (*Röstelia*-Form von *Gymnosporangium sabiniae* Wint.), die auf der Oberseite kleine schwarze Pünktchen zeigen; beobachtet man diese Flecke weiter, so sieht man im September auf der Blattunterseite Verdickungen, aus denen kegel-

förmige Fruchtbecherchen (Aecidien) herausragen, die von einer gitterförmig durchbrochenen Haube (Peridie) bedeckt sind (Fig. 277a). Auf

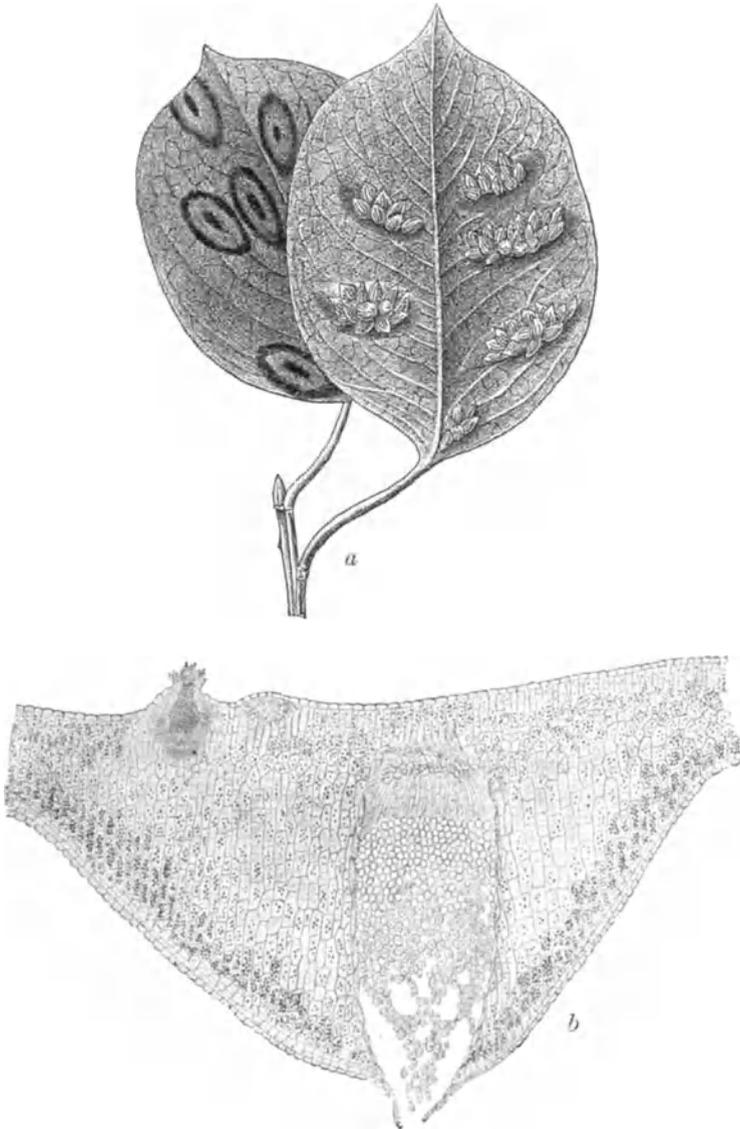


Fig. 277. *Gynnosporangium sabinæ*. a Birnblätter mit Aecidien (nach Sorauer); b Querschnitt durch ein krankes Blatt; links oben Pyknide, nach unten Aecidium. ⁵⁰/₁.

einem Querschnitt (Fig. 277b) durch eine solche Stelle erkennt man, daß die schwarzen Punkte krugförmige eingesenkte Behälter (Pykni-

den) sind, deren Inneres mit sehr kleinen Sporen angefüllt ist. Auch in den Äzidien werden zahlreiche Sporen gebildet, die bei der Reife durch das Gitter der Peridien ins Freie gelangen. Beim Präparieren fällt die Haube leicht ab.

Außer diesen beiden Fruchtformen gehört zu unserem Pilze noch eine dritte, welche auf dem Sadebaum (*Juniperus sabina* L.) zur Entwicklung gelangt. An Zweigverdickungen desselben kommen im Frühling anfangs braune Köpfcchen hervor, die bei feuchtem Wetter gallertartig verquellen (Fig. 278).



Fig. 278. Teleutosporenlager von *Gymnosporangium sabinae*. Verkleinert. (Nach v. Tubeuf.)

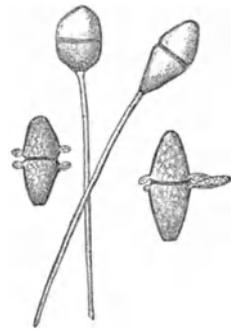


Fig. 279. Teleutosporen von *Gymnosporangium sabinae*. ³⁵⁰/₁.

Die Gallertmasse besteht aus den langen, sehr leicht quellenden Stielen der Teleutosporen (Fig. 279), die bei trockenem Wetter abstäuben. Die Teleutosporen sind zweizellig, teils dünnwandig, teils dickwandig und haben vier Keimporen; sie keimen zu kurzen Promyzelien (Basidien) aus, die ihrerseits wieder Sporen (Sporidien) tragen. Diese letzteren gelangen auf die Birnblätter und erzeugen dort wieder den Gitterrost.

Aus dieser Lebensgeschichte des Pilzes leitet sich die Bekämpfung der Krankheit ab, die in der Weise durchzuführen ist, daß man alle Sadeebäume aus der Nähe der Birnbäume entfernt.

Fleckenkrankheit der Bohnen (Fig. 280).

An den noch grünen, unreifen Hülsen, manchmal auch auf den Stengeln der Busch- und Stangenbohnen, treten oft eingesunkene, braune Flecke von verschiedener Größe auf. Die Flecke sind meist von ovaler, oft auch langgestreckter Gestalt und anfangs rostbraun.

Später sinkt das Gewebe ein, wird schwarzbraun und bedeckt sich mit kleinen, hellgrauen Punkten. Diese Punkte sind die Fruchtkörper eines sehr schädlichen, parasitären Pilzes: *Gloeosporium Lindemuthianum* Sacc. et Magn. Sie erweisen sich mit dem Mikroskop betrachtet als Konidienlager, die die Kutikula des gebräunten und zusammengeschrumpften Gewebes gesprengt haben und aus einem flachen Hyphengeflecht mit kurzen, vertikal gestellten Konidienträgern bestehen, an deren Enden Konidien abgeschnürt werden. Letztere sind einzellig, farblos, länglich-oval, von verschiedener Länge, zuweilen etwas gekrümmt. Zwischen den Konidienträgern findet sich hier und

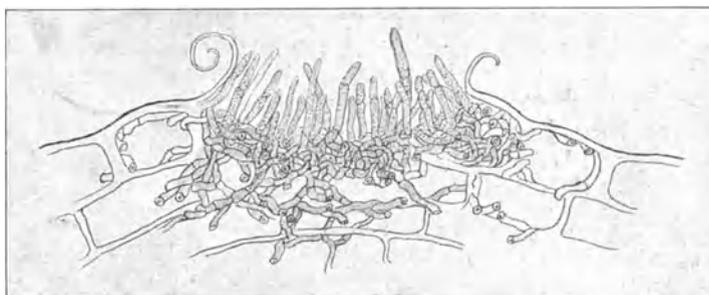


Fig. 280. *Gloeosporium Lindemuthianum*. Querschnitt durch ein Konidienlager. $\frac{250}{1}$.

da eine vereinzelte, etwas weiter aus dem Konidienlager herausragende, borstenförmige Hyphe, weshalb man den Pilz auch vielfach zur Gattung *Colletotrichum* stellt. Mittels der Konidien verbreitet sich der Pilz und damit die Krankheit in feuchten Sommern sehr rasch. Das ganze abgestorbene Gewebe der Hülse ist von den Hyphen durchwuchert. Nicht selten geht die Erkrankung auch auf die in der Hülse befindlichen Samen über. Der Wert der Hülsen, sofern dieselben als Schnittbohnen benutzt werden sollen, wird durch den Befall wesentlich herabgemindert. Durch die vom Pilz infizierten Samen pflanzt sich die Krankheit, durch feuchtes Wetter begünstigt, im nächsten Jahre fort und führt häufig zum Absterben der ganzen Pflanzen.

Um dem Übel vorzubeugen, ist daher in erster Linie darauf zu achten, nur gesundes Saatgut zu verwenden. Auch verhalten sich anscheinend die Sorten verschieden.

Moniliakrankheit der Obstbäume (Fig. 281, 282).

An Äpfeln und Birnen treten im Herbst häufig Faulstellen auf, aus denen in konzentrischen Kreisen gelblich-graue Pilzpolster hervorbrechen. Auch eine sogenannte Schwarzfäule, bei der sich unter der Fruchtschale ein schwarzes Pilzstroma entwickelt, wird meist durch *Monilia* verursacht, doch kommen hierbei keine Konidien zur Entwicklung. Die erkrankten Früchte schrumpfen mit der Zeit mumien-

artig ein und bilden dann echte Sklerotien, aus denen eine höhere Fruchtform (*Sclerotinia*) hervorgeht. Die erwähnten Pilzpolster lassen sich unter dem Mikroskop als Bündel von Konidien abschnürenden Myzelästen erkennen. Die eiförmigen Konidien werden in Ketten gebildet und sind, abgefallen, sofort wieder keimfähig (Fig. 282).

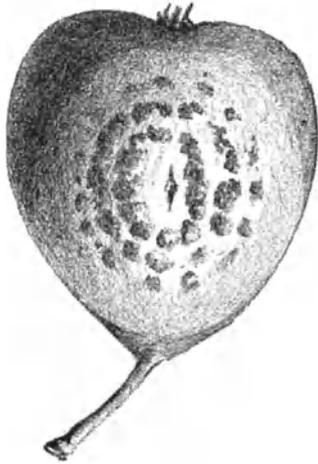


Fig. 281. Birne mit ringförmig angeordneten Pilzpolstern von *Monilia fructigena*. (Nach Aderhold.)

Außer der beschriebenen Art gibt es eine ihr sehr nahe verwandte, die vorwiegend auf Steinobst vorkommt, die *Monilia cinerea* Bon. Dieselbe macht ganz ähnliche Fäulniserscheinungen, geht aber auch auf Blüten und Zweige über. Charakteristisch ist dabei, daß die befallenen Blüten und Blätter sehr rasch braun werden und, am Baume verbleibend, eintrocknen.

Als hauptsächlichstes Vorbeugungsmittel gegen Moniliaschäden ist das sorgfältige Sammeln und Vernichten aller *Monilia*-faulen Früchte und Fruchtmassen zu betrachten.

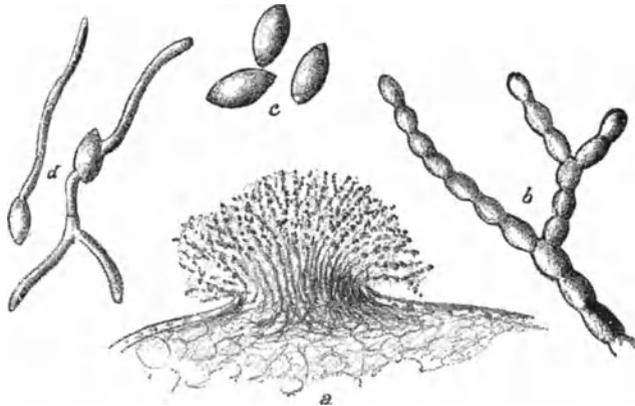


Fig. 282. *Monilia*. a Myzelbündel. b Myzelast, in Konidien zerfallend; $300\times$. c Konidien; $350\times$. d Keimung der Konidien; $300\times$. (Nach Aderhold.)

Schorf- oder Fusicladiumkrankheit des Kernobstes (Fig. 283—284)

wird durch zwei nahe verwandte Pilze hervorgerufen. An den Äpfeln wird die Krankheit durch *Fusicladium dendriticum* Fuck., an den Birnen durch *F. pyrinum* Fuck. erzeugt. Beide Pilze treten während des Sommers hauptsächlich auf den Blättern und Früchten auf in Form von rundlichen, ruß- oder samtartigen, grünlich-schwarzen Flecken, die an ihrem Rande eine mehr oder weniger deutlich dendritische Zeichnung erkennen lassen. *Fusicladium pyrinum* Fuck., seltener

dendriticum Fuck., befällt auch oft die jungen Triebe, wobei die Rinde grindige Stellen erhält, infolge deren stark befallene Zweige nicht selten gänzlich absterben. Die Äpfel und Birnen werden durch die Schorfflecke unansehnlich (Fig. 283), erhalten zuweilen Risse, erlangen oft nicht die gewünschte Größe und bleiben dann hart, wodurch ihr Wert mehr oder weniger herabgemindert wird. Gewisse Winterbirnen, z. B. die bekannte Grumbkower Birne, haben besonders stark unter dem *Fusicladium* zu leiden. — Mittels des Mikroskops läßt sich leicht feststellen, daß sich an den schwarzen Schorfflecken in der äußersten

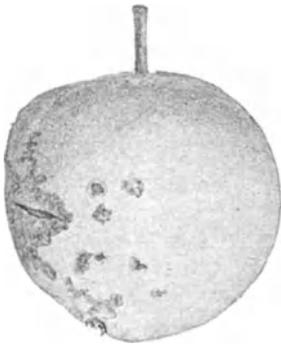
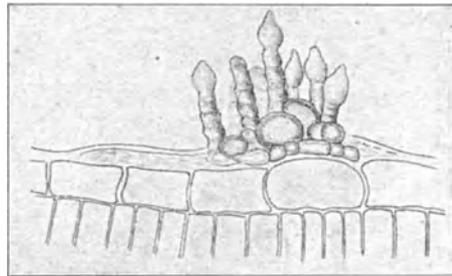
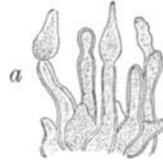


Fig. 283. *Fusicladium dendriticum*.
Schorfger Apfel.



b

Fig. 284. Konidien von *Fusicladium dendriticum*. a von der Schale eines Apfels abgekratzt (nach Sorauer); b Schnitt durch einen Blattfleck. $\frac{500}{1}$.

Zellschicht ein dichtes Pilzfadengeflecht findet, von dem sich kurze, knorrig, bräunliche Konidienträger erheben. Die Konidienträger produzieren unregelmäßig verkehrt birnförmige, ein- bis zweizellige, bräunliche Sporen, mittels deren sich der Pilz während der Sommermonate rasch verbreitet (Fig. 284). Die Pilzfäden dringen nicht tiefer in das Fruchtfleisch ein. Letzteres erzeugt unterhalb des Flecks eine Korkschicht, durch die das infizierte Gewebe von dem gesunden Fruchtfleisch abgegrenzt wird. Auf den abgefallenen, infizierten Blättern entwickelt der Pilz im Frühjahr mit Borsten versehene Perithezien, die zur Gattung *Venturia* gehören. Dieselben enthalten Schläuche mit je acht grünlichen, meist zweizelligen Sporen.

Zur Verhütung der Krankheit empfiehlt sich, die grindigen Zweige abzuschneiden und zu verbrennen, die abgefallenen Blätter während des Winters unterzugraben und ferner sachgemäßes Bespritzen der Obstbäume mit zwei- bzw. einprozentiger Kupferkalkbrühe.

Schwärze des Getreides (Fig. 285).

Auf abgestorbenen oder aber absterbenden Pflanzenteilen, hauptsächlich krautigen Stengeln und Blättern, findet man sehr häufig

grünlichbraune bis schwarzbraune samtartige oder rußähnliche Pilzvegetationen. Dieselben werden von *Cladosporium herbarum* Lk. gebildet. Dieser Pilz lebt meist saprophytisch. Es ist indes nachgewiesen, daß er auch pathogen aufzutreten und verschiedenen Kulturpflanzen schädlich zu werden vermag. Die als „Schwärze“ bekannte Krankheitserscheinung des Getreides wird durch *Cladosporium* verursacht. Es treten hierbei — durch ungünstige Witterung, namentlich andauernd feuchtes Wetter, befördert — auf den Stengeln, Blättern und Ähren des reifen oder fast reifen Getreides schwärzliche Überzüge auf. Zuweilen geht der Pilz auch auf die Körner über. Die Behauptung, daß solche von *Cladosporium* befallenen Getreidekörner („Tauselgetreide“) beim Verfüttern an das Vieh Vergiftungen hervorrufen, scheint nach neueren Erfahrungen unbegründet zu sein. — Der Pilz wächst in den oberflächlichen Zellschichten der befallenen Pflanzenteile in Form von dicken, kurzgliedrigen, graubraunen Hyphen.



Fig. 285. *Cladosporium herbarum*. Das Parenchymgewebe, wie auch die Epidermiszellen sind nach allen Richtungen von Myzel durchzogen. An einer Stelle brechen zahlreiche unregelmäßige Konidienträger hervor.^{150/1}. Links oben einige stärker vergrößerte Sporen.

Die Pilzfäden dringen aber auch in die tieferliegenden Gewebeschichten ein, sind hier jedoch ungefärbt. Aus der Oberhaut der Wirtspflanze brechen die Fruktifikationsorgane des Pilzes hervor. Dieselben bestehen aus knorrigen, braunen septierten

Konidienträgern, von denen meist mehrere zu Bündeln vereinigt sind und häufig aus einer knollenartigen Hyphenanhäufung herauswachsen (Fig. 285). Die Konidienträger schnüren an ihren Enden und an seitlichen Höckern Sporen ab. Letztere sind graubraun, mehr oder weniger oval, zwei- bis vierzellig, zuweilen auch einzellig. Ihre mäßig dicke Membran ist mit äußerst feinen Stacheln besetzt. Außer dieser gewöhnlich auftretenden Konidienfruktifikation kommen noch andere Fruchtformen des Pilzes vor, die man teils der Gattung *Pleospora*, teils *Sphaerella* zugerechnet hat. Ihre Zugehörigkeit zu *Cladosporium* ist indes noch nicht in befriedigender Weise erforscht.

Welkekrankheiten der Leguminosen (Fig. 286).

Bei verschiedenen Leguminosen, besonders den Erbsen, Lupinen und Ackerbohnen kann man im Sommer ein auffallendes Abwelken beobachten, mit dem bei Lupinen häufig ein Abwerfen der Teilblättchen verbunden ist. Bei der Untersuchung der Pflanzen findet sich die Stengelbasis braun verfärbt und häufig mit Rissen versehen.

Schneidet man den Stengel der Länge nach auf, so sieht man, daß die Gefäßbündel gebräunt sind. Auf Längs- und Querschnitten ist in diesen verfärbten Gefäßen mehr oder weniger reichlich Myzel sichtbar, das man häufig bis in die Blattstiele und Blattrippen verfolgen kann. In älteren Stengeln findet sich das Myzel auch vielfach außerhalb der Gefäße in dem umgebenden Parenchymgewebe. Legt man Abschnitte solcher Stengel feucht, so wächst das Myzel in kürzester Zeit heraus und bildet die für die Sammelgattung *Fusarium* typischen spindel- oder sichelförmige Konidien (vgl. Fig. 306). Je nach der Art — die Krankheit kann durch verschiedene, systematisch schwer unterscheidbare Arten hervorgerufen werden — sind einzellige ovale oder mehrzellige sichelförmige Konidien vorwiegend.

Erstere entstehen in Mehrzahl nacheinander an einfachen Myzelzweigen, die sichelförmigen, zwei bis achtzelligen Konidien werden einzeln an den dicht zusammenstehenden Ästen ihrer büschelförmigen Träger abgeschnürt. Die Chlamydosporen, die sich manchmal am Grunde der faulenden Stengel finden (Fig. 286), gehen aus Auftreibungen des Myzels hervor, die sich aus den Fäden abgliedern und mit bräunlich gefärbten Wänden umgeben; sie stehen oft in Ketten zusammen, von denen jedes einzelne Glied keimfähig ist. Sie dienen der Überwinterung des Pilzes.

Bei der Bekämpfung kommt es im wesentlichen darauf an, schlechtes Saatgut, das als Krankheitsüberträger anzusehen ist, zu vermeiden, kranke Pflanzen, oder die Stoppeln kranker Felder zu vernichten und eine geregelte Fruchtfolge einzuhalten.

d) Hefepilze.

Die Gärung zuckerhaltiger Flüssigkeiten wird meist durch Hefepilze bewirkt; die Hefepilze (*Saccharomyceten*) sind entweder Sproßpilze, d. h. sie (Fig. 288) vermehren sich in der Weise, daß jede ihrer Zellen an irgendeiner Stelle eine bruchsackartige Ausstülpung treiben kann, die sich mehr und mehr vergrößert, bis sie der Mutterzelle an Gestalt und Größe ähnlich geworden ist, oder sie sind Spalthefen, d. h. in der Mitte der Zelle etwa bildet sich eine Querwand, die sich spaltet und so den Zerfall der Mutterzelle in zwei annähernd gleich große Tochterzellen herbeiführt. Die Sprossung erfolgt oft in vielfacher Wiederholung und es bilden sich dabei durch den einige Zeit andauernden Zusammenhalt der einzelnen Zellen sogenannte

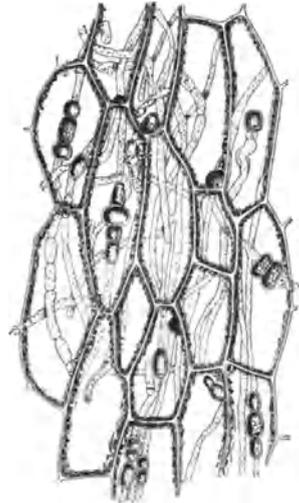


Fig. 286. *Fusarium* Myzel und Chlamydosporen im Stengelgewebe welkekranker Leguminosen. $\frac{300}{1}$. (Nach Schikorra.)

„Sproßverbände“ oder „Sproßbäume“. Eine solche Vermehrung findet sich bei verschiedenen Pilzgruppen; als „Hefen“ faßt man aber nur die Formen auf, für die ein Nachweis der Zugehörigkeit zu anderen Pilzen noch nicht erbracht ist.

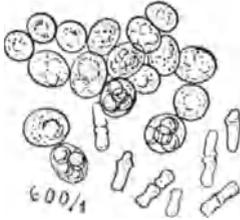


Fig. 287. Sproßhefe des *Cerevisia-tyris* und Spalthefe aus Zuckerrohrmelasse; erstere mit Sporen. 600/1.

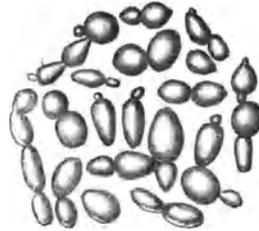


Fig. 238. *Saccharomyces clippoides*. Stark vergrößert. (Nach Jörgensen.)

Man teilt die Hefen ein in „echte“ und „unechte“, je nachdem sie endogene Sporen bilden oder nicht. Die Zahl dieser Sporen ist eine recht verschiedene, ebenso auch die Zeit und die Temperatur, die zu ihrer Ausbildung nötig ist. Zu diesen Untersuchungen bedient man sich allgemein der Kultur auf Gipsblöcken, die auf einer mäßig feuchten Unterlage liegen, auf Mohrrüben u. dgl.



Fig. 239. Vegetation aus einer Gurkenlake (Tröpfchenkultur mit Würze). *a* Kahlhefe, *b* elliptische Hefe, *c* unbekanntes Bakterium, *d* Milchsäurebazillus, *e* pastorianusartige Hefeformen, *f* dieselben im Haufen.

Von den im Gärungsgewerbe meist benutzten und auch spontan auftretenden Formen sind drei Gruppen am wichtigsten. Erstens die des *Cerevisiae*-Typus, die kugelig oder eirund sind und hauptsächlich in Brauereien und Brennereien Verwendung finden; bei ihnen unterscheidet man wieder Unterhefen und Oberhefen, je nachdem sie während ihrer Tätigkeit vorwiegend am Grunde der Flüssigkeit verbleiben und dort die „Satzhefe“ oder „Depothe“ bilden oder nach lebhafter Schaumentwicklung am Anfang der Gärung aufsteigen und an der Oberfläche der Flüssigkeit eine „hefige“ Decke bilden, die

sich abschöpfen läßt (Preßhefegewinnung nach dem sogenannten Wiener Verfahren). Zweitens die Hefen des *Ellipsiodeus*-Typus, dem die meisten Weinhefen angehören und die meist etwas kleiner, als die der ersten Gruppe, und von mehr ellipsoider Gestalt sind. Drittens die Formen des *Pastorianus*-Typus mit oft langgestreckten, wurstförmigen Zellen; sie sind als Krankheitshefen meist unerwünschte Gäste in den gärenden Flüssigkeiten.

Als häufige Begleiter der Kulturhefen treten auch noch Arten der Gattung *Mycoderma*, *Willia* und *Torula* auf.

In Weinmosten spielt anfänglich auch die Apiculatushefe eine Rolle. Die *Mycoderma*-Arten bilden den Hauptbestandteil der sog. Kahmhäute, die man in halbgeleerten Bier- und Weinflaschen als geköseartige weiße Decken auftreten sieht; sie bewirken, daß die Flüssigkeit immer alkoholärmer wird. Die Kahmhefen verbrennen aber nicht nur den Alkohol, sondern benutzen ihn zum Zellenaufbau. Die Kulturhefen vermögen bei Luftabschluß mit dem Alkohol nicht viel anzufangen, bei Luftzutritt dagegen benutzen sie ihn zur Fettbildung. Die Zellen der obersten Schicht der Strichkulturen oder Riesenkolonien von Kulturhefen sind nach beendetem Wachstum derselben durchweg fettreich. Beim Erhitzen der Zellen treten die anfänglich nur in kleinen Kügelchen vorhandenen Fett- oder richtiger Ölteilchen meist zu einem einzigen großen Öltropfen zusammen. In manchen Hefen tritt das Fett ohne weiteres in Form großer Tropfen auf; das prächtigste Beispiel bietet in dieser Beziehung die *Torula pulcherrima*, die häufig im Madengang von Äpfeln, Pflaumen u. dgl. anzutreffen ist.

Von allergrößter Wichtigkeit für die Praxis der Gärungsindustrien hat sich die Tatsache erwiesen, daß verschiedene Arten bzw. Rassen der Gärungserreger verschiedene Nebenprodukte der Gärung hervorbringen, d. h. daß neben dem Hauptprodukt (Alkohol) eine wechselnde (aber für die einzelnen Rassen bezeichnende) Menge von aroma-bestimmenden Körpern bei der Gärung sich entwickelt. Es hat sich herausgestellt, daß die „Krankheiten“ der gegorenen Getränke, also speziell von Bier und Wein, durch sog. „wilde Hefen“ (und Bakterien) bedingt werden. Deshalb wird jetzt in modern eingerichteten Brauereien mit rein gezüchteten, d. h. nur aus einer einzigen Rasse bestehenden „Sätzen“ des *Saccharomyces cerevisiae* gearbeitet und dadurch nicht nur ein wohlchmeckendes, sondern auch haltbares Bier mit Sicherheit erzielt. In gleicher Weise ist man imstande, durch Verwendung rein gezüchteter Rassen des *Saccharomyces ellipsoideus* (Fig. 288) auf das Bukett des Weines einen gewissen Einfluß auszuüben.

Das schönste Beispiel für die spezifische Wirkung der Heferasen in bezug auf die Aromabildung ist, daß man mit rein gezüchteten Weinheferassen auch das Ausgangsmaterial der Bierbereitung, die Malzwürze, zur Gewinnung eines durchaus weinartigen Getränkes („Maltonwein“) benutzen kann.

Ein anderes aromatisches Getränk, bei welchem eigenartige Hefen eine Rolle spielen, ist das Boa-lie. Es wird aus Zuckerlösungen, denen Blüten verschiedener Pflanzen, wie Linde, Holunder zugesetzt werden, durch Gärung unter Druck in geschlossenen Gefäßen hergestellt. Die Hefen sind ausschließlich Blütenhefen, denen zwar ein kräftiges Gärvermögen, aber nur ein geringes Assimilationsvermögen eigentümlich ist.

Die Brauerei-, Brennerei- und Preßhefen gären und assimilieren stark, geben daher reiche Hefeernten.

In neuerer Zeit hat man nach stark assimilierenden Hefen gefahndet, nachdem man erkannt hat, daß Hefen ein ausgezeichnetes eiweißreiches Nährpräparat liefern. Man züchtet solche Hefen auch in dünnen Melasselösungen unter Benutzung von Ammoniaksalzen als Stickstoffquelle. Man spricht heut von „Eiweißhefen“ und „Fetthefen“.

Weiter hat man namentlich für Kriegszwecke Gärungsverfahren ausgebildet, bei denen man Glycerin in größeren Mengen gewinnt. „Protolgärung.“

Zur Unterscheidung der Hefenrassen dienen vor allem biologische Merkmale, wie das Wachstum auf und in verschiedenen festen und flüssigen Nährböden, Zwergkolonien und Riesenkolonien, Habitusbilder bei ungestörtem Wachstum in der Tröpfchenkultur, Verhalten gegen verschiedene Temperaturen und gegen verschiedene Zuckerarten (bezüglich Vergärung und Assimilation). Alle diese Untersuchungen erfordern eine ständige mikroskopische Kontrolle in Bezug auf Reinheit der Kultur.

Gegenstand mikroskopischer Untersuchung ist auch sehr häufig die Preßhefe. Dieselbe soll aus den Zellen „obergäriger“ Rassen des *Saccharomyces cerevisiae* bestehen und wird in der Weise gewonnen, daß eine Maische von irgendeinem stärkehaltigen Rohmaterial, Roggen, Buchweizen, Reis u. dgl. nach der Verzuckerung durch Malz und Säuerung durch Milchsäurebakterien mit Preßhefe angestellt wird.

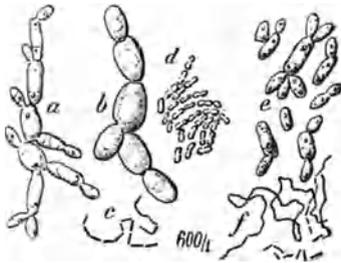


Fig. 290. Mit Kahlhefe (a und c) und Essigsäure (d) infizierte Preßhefe (b) c und f Milchsäurebakterien.

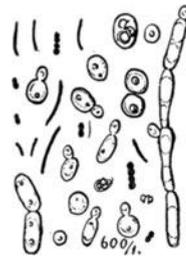


Fig. 291. Hefen und Bakterien aus armenischem Mazun.

Das so hergestellte Produkt wurde früher oft mit Stärke (meist Kartoffelstärke) vor dem Abpressen vermischt. Die aus der Zuchtmaische stammenden Stärkekörner sind, weil stets deutlich angegriffen und verquollen, leicht von den zugesetzten, noch intakten Kartoffelstärkekörnern zu unterscheiden.

Aus den Maischen gewinnt man die Hefenernte durch Abschöpfen, Wässern und Abpressen; aus den klaren Würzen durch Absitzenlassen oder Zentrifugieren. Da bei dieser Herstellung eine kräftige Lüftung der gärenden Masse in Anwendung kommt, heißt das Fabrikat auch „Lufthefe“. Es ist nicht leicht, Kahlhefen bei diesem Verfahren fernzuhalten. Der Nachweis der letzteren geschieht durch Stehenlassen gepreßter Hefe oder durch Oberflächenkulturen auf Würzelatine oder mikroskopisch durch Anwendung der Tröpfchenkultur. Die Kahlhefen sind fast durchweg befähigt, selbst den Alkohol als Nährstoff zum Wachstum zu verwerten; sie können ihn z. T. aber auch verbrennen.

In der Preßhefefabrikation ist die „flockige“ Beschaffenheit der Hefe sehr wenig erwünscht. Nach Barendrecht und Henneberg sind es oft „wilde Milchsäurebakterien“, welche die isoliert schwimmenden Hefezellen gewissermaßen zusammenkitten.

Die zweite, fast ebenso häufige Fälschung, nämlich Versetzung der Preßhefe mit dem Abfallprodukt der Bierbrauerei, durch Natriumkarbonat „entbitterter“ Unterhefe, ist schwieriger nachzuweisen. Ihre Entdeckung beruht darauf, daß obergärende Hefen die aus Raffinose bei deren Vergärung entstehende Melibiose nicht weiter verändern, während Unterhefen auch diese vergären. Immerhin kann auch das Mikroskop hier helfend eingreifen, da Abfallhefe aus Brauereien stets sehr stark (besonders durch Partikel des Hopfens) verunreinigt zu sein pflegt. Nach Lindner gibt die richtige Preßhefe in der Tröpfchenkultur sperrige, untergärende Bierhefe aber klumpige Häufchen.

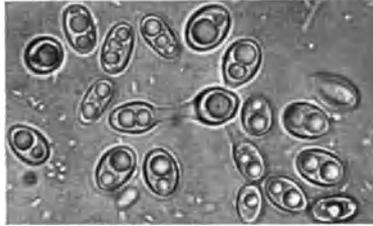


Fig. 292. *Anthomyces Reukaufii* aus dem Sporn vom Leinkraut mit Fetttropfen. 600fach.

Der Nachweis von sogenannten „Kulturhefen“ in der freien Natur ist noch nicht geglückt; nur eine der untergärenden Bierhefe in Gestalt und starker Flockenbildung sehr ähnliche Hefe wurde von Hare und Johnson auf Blättern von *Eucalyptus* gefunden. Diese Hefe erhielt wegen ihrer großen Widerstandsfähigkeit gegen hohe Temperaturen den Namen *S. thermanitonus*. Der Bodensatz dieser Hefe läßt sich wie Glaserkitt zusammenkneten.

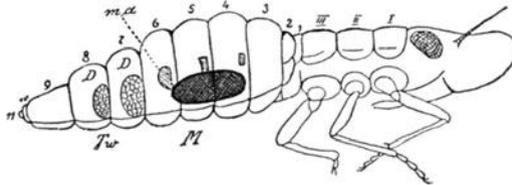


Fig. 293. Junge Larve von *Pteryelus lineatus* von der Seite. *M* Mycetom (Hefenorgan).

Ein besonderes Interesse verdienen die Hefen, die in den Nektarien oder Schleimflüssen der Bäume vorkommen, zumal diese auch im Insektenkörper zu finden sind. Eine seltsame zuerst von Reukauf entdeckte Nektarhefe findet sich in den Blüten von *Cynanchum vincetoxicum*, *Linaria*, *Lamium* sehr häufig und überwintert nach Untersuchungen von Grüss, der sie *Anthomyces Reukaufii* nannte, in der Hummelkönigin.

Eine große Zahl Hefen hat sich sogar zur Symbiose mit Insekten verstiegen und übernimmt in diesen die Aufgabe, Bakterieninvasionen abzuhalten. Zuerst wurde eine solche symbiotische Hefe von Lindner

in einer auf Myrte, Oleander und Lorbeer stets anzutreffenden *Lecanium*-Schildlaus entdeckt; später wurden zahlreiche ähnliche Symbionten von Sulz und Buchner in besonderen anatomischen Organen der Homopteren, zu welchen die Blatt- und Schildläuse, die Cocciden und Cicaden gehören, gefunden. Das Kapitel der Naturhefen und

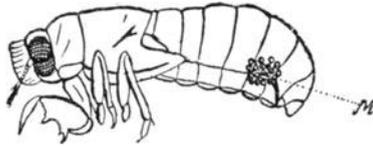


Fig. 294a. Larve von *Cicada orni* mit dem bäumchenförmigen Hefenorgan *Mycetom* (M) an einem Tracheenstämmchen.

Naturgärungen ist noch wenig bearbeitet und verspricht noch reiche Erfolge, ebenso das der pathogenen „Blastomyceten“, die die sogenannten Blastomykosen erzeugen. Die von Leopold in frischen Krebsgeschwüren und in den Vorpostengewebe älterer Carcinome häufig gefundene Hefenform ist eine *Torula*-Art, die mit einer von Lindner auf Räucher-speck und auf Räucherwaren allgemein vorkommenden *Torula* sehr nahe übereinstimmt. („Bereifte Würste.“)



Fig. 294b. Eine Endgruppe vom bäumchenförmigen Hefenorgan an Tracheenkapillaren.

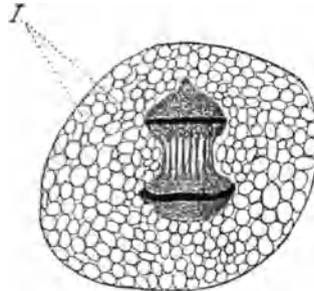


Fig. 294c. Eizelle von *Coccurea cornari* mit Kernteilungsfigur; letztere ganz eingeschlossen von Hefezellen (I).

Da die *Lecanium*hefe (sie führt vorläufig den Namen: *Saccharomyces apiculatus parasiticus*) zu jeder Jahreszeit auf den Lorbeerbäumen anzutreffen ist und für den Unterricht eines der lehrreichsten Beispiele für Symbiose abgibt, wurde sie Fig. 295 dargestellt.

Soorpilz.

Gleichfalls zu den Hefen rechnet man den Soorpilz *Saccharomyces albicans* (Fig. 296), einen als Parasit häufig vorkommenden Pilz, der sich besonders im Mund von Kindern oder altersschwachen Personen bei ungenügender Reinlichkeit ansetzt und die sogenannten

„Schwämmchen“ bildet. Er gibt der Schleimhaut das Aussehen, als wäre sie mit Käseflocken bedeckt.

Im Munde wächst er in Form von lang- oder kurzgliedrigen

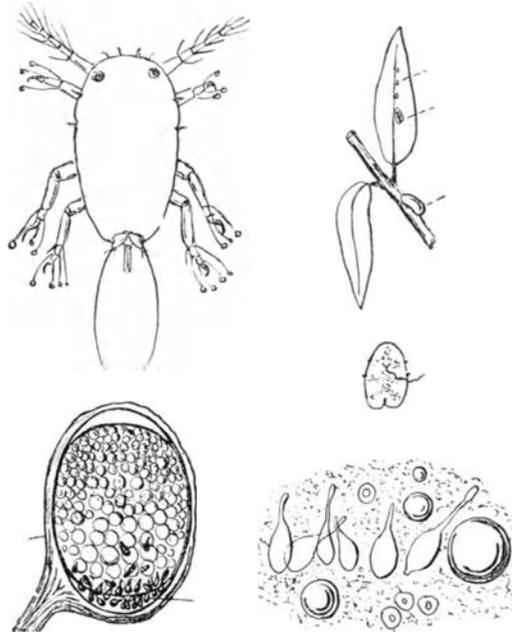


Fig. 295. Links oben: Junge noch bewegliche Lecaniumschildlaus. Rechts oben: Myrthenast mit festsitzenden jungen und alten Schildläusen. Links unten: Junges Ei, am unteren Pol schon Hefen vorhanden. Rechts: Hefen aus der zerquetschten Schildlaus neben Fetttropfen und Gerinnsel. Darüber: abgehobene alte Schildlaus mit Saugborste.

Fäden, an denen sich an den verschiedensten Stellen zahlreiche ovale Konidien abschnüren. Auf zuckerhaltigen, wasserarmen und von der Luft abgeschlossenen Nährböden wächst er hefeartig.

Bakterien als Gärungserreger.

Die Bildung von Alkohol ist nicht bloß Spezialität der Hefe und einiger Schimmelpilze. Auch unter den Bakterien sind Alkoholbildner und Alkoholfresser anzutreffen. *Bacillus Fitzianus* vergärt Glycerin vorwiegend zu Äthylalkohol. Auch Franklands *Bacillus ethaceticus* bildet aus Glycerin, Stärke und verschiedenen Zuckern Äthylalkohol und Essigsäure. Die gleichen Produkte bildet das pathogene *Bacterium pneumoniae* aus zuckerhaltigen Nährlösungen. Kruis und Raymann fanden in gesäuertem Hefengut eine Milchsäurebakterie, die als Nebenprodukt auch Alkohol bildet. Duclaux' *Amylobacter ethylicus* bildet Äthylalkohol und Essigsäure. *Bacterium gelatinosum betae* bildet in

Rübensaft Schleim, daneben eine Gärung, bei der Alkohol erzeugt wird, *Clostridium Pasteurianum* bildet Buttersäure, Essigsäure, Äthylalkohol, Kohlensäure und Wasser.

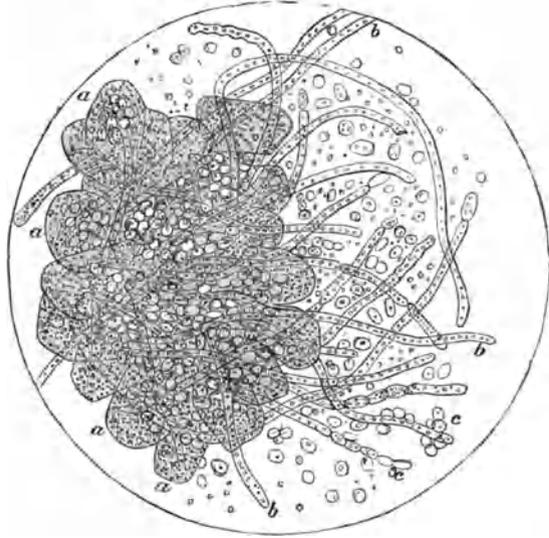


Fig. 296. Soorpilz, stark vergrößert. a Epithelialzellen der Mundschleimhaut, bedeckt mit den Rasen des Soorpilzes (b) und abgeschnürten Sprossungen desselben (c). (Nach Robin.)

Essig. Durch Kützing wurde bereits 1838 behauptet, daß die Oxydation des Alkohols zur Essigsäure durch Mikroorganismen bewirkt werde. Dies wurde durch die folgenden Untersuchungen, insbesondere von Pasteur und Hansen, bewiesen, und zwar sind es mehrere *Bacterium*-Arten, besonders *B. aceti* und *B. Pasteurianum*, welche diese Umsetzung bewirken. Auch in Sauerteig wurde ein Essiggärung hervorrufendes *Bacterium* gefunden. Die Wirkung der Essigbakterien ist die, daß sie Alkohol aufnehmen und ihn zum Teil assimilieren, zum Teil mit Hilfe des Luftsauerstoffs veratmen (verbrennen) und Essigsäure ausscheiden ($C_2H_6O + 2O = C_2H_4O_2 + H_2O$) unter vorübergehender Bildung von Acetaldehyd (Neuberg).

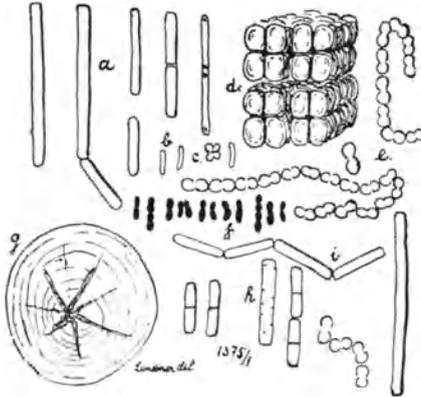


Fig. 297. Vegetation einer kalt eingemaischten und bei 40° C. 24 Stunden lang gestandenen Malz-Broggenmaische ($\frac{1}{3}$ Malz, $\frac{2}{3}$ Roggen, 4 Wasser). a, b, h *Bacillus megatherioides* Henneberg, c Kurzstäbchen, d *Pediococcus*, e *Sarcina maxima*, f Streptococcus, g Thermobakterien, g Stärkekorn.

Bei der Weinessigfabrikation wird einem Quantum erwärmten Essigs allmählich eine steigende Menge Wein zugesetzt; der dergestalt hergestellte Essig besitzt noch das Weinaroma. In den Essigbüthen

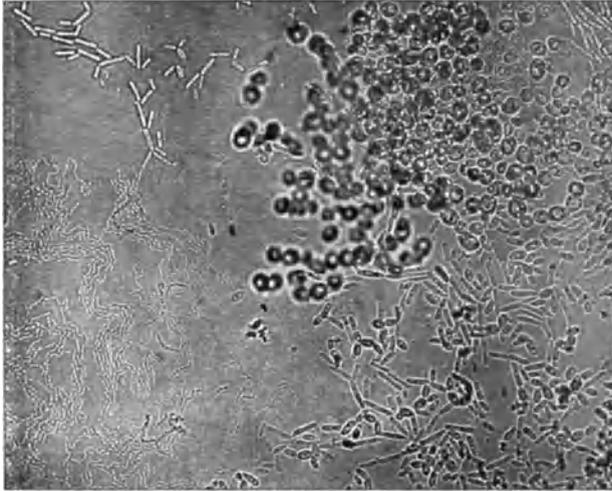


Fig. 298. Untergäriges Bier mit Kultur- und Kahlhefe, sowie Essigbakterien; letztere ein zartes Häutchen auf der Unterseite der Tröpfchenkultur bildend. $\frac{300}{1}$.

des Orleansverfahrens macht sich als unliebsamer Gast neben den guten Essigsäurebakterien oft das *Bacterium xylinum* geltend, das dicke zähschleimige Häute von einer Mächtigkeit bildet, daß ein einzelner Mann kaum imstande ist, eine solche Masse allein abzuheben. Wie Henneberg u. a. gezeigt haben, ist die Zahl der Essig- und Milchsäurebakterien, welche in technischen Betrieben vorkommen, Legion. Da die Morphologie der Arten sehr einförmig ist, sind letztere mikroskopisch schwer auseinanderzuhalten, namentlich wenn man sie in einem gewöhnlichen Präparat betrachtet. Hat man sie in Tröpfchenkulturen heranwachsen lassen, dann bekommt man öfters gut unterscheidbare Habitusbilder. Die Schnellessigfabrikation beruht darauf, daß verdünnter Spiritus an Hobelspänen in Gradierfässern herabrinnt und durch die an den Spänen haftenden Bakterienmassen oxydiert wird.

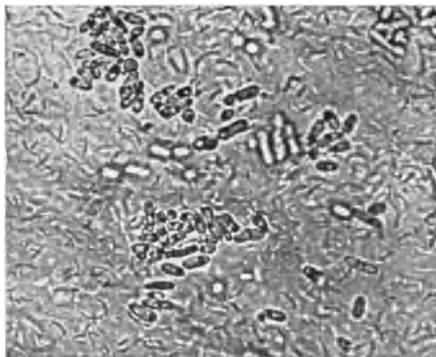


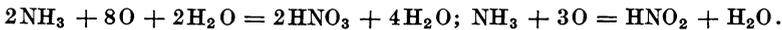
Fig. 299. Bakterien und Hefen aus Teekwaß.

Von allgemeinerem Interesse sind die Verfahren zur Herstellung von Hausseig und von Teekwaß.

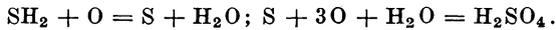
In beiden Fällen spielt das *Bacterium xylinum* eine wichtige Rolle neben Hefen, welche mit ihm in Symbiose leben. In Rußland ist die Herstellung des Teekwaß in den Haushaltungen ziemlich allgemein üblich. Läßt man den gezuckerten Tee längere Zeit stehen, so werden durch Insekten aus Wundstellen von in Schleimgärung befindlichen Bäumen oder aus Nektarien oder Obstwunden jene Mikroben auf den Tee übertragen und es wächst alsbald ein durchsichtiger, aber überaus zäher Schleim heran, der immer dickere Lagen auf dem Tee bildet. Diese zuletzt beinahe lederartig zähen Häute werden in regelmäßigen Zwischenräumen mit lauwarmem Wasser gewaschen und dann wieder in frischen Teeaufguß gebracht (in glasiertem Deckeltopf) und bei Zimmertemperatur stehen gelassen. Jeden zweiten und dritten Tag ist der Tee schwach säuerlich und aromatisch und prickelnd (infolge der Kohlensäureentwicklung) geworden, so daß er Moselwein ähnlich schmeckt und als Tischwein genossen werden kann. Läßt man den Tee oder eine Auflösung von Kandiszucker längere Zeit mit dem Pilz stehen, dann erhält man eine an Essigsäure reiche Flüssigkeit, die wie Essig verwendet wird. Das *Bacterium xylinum* siedelt sich auch öfter an Flaschenkorken oder Bierhähnen an und bildet dann oft fingerähnliche Massen, in denen das abergläubische Volk abgeschnittene Finger von Leichen vermutete (vgl. die Erzählung von Theodor Storm: „Im Brauhaus“).

Durch Molekül-Zertrümmerung wird Milchsäure von vielen *Bacterium*-Arten aus Zucker $C_6H_{12}O_6 = 2C_3H_6O_3$ und andern Kohlehydraten gebildet. Auch die Bierhefe-Gärung ist ein zertrümmernder Prozeß: $C_6H_{12}O_6 = 2C_2H_6O + 2CO_2$. In ähnlicher Weise verläuft die anaerobe Buttersäure-Gärung ($C_6H_{12}O_6 = C_4H_8O_2 + 2CO_2 + 4H$) und die gleichfalls anaerobe Gärung, die aus Zellulose Sumpfgas bildet ($C_6H_{10}O_5 + H_2O = 3CO_2 + 3CH_4$).

Für die Landwirtschaft außerordentlich wichtig sind die oxydativen Bakterien-Gärungen, die die alkalischen Stickstoff-Verbindungen in saure überführen:



Von großem theoretischen Interesse sind die Oxydations-Umsetzungen in den Schwefel-Bakterien (*Beggiatoa*):



Bezüglich der Eisenbakterien (*Crenothrix*) steht nun fest, daß die Überführung der Eisenoxydul- in die Oxydverbindung allein von dem Entweichen der im Wasser gelösten Kohlensäure abhängig ist und daß ein dabei gesuchter physiologischer Prozeß, der nach der Formel $FeCO_3 = FeO + CO_2$; $2FeO + O + 3H_2O = Fe_2(OH)_6$ den Organismen Energie liefern sollte, nicht stattfindet. Mohlisch hat neuerdings Reinkulturen von *Leptothrix ochracea* erhalten, die ohne Eisen gezüchtet wurden und farblos blieben — also kein Eisenoxydulhydrat in den Scheiden ablagern konnten.

Kefir. Kuhmilch, die durch Vergärung des Milchzuckers etwa 1% Alkohol, Milchsäure und reichliche Mengen gelösten (peptonisiereten) Kaseins enthält, wird als Kefir bezeichnet; dasselbe Getränk, aus Stutenmilch dargestellt, ist der Kumys der asiatischen Nomaden.

Kefir wird in der Weise bereitet, daß man Milch über spezifischen, hauptsächlich aus einer Unmenge stäbchenartiger Spaltpilze bestehenden Körnern („Kefirkörner“) ansetzt, nach einiger Zeit abzieht, mit gewöhnlicher Milch versetzt und während des bald folgenden Gerinnens durch Schütteln intensiv mit Luft mengt. Der spezifische Organismus des Kefirs scheint ein durch seine auffallende Sporenbildung bemerkenswerter *Bacillus* (*B. caucasicus*) zu sein; er bewirkt die Peptonisierung des Käsestoffes. Die Stäbchen dieses Spaltpilzes

bilden in jedem Pol je eine große Spore, die die Stäbchenenden derart auftreiben, daß der sporentragende *Bacillus* hantel- oder schenkelförmige Gestalt besitzt. Außer dem *B. caucasicus* sind in den Kefirkörnern auch noch mehrere Arten von Hefepilzen aufgefunden worden; ihre Rolle ist die Erzeugung des Alkohols aus dem Milhzucker.

Mazun ist ein in Armenien durch zahlreiche Hefenarten und Bakterien schmackhaft gemachtes Milchprodukt, das auch zu Butter und Käse verarbeitet wird.

Joghurt ist eine durch ein besonderes Milchsäurebakterium gesäuerte Milch, die bei den Bulgaren viel genossen wird und sie angeblich sehr alt werden läßt.

Ginger-Beer. — Sehr ähnlich den Kefirkörnern in ihrer Zusammensetzung aus Bakterien und Hefepilzen ist die „Gingerbeerplant“, die zur Bereitung dieses fragwürdigen, neuerdings auch auf dem Kontinent um sich greifenden Getränks dient. Es wird bereitet, indem man eine zehn- bis zwanzigprozentige Rohrzuckerlösung in einer geschlossenen Flasche mit den käuflichen, gelblichhornartigen Krusten der Ingwerbier-„Pflanze“ und einem Stückchen Ingwer ansetzt. Die Flüssigkeit beginnt sehr bald zu gären, wird nach 24 Stunden von dem Gärungserreger abgossen, auf Flaschen gefüllt und rasch verbraucht. Die „Pflanze“ wächst dabei zu haselnußgroßen, durchscheinenden Massen an und besteht bei mikroskopischer Betrachtung aus Bakterienstäbchen, die mit dicken Membrankapseln umgeben sind (*Bacterium vermiforme*) und zerstreuten, rundlichen Hefezellen.

e) Die wichtigsten Wasserpilze.

Bakterien-Zoogloeen (Fig. 300).

Als Zoogloea wird jede festere, körper- oder hautartige, den unbewaffneten Augen sichtbare Bakterienanhäufung bezeichnet. Bei der Kleinheit der Bakterienzellen muß eine ungeheure Menge vorhanden sein, um eine Zoogloea zu bilden. Diese Wuchsform kann dementsprechend nur bei besonders günstiger Ernährung der Bakterien auftreten.

Die Bakterienzoogloeen stellen in verschmutzten Wasserläufen an Holz und Steinwerk usw. festsitzende, beim Zerdrücken breiartige Massen dar, die entweder kein festes Substrat im Innern haben (die „*Zoogloea ramigera*“, die lange vor der bakteriologischen Ära beschrieben wurde, wird von knorpeligen, verzweigten Bakterienlagern gebildet) oder die sich um abgestorbene Moosstengel usw. herum (Fig. 300) ansetzen. Sie können bei massenhaftestem Auftreten Mühlräder und ähnliche Wasserwerke als graue oder weiße Belege dicht bedecken.



Fig. 300. Bakterien-Zoogloeen an abgestorbenen Moosstengeln sitzend. Nat. Größe.

Zerdrückt man solche Zoogloeen und behandelt sie in der S. 83 für Bakterienpräparate angegebenen Weise, so zeigt das Mikroskop eine Unmenge meist ziemlich kurzer und dicker Stäbchen.

Crenothrix polyspora (Fig. 301).

Eine zu den Spaltpilzen gehörige Art, die hauptsächlich dadurch bekannt wurde, daß sie in eisenhaltigem Wasserleitungswasser (z. B. früher in Berlin) auftritt und durch Verstopfen der Röhren sowie durch Abschwimmen ganzer Pilzmassen die Leitungen unbrauchbar und das Wasser für den Genuß ungeeignet macht. Die manchmal immer noch sich findende Angabe, daß *Crenothrix* in mit organischen Abfallstoffen verunreinigtem Wasser vorkomme, ist unrichtig; dieser Pilz ist nur an den Eisengehalt gebunden und liebt gerade reines, d. h. nicht fäulnisfähiges Grundwasser.

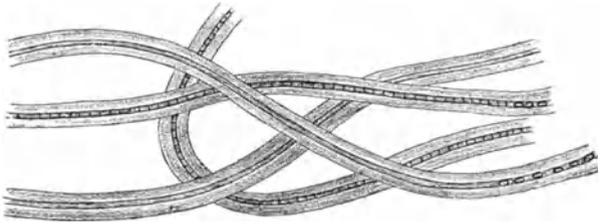


Fig. 301. *Crenothrix polyspora*. Vergr. $750\times$.

Crenothrix ist leicht daran zu erkennen, daß sie aus einem dünnen Zellfaden besteht, der von einer dicken, mit Eisenhydroxyd rostbraun gefärbten Gallertscheibe umgeben ist. Häufig sieht man auch Fäden, die allein noch aus der Scheide bestehen, während die Zellen ausgewandert oder abgestorben sind.

Cladothrix dichotoma (Fig. 302).

Mit der vorhergehenden und der folgenden Form sehr nahe verwandtes Fadenbakterium, das sowohl in praktisch reinem wie in schwach verunreinigtem Wasser vorkommt. Es bildet lockere, stets kurze und allermeist bräunlich gefärbte kleine Räschen, deren Spitze (zum Unterschied vom *Sphaerotilus*) niemals auffallend weiß gefärbt ist.

Kenntlich ist dieser Mikroorganismus leicht daran, daß seine Fäden locker und reichliche unechte Verzweigungen aufweisen. Auch pflügen im Innern seiner Zellen dunkle Körner häufig vorzukommen, die bei *Sphaerotilus* fehlen. —

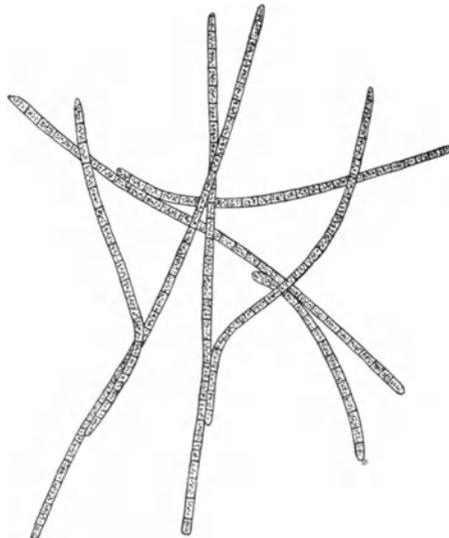


Fig. 302. *Cladothrix dichotoma*. Vergr. $750\times$.

Nach Angaben einiger Autoren soll Verzweigung auch bei *Sphaerotilus* vorkommen; ich habe mich, obgleich ich eine übergroße Zahl von Proben schon untersucht habe, davon noch nicht mit Sicherheit überzeugen können.

Sphaerotilus natans (Fig. 303).

Der Charakterpilz in mit organischen Abfallstoffen stark verschmutzten Wasserläufen; bildet in denselben an Steinen oder Holzwerk sowie an hineinhängenden Zweigen usw. festsitzende, weißliche, schleimige Flocken oder Rasen. Das Bett verschmutzter Wasserläufe ist mit diesem Pilz oft wie mit dicken, schaffellartigen Massen ausgepolstert. — In der Literatur ging *Sphaerotilus* früher meist unter den Namen *Cladothrix*, *Crenothrix* oder *Beggiatoa*; der neuerdings beschriebene *Sphaerotilus fluitans* ist von *Sph. natans* nicht verschieden.

Sphaerotilus ist außerordentlich leicht daran zu erkennen, daß seine Fäden keine Eigenbewegung besitzen, erst bei starker Vergrößerung deutlich sichtbar werden und dann (vgl. Fig. 303b) aus kleinsten Zellen zusammengesetzt sind. Ferner ist bemerkenswert, daß stets viele Fäden in gemeinsamer Schleimhülle liegend Büschel bilden, die bei Betrachtung mit bloßem Auge (vgl. Fig. 303a) wie einzelne Fäden aussehen. Dieser Pilz ist das einzige unbewegliche Fadenbakterium, welches in Schmutzwässern in großen, makroskopisch sofort sichtbaren Rasen auftritt; er kann bei Betrachtung mit bloßem Auge nur mit *Leptomitus* (siehe unten) verwechselt werden, ist aber mikroskopisch von jenem sofort zu unterscheiden.

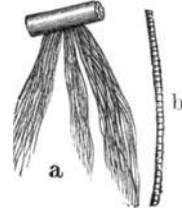


Fig. 303. *Sphaerotilus natans*. a nat. Größe; die als einzelne, makroskopisch sichtbare Fäden gezeichneten Gebilde sind in Wirklichkeit aus sehr vielen 'Einzelfäden' bestehende Bündel. b $300\times$. Einzelfäden.

Beggiatoa alba (Fig. 304).

Auch dieses Fadenbakterium ist in Schmutzwässern sehr verbreitet, ohne doch in seinem Vorkommen streng an solche gebunden zu sein. *Beggiatoa* findet sich in jedem Wasser, das Schwefelwasserstoff enthält: dies für die übrigen Organismen giftige Gas ist ihr Lebenselement. Wie nämlich die übrigen Pflanzen und Tiere kohlehaltige Substanz verbrennen und aus diesem chemischen Prozeß ihre Lebensenergie gewinnen, also als Endprodukt Kohlensäure ausscheiden, so nimmt die *Beggiatoa* Schwefelwasserstoff auf, oxydiert ihn zu regulischem Schwefel und diesen weiter zu Schwefelsäure, die in Form von Sulfaten ausgeschieden wird (vgl. S. 248). — Für die Wasserbeurteilung wichtig ist, daß *Beggiatoa* nur im Wasser vorhandenen Schwefelwasserstoff anzeigt, der zwar meist aus den intensiven Fäulnisprozessen, die sich in Abwässern abspielen, herrührt, der aber auch anderen Quellen entstammen kann.

Man findet die aus Zellreihen bestehenden Fäden der *Beggiatoa* (Fig. 304c) gewöhnlich dicht mit Schwefelkörnchen angefüllt

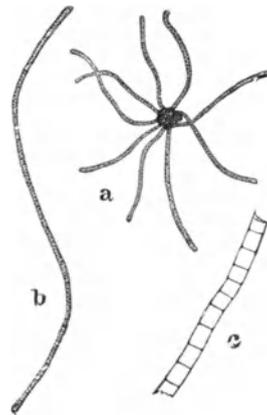


Fig. 304. *Beggiatoa alba*. a, b $300\times$, c $720\times$.

(vgl. Fig. 304 a, b). Ferner zeigt dieser Fadenpilz noch die Eigenschaft deutlicher Eigenbewegung unter dem Mikroskop. Die Fäden machen eine pendelnde Bewegung, die bei längerem, ruhigem Betrachten des Präparats nicht übersehen werden kann. An dieser Bewegung und an den Schwefelkörnchen wird *Beggiatoa* leicht erkannt.

Leptomitius lacteus (Fig. 305).

Wie *Sphaerotilus* ist auch *Leptomitius* ein Charakterpilz für durch fäulnisfähige Substanzen verunreinigtes Wasser, in dem er als große, wollartige Rasen auftritt und oft ganze Wasserläufe auspolstert.

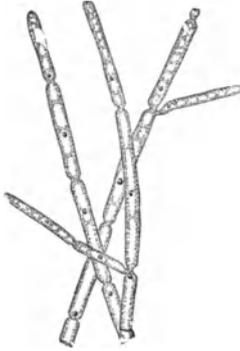


Fig. 305. *Leptomitius lacteus*.
150/ μ .

Der Pilz ist sehr leicht daran zu erkennen, daß seine Fäden schon bei schwacher Vergrößerung ($80/\mu$) deutlich doppelte Kontur zeigen, daß sie keine Querwände aufweisen und von Zeit zu Zeit ringförmige Einschnürungen zeigen. Die Strikturen teilen die Pilzschläuche in Glieder ein; in jedem Glied sieht man bei genauerer Betrachtung einen großen, stark lichtbrechenden Körper (Zellulinkorn) liegen. Diese Körper sind mit den Einschnürungen die besten Erkennungsmerkmale des *Leptomitius*.

Saprolegnia und *Achlya*.

Während *Leptomitius* in Wasser wächst, das durch fäulnisfähige Lösungen verunreinigt ist, sind seine nächsten Verwandten, die ihm sehr ähnlich sehenden *Saprolegnia*- und *Achlya*-Arten, auf tierischem Nährboden vorherrschend, kommen auf solchem auch in reinem Wasser vor. Sie finden sich außerordentlich häufig auf toten Fischen und Krebsen, solche mit einem weißfilzigen oder schimmelartigen Überzug bedeckend. Über diese Pilze ist festgestellt, daß sie gut gehaltenen, gesunden Fischen nicht schaden, bzw. sich nicht leicht auf solchen ansiedeln, daß dagegen sowohl in den Trögen, in denen Fischbrut aufgezogen wird, wie in Fischbehältern (Fischkästen) durch sie großer Schaden angerichtet werden kann. Die *Saprolegnia*- und *Achlya*-Arten befallen zunächst tote Exemplare, vermehren sich auf solchem Nährboden intensiv und greifen auch die lebenden Fische an, soweit diese durch Verwundungen oder Parasitenkrankheiten verletzte Hautstellen haben. Infolge mangelhafter Wartung kann so der ganze Besatz eines Fischbehälters in kurzer Zeit zugrunde gehen. In Aquarien zeigen sich diese Pilze (zusammen mit dem verwandten *Pythium*) als schimmelartige Fäden, die nicht aufgefressene Nahrungspartikel strahlenartig umgeben. Ihre Bekämpfung ist hier durch Anwendung einer Lösung von 0,025 g Kaliumpermanganat auf ein Liter Wasser möglich. — *Saprolegnia* und *Achlya* finden sich in jedem Fluß- und Teichwasser; sie sind kein Anzeichen für verdorbenes Wasser.

Die *Saprolegnia*- und *Achlya*-Arten sind von *Leptomitius* leicht durch das Fehlen der Zellulinkörner zu unterscheiden. In bezug auf die Strikturen, die manche als hauptsächliches Unterscheidungsmerkmal hervorheben und die *Leptomitius* allein zukommen, muß man deshalb vorsichtig sein, weil infolge Durchwachsens alter Fadenenden auch bei *Achlya* strikturenähnliche Bilder auftreten können.

Fusarium aquaeductuum (Fig. 306).

Die im Wasser vorkommenden *Fusarium*-Formen sind höchst wahrscheinlich Konidienzustände von *Nectria*-Arten. Für das einen intensiven Moschusgeruch aufweisende *F. moschatum* wurde dies nachgewiesen. — *F. aquaeductuum* besitzt den Moschusgeruch nicht; es ist ein Pilz, der nicht selten in großen Massen bei Abwasseruntersuchungen begegnet.

Insbesondere an Turbinen und Überfällen tritt *Fusarium aquaeductuum* manchmal in von *Leptomitus* makroskopisch nur schwer unterscheidbaren Wucherungen von grauweißer oder häufig hellkanariengelber bis roter Färbung auf. Schon bei schwacher Vergrößerung (Fig. 306B) ist der Pilz daran zu erkennen, daß die Fäden nicht einzeln verlaufen, sondern von knorpeligen Krusten oder Strängen abgehen.

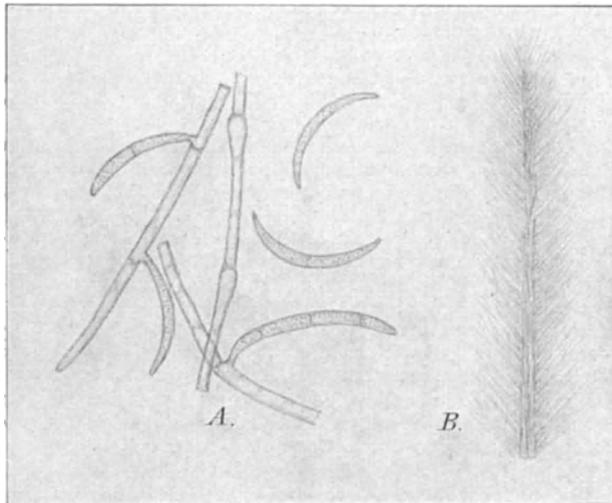


Fig. 306. *Fusarium aquaeductuum*. A. Myzelfäden mit mondformigen Konidien. Vergr. $\times 500$. B. Teil des Pilzlagers. Vergr. $\times 20$.

Bei stärkerer Vergrößerung (Fig. 306A) sieht man die mondförmigen, ein- bis vierzelligen Konidien massenhaft im Präparat liegen, seltener sind sie noch den Pilzfäden angeheftet. Das Myzel dieses Pilzes ist reichlich mit Scheidewänden versehen; an manchen Fäden treten unter den Querwänden keulenförmige Anschwellungen auf, auch kommt Gemmenbildung im Verlauf der Fäden vor.

Übersicht der Wasserverschmutzungsstadien und ihrer Leitorganismen.

Mit fäulnisfähigen Abwässern verunreinigte Wasserläufe reinigen sich, wenn sie (ohne von neuem verschmutzt zu werden) lange genug fließen, durch die wesentlich infolge der Aufarbeitung der Abfallstoffe durch die Organismen stattfindende Mineralisierung der Verunreinigungen allmählich wieder (Selbstreinigung der Flüsse).

Bei dieser fortschreitenden Selbstreinigung kann man erkennen, daß gewisse Organismen in stark, andere in weniger bedeutend und andere in schwach verschmutztem Wasser ihre Existenzbedingungen finden. Im Laufe eines verunreinigten Flusses lösen sich diese Organismen (die man mit den Leitfossilien der geologischen Schichten verglichen und deshalb Leitorganismen genannt hat) mit fortschreitender Reinigung ab. Sie können deshalb als Indikatoren der Verunreinigungsgrade benutzt werden und haben vor den chemischen Merkmalen der Wasserverschmutzung voraus, daß ihre Vegetation an sich schon sinnfällig ist und die Durchschnittsbeschaffenheit des Wassers während einer längeren Zeit anzeigt.

Da die Abführung von Schmutzstoffen durch die Bäche insoweit erlaubt ist, als das Wasser derselben nicht „über das Gemeinübliche hinausgehend“ verunreinigt wird, hat die Festsetzung einer Grenze des „Gemeinüblichen“ große praktische Bedeutung.

Von der Beobachtung ausgehend, daß industrielle Abwässer bei Anwendung aller technisch möglichen Hilfsmittel nur soweit gereinigt werden können, daß in ihnen nur noch *Leptomitus* als Leitorganismus vorkommt, ist die Grenze der „Gemeinüblichkeit“ der Wasserverschmutzung bei der durch genannten Pilz charakterisierten Stufe zu ziehen.

Diese Stufen der Wasserverunreinigung sind:

1. Wasserverpestung. — Stadium der stinkenden Fäulnis, charakterisiert durch: Mengen von *Beggiatoa* (Fig. 304) sowie durch *Bakterien-Zoogloeen* (Fig. 300).
2. Starke Wasserverschmutzung. — Das Wasser ist zwar nicht an Ort und Stelle faul, aber es geht in Gläsern aufbewahrt rasch in Fäulnis über. Charakterisiert durch: *Sphaerotilus natans* (Fig. 303), *Oscillatoria Froelichii* (Fig. 324, d).
3. Geringere Wasserverschmutzung. — Das Wasser ist beim Stehen nicht oder kaum mehr fäulnisfähig. Leitorganismen: *Leptomitus lacteus* (Fig. 305), *Fusarium aquaeductuum* (Fig. 306), *Carchesium Lachmanni* (Fig. 492).
4. Leichte Wasserverunreinigung. — Das Wasser nähert sich physikalisch und chemisch dem normalen Zustand. Leitorganismen: *Cladotrix dichotoma* (Fig. 302), Auftreten von *Melosira varians* (Fig. 322).

Stufen 1 und 2 liegen oberhalb, Stufen 3 und 4 unterhalb der „das Gemeinübliche überschreitenden“ Wasserverunreinigung; als charakteristisch hat nur das massenhafte Auftreten der Leitorganismen zu gelten.

f) Bakterien.

Die Bakterien gehören zu der Pflanzenklasse der Pilze; sie werden als Spaltpilze bezeichnet, weil ihre ganze Vermehrung in einer unter günstigen Umständen sehr rapid verlaufenden Zweiteilung der Zellen besteht und weil die Teilstücke, sich voneinander lösend, getrennte, vollständige Individuen darstellen. Bei manchen Spaltpilzen (den Arten der Gattung *Bacillus*) findet man die Fähigkeit, durch Bildung einer festen Innenmembran in der äußeren Körperumhüllung sehr dauerhafte Sporen (Dauersporen) zu erzeugen.

Es wurde nachgewiesen, daß die Spaltpilze überall, sowohl am menschlichen Körper wie in der freien Natur in großer Masse verbreitet sind. Insbesondere in Wasser (abgesehen von reinstem Quell- oder Grundwasser) sowie in den oberen Schichten der Erde finden sie sich in ungeheurer Menge und in vielen Arten.

Da die Spaltpilze (wie alle Pilze) kein Chlorophyll enthalten, so entnehmen sie den zu ihrem Leben nötigen Kohlenstoff bereits aufgebauten organischen Substanzen. Die Substanzen, die Nahrung an die Bakterien abzugeben vermögen, werden als Nährsubstrate derselben bezeichnet. Um aus den Nährsubstraten, in denen die Nährstoffe allermeist in kompliziert gebauten Verbindungen enthalten sind, die nötigen Substanzen gewinnen zu können, sind die Spaltpilze allgemein mit zymotischen Eigenschaften versehen, d. h. sie be-

sitzen die Fähigkeit, Gärungen zu bewirken, wobei sie die hochkonstituierten Moleküle der Nahrungsstoffe zertrümmern.

Zu der für alle lebenden Wesen nötigen Nahrung gehört auch der zur Energieerzeugung nötige Sauerstoff. Die einen Bakterien entnehmen ihn der Luft (sie werden aërobe Bakterien genannt), andere dagegen gedeihen bloß bei Luftabschluß, indem sie bei Zertrümmerung sauerstoffhaltiger Verbindungen aus diesen ihren Atmungssauerstoff gewinnen (anaërobe Bakterien).

Als Endprodukte ihrer Stoffwechselfätigkeit oder als Abfallstoffe der Nahrung scheiden die Bakterien (oft intensiv giftige [Toxine]) Abfallstoffe ab, die als die Stoffwechselprodukte der Bakterien bezeichnet werden.

Je nachdem die einzelnen Arten sich von toten Substanzen (faules Laub, Harn, Fäkalien usw.) ernähren oder ihre Nahrungsstoffe aus lebenden Organismen (z. B. dem lebenden menschlichen Körper) beziehen, unterscheidet man die biologischen Gruppen der Saprophyten (Fäulnisbewohner) und der Parasiten. Die letztern zerfallen wieder, je nachdem sie ausschließlich parasitisch leben (z. B. *Spirochaete Obermeyer*, Fig. 307, der Pilz des Febris recurrens) oder auch noch außerhalb des Körpers auf geeigneten toten Nährsubstraten vorkommen können (z. B. der Milzbrandbazillus) in obligatorische und fakultative Parasiten.

In den saprophytischen Bakterien hat man die Ursache der Fäulnis organischer Substanz gefunden. Fäulnis ist nichts anderes als die Zersetzung organischer Substanzen durch Pilze unter Auftreten unserm Geruchssinn unangenehmer Spalt- und Stoffwechselprodukte.

Von der Annahme, daß ein bestimmter Fäulnisorganismus existiere, den man in *Bacterium Termo* sah, ist man durchaus zurückgekommen; man weiß, daß neben diesem *Bacterium* noch eine Unzahl anderer an der fauligen Zersetzung fäulnisfähiger Körper sich beteiligen.

Wenn man auf physikalische (Hitze) oder chemische Weise (durch Gifte) die Bakterien tötet, oder wenn man leicht zersetzliche Stoffe (z. B. Blut) so gewinnt, daß keine Bakterien darin sind, und so aufbewahrt, daß keine dazu kommen können, so zersetzen sich selbst hochgradig fäulnisfähige Stoffe (z. B. Blut, Fleisch) nicht. Das Befreien keimhaltiger Objekte von ihren Bakterien nennt man Sterilisation. Auf der Sterilisation beruht z. B. die moderne Konservenfabrikation.

Der Nachweis, daß Fäulnis nur dann eintritt, wenn Bakterien zu zersetzlichen Stoffen gelangen können, hat die theoretisch hochwichtige Frage der „Urzeugung“ dahin geklärt, daß man den Gedanken an eine fortwährend dauernde Neuzeugung lebender Wesen aus unbelebten Stoffen aus wissenschaftlichen Betrachtungen ausgeschlossen hat.

Durch die erfolgreichen Forschungen der neueren Zeit wurde festgestellt, daß eine große Anzahl von Infektionskrankheiten gleichfalls durch Bakterien, und zwar durch in dem menschlichen Körper parasitisch lebende Arten bewirkt wird. Die Erkrankung infolge des Wachstums dieser Parasiten wird durch die giftigen Stoffwechselprodukte (Toxine) dieser Spaltpilze bewirkt.

Die hauptsächlichsten Krankheiten, die mit Sicherheit als Wirkung spezifischer Bakterien und verwandter niederster Pilze erkannt wurden, sind Cholera (*Microspira Comma*); Rückfallfieber (*Spirochaete Obermeyer*); Syphilis (*Spiroch. pallida*); Typhus (*Bacterium typhi*); Pest (*Bacterium pestis*); Pneumonie (*Bact. pneumoniae* und verwandte Arten); Eiterungen (verschiedene *Micrococcus*-, *Streptococcus*-

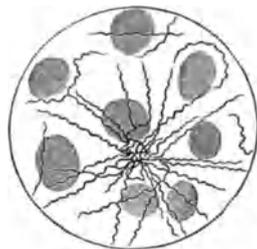


Fig. 307. *Spirochaete Obermeyer*. Blutpräparat mit feinen schraubenförmigen Fäden. (Nach Lehmann und Neumann.)

und *Bacterium*-Formen); malignes Ödem (*Bacillus oedematis*); Wundstarrkrampf (*Bac. tetani*); Fleischvergiftung (*Bac. botulinus*); Milzbrand (*Bac. anthracis*); Gonorrhöe (*Micrococcus gonococcus*); Aussatz (*Mycobacterium leprae*); Tuberkulose (*Mycobacterium tuberculosis*); Diphtherie (*Corynebacterium diphtheriae*); Rotz (*Corynebacterium mallei*) usw. Die Erreger des gelben Fiebers und der Malaria sind Blutparasiten aus der Klasse der Protozoen, die durch Stechmücken übertragen werden. Dagegen kennt man die Erreger von Pocken, sowie Maul- und Klauenseuche, nach denen gegenwärtig intensiv gesucht wird, noch nicht. Daß Krebs durch einen Mikroorganismus verursacht wird, ist möglich, aber noch nicht sicher gestellt.

Die Einteilung der Bakterien¹⁾ wird wesentlich nach der Gestalt ihrer Zellen, sowie nach ihrer Fähigkeit, Dauersporen zu bilden, bewirkt. Sind die Bakterienzellen kugelig, so spricht man von Kokken; gerade, stäbchenförmige Formen gehören zu *Bacterium* oder *Bacillus*; gekrümmte stäbchenartige Zellen dagegen zu *Microspira*, *Spirillum* oder *Spirochaete*. Die Unterschiede der Gattungen werden durch folgenden Schlüssel dargestellt:

- A. Zellen in allen Entwicklungsstadien kugelig (*Coccobacteria*).
1. Zellteilung nur nach einer Raumrichtung; es werden zusammenhängende rosenkranzförmige Zellketten gebildet: *Streptococcus*.
 2. Zellteilung nach drei Raumrichtungen.
 - a) Familien stellen regelmäßig paketförmige, zu 4, 16, 64 usw. zusammenhaftende kubische Körper dar: *Sarcina*.
 - b) Familien stellen haufenartige Massen dar: *Micrococcus*.
- B. Zellen stäbchenförmig, länger als breit (*Eubacteria*).
1. Stäbchen gerade, weder kommaförmig gekrümmt noch korkzieherartig gewunden.
 - a) Mit Sporenbildung: *Bacillus*.
 - b) Ohne Sporenbildung: *Bacterium*.
 2. Stäbchen gekrümmt.
 - a) Kommaförmige, kurze Zellen: *Microspira*.
 - b) Korkzieherartige, lange Zellen.
 - * Zellen starr: *Spirillum*.
 - ** Zellen biegsam: *Spirochaete*.

Eine Anschauung von den meisten dieser Bakterienformen kann man sich verschaffen, wenn man ein Glas mit Schmutzwasser füllt, es 3—4 Tage stehen läßt, und dann einen Tropfen, mit dem Deckglas bedeckt, unter das Mikroskop nimmt. Als auffallendste Erscheinungen in solchem Wasser (Fig. 308) sieht man zunächst stets die Infusionstierchen (Fig. 308, a, b, c), weil sie durch Größe und Bewegungsfähigkeit sich auszeichnen. Bei genauerem Zusehen können dann aber auch die kleinsten Pflanzenformen, nämlich die Bakterien (Fig. 308 d—k) nicht entgehen.

Diese liegen nicht alle ruhig im Präparat: im wesentlichen ist das nur bei den kugelförmigen Gattungen angehörigen Arten (*Micrococcus*, *Streptococcus*, *Sarcina*) der Fall, während von den anderen Formen die Mehrzahl sehr starke, oft blitzartig schießende Eigenbewegung zeigt. Zunächst durch Photographie,

¹⁾ Eine ausgedehnte Systematik der Spaltpilze mit Bestimmungsschlüssel für die Arten derselben enthält mein Buch „Mikroskopische Wasseranalyse“, (Berlin, Julius Springer).

dann durch komplizierte Färbungsmethoden hat man vom Körper der Bakterien ausgehende zarte Geißeln (vgl. Fig. 309) sichtbar gemacht, die als Bewegungs-

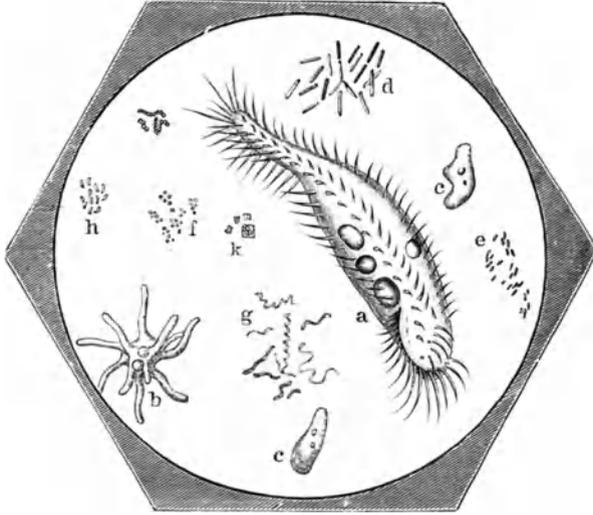


Fig. 308.: Lebensformen in einem Tropfen faulenden Wassers. a—c Protozoën (a *Uroleptus piscis* b *Amoeba radiosa*, c *Amoeba limax*), d *Bacillus*, e *Bacterium*, f *Micrococcus*, g *Spirillum*, h *Microspira* i *Streptococcus*, k *Sarcina*.

organe dienen. Die Geißeln stehen bald in Einzahl an einem Pol des Spaltpilzes (a,b), bald sind sie in Mehrzahl an den beiden Polen vorhanden (d), bald finden sie sich in großer Anzahl über die ganze Oberfläche zerstreut (c).

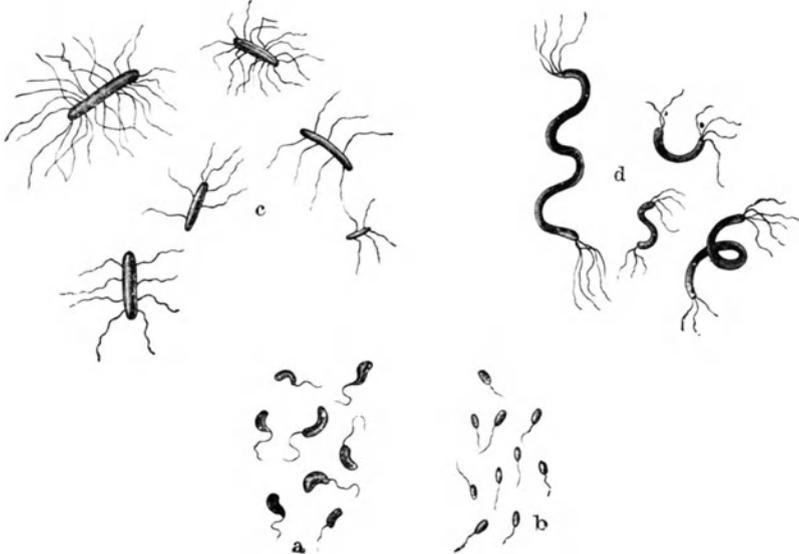


Fig. 309. Begeißelungstypen der Bakterien: a *Microspira Comma*, b *Bacterium fluorescens*, c *Bact. typhi*, d *Spirillum volutans*. a—c $\frac{1000}{1}$, d $\frac{800}{1}$.

Da die Spaltpilze, so wie sie in natura vorliegen, ungefähr das gleiche Lichtbrechungsvermögen haben wie das Wasser, in dem sie schwimmen, so werden sie behufs genauerer Untersuchung den Färbefahrverfahren unterworfen.

Fast alle Spaltpilze haben die Eigenschaft, in totem Zustand Anilinfarben mit Begierde aufzunehmen und schwer wieder abzugeben.

Um die in dem oben als Beispiel angeführten Wassertropfen enthaltenen Spaltpilze genauer beobachten zu können, verfahren wir in der Seite 83 beschriebenen Weise und haben nun bei Betrachtung unter dem Mikroskop die Spaltpilze intensiv gefärbt vor uns.

Eine weitere Bestimmung der Spaltpilze ist unter dem Mikroskop nur in den allerseltensten Fällen möglich, da die kleinen Zellen nicht genug morphologische Unterscheidungsmerkmale aufweisen.

Man ist behufs Spezieserkennung der Spaltpilze auf die Charaktere der Kolonien derselben, auf Kulturen angewiesen. Klarerweise kann nur dann eine Kultur Auskunft über die spezifischen Eigenschaften eines Organismus geben, wenn sie diesen rein, nicht mit anderen Arten gemischt enthält, kurz wenn sie eine Reinkultur ist.

Wenn es gelingt, eine Zelle zu isolieren, sie zur Vermehrung zu veranlassen und die Abkömmlinge vor der Verunreinigung mit anderen Zellen nicht gleicher Abstammung zu bewahren, so muß diese Kultur eine Reinkultur sein.

Die einfachste Art, zu diesem Ziel zu gelangen, ist nach R. Kochs Vorgang, die in einer Flüssigkeit vorhandenen Keime durch Schütteln zu isolieren und gleichmäßig zu verteilen, dann die Flüssigkeit erstarren zu lassen, so daß die Abkömmlinge der voneinander räumlich getrennten Keime an ihrem Entstehungsort bleiben müssen, und auf diese Weise jeden Keim zu einer makroskopisch sichtbaren, abimpfbaren Reinkolonie sich ausbilden zu lassen. Dies geschieht, indem man ein genau abgemessenes Flüssigkeitsquantum mit verflüssigter Nährgeatine¹⁾ vermischt.

Wenn die (leider nur in sehr beschränktem Maße gültige) Voraussetzung gemacht wird, daß jeder Keim sich zu einer Kolonie entwickelt, und wenn der verwendete erstarrende Nährboden steril war, so muß die Anzahl der in der Gelatine sich bildenden Kolonien gleich sein der Zahl der Keime, die in dem ihr beigefügten Flüssigkeitsquantum enthalten gewesen waren. Dies gibt uns ein Mittel an die Hand, den Keimgehalt von Flüssigkeiten zu bestimmen.

Der Gang einer solchen Untersuchung²⁾ ist der, daß man in ein Reagenzglas mit sterilisierter, verflüssigter Nährgeatine 1 ccm der zu untersuchenden Flüssigkeit eingibt, dann durch Neigen und Wiederheben des Reagenzglases für

1) Fleischwasserpeptongelatine (Nährgeatine): 500 g fettfreien Rindfleisch werden in fein gehacktem Zustand mit 1000 g Wasser 12 Stunden lang angesetzt, darauf durch ein Tuch die Flüssigkeit abgepreßt und unter stetem Rühren aufgeköcht; durch doppeltes Filtrierpapier filtriert, 5 g Kochsalz, 10 g Pepton sicc. und 100 g feingeschnittene, beste weiße Gelatine zugegeben, auf 1000 g aufgefüllt und mit Natronlauge oder Lösung von Natriumkarbonat genau neutralisiert (Indikator: Phenolphthalein); durch den Heißwassertrichter filtriert und die klare Nährgeatine in mit Wattestopf versehenem Kolben durch zweimaliges an aufeinander folgenden Tagen stattfindendes je einstündiges Erhitzen auf 100° im Wasserbad oder im Dampfsterilisator sterilisiert. (Um das lästige Zusammenballen des Peptons zu vermeiden, mische man es mit dem Kochsalz innig durcheinander; das vielfach geübte Sterilisieren der Nährgeatine auf offener Flamme ist nicht zu empfehlen, da durch höhere Wärmegrade als 100° die Erstarungsfähigkeit der Gelatine leidet.)

2) Genaue praktische Anweisung zu derartigen Untersuchungen findet man in meinem Buch „Mikroskopische Wasseranalyse“ (Berlin, Julius Springer).

vollkommen gleichmäßige Verteilung der Keime in der Flüssigkeit sorgt, dann diese in durch Hitze sterilisierte Schalen mit übergreifendem Deckel (Fig. 310, Petri-Schalen) eingießt und sie erstarren läßt. Nach 1—14 Tagen entwickeln sich nun die einzelnen Keime zu (größtenteils mikroskopisch) sichtbaren Kolonien, wie in Fig. 311 dargestellt ist.

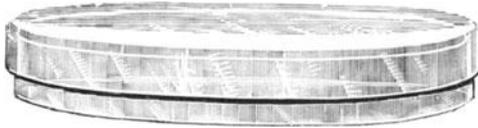


Fig. 310. Petri-Schale.

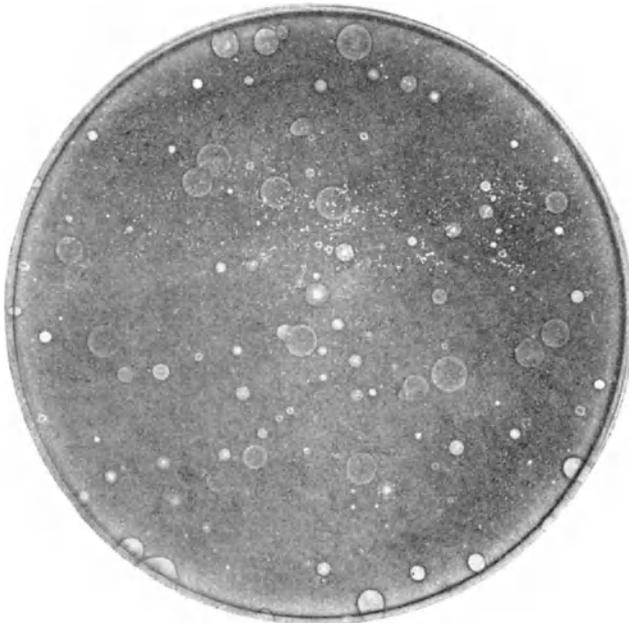


Fig. 311. Dicht besäte Kulturplatte in natürlicher Größe. (Nach Ohlmüller.)



Fig. 312.
Gelatine-Reinkultur von *Bacterium coli*.
Nat. Größe.

Derartige mit Bakterienkolonien besäte Platten können nun unschwer durch Zählung der Kolonien kontrolliert und aus ihnen kann der Keimgehalt der zu untersuchenden Flüssigkeit pro Kubikzentimeter berechnet werden.

Ferner kann man nun leicht mit einer ausgeglühten Nadel die Kolonien anstechen und durch Einstechen der dadurch mit Bakterie behafteten Nadeln in neue, sterile Nährgelatine (oder in andere Nährsubstrate wie Agar-Agar, gekochte Kartoffeln usw.) Reinkulturen anlegen. Derartige Reinkulturen (Fig. 312), die die charakteristischen Eigenschaften der Bakterienarten zeigen, sind zum Bestimmen derselben unerlässlich nötig.

Bei der oben angewandten Tinktion der Bakterien mit Anilinfarben kommt es häufig vor, daß im Innern großer Stäbe Parteien ungefärbt bleiben oder die Farbe nur sehr schwach annehmen. Dies

weist in vielen Fällen auf eine Sporenbildung. — Die Sporen der Spaltpilze zeichnen sich durch eine ganz außerordentlich feste, gegen Dürre, Hitze und chemische Einflüsse sehr widerstandsfähige Sporen-



Fig. 313. Sporenbildung von Bacillus-Arten. *a* Mittelständige Sporen von *B. anthracis* (Milzbrandbacillus), *b* endständige von *B. tetani* (Starrkrampfbacillus). $\frac{1000}{1}$.

membran aus. Auch die Farbstoffe durchdringen dieselbe nur schwer, deshalb bleiben die Sporen länger ungefärbt als die vegetativen Zellen. Je nach der Stellung der Sporen in den Stäbchen unterscheidet man mittelständige Sporen (vgl. Fig. 313, *a*) oder endständige (Fig. 313, *b*).

Praktisch wichtige bakteriologische Untersuchungsmethoden.

Nachweis der Tuberkelbazillen im Sputum.

Die Tuberkelbazillen nehmen Anilinfarbstoffe relativ schwer auf; sind sie aber gefärbt, so halten sie den Farbstoff verhältnismäßig fest. Das Sputum der Phthisiker enthält nicht konstant gleiche Mengen von Tuberkelbazillen; oft sind nur wenige zu entdecken.

Man gieße behufs Untersuchung das Sputum auf einen Porzellanteller, dessen eine Hälfte von weißer, dessen andere Hälfte von schwarzer Farbe ist, und fische mit 2 ausgeglühten Präpariernadeln unter Vermeidung von Speiseresten einige stecknadelkopfgroße gelbliche Stückchen aus der Mitte der schleimig-eitrigen Massen (ev. eine sog. Linse) heraus und bringe diese Teile auf einen neuen spiegelblank gereinigten Objektträger, fasse einen unbeschickten reinen Objektträger gleicher Art mit der anderen Hand und zerreibe den Auswurf zwischen beiden Gläsern unter energischem Drücken.

Bei dem Auseinanderziehen der Objektträger bleibt auf jedem ein feinverteiltes Präparat; dieses soll hauchartig dünn ausgestrichen sein. Die Präparate kommen nun zum Schutze gegen auffallenden Staub unter eine Glasglocke und bleiben hier so lange liegen, bis sie lufttrocken geworden sind. Wenn das geschehen ist, werden sie zwecks Fixierung dreimal mit der Schichtseite nach oben durch die Flamme gezogen. Um den Grad der Erhitzung zu kontrollieren, setzt man neben der Sputumschicht den Zeigefinger der linken Hand auf. Die Erwärmung des Glases darf nur eine solche sein, daß sie der Finger gut ertragen kann.

Das Präparat wird nunmehr in ein Schälchen mit Karbolfuchsin¹⁾ gelegt und in der Karbolfuchsinlösung über dem Bunsenbrenner vorsichtig erhitzt, bis aus dem Schälchen die Dämpfe aufsteigen. Man läßt zweckmäßig die heiße Karbolfuchsinlösung dann noch 4 Minuten über dem Präparat stehen; dann faßt man das Präparat mit der Pinzette, gießt das Karbolfuchsin in ein bereit stehendes Gefäß ab, zieht den Objektträger durch 5% Schwefelsäure, spült in 70% Alkohol ab, bis das Präparat farblos erscheint, und legt es für 2—3 Minuten in eine wässrige konzentrierte Methylenblaulösung. Nach Abspülen in destilliertem Wasser wird das Präparat zwischen Fließpapierstreifen getrocknet.

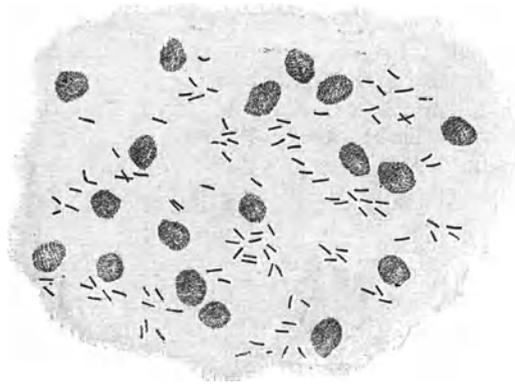


Fig. 314. Sputumpräparat. $\times 800$. (Nach Birch-Hirschfeld.)

Das im ganzen blau gewordene Präparat wird (nach vorherigem Eintrocknen) mit möglichst starker Vergrößerung (Immersion) betrachtet und zeigt die strichförmig dünnen Tuberkelbazillen tiefrot, während alles übrige blau ist. (Fig. 314.)

Außer Tuberkelbazillen können noch rot gefärbt sein: Bazillensporen (anderer Arten, der Erreger der Tuberkulose bildet keine Sporen). Die Sporen sind rund; Verwechslungen sind nicht zu befürchten, wenn man die Tuberkelbazillen einigemal gesehen hat²⁾.

Schnittpräparate färbt man in ähnlicher Weise.

Sind in dem Auswurf nur wenige Tuberkelbazillen vorhanden, so empfiehlt es sich, 2—5 ccm des Auswurfes mit der fünffachen Menge einer 15% wässrigen Lösung von Antiformin zu übergießen, durchzuschütteln, etwa 1 Stunde stehen zu lassen und dann zu zentrifugieren. Antiformin ist Eau de Javelle mit einem Zusatz von

¹⁾ Fuchsin 1,0; 5% wässrige Karbolsäurelösung 100,0; Alkohol 10,0. — Karbolfuchsin muß alle 14 Tage neu bereitet werden.

²⁾ Färberisch ähnlich verhalten sich einige Bakterien, die man zur Gruppe der Pseudotuberkulose rechnet, die sog. säurefesten Butterbazillen, der auf Thimothégras (*Phleum pratense*) gefundene Thimothébazillus u. a.

Natronlauge. Es besitzt eine eminent stark lösende Eigenschaft auf organische Substanzen und hat außerdem eine schleimlösende Wirkung. Die Tuberkelbazillen, die man sich von einer Fettwachshülle umkleidet denken muß, werden aber von dem Antiformin nicht angegriffen.

Das Sediment bringt man auf den Objektträger und läßt es mit etwas Eiweißlösung (5 ccm Eiklar, 1 l Aqua dest., 1 ccm Formalin) eintrocknen. Das Präparat wird, wie oben beschrieben, behandelt.

Neuerdings hat Much auf eine granuliert Form des Tuberkelbazillus aufmerksam gemacht, die man z. B. in älteren tuberkulösen Herden antrifft. Der Tuberkelbazillus hat in diesen Herden seine Säurefestigkeit eingebüßt, er ist nicht mehr mit Karbolfuchsin färbbar, wohl aber nach einer modifizierten Gramschen Methode. (Die Ausstriche werden mit Karbolmethylviolettlösung unter Erwärmen über der Flamme behandelt, Lugolsche Lösung 5 Min., in Wasser abspülen, 5% Salpetersäure 1 Min., 3% Salzsäure 10 Sekunden, entfärben in Azeton, Alkohol aa unter Schütteln, abspülen in Wasser. Die Granula sind dunkelviolet gefärbt, sie liegen einzeln oder in Haufen oder in Reihen innerhalb der Stäbchen.)

Nachweis der Gonokokken im Trippereiter.

Der Eiter wird so dünn und gleichmäßig wie möglich auf einem spiegelblanken Objektträger ausgestrichen, unter einer Glasglocke lufttrocken gemacht und in der Flamme erwärmt, wie oben (S. 260) für die Sputumuntersuchung beschrieben. Das wiedererkaltete Präparat wird dann mindestens für 10 Minuten in konzentrierte alkoholische Eosinlösung gestellt. Nach Verlauf dieser Zeit wird es herausgenommen, schräg gehalten (so daß das Eosin möglichst vollständig abläuft) und direkt (ohne vorheriges Abspülen) in eine konzentrierte wässrige Methylenblaulösung, die 1% Kalilauge enthält, eingetaucht, sofort wieder herausgezogen und so rasch wie möglich mit Wasser abgespült. (Die Blaufärbung besteht in einmaligem raschen Eintauchen; längere Zeitangaben gefährden eine wirklich schöne Färbung!)



Fig. 315. *Micrococcus gonococcus*.
Präparat aus Tripper-Eiter.
(Nach Lehmann und Neumann.)

Das so gefärbte Präparat (Fig. 315) wird am besten in Kanadabalsam mit Immersion betrachtet; die Gonokokken (wie alle andern vorhandenen Spaltpilze, so besonders häufig in Perlschnurketten liegende Streptokokken) sind blau, die Zellen (abgesehen von den großen, manchmal bei zu starker Einwirkung des Farbstoffs gleichfalls blauen Zellkernen, die aber nicht verwechselt werden können) sind rot.

Als Gonokokken anzusprechen sind nur innerhalb der Zellen (Leukozyten) liegende, meist in großen Mengen darin vorhandene

Kokken, von denen viele die bekannte Semmelform haben, d. h. zu zweien zusammenliegen und an der Berührungslinie etwas eingebuchtet (bohnenförmig) sind.

Bei Anwendung der Gramschen Färbung (siehe gleich unten bei Milzbrand) verlieren die Gonokokken ihre Färbung. — Bei Gonokokkenuntersuchungen hüte man sich, Eiter ins Auge zu bekommen.

Nachweis von Milzbrandbazillen.

Von dem milzbrandverdächtigen Kadaver (größte Vorsicht notwendig, da Milzbrand auch für Menschen äußerst gefährlich!) werden:

1. Aus Milz, Leber und Herz Bluttröpfchen genommen und auf Objektträgern dünn und gleichmäßig ausgestrichen, lufttrocken gemacht und erwärmt wie oben (S. 260) angegeben, dann nach Gram¹⁾ gefärbt. Ist Milzbrand vorhanden, so liegen (vgl. Fig. 316) zwischen den entfärbten Blut- und Gewebezellen große, blauschwarz gefärbte Stäbe, die Milzbrandbazillen. Damit ist die Diagnose aber keineswegs fertig, sondern es muß noch weiter geprüft werden wie folgt:

2. Aus denselben Organen werden Blutproben weißen Mäusen unter die Haut gebracht. Die Maus wird mit einer Zange gefaßt, mit dem Vorende in einen engen²⁾ Zylinder gesteckt, so daß nur die Schwanzwurzel und der Schwanz herausragen; dann wird das Fell über der Schwanzwurzel mit 0,5 % Sublimatlösung ordentlich abgewaschen, mit frisch ausgeglühter (aber erkalteter) Schere ein Schnitt durch die Haut gemacht und von diesem aus mit frisch ausgeglühtem, stumpfem Skalpell eine kleine Tasche unter der Haut freigelöst. In diese Tasche wird mittels ausgeglühter, zu einer Öse zusammengebogener Platinnadel das Blut eingebracht und die Tasche dann leicht angedrückt.

Wenn eine oder alle Mäuse nach 24 bis 48 Stunden sterben, wird steril aus ihrem Innern, aus Herz, Leber und Milz, wieder Blut entnommen und

a) behandelt wie oben ad 1,

b) StICKKulturen in Nährgelatine und StrICKKulturen auf Nähragar³⁾ angelegt.

Der Milzbrandbazillus (*Bac. anthracis*) ist diagnostiziert, wenn er: 1. auf der bei 37° gehaltenen Agarkultur Sporen bildet (vgl. S. 260, Fig. 313a), die nach der für die Tuberkelbazillenfärbung (S. 261) angegebenen Methode (rot, während die Stäbchen blau sind) gefärbt werden

1) Färben eines wie oben beschrieben vorbereiteten Präparates mit Anilinölwassergentianaviolett: etwa 5 ccm Anilinöl werden mit etwa 120 ccm destillierten Wassers in einem Kölbchen kräftig durchgeschüttelt und filtriert. Das von Öltropfen freie Filtrat (100,0) wird mit konzentrierter alkoholischer Gentianaviolettösung (10 ccm) versetzt. Färbung 5 Minuten; Auftropfen von Lugolscher Lösung 12 Minuten; Abspülen in absolutem Alkohol, bis das Präparat ziemlich farblos erscheint; ev. Gegenfärbung mit wäßriger Fuchsinlösung $\frac{1}{4}$ Minute.

2) Der Zylinder muß so eng sein, daß das Tier sich nicht umdrehen kann.

3) Nähragar wird bereitet wie Nährgelatine (S. 258, Anm.), nur wird statt 100 g Gelatine 50 g Agar-Agar genommen.

können; 2. die Nährgelatine verflüssigt (und vom Gelatinestich aus feine haarförmige Ausläufer in das Nährsubstrat treibt); 3. wenn er auf der Oberfläche der Nährmedien (also bei Luftzutritt) gut wächst und die Kolonien am Rande aufgelöst erscheinen, so daß sich Fäden bilden, die im mikroskopischen Bilde an Haarflechten oder Peitschenschnüre erinnern; 4. wenn die in Wasser betrachteten lebenden Bazillen (von einer frischen Reinkultur zu entnehmen) keine Eigenbewegung zeigen; 5. wenn er, nach der Gramschen Methode behandelt, gefärbt bleibt; 6. wenn eine Probe der Reinkultur (oben nach 2 behandelt) den Tod eines neuen Versuchstieres verursacht. Alle diese sechs Merkmale sind zu einer sichern Diagnose notwendig.

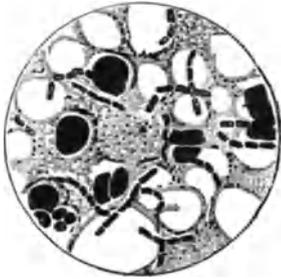


Fig. 316. *Bac. anthracis*. Ausstrichpräparat einer Mäusemilz. (Nach Lehmann und Neumann.)

Nachweismethoden des Typhusbakterium.

Den Typhuserreger aus Materien, in denen er reichlich mit anderen Bakterien gemischt vorkommt (Faeces, Wasser, Milch usw.) zu isolieren, ist sehr schwierig; dagegen ist es leicht, ihn mittels Agarplatten aus Milz und Lymphdrüsen frischer Typhusleichen zu züchten; als Schlußstein einer sorgfältigen Untersuchung ist stets die spezifische Immunitätsreaktion, die Agglutination und der Pfeiffersche Versuch anzustellen, da es eine Reihe von Bakterien gibt, die morphologisch und kulturell dem Typhusbakterium nahe stehen (das Paratyphusbakterium, das *Bact. enteritidis* Gaertner). Aus diesem Grunde empfiehlt es sich, Untersuchungen auf Typhus nur in wohlerrichteten Laboratorien (Medizinaluntersuchungsämtern, hygienischen Instituten) vornehmen zu lassen.

Der Praktiker verweigere stets, ein ihm übersandtes Wasser auf Typhusbakterien zu prüfen; er muß die Probeentnahme unter allen Kautelen selbst vornehmen, dabei sich genau über die Beschaffenheit des Wassers und seiner Umgebung, Entfernung von Senkgruben, Düngerstätten usw. und Möglichkeit der Infektion des Wassers mit unreinen Zuflüssen orientieren; er muß die mikroskopische Untersuchung auf grüne Algen und Diatomeen (die einen ungenügenden Abschluß des Brunnens beweisen, daher in Trinkwasser nicht statt-haft sind), sowie auf Verunreinigung anzeigende andere Organismen machen; er darf die chemische Analyse auf Chlor, Ammoniak, salpetrige Säure und Salpetersäure nicht unterlassen, kurz es muß eine genaue örtliche, mikroskopische und chemische Untersuchung neben der bakteriologischen Prüfung des Wassers erfolgen.

Der Nachweis der Typhusbazillen stützt sich auf folgende charakteristische Eigenschaften derselben:

1. Das Typhusbakterium ist ein lebhaft bewegliches Stäbchen mit leicht abgerundeten Enden. Die Beweglichkeit beruht auf der Anwesenheit von Geißelfäden, die rings um den Bakterienleib angeordnet sind (vgl. Fig. 309 c).

2. Das Typhusbakterium entfärbt sich nach Gram.

3. Es darf in Peptonwasser und Bouillon kein Indol, im Gärungskölbchen in Traubenzuckerbouillon kein Gas bilden.

4. Lackmusmolke soll es nur in geringem Grade röten und nicht wesentlich trüben.

5. Stöckkulturen in Neutralrotagar¹⁾ sollen die Farbe des Nährbodens nicht verändern.

6. Auf dem Nährboden von v. Drigalski und Conradi — es handelt sich um ein ziemlich konzentriertes (3%) Nähragar, dem 1½% Milchzucker, ferner zur Anzeige säurebildender (den Milchzucker zerlegender) Kolonien etwas Lackmus, endlich zur Hintanhaltung der Entwicklung fremder (z. B. Luft) Keime etwas Kristallviolett zugesetzt ist — bildet das Typhusbakterium blaue Kolonien (*Bacterium coli* wächst rot).

7. Es ist zu empfehlen, das Verhalten der Kultur mit einer einwandfreien Kontrollkultur zu vergleichen (besonders bezüglich des Wachstums auf Gelatine und auf der Kartoffel).

Hinsichtlich der Ausführung der einzelnen Methoden muß auf die Lehr- und Handbücher der Bakteriologie verwiesen werden.

Das gilt insbesondere auch von der Ausführung der spezifischen Serumreaktionen.

Zur bakteriologischen Typhusdiagnose ist das aus dem Ohrläppchen oder aus einer Vene, z. B. der Armbeuge, mit sterilen Instrumenten entnommene Blut das geeignetste Material. Es genügen schon wenige Tropfen Blut, die man in einer sterilen Glaskapillare auffängt, zur Untersuchung.

Das Serum wird zur Agglutinationsprobe eventuell zum sogenannten Pfeifferschen Versuch, das Blutgerinnsel zur Kultur verwendet.

In einer Reihe von Krankheitsfällen, die unter dem Bilde des Typhus verlaufen, sind aus den Dejektionen Bakterien isoliert worden, die dem Typhusbakterium verwandt sind, dazu gehört das *Bacterium daratphi* B. (Schottmüller).

Im Gegensatz zu den zarten, blattförmigen, geäderten Gelatinekolonien der Typhusbakterien, wachsen die Paratyphusbakterien auf diesem Nährboden dick, rahmig und zeigen Radiärstreifung. Sie sind Gasbildner und reduzieren das Neutralrot.

Das Serum paratyphuskranker Personen hat keine agglutinierende Wirkung auf Typhusbakterien.

Sehr nahe steht dem Paratyphusbakterium das *Bact. enteritidis* (Gaertner), das im Fleische notgeschlachteter Tiere gefunden wurde und als Erreger von Fleischvergiftungen eine Rolle spielt.

Ihm ist verwandt das Paratyphusbakterium Typus A (Brion, Kayser), das sich durch bestimmte kulturelle Eigenschaften und durch die Immunitätsreaktionen differenzieren läßt.

¹⁾ 500 ccm Wasser, 1,5 g Agar, 5 g Liebigs Fleischextrakt, 2,5 g Kochsalz, 10 g Pepton Witte. Nach dem Kochen wird die Reaktion schwach alkalisch gestellt, dann filtriert und 0,75 g Traubenzucker zugesetzt; schließlich fügt man 1—2 ccm gesättigte, wäßrige Lösung von Neutralrot zu. (Letzteres zu beziehen von Dr. G. Gröbler u. Co., Leipzig.)

Nachweis des Kolibakteriums.

Bei Untersuchungen auf *Bacterium typhi* begegnet man gewöhnlich dem *Bacterium coli*. Weil dieser Mikroorganismus ein ständiger, schon vom ersten Milchkot an vorhandener gelegentlich pathogener Bewohner des menschlichen (und Säugetier-) Darms ist, hat sein Nachweis, insbesondere auch für die Wasseruntersuchung, häufig besonderes Interesse.

Aus Kot wird *Bacterium coli* isoliert, indem man mit sterilisiertem Wasser stark verdünnte Aufschwemmung zur Anlage von Agarplatten verwendet und diese bei 37° hält. Von den entstehenden weißen Kolonien impfe man eine Anzahl (jeweils getrennt!) auf Traubenzuckeragar ab, halte diese Kulturen gleichfalls bei 37° und prüfe zunächst auf Gasbildung (Zerklüftung des Agars). Von den gasbildenden Kulturen impfe man weiter auf sterilisierte gekochte Kartoffel, Traubenzuckeragar, Milch, Nährgelatine, Bouillon und Peptonwasser sowie mache die mikroskopische Untersuchung in lebendem und gefärbtem Zustand. Gasbildung auf Laktoseagar, anfangs schmutzig gelbliche, später gelbbraunliche, meist ziemlich saftige Kartoffelkultur und Rotfärbung der bis zum halben Volum mit 10% Schwefelsäure und einem Tropfen einer Nitritlösung versetzten Peptonwasserkultur (Indolnachweis) sichern die Diagnose.

Das Bact. coli ist ein bewegliches Stäbchen mit geringer Geißelzahl (1—3). Es nimmt die Gramsche Färbung nicht an und bildet keine Sporen; auf roten Drigalski-Conradi-Agarplatten (vgl. S. 265) wächst es rot. Da es regelmäßig im Kot vorkommt, läßt sein Auftreten im Wasser auf Verunreinigung mit menschlichen (und tierischen) Abfallstoffen schließen.

Nachweis des Cholera-Vibrio.

Alle bakteriologischen Cholerauntersuchungen sollen nicht nur sicher, sondern auch rasch (in 24—36 Stunden) zum Resultat führen.

Nachweis in den Ausleerungen Cholerakranker oder Choleraverdächtiger.

1. Zunächst wird ein mikroskopisches Präparat (womöglich aus einem Schleimflöckchen) gemacht. Beherrschen die Kommabazillen (Fig. 317) das Gesichtsfeld und ist das Untersuchungsmaterial frisch, so spricht ein solcher Befund für Cholera.



Fig. 317.
Cholera-Vibrien. 1500/1.

2. Ein hängender Tropfen ist in Peptonlösung anzulegen und sofort und nach halbstündigem Verweilen im Brutschranke, bei 37° frisch und im gefärbten Präparate zu untersuchen.

3. Ferner sind Gelatineplatten anzulegen. Menge der Aussaat eine Öse (womöglich eine Schleimflocke); zu den Verdünnungen der zweiten und dritten Platte je drei Ösen.

Die Platten werden nach 18stündigem Verweilen im Brutschranke (22° C) untersucht.

Die Vibrionenkolonien sind hellgelbliche, rundliche, grobgranulierte Scheibchen mit krümeliger oder zerschlitzter Randbeschaffenheit und (manchmal erst etwas später bemerkbarer) Verflüssigungszone, sehr stark lichtbrechend.

Je älter die einzelnen Kolonien werden, desto mehr nimmt die körnige Beschaffenheit zu. Schließlich scheinen die Kolonien aus lauter kleinsten, stark lichtbrechenden Lällchen zu bestehen und sehen aus wie mit Glassplitttern bestreut. — Diese Form der Gelatinekolonien ist ein Hauptmerkmal für die Choleradiagnose.

4. Werden Agarplatten angelegt. Sehr wichtig ist

5. die Anreicherung mit Peptonlösung.

(In 1 l destilliertem, sterilisiertem Wasser werden 100 g Peptonum siccum Witte, 100 g Kochsalz, 1 g Kaliumnitrat und 2 g kristallisiertes kohleensaures Natrium in der Wärme gelöst, die Lösung wird filtriert, in Kölbchen zu je 100 ccm abgefüllt und sterilisiert. Von dieser Stammlösung wird eine Verdünnung von 1 + 9 Wasser hergestellt und zu je 10 ccm in Röllrchen und zu je 50 ccm in Kölbchen abgefüllt und sterilisiert.)

Die sehr stark luftbedürftigen Choleravibrionen sammeln sich an der Oberfläche, schon nach drei Stunden ein feines Häutchen bildend, an.

Von der Oberfläche des am meisten verdächtigen Röllrchens wird in drei weitere Peptonröllrchen überimpft und eine Reihe Gelatine- und Agarplatten angelegt.

Von diesen aus gewinnt man die Reinkulturen, die der Agglutinationsprobe und dem Pfeifferschen Versuch unterworfen werden (vgl. Typhus).¹⁾

Die Choleravibrionen müssen kommaartig gekrümmt (Fig. 317) und im hängenden Tropfen lebhaft beweglich sein; die Agarkultur darf im Dunkeln nicht leuchten.

Eine Peptonröllrchenkultur wird mit Schwefelsäure versetzt; tritt Rotfärbung ein, so ist Nitrit und Indol in der Kultur gebildet (Nitrosindolreaktion), wodurch die Diagnose auf Cholera bestätigt wird.

Nachweis des Diphtheriebazillus.

Wie die Tulerkulose, so wird auch die Diphtherie nicht von einem Spaltpilz, sondern von einem der Familie der Streptotrichaceen zugehörigen Fadenpilz (*Corynebacterium Diphtheriae*) hervorgerufen. Da eine ganze Anzahl nahe verwandter, nicht pathogener Formen reichlich besonders in der menschlichen Mundhöhle vorzukommen pflegen, ist die genaue Diagnose des Diphtherieerregers häufig von großer Bedeutung. Sie wird folgendermaßen ausgeführt:

Mit einem in sterilem Glas befindlichen sterilen Wattebausch wird die diphtherieverdächtige Stelle abgewischt, der Bausch wieder in das Glas geborgen und so transportiert. Durch Abstreichen desselben

¹⁾ Die „Anweisung zur Bekämpfung der Cholera“, festgestellt in der Sitzung des Bundesrates vom 28. Januar 1904 (Amtl. Ausgabe, Berlin 1904), enthält die einschlägigen Bestimmungen, auch bezüglich der Bereitung der Nährböden.

auf sterilem erstarrtem Blutserum-Nährboden (drei Teile Rinds- oder Hammelblutserum gemischt mit einem Teil einer Kalbsbouillon, die 1% Traubenzucker, 1% Pepton und 0,5% Kochsalz enthält) werden Ausstrichkulturen angelegt und diese bei 35° gehalten.

Es entstehen rundliche, weiße bis schmutzig-gelbliche Kolonien, die wie folgt weiter untersucht werden:



Fig. 318. *Corynebacterium Diphtheriae*. (Nach Lehmann und Neumann.)

a) Ein Ausstrichpräparat wird mit Methylenblau gefärbt; dasselbe zeigt bei echter Diphtherie vorwiegend langgestreckte (siebenmal so lang als breit), öfters keulig angeschwollene Formen.

b) Ein anderes Ausstrichpräparat wird nach Gram (vgl. oben S. 263, Anm.) gefärbt; diese Färbung soll positiv ausfallen.

c) Ein weiteres Ausstrichpräparat wird möglichst bald nach Neisser behandelt. Dies geschieht in der Weise, daß man es 1—3 Minuten mit essigsäurem Methylenblau (1,0 Methylenblau in 20 ccm 90prozentigem Alkohol gelöst, dazu 950 ccm destilliertes

Wasser und 50 ccm Acid. acet. glaciale) färbt, mit destilliertem Wasser abspült und 2 bis 5 Sekunden mit Bismarckbraun (2,0 Bismarckbraun, gelöst in 1 l destilliertem Wasser, filtriert) nachfärbt. Durch diese Behandlung werden die Bazillen braun und sollen in einem oder häufiger in beiden Enden ein blaues Körnchen enthalten; auch kommt es öfters vor, daß die („metachromatischen“) Körnchen in Mehrzahl vorhanden sind. Nur wenige Fälle sind bekannt geworden, in welchen virulenten Diphtheriebazillen die Körnchen fehlten.

d) Es werden Reinkulturen (Ausstrichkulturen) auf dem oben seiner Zusammensetzung nach beschriebenen Serumnährboden angelegt, diese bei 35° gehalten und mit ihnen nach 20 Stunden die Neissersche Färbung wiederholt. Die Präparate sollen gleichfalls die metachromatischen Körnchen typisch zeigen.

Durch diesen Untersuchungsgang wird der Diphtherieerreger in für die Praxis genügend sicherer Weise erkannt; nur in besonders schwierigen und unklaren Fällen muß Tierversuch und Nachweis der Schutzwirkung von Antitoxin für die endgültige Diagnose zu Hilfe genommen werden.

Die frühzeitige Sicherung der Diagnose ist mit Rücksicht auf die erfolgreiche Anwendung des Heilserums besonders wünschenswert; die häufigere bakteriologische Untersuchung ist bei der Unsicherheit der klinischen Diagnose sehr erwünscht.

Nachweis der Syphilis-Spirochaeten.

Die Entdeckung Schaudinns, daß die Syphilis durch eine der Gattung Spirochaete angehörige Bakterienform verursacht wird, fand durch weitere Forschungen ihre Bestätigung. Spirochaete pallida ist annähernd konstant in den infektiösen Erscheinungen der primären und sekundären Syphilis vor-

handen; sie fehlt, wie es scheint, regelmäßig bei nicht infektiösen tertiären Lues-Produkten und wurde auch bei experimenteller Affen-Syphilis durch mehrere Generationen beobachtet. An nichtluetischem Material ist der Schmarotzer noch niemals mit Sicherheit nachgewiesen.

Um die Syphilis-Spirochaeten nachzuweisen, verfährt man nach Giemsa folgendermaßen:

Man legt den lufttrocknen, sehr dünnen Objektträgerausstrich, den man nach kräftigem Abreiben von dem Sekrettropfen der Sklerose oder einer Papel gewonnen hat (Schichtseite nach oben) in eine trockene Petrischale. Als Farblösung benutzt man die von Giemsa

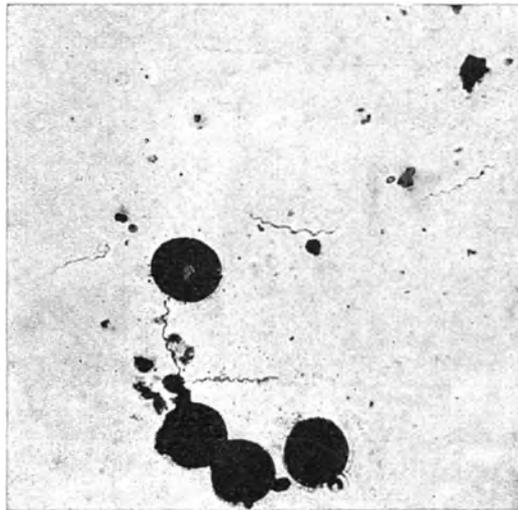


Fig. 319. Mikrophotogramm des Syphilis-Erregers (*Spirochaete pallida*). 1200/1.

angegebene Azur-Eosinlösung, die man zuvor mit einem gleichen Volumen reinen Methylalkohols vermischt hat. Hiervon träufelt man aus einem Tropfglaschen soviel Farblösung auf das Präparat, bis dieses hiermit völlig bedeckt ist (10—15 Tropfen) und läßt den Farbstoff $\frac{1}{2}$ Minute lang einwirken. Darauf gießt man soviel destilliertes Wasser in die Schale, bis der Objektträger ganz von Flüssigkeit bedeckt ist (10—15 ccm), bewirkt durch Hin- und Herschwenken der Schale eine völlig homogene Durchmischung von Farblösung und Wasser, stellt das Gefäß beiseite und beläßt das Präparat 5 Minuten lang in dem Gemisch. Ein längeres Verweilen ist nie von Nachteil, erhöht im Gegenteil die Intensität der Färbung. Man gießt die Farblösung fort, spült das Objekt in fließendem Wasser recht sorgfältig ab, trocknet es und untersucht es in Zedernöl.

Die Syphilis-Spirochaeten (vgl. Fig. 319, 320) stellen lange und dünne, im gefärbten Präparate bläulichrote Spiralen mit steilen, gleich-

mäßigen und engen Windungen dar; Zahl der Windungen 6—26, Dicke höchstens $0,25\mu$, Länge einzelner Windungen bis 2μ . Die Enden sind stets spitz (und tragen je eine schwer sichtbar zu machende Geißel).

Diese Merkmale sind charakteristisch und bieten genügende Unterschiede gegenüber anderen dickeren, sich leichter färbenden Spiro-



Fig. 320. Der Syphilis-Erreger (*Spirochaete pallida*) bei Dunkelfeldbeleuchtung. Dasselbe Präparat, das in Fig. 319 bei durchfallender Beleuchtung dargestellt ist. $\frac{1200}{1}$.

chaeten, speziell der Spirochaete refringens. Auch mit dem Burrischen Tuscheverfahren kann man gute Bilder erhalten.

Man benutzt dazu ein Tröpfchen auf das Doppelte verdünnter flüssiger Tusche (von Grübler) und mischt damit das zu untersuchende Sekret.

Die Spirochaeten heben sich ungefärbt von dem dunklen Grunde ab. Das Präparat muß in sehr dünner Schicht gleichmäßig ausgestrichen werden.

g) Algen.

In jedem belichteten Wasser finden sich grüne und bräunliche Vegetationen, die der Algenklasse angehören und reizende mikroskopische Objekte liefern; die prachtvoll roten Algen der Meere haben im süßen Wasser nur sehr wenige Repräsentanten. Die Einteilung der Algen erfolgt nach ihrem Farbstoff: Der Anfänger wird im Wasser hauptsächlich drei verschieden gefärbten Algenklassen begegnen, nämlich 1. den mit Kieselpanzer versehenen, braun gefärbten *Diatomaceen*, 2. den lichtgrün gefärbten *Chlorophyceen* und 3. den blaugrün gefärbten *Cyanophyceen*.

Diatomaceen (Fig. 321, 322).

Bereits oben, Seite 55—56, sind wir Diatomeen als mikroskopischen Testobjekten begegnet; in Wasserproben sind sie außerordentlich häufig, sie bilden in Teichen und Bächen braune, schlammartige Überzüge an Steinen usw., oder schwimmende oder flutende Flocken. Sehr charakteristisch für diese Gewächse ist, daß ihre Membran vollständig verkieselt ist, so daß ihr Zellkörper in einer durchsichtigen Glasschale steckt. Diese Schalen halten deshalb auch die Glühhitze leicht aus und werden in der Weise präpariert, daß man den Diatomeenschlamm

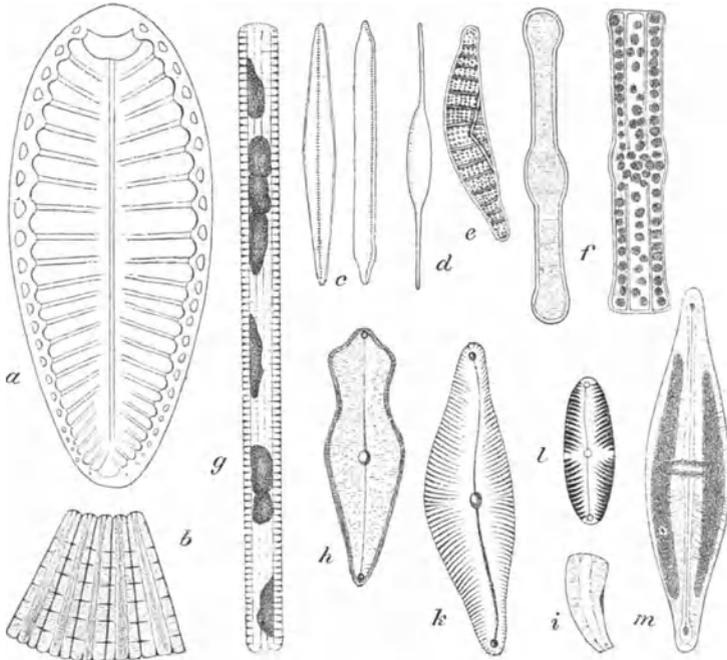


Fig. 321 Häufige Diatomeen: *a* *Surirella splendida*, *b* *Meridion circulare*, *c* *Nitzschia linearis*, *d* *N. acicularis*, *e* *Epithemia Zebra*, *f* *Tabellaria fenestrata*, *g* *Synedra Ulna*, *h* *Gomphonema acuminatum*, *i* *Rhoicosphenia curvata*, *k* *Cocconeum Cistula*, *l* *Novicula stauoptera*, *m* *Stauroneis phoenicenteron*. Alle stark vergrößert.

mit Kaliumchlorat und Salzsäure erwärmt und dann auf dem Platinblech weiß brennt. Solche von allen organischen Inhaltsbestandteilen gereinigte Schalen zeigen die oft sehr merkwürdige und reizende Skulptur, die bei fast allen Arten in spezifisch wechselnder Weise vorhanden ist, am deutlichsten. Eine fernere Eigentümlichkeit der *Diatomaceen*-Schale ist, daß sie aus zwei ungleich großen Teilen besteht: der größere greift wie der Deckel einer Schachtel mit den Rändern über den kleineren. Deshalb bieten die Schalen auch mindestens zwei vollkommen verschiedene Ansichten (vgl. Fig. 321, *c*, *f*), je nachdem man sie von der Seite oder von oben betrachtet.

Im lebenden Zustand zeigen die Diatomeen vielfach eine sehr auffällige Eigenbewegung, z. B. indem sie schiffchenartig bald mit dem einen, bald mit dem andern Ende vorausschwimmen. Eine sehr häufige Gattung (Fig. 321, *l*) hat von dieser Bewegung den Namen *Navicula* erhalten.

Die Einteilung der Diatomeen, die in außerordentlich vielen Arten bekannt sind, wird wesentlich nach der Skulptur und den Symmetrieverhältnissen der Schalen sowie nach der Zahl der Chromatophoren vorgenommen. Fig. 321, *a* zeigt *Surirella splendida*, eine der größten Süßwasserdiatomeen, mit nach der Querachse unsymmetrischer Schale, ohne Knoten; bei *Meridion circulare* (*b*) sind ebensolche Schalen zu einer fächerförmigen Kolonie vereinigt; die Arten der Gattung *Nitzschia* (*c* = *N. linearis*, *d* = *N. acicularis*) weisen nach der Längsachse (durch eine einseitige Punktreihe) unsymmetrische, knotenlose Schalen auf; ebenso sind bei *Epithemia Zebra* (*e*) die Schalen knotenlos und nach der Längsachse unsymmetrisch, diese Asymmetrie wird aber durch Krümmung der Schale hier hervorgerufen. Schließlich sind von knotenlosen Arten noch dargestellt *Tabellaria fenestrata* (*f*) mit inneren Scheidewänden und *Synedra Ulna* ohne solche, beide nach Längs- und Querachse symmetrisch gebaut.

Von den mit Knoten in den Schalen versehenen Arten seien erwähnt *Gomphonema acuminatum* (*h*) mit nach der Querachse unsymmetrischer Schale und Knoten auf beiden Schalen; *Rhoicosphenia curvata* (*i*) gleichfalls nach der Querachse unsymmetrisch, aber mit Knoten nur auf einer Schale; *Cocconema Cistula* (*k*) mit nach der Längsachse unsymmetrischer Schale und endlich *Navicula stauroptera* (*l*) und *Stauroneis phoenicenteron* (*m*), deren Schalen nach Längs- und Querachse symmetrisch sind. Letztere Gattung unterscheidet sich von *Navicula* durch den bindeartig verbreiterten Mittelknoten.

Oben (Seite 254) wurde als für die Abwasser-Beurteilung wichtig die Diatomee *Melosira varians* (Fig. 322) besonders erwähnt. Diese Form ist dadurch ausgezeichnet, daß sie in langen, fadenförmigen



Fig. 322. *Melosira varians*. Links Schalenseite, rechts 5 Individuen von der Gürtelseite gesehen
Vergr. $\frac{450}{1}$.

Kolonien lebt. Sie bietet der Betrachtung stets die Gürtelseite und läßt eine große Anzahl scheibenförmiger, kleiner Chromatophoren leicht erkennen. Die kreisrunde Schalenseite hat weder Skulptur noch Knoten. — Wenn *Melosira* abgestorben ist, verändert sich die gelbbraune Farbe ihrer Chromatophoren (wie dies bei allen Diatomeen der Fall ist) rasch in Grün. Man hüte sich, die Form für eine Fadenalge zu halten!

Chlorophyceen (Fig. 323).

Diese Gruppe wird jetzt nach der verschiedenen Fortpflanzungsart der einzelnen Algen in mehrere große Familien eingeteilt; so vermehren sich z. B. die unter *a* bis *d* dargestellten Formen in der Weise geschlechtlich, daß je zwei unbewegliche Zellen sich verbinden und verschmelzen (*Conjugatae*), während die Formen *f* — *k* eigenbewegliche Schwärmsporen entsenden.

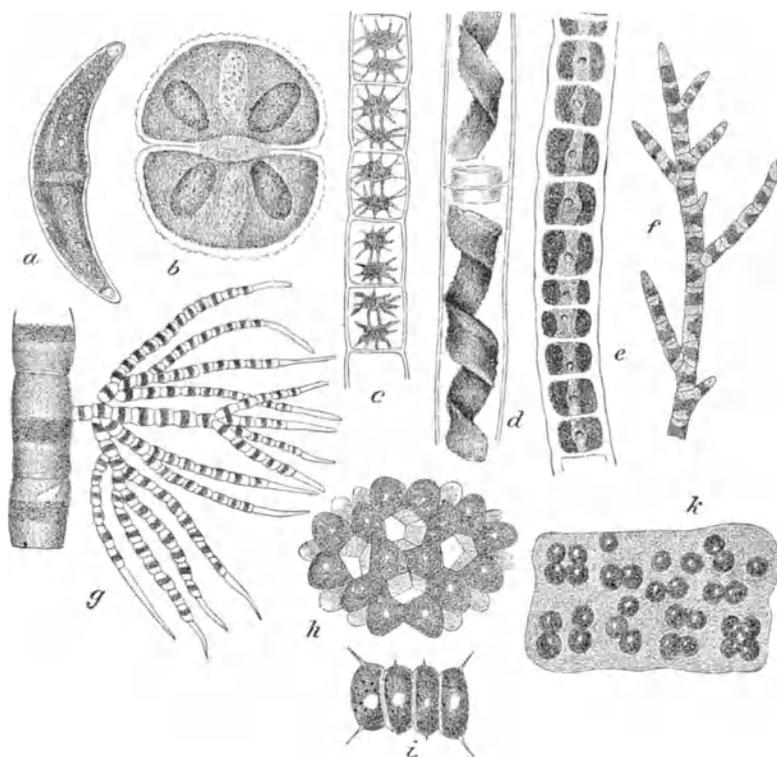


Fig. 323. Häufige Chlorophyceen: *a* *Closterium Leibleinii*, *b* *Cosmarium Botrytis*, *c* *Zygnema stellinum*, *d* *Spirogyra tenuissima*, *e* *Ulothrix zonata*, *f* *Stigeoclonium tenue*, *g* *Draparnaldia plumosa*, *h* *Coelastrum sphaericum*, *i* *Scenedesmus quadricauda*, *k* *Tetraspora explanata*. Alle stark vergrößert.

Als häufige auffallende Formen seien hier genannt die Desmidiaceen, meist einzellige Algen, deren Zellinhalt durch eine helle Zone in zwei Hälften geschieden ist. Die halbmondförmigen Arten gehören zur Gattung *Closterium* (Fig. 323, *a* = *Cl. Leibleinii*); die semmelförmigen Formen gehören meist zu *Cosmarium*; Fig. *b* stellt *C. Botrytis* dar. — Fäden mit sternförmigen grünen Körpern im Innern gehören zu *Zygnema* (Fig. 323, *c* = *Z. stellinum*); Fäden mit grünen Spiralbändern zu *Spirogyra* (*d* = *Sp. tenuissima*). Als Alge mit unverzweigten Fäden und ring- oder hufeisenförmigen Chromatophoren sei *Ulothrix zonata* (*e*)

genannt; verzweigte Fäden mit dem Hauptstämmchen gleichartigen Zweigen finden sich bei *Stigeoclonium* ($f = St. tenue$); die Zweige sind sehr viel feiner in ihrem Zellbau als das Hauptstämmchen bei *Draparnaldia* ($d = D. plumosa$). Bei den großen Familien der *Pallmellaceae* und *Protococcaceae* sind die einzelnen Zellen selbständig, verbinden sich aber häufig zu sehr regelmäßig gestalteten Kolonien (so bei *Coelastrum* [h] zu hohlen Kugeln mit gitterartig durchbrochener Wand, bei *Scenedesmus* [$i = Sc. quadricauda$] zu regelmäßig aus vier Gliedern bestehenden, kurzen Zellreihen) oder liegen in gemeinsamer Gallert-hülle, wie bei *Tetraspora explanata* (k).

Cyanophyceae (Fig. 324).

Diese Algenklasse umfaßt nur sehr einfache Formen, sie leitet zu den Spätpitzen über. Als charakteristische Gewächse aus dieser Verwandtschaftsgruppe seien genannt die *Nostoc*-Arten ($a = N. sphaericum$) mit in gemeinsamer dicker Schleimhülle zu rosenkranzförmigen hin und hergekrümmten Fäden angeordneten Zellen, die von Strecke zu Strecke

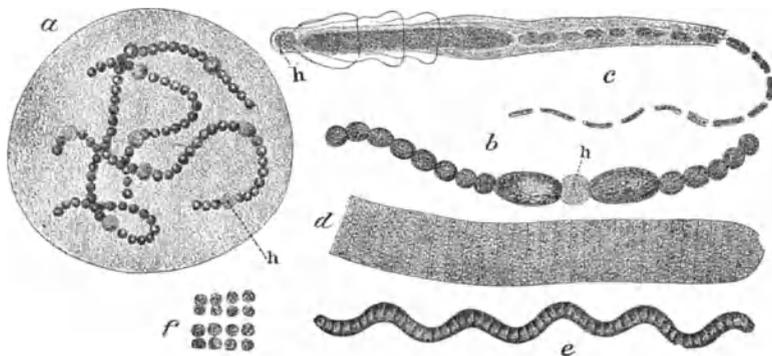


Fig. 324. Häufige Cyanophyceen. *a* *Nostoc sphaericum*, *b* *Anabaena oscillarioides*, *c* *Gloeotrichia natans*, *d* *Oscillatoria Froelichii*, *e* *Spirulina Jenneri*, *f* *Merismopedia glauca*. Alle stark vergrößert.

eine besonders große, blasse Zelle (h , Heterocyste) aufweisen. Gleiche Anordnung der Zellen weist auch *Anabaena* ($b = A. oscillarioides$) auf, doch sind hier die Fäden nicht in Gallerthüllen vereinigt; rechts und links von der Grenzzelle liegen bei der dargestellten Art zwei Sporen. Bei den *Rivulariaceen* ($c = Gloeotrichia natans$, die kugelförmigen Rasen siehe Fig. 492) begegnen in Scheiden eingeschlossene, nach oben peitschenförmig dünn zulaufende Fäden; auch hier sind Heterocysten vorhanden.

Solche fehlen dagegen bei den *Oscillatoria*- und *Spirulina*-Arten, die häufig lebhaft, schraubende oder pendelnde Eigenbewegung besitzen. Dies ist z. B. der Fall bei der in Schmutzwasser häufigen *Oscillatoria Froelichii* (d) sowie bei *Spirulina Jenneri* (e). — Als Repräsentant der einzelligen Cyanophyceen sei hier auf *Merismopedia glauca* (f) hingewiesen, deren kleine kugelige Zellchen in regelmäßig rechteckige Tafeln geordnet sind.

II. Objekte aus dem Tierreich.

1. Tierische Gewebe.

Objekte von höheren Tieren sind nach Möglichkeit frisch zu untersuchen, da Fäulnis oder Eintrocknung verhältnismäßig rasch ihre Erkennung unmöglich machen. Als indifferente Zusatzflüssigkeit beim Betrachten des Präparates empfiehlt sich in der Regel die sogenannte physiologische Kochsalzlösung (0,75 %); auch Wasser ist oft brauchbar, indes manche Zellen, z. B. Blutkörperchen, verändern sich darin rasch. Häufiger Anwendung findet Essigsäure (2—3 %), die alle Eiweißkörper mit Ausnahme der Kernsubstanz optisch auflöst, d. h. unsichtbar macht, Mucin niederschlägt; sie ist nie zugleich mit Kochsalzlösung zu gebrauchen. Kali- oder Natronlauge zerstört in 1—2% Verdünnung die organischen Gewebe (nur Fett, Pigment, elastische Fasern und pflanzliche Mikroorganismen bleiben erhalten), dient also zur Heraushebung dieser, z. B. um elastische Fasern im Lungensputum, um Soorpilze im Halsbelag der Kinder sichtbar zu machen. Stärker konzentriert wirkt die Lauge weniger zerstörend auf die Gewebe. In 33¹/₃% Lösung dient sie zur Isolierung glatter Muskelfasern. Kann man animalische Objekte aus äußeren Gründen nicht alsbald untersuchen, so empfiehlt sich Konservierung, die meist in Spiritus (30—60 %), zweckmäßiger noch in der von den pathologischen Anatomen viel gebrauchten Müllerschen Flüssigkeit (Kali bichrom. 25,0, Natrium sulf. 10,0, Aqua 1000,0) oder in 3% Formalinlösung vorgenommen wird.

Schnittpräparate von gehärteten Objekten kann man mittels eines scharfen Rasiermessers mit leichtem, gleichmäßigem Zuge mit der Hand anfertigen, wobei die Klinge des Messers mit 90% Alkohol benetzt sein soll. Vorteilhaft ist es, eine größere Anzahl von Schnitten herzustellen, sie in eine Glasschale mit 90% Alkohol zu übertragen und dann die dünnsten Schnitte zur mikroskopischen Untersuchung herauszusuchen.

Sind die Objekte zu klein oder bröckeln sie leicht, so empfiehlt es sich, sie in einen Einschnitt eines etwa walnußgroßen gehärteten Leberstückes einzuklemmen und mit diesem Organ zusammen zu schneiden. Kommt man damit nicht zum Ziele, so ist es erforderlich, das Objekt in Paraffin oder Celloidin einzubetten und mit dem Mikrotom zu schneiden.

Von frischen Objekten erhält man gute Schnitte mit dem Kohlensäuregefriermikrotom. Die Kohlensäure wird aus dem Behälter durch ein Metallrohr in die Gefrierkammer des Mikrotoms geleitet und das Gewebestück zum Gefrieren gebracht; es gelingt leicht, dünne Schnitte herzustellen, die mit einem feinen Pinsel vom Mikrotommesser abgenommen und in physiologische Kochsalzlösung übertragen werden. Sie können entweder gefärbt oder ungefärbt betrachtet werden.

Die Hilfsmittel für feinere histologische Untersuchungen (z. B. krebsverdächtigen Materiales) findet man nur in gut eingerichteten Laboratorien, Krankenanstalten und Universitätsinstituten.

a) Oberflächenepithel.

Die äußere Bedeckung des Körpers höherer Tiere, insbesondere auch des Menschen, sowie die Auskleidung mancher seiner ausführenden Kanäle bildet ein Gewebe, das dadurch charakterisiert ist, daß Zellen von eigenartiger Form in einer überaus sparsamen Grundsubstanz liegen. Letztere, auch Kittsubstanz genannt, wird als schwarzes Linienwerk bei Behandlung mit 0,2% Höllesteinlösung sichtbar. Die Zellen dieses Deckgewebes haben je nach Sitz und Funktion recht verschiedene Form; die kuglige Grundform ist durch die Druckverhältnisse und Lagerungsbeziehungen zu den nachbarlichen Zellen vorwiegend in zwei Zellformen umgewandelt: in die abgeflachte der Platten- (oder Pflaster-) epithelien und in die durch seitliche Kompression bedingte schmale der Zylinderepithelien.

Plattenepithel.

Das Plattenepithel (Fig. 325) finden wir an der ganzen Körperoberfläche sowie in den von außen leicht zugänglichen Körperaus-

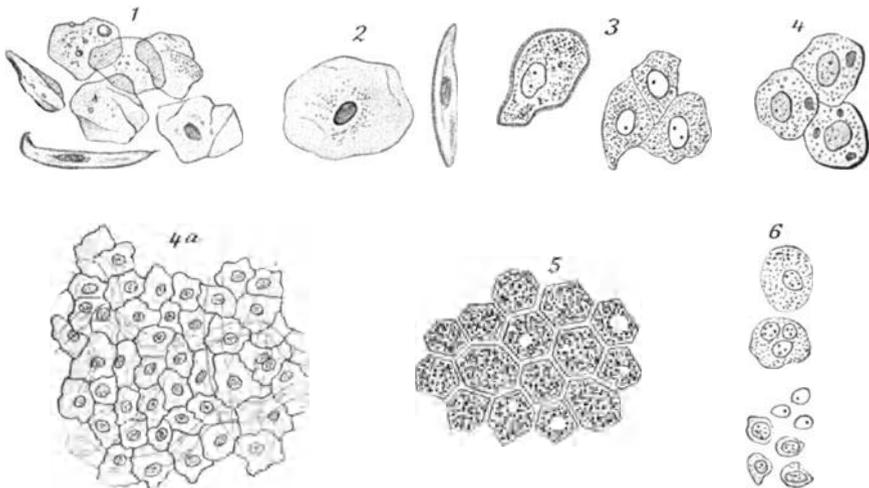


Fig. 325. Epithelformen. 1. Verhorntes Epithel der Körperoberfläche, mit dem Messer abgeschabt. 2. desgl., aus der Mundhöhle (im Innern der einen Zelle Kokken). 3. Schleimhautepithelien aus tieferer Schicht, links mit Stachelsaum, rechts im natürlichen Zusammenhang. 4. Epithel- (Endothel-)zellen der serösen Häute. 4a. Endothel der Bauchhöhle im Zusammenhange, gefärbt. 5. Netzhautepithel mit reichlichem Pigment. 6. Drüsenepithelien (Brustdrüse).

führungsgängen: im Augenbindehautsack, an den meisten Teilen der Mund- und Nasenschleimhaut des Kehlkopfes, der Speiseröhre, der Scheide, der Harnröhre. An den Schleimhäuten ist es in weniger

zahlreichen Schichten zusammengelagert als an der äußeren Haut, deshalb kommt an jener die rote Blutfarbe der gefäßreichen Unterhaut mehr zum Ausdruck. Die tiefste Schicht besteht meist aus länglichen zylinderförmig die oberflächlichen aus mehr kugligen Zellen mit großem, bläschenförmigem Kern, der etwa $\frac{2}{3}$ so groß wie ein rotes Blutkörperchen ist. Weiter nach der Oberfläche hin flachen die Epithelien immer mehr ab; in der Hornschicht der äußeren Haut werden sie schließlich zu glatten Schüppchen aus fester, glasheller Substanz, in der kein Kern mehr erkennbar ist. Man kratze mit der senkrecht gestellten Messerklinge über die Haut des Handrückens; der feine Staub, der auf der Klinge bleibt, besteht aus den kernlosen Zellen der Epidermis. Man erkennt diese Schüppchen als Zellen wieder, wenn man sie durch verdünnte (10%) Alkalien aufquellen läßt. Nimmt man in gleicher Weise Untersuchungsmaterial vom Zahnfleisch oder Lippenrot, so findet man noch einen Kern in der Zelle, der bei Zusatz von Natronlauge verschwindet. Essigsäure, zu dem Objekt hinzugefügt, erzeugt eine trübe Körnung der Zelleiber; hier pflegen viele Fäulnisbrakterien beigemischt zu sein.

Als Varietäten der Plattenepithelien (Fig. 325) sind zu nennen die meist nur in einer Schicht gelagerten Pigmentzellen der Netzhaut des Auges, in der Seitenansicht zylindrisch, auf dem Querschnittsbilde sechseckig, von sehr scharfen Konturen. Ferner die sogenannten Stachel- oder Riffzellen aus den untersten Schichten der Epidermis, denen die eigenartige Kontur ihrer Zelleiber den Namen gibt.

Nägel und Haare.

Abkömmlinge des Deckepithels sind auch die Nägel und die Haare. Die ersteren stecken mit ihrem seitlichen und hinteren Rande in dem sogenannten Nagelfalz. Der weißliche Halbmond an der Wurzel bezeichnet die Matrix, d. i. den Teil, in dem die tiefsten Zellen der Epidermis, die Malpighischen Schleimzellen, unmittelbar in die eigentliche Nagelsubstanz übergehen. Der erste Ansatz zur Nagelbildung ist im vierten Monat des Embryonallebens wahrnehmbar — ein Zeichen zur Bestimmung des Alters eines Fötus. Beim ausge-

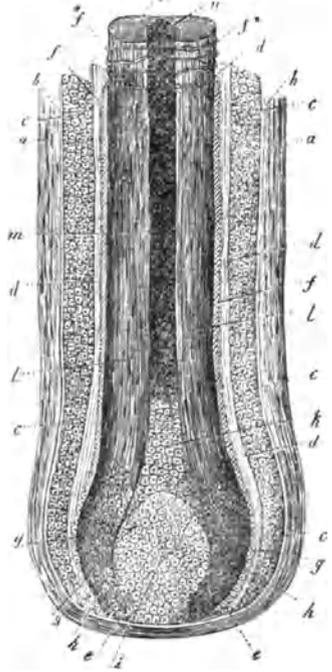


Fig. 326. Haarwurzel und Haarbalg des Menschen: *a* der bindegewebige Balg, *b* dessen glashelle Innenschicht, *c* die äußere, *d* die innere Wurzelscheide, *e* Übergang der äußeren Scheide in den Haarknopf, *f* Oberhäutchen des Haars (bei *f** in Form von Querfasern), *g* der untere Teil desselben, *h* Zellen des Haarknopfs, *i* der Haarpapille, *k* Zellen des Marks, *l* Rindenschicht, *m* lufthaltiges Mark, *n* Querschnitt des letzteren, *o* der Rinde. (Schematisch, nach Frey.)

tragene Neugeborenen kann man noch ohne Reagenzien erkennen, wie sich der Nagel aus kernhaltigen Zellen zusammensetzt. Beim Erwachsenen ist dies nur bei Behandlung mit Kalialauge möglich.

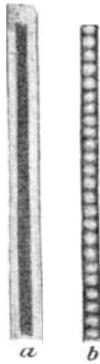


Fig. 327. *a* Hundehaar,
b Kaninchenhaar.
(Nach Straßmann.)

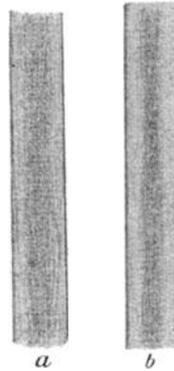


Fig. 328. Menschliches Haar
a Barthaar, *b* Schaft.
(Nach Straßmann.)



Fig. 329. Menschliche Haare, Spitzen:
a Lanugo (Wollhaar); *b* Barthaarspitze;
c Ende eines männlichen Schamhaars.
(Nach Straßmann.)

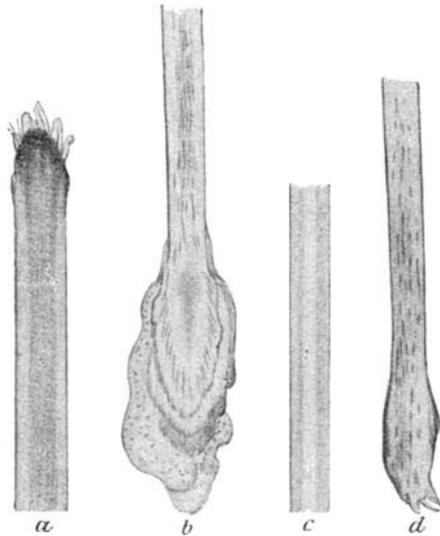


Fig. 330. Menschliche Haare. *a* Spitze eines geschnittenen weiblichen Kopfhaares; *b* Wurzel eines ausgerissenen Kopfhaares; *c* Schaft eines weiblichen Kopfhaares; *d* Wurzel eines ausgefallenen Kopfhaares. (Nach Straßmann.)

Haare (Fig. 326—335) sind als solche meist ohne weiteres erkennbar; ihre mikroskopische Struktur aber ist von Bedeutung für die Entscheidung der Frage, ob es sich um Haare von Menschen von

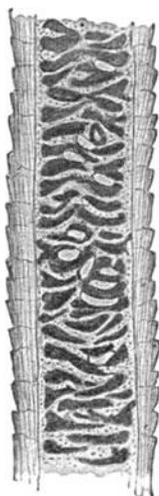


Fig. 331. Katzenhaar.
(Nach Schmidtman.)



Fig. 332. Pferdehaar.
(Nach Schmidtman.)



Fig. 333. Kaninchenhaar.
(Nach Schmidtman.)



Fig. 334. Schußverletzungen von menschlichen Kopfharen. (Browningpistole, belgisches Blättchenpulver.)

Der Schuß ist aus der Entfernung von ca. 15 cm abgegeben.



Fig. 335. Haar aus einer Gruft (2.—3. Jahrh. nach Chr. Geb.). Das Haar ist in Wasser mit einigen Tropfen Kalilauge von der angetrockneten Faulflüssigkeit gesäubert. Es weist zahlreiche Lücken auf. Teile der Rinde sind ausgefallen. Vergr. $\frac{120}{1}$.

dieser oder jener Körpergegend oder von diesem oder jenem Tier handelt. Das Haar außerhalb der Haut besteht im wesentlichen aus Rindenssubstanz mit Cuticula und Mark. Innerhalb derselben kommen noch mehrere Hüllen dazu, eine innere und eine äußere Wurzelscheide, bestehend aus Epithellagen, die durch eine glashelle Schicht sich voneinander scheiden. Die ganze Haarwurzel umgibt eine bindegewebiger Balg. Ausgefallene Haare sind nach unten geschlossen, haben eine glatte, atrophische Wurzel. Ausgerissene Haare zeigen eine nach unten offene kolbige Wurzel mit Resten des Haarbalgs.

Der gerichtsärztliche wichtige Unterschied zwischen Menschenhaar und Tierhaar läßt sich wie folgt zusammenfassen:

Tier:	Mensch:
Rand gezahnt, weil die Zellen abstehen; sie sind durch dünne Salpetersäure sichtbar zu machen.	Rand glatt, weil die Cuticulazellen kleiner.
Rindenssubstanz schmaler als Marksubstanz.	Rindenssubstanz breiter als Marksubstanz, die manchmal unterbrochen, manchmal gar nicht erkennbar ist.
Die Zellen der Marksubstanz sind deutlich erkennbar.	Die Zellen der Marksubstanz sind nur schwer als einzelne Gebilde erkennbar.
Häufig unvermittelte Farbenübergänge.	Keine schroffen Farbenübergänge.

Die beifolgenden Abbildungen einiger Tierhaare lassen ohne weiteres die Unterschiede von menschlichen Haaren erkennen.

Ob Haare von einem bestimmten Individuum stammen, läßt sich nur durch zahlreiche Vergleichung von Proben und auch nur selten genau bestimmen: Form der Durchschnittsfläche, Verhältnis des Markkanals zur Rindenssubstanz, Beschaffenheit der Spitze sind neben der Länge, Farbe und Kräuselung zu berücksichtigen. Wollhaare und die Haare kleiner Kinder haben eine feine Spitze, geschorene Haare sind entweder scharf durchgetrennt oder nach längerer Reibung abgerundet.

Durch die macerierende Wirkung des Schweißes (Harnes usw.) kommt es zur Auffaserung der Rindenssubstanz des Haares und zur Abspaltung einzelner Lamellen.

Bemerkenswert ist, daß bei Naheschüssen mit rauchschwachem Pulver auf behaarte Teile des Körpers die Haare ebenfalls Zersplitterungen und Auffaserungen zeigen, die durch das Auftreffen unverbrannter Pulvertelchen hervorgerufen worden sind. Kann man gleichzeitig Pulverschmauch am Haare nachweisen, so kann man an einem einzigen Haare erkennen, daß es sich um einen aus großer Nähe abgegebenen Schuß mit rauchschwachem Pulver handelt.

Im Gegensatz dazu zeigen Haare aus der Umgebung von Naheschußwunden, die durch Waffen mit Schwarzpulverladung hervorgerufen

wurden, Verbrennungserscheinungen, die sich durch Kräuselung des Haares, eventuell durch Auftreten von Luftblasen im Innern des Haarschaftes verraten.

Das menschliche Haar gehört zu den widerstandsfähigsten Gebilden des Körpers, ähnlich wie der Knochen.

Hunderte von Jahren alte Haare erweisen sich — abgesehen von einer Änderung der Haarfarbe, die allmählich einen Stich in das Rotbraune bekommt, gelegentlich völlig unversehrt; doch kommt es andererseits vor, daß auch das Haar allmählich zerfällt. Die Zellen des Haares trocknen ein, die Lufträume im Innern des Haarschaftes vergrößern sich.

Das Bild Fig. 335 zeigt ein Haar aus einem frühmittelalterlichen Grabe vom Albanikirchhofe in Mainz; das Haar war spröde, äußerst zerbrechlich und zeigte nach Säuberung in alkalisch gemachtem Wasser zahlreiche Lücken.

Zylinderepithel.

Zylinderepithelien, die zweite Hauptart, kommen vornehmlich in der Schleimhaut der großen Ausführungskanäle vor, so vom Magenmunde abwärts durch den ganzen Darmkanal bis zum After, ferner in den Kanälen, die das Sekret der großen Körperdrüsen (Pankreas, Leber) zum Darm hinführen, in der Luft- röhre, in der Gebärmutterhöhle u. a. O. Sie liegen stets nur in einfacher Schicht. Nur ihre Seitenansicht ergibt die charakteristische zylindrische Form, die freilich oft auch kegelförmig ist. Die breite Basis, die immer der Lichtung des Kanals zugekehrt ist, besitzt in manchen Organen einen doppelt konturierten Stäbchensaum (Fig. 336), den man bei Zusatz von absolutem Alkohol am ehesten zu Gesicht bekommt, der aber von anderen Reagenzien (auch von Wasser) alsbald zerstört wird. In einzelnen Organen, z. B. in der Luft- röhre, in der Gebärmutter, tragen die Zylinderzellen auf einem viel schmälern Basalsaum feinste Härchen: Flimmer- epithelien (c). Im Zylinderepithel der Darmschleimhaut begegnet man gelegentlich auch den sogenannten Becherzellen (d); in ihnen ist der basale Teil der Zelle von einem glasigschleimigen Inhalt erfüllt, dadurch stärker aufgetrieben. Der Basalsaum scheint ihnen zu fehlen. — Das Fußende der Zylinderepithelien läuft in eine mehr oder weniger scharfe, manchmal umgebogene Spitze

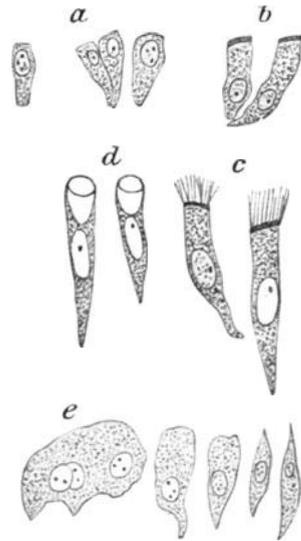


Fig. 336. *a* Zylinderepithel, *b* desgl. mit einfachem Saum, *c* desgl. mit Flimmersaum (Trachea), *d* desgl. Becherzellen von der Oberfläche der Dünndarmzellen, *e* Harnblasenepithelien von zylindrischer und spindliger Form.

aus. Ihr Zelleib, der um den ovalen Kern oft eine spindlige Verdickung in der Seitenansicht zeigt, ist meist körnig getrübt.

Von den einen zu den Plattenepithelien, von andern zu den Bindegewebszellen gerechnet werden die sogenannten Endothelzellen, die als Auskleidung der Gefäße und als die durchsichtige bzw. unsichtbare Oberflächenbekleidung mancher Organe, z. B. der Lungen, der Därme stets in einfacher Schicht vorkommen. Sie sind die charakteristischen Zellen des Lungen- bzw. Brustfells, des Bauchfells, der zarten Hirnhäute. Man wird ohne Kenntnis der Herkunft und mit einfacheren Hilfsmitteln sie von runden Epithelien (Fig. 325) nicht unterscheiden können. Schabt man mit dem Messer über solche Flächen, so erhält man die Endothelien als zarte Plättchen mit zackiger Umwandung und bläschenförmigem Kern. Bei Entzündung z. B. des Bauch- oder Brustfells verlieren diese Flächen ihren spiegelnden Glanz. Dann finden wir noch Entzündungsprodukte, besonders weiße Blutkörperchen, Fibrin, Bakterien.

Die Drüsenepithelien sind morphologisch von den übrigen Epithelien nicht wesentlich verschieden, auch der Gestalt und Größe nach keine Einheit; sie sind in dieser Beziehung sogar oft in ein und derselben Drüse verschieden. Was sie als Sondergruppe charakterisiert, das ist die spezifische Funktion, und zwar liefert diese

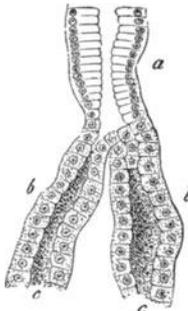


Fig. 337. Schlauchförmige (tubulöse) Drüse, *b-c* sezernierender Teil m. kubischem, niedrigem Epithel, *a* Ausführungsgang mit hohem Zylinderepithel. (Nach Frey.)

Drüse dies, jene ein anderes Produkt, z. B. die Drüsenepithelien des Magens Pepsin oder Säure, die der Leber Galle, diejenigen in der Nachbarschaft des Mundes Speichel oder Schleim, die des Hodens Samenfäden, die der Brustdrüse Milch u. a. m. Die Drüsenepithelien sitzen immer einer Membrana propria auf, einer zarten, glashellen Schicht. Das Hauptgerüst jeder Drüse aber bildet das interstitielle Bindegewebe, das in manchen Organen, z. B. in der Leber, überaus gering, in anderen, z. B. in der Brustdrüse, wieder sehr reichlich ist. In manchen Drüsen nimmt der ausführende Teil, der meist mit Zylinderepithel ausgekleidet, neben dem sezernierenden einen großen Platz in Anspruch. Die sezernierende Zellen haben meist rundliche oder seitlich geradlinige Gestalt. Sie ordnen sich entweder in Schlauchform (tubulöse Drüsen, Fig. 337) oder in Traubenform (acinöse Drüsen). In beiden Fällen kann die Anordnung eine einfache oder eine zusammengesetzte sein. Repräsentanten der tubulösen Form sind die Brust-, Magen- und Darmdrüsen, der Hoden, solche der acinösen die Leber, die Speicheldrüsen.

b) Bindesubstanzen.

Unter dem Namen Bindesubstanzen pflegt man zusammenzufassen das Bindegewebe im engeren Sinne, das Fettgewebe,

das Knorpel-, das Knochen- und Zahngewebe. Sie alle sind entwicklungsgeschichtlich verwandt, indem sie vom Mittelblatt der Embryonalanlage abstammen. Im Vergleich zu den Drüsenzellen, Muskeln, Nerven besitzen sie eine niedrige vitale Dignität. An Volumen zwar überwiegend, nehmen sie funktionell im Organismus nur die Stelle einer Stützsubstanz ein. Von dem Epithelgewebe unterscheidet sie das Vorwiegen der Interzellulärsubstanz gegenüber den



Fig. 338. A Das Bläschen einer Talgdrüse. *a* die der Wand anliegenden Drüsenzellen, *b* die abgestoßenen, den Hohlraum erfüllenden fetthaltigen. B Die Zellen in stärkerer Vergrößerung: *a* kleine, der Wand angehörige, fettärmere, *b* große, mit Fett reichlicher erfüllte, *c* Zelle mit zusammengetretenen größeren, *d* eine solche mit einem einzigen Fetttropfen, *e, f* Zellen, deren Fett teilweise ausgetreten ist. (Nach Frey.)

einzelnen Zellen. Aber das ist ein Merkmal, das oft nur durch schwierige Untersuchungsmethoden zu erkennen ist. Wer mit einfacheren Mitteln eine Entscheidung treffen muß, wird einen Unterschied darin sehen, daß die Epithelzelle in der Regel mehr als einzelnes, leicht isolierbares, selbständiges Gebilde von leicht übersehbarer Ausdehnung auftritt, während die Bindegewebszelle selten von ihren Nachbarn isolierbar und wegen ihrer faserigen Gestalt nicht immer vollständig übersehbar ist.

Bindegewebe.

In allen Teilen des tierischen Organismus findet sich die faserige Binde substanz, das Bindegewebe schlechtweg. Es bildet das Stützgerüst aller inneren Organe (Interstitium), begleitet die Gefäße und Nerven, umscheidet die Muskelbündel, die Drüsenabteilungen, es findet sich überall im Tierkörper. Seine Grundsubstanz besteht aus (beim Kochen) Leim (Glutin) gebenden und aus elastischen Fasern, die durch Kochen nicht verändert werden. Die ersteren sind schwach lichtbrechende, stets parallel nebeneinander herziehende, nie anastomosierende feine Fasern, die bei dichtem Zusammenliegen im Mikroskop ein graues Aussehen haben. Die elastischen Fasern, die netzartig anastomosieren, stark Licht brechen und demgemäß als schwarze, scharf konturierte Fäden erscheinen, kringeln sich gern

und biegen sich an den Enden krummstabförmig um (Fig. 339). Der spiralige, wellige Verlauf dieser Fasern, der der Ausdruck ihrer Elastizität ist, läßt z. B. die Arterienwand von der einer Vene deutlich unterscheiden.

Während sich Epithelien in einer Aufschwemmung unter dem Deckgläschen für die mikroskopische Untersuchung von selbst genügend verteilen, muß man die Bindesubstanzen zerzupfen, um die einzelnen Elemente zur Anschauung zu bringen. Bei Sehnen ist das erst nach Lockerung mittels Barytwassers möglich. Leimgebende Fasern nun quellen in Essigsäure, je konzentrierter diese, desto mehr,

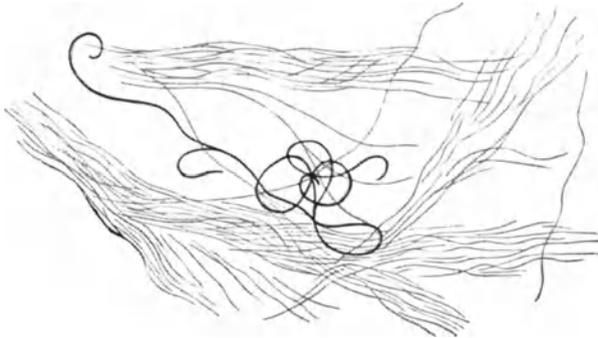


Fig. 339. Bindegewebsfasern, die zarten leimgebende, die starken elastische Fasern.

auf, d. h. sie werden ganz durchsichtig, homogen; in noch höherem Grade bewirkt das stark verdünnte Kalilauge (1–2%). Elastische Fasern bleiben unverändert. Bei Sputumuntersuchungen ist das von Wichtigkeit: die Lauge zerstört alles andere; nur die etwa vorhandenen elastischen Fasern, die auf Zerstörung von Lungengewebe hinweisen, bleiben erhalten. Sie behalten auch Eosinfärbung bei Behandlung mit 40% Kalilauge, andere Gewebe nicht.

Wenn man Bindegewebe im dünnen Schnitt mit kernfärbenden Chemikalien (Alaunkarmin, Hämatoxylin) behandelt, so bekommt man Kerne zu Gesicht, die sich als runde, punktförmige Gebilde darstellen, wenn das Gewebe quer zur Längsrichtung getroffen ist, dagegen länglich spindelförmig ausgezogen oder sternförmig erscheinen, wenn der Schnitt der Gewebsrichtung folgte. Es gibt auch pigmenthaltige Bindegewebszellen, z. B. im Auge.

Fettgewebe.

Unter Fettgewebe versteht man ein Bindegewebe, von dem ein Teil seiner Zellen im extrauterinen Leben Fettkügelchen in seinen Protoplasmaleib aufnimmt. Diese Kügelchen verschmelzen allmählich zu großen Kugeln, die die erweiterte Zellmembran ganz erfüllen. Sie liegen in Haufen zusammen und erscheinen im Mikroskop als große blasenartige Gebilde mit dunklem, glänzendem Rande,

die mit Luftbläschen verwechselt werden können. Mit Osmiumsäure färben sie sich braun bis schwarz. Ein Kern ist an ihnen nicht erkennbar. Die Zellhülle kann man zur Ansicht bringen, wenn

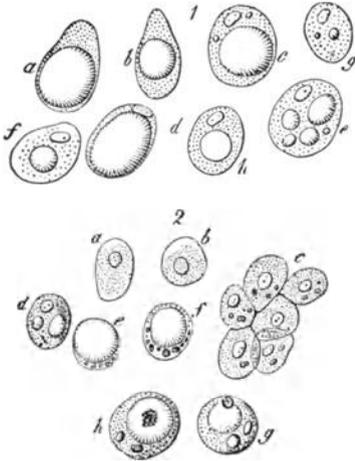


Fig. 340. Fettzellen in den verschiedensten Stadien der Entwicklung. Die große Fettkugel (*a, b, d*) ist in anderen Zellen (*f, c, g*) in mehrere kleine zerfallen. In 2 veranschaulicht *e, f, g* die exzentrische Lage des Zellkernes. (Nach Frey.)



Fig. 341. Mit Krystallen versehene Fettzellen des Menschen. „Margarinsäurenadeln, *b* größere Gruppen, *c* die Zellen selbst mit derartigen Gruppierungen im Innern, *d* eine gewöhnliche kristallfreie Fettzelle, ganz von Fett erfüllt. (Nach Frey.)

man das Fett entfernt durch längeres Einlegen in Äther oder Kochen in absolutem Alkohol und nachher in Äther. Dann zeigt sich der zusammengefallene Zellsack, in dem sich auch noch der Kern durch Färbung zur Anschauung bringen läßt. Zerreißen frische Fettzellen, so findet man die Fettkügelchen frei, einzeln oder zu größeren Kugeln konglobiert. An älterem Fett (Fig. 341) findet man stets Fettkristalle, z. B. im Speck. Es sind sternförmige Drusen.

Die Fettkügelchen spielen andererseits beim Zerfall der Parenchymzellen eine Rolle. Die fettige Degeneration ist, morphologisch genommen, das Hauptkennzeichen des Zelltodes. Bei diesem Prozesse des fettigen Zerfalls kommt es zur Entstehung von kleinsten Fettkügelchen, die allmählich zu großen zusammenfließen. Die großen Fettkörnchenkugeln in kranken Partien des Zentralnervensystems sind ein sehr charakteristischer Befund. Die ähnlichen Colostrumkörperchen der Brustdrüse frischentbundener Frauen sind ebenfalls fettig degenerierte, mit Fettkügelchen strotzend angefüllte Drüsenzellen, die Milchkügelchen (vgl. Fig. 342) solche, in denen die Fettkügelchen zusammengeflossen sind.

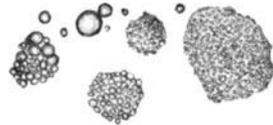


Fig. 342. Fettig degenerierte Drüsenepithelien der Brustdrüse. Colostrumkörperchen neben ausgebildeten Milchkügelchen oben links.

Enthält das Brustdrüsensekret mikroskopisch noch Colostrumkörperchen (Fig. 342), so läßt sich der Schluß ziehen, daß die Entbindung noch nicht länger als 1—2

Tage her ist.



Fig. 343. Schleimgewebe der Nabelschnur. 1. Zellen; 2. Zwischensubstanz; 3. Bindegewebsbündel, meist schräg; 4. querdurchschnitten. (Nach Stöhr.) Vergr. $\frac{240}{1}$.

Der Vorläufer des Fettgewebes, das Schleim- oder Gallertgewebe, ist beim Erwachsenen nur noch im Glaskörper zu finden, bei Neugeborenen in dem sulzigen Gewebe des Nabelstranges, beim Fötus unter der Haut an Stelle des späteren Panniculus adiposus (Unterhautfett). Seine Zwischensubstanz besteht aus Muzin, das durch Essigsäure in körnigen Fäden ausgefällt wird. Im Überschuß der Säure ist es unlöslich. Der

Schleim liegt in einem Maschenwerk von stern- und spindelförmigen Zellen. — Das sogenannte retikuläre Bindegewebe besteht aus

einem Netzwerk von Zellen ohne eigentliche Zwischensubstanz; es bildet im Gehirn und Rückenmark, hier Glia genannt, und in den Lymphdrüsen das Stützgerüst.

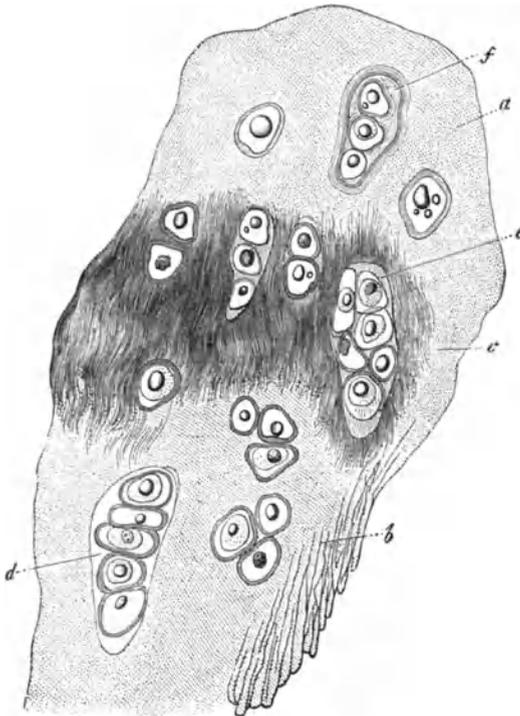


Fig. 344. Rippenknorpel eines älteren Mannes. *a* Homogene, *b* balkenförmig zerklüftete, *c* faserige Zwischensubstanz, *d*, *e* zahlreiche Zellen in einer Höhle, deren Kapsel bei *f* stark verdickt. (Nach Frey.)

Knorpelgewebe.

Knorpelgewebe ist ein im Tierkörper vielfach vorkommendes kompaktes Gewebe mit eigenartigen Zellen, die in einer besonders voluminösen, ursprünglich homogenen Grundsubstanz liegen. Je jünger die Zellen sind, wie z. B. im embryonalen Knorpel, desto einfachere Gebilde, nämlich große Zellen mit einfachem bläschenförmigen Kern sind dieselben; in älterem Gewebe finden wir — und das ist zur Erkennung charakteristisch — mehrere meist aneinander abgeplattete Zelleiber mit kleinem Kern in einem Hofe oder

Ringe von homogener oder mehr geschichteter Substanz (Knorpelkapseln). Die ursprünglich stets hyaline, glasartige Zwischensubstanz bleibt entweder hyalin (so z. B. im Gelenk- oder Rippenknorpel, im Kehlkopf- und Luftröhrenknorpel) — hyaliner Knorpel; oder es treten elastische Fasern in derselben auf (so in dem Knorpel des Kehldeckels, im Ohrknorpel) — elastischer Netzknorpel; oder es tritt eine bindegewebige Differenzierung ein (so z. B. in den Zwischenwirbelscheiben, in Sehneneinlagerungen) — bindegewebiger oder Faserknorpel. Über die Oberfläche zieht eine bindegewebige Haut, das Perichondrium. Mikroskopisch läßt sich Knorpelgewebe in dünnen Flachschnitten ungefärbt sehr gut untersuchen; die gewöhnlichen Kernfärbemittel (z. B. Hämatoxylin) heben indes die Struktur und besonders die Kapsel schärfer hervor. An manchen Skeletteilen bleibt das Knorpelgewebe dauernd bestehen (permanenter Knorpel), an anderen wird aus ihm im intrauterinen Leben schon oder später Knochengewebe (transitorischer Knorpel).

Knochengewebe.

Knochengewebe unterscheidet sich von jedem tierischen Gewebe, alten verkalkten Knorpel und das verwandte Zahngewebe ausgenommen, durch seine Härte. Es ist ein unschneidbares, dem Fäulnisprozeß unbegrenzten Widerstand leistendes Gewebe. Man untersucht es in geschliffenen Plättchen oder nach vorausgegangener Erweichung durch Säuren, die die erhärtenden Mineralbestandteile entfernen.

Vor der Entkalkung muß das Gewebe in kleinen Stücken mit Alkohol oder Müllerscher Flüssigkeit¹⁾ behandelt werden. Dann bringt man den Knochen in gesättigte wässrige Pikrinsäurelösung, oder in 10% Milchsäure oder in Ebnersche Flüssigkeit (Salzsäure 2.5, Kochsalz 2.5, Alkohol 500.0, Wasser 100.0) oder in eine Mischung von Chromsäure 1.0, Salzsäure 1.0, Wasser 100.0. Das erweichte Objekt wird dann sorgfältig gewässert und in Alkohol nochmals entwässert (gehärtet). Den so schneidbar gewordenen Knochen untersucht man ungefärbt oder nach Hämatoxylinfärbung.

In der Praxis ist das selten nötig, deshalb sei knapp hervorgehoben, daß man spongiöse (schwammige) und kompakte Knochen substanz unterscheidet.

1) Vgl. S. 275.

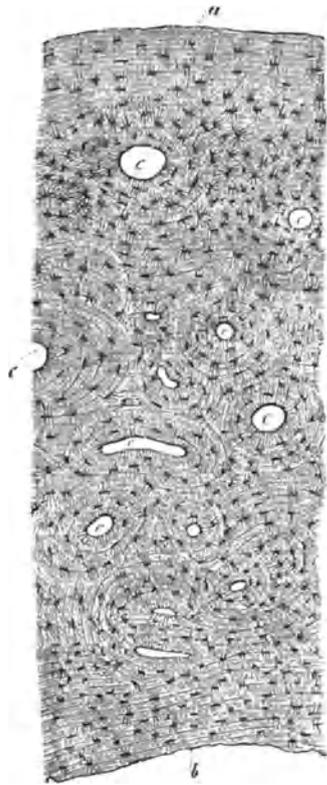


Fig. 345. Durchschnitt durch kompakte Knochensubstanz, *a*, *b* Randlamellen, um *c*, die Haversschen Kanäle, konzentrische Lamellen, in allen das kleine Kanalsystem der spinnenartigen, sog. Knochenkörperchen. (Nach Frey.)

Letztere bildet die Oberflächenschicht aller Knochen und ist im Schaft der langen Röhrenknochen am reichlichsten entwickelt. Jene macht die Hauptmasse aller kurzen und platten Knochen, sowie die zentralen Partien auch der langen aus. Am meisten in die Augen fallende Merkmale des Knochengewebes sind die bei starker (400- bis 500facher) Vergrößerung sich als spinnenartige Gebilde darstellenden sogenannten Knochenkörperchen, in Wirklichkeit Hohlräume mit auslaufenden Kanälen, in denen die eigentlichen, aber nur schwer zur Anschauung zu bringenden Zellen liegen. Die Grundsubstanz ist wie beim Knochen stark überwiegend; sie zeigt in der kompakten Knochensubstanz eigentümliche Struktur, die konzentrisch um kleine Kanäle geordneten Speziallamellen und die der Knochenachse parallel laufenden Grundlamellen. Alle Knochen überzieht eine bindegewebige „Beinhaut“ (Periost), die aus einer zellarmen, äußeren fibrösen und aus einer zellreicheren inneren Schicht besteht.

Für die Bestimmung des Alters eines Individuums ist es gelegentlich wichtig zu wissen, daß das Mark in der zentralen Markhöhle der langen Röhrenknochen bei Embryonen und Kindern rot aussieht (lymphoides Knochenmark); seine wesentlichen Bestandteile sind farblose Zellen verschiedenster Form. Das Mark Erwachsener ist gelb (Fettmark) und enthält ausschließlich Fettzellen. Bei alten oder abgezehrten Personen ist das Mark von gallertigem Aussehen. Hier sei auch erwähnt, daß ein Knochenkern von 0,5 cm Durchmesser in der Knorpelsubstanz des unteren Oberschenkelendes beim neugeborenen Menschen auf Reife des Individuums schließen läßt.

Das dem Knochengewebe nahe verwandte Zahngewebe kommt für mikroskopische Untersuchung zur Aufklärung von Verwechslungen nicht in Betracht, da es durch seine Härte und die äußere Form mit bloßem Auge erkennbar ist.

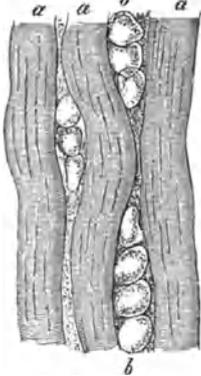


Fig. 346. Fettzellendurchwachsener menschlicher Muskel. *a* Muskelbündel, *b* Reihen der Fettzellen. (Nach Frey.)

e) Muskelgewebe.

Muskelgewebe ist ein weiches langfaseriges Gewebe, das die physiologische Eigentümlichkeit hat, daß es sich unter dem Einfluß der motorischen Nerven vorübergehend verkürzen kann. Man unterscheidet glatte oder unwillkürliche Muskulatur und quergestreifte oder willkürliche. Die erstere findet sich vornehmlich in der Wand des ganzen Verdauungskanals, der Gefäße, der Harnausführungsgänge, der Ei-

leiter, am mächtigsten aber entwickelt in der Gebärmutter und in der Vorsteherdüse.



Fig. 347. Glatte Muskelfasern. (Nach Stöhr.) Vergr. 240/1.

Im ungefärbten Zupfpräparat oder im gefärbten Flachschnitt untersucht, erweist sich die glatte Muskulatur zusammengesetzt aus langen Fasern mit eigentümlich stäbchenförmigem, langem Kern. Das Zerzupfen gelingt am ehesten, wenn man das Gewebe mit 33-prozentiger Kalilauge behandelt. Schwer ist die Unterscheidung nur von Bindegewebe mit großen Spindelzellen. Auf Querschnitten erscheint auch die glatte Muskelfaser mit ihrem Kern als Rundzelle.

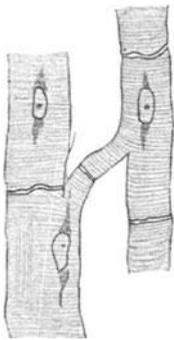


Fig. 348. Zwei Herzfasern mit Anastomose und Pigment oberhalb und unterhalb der Kerne.



Fig. 349. Fettig degenerierter Herzmuskel. (Nach Ribbert.) Vergr. $\frac{400}{1}$. Die einzelnen Muskelfasern zeigen verschiedene Grade der Entartung. Feine in deutlichen Längsreihen gestellte und größere mehr oder weniger unregelmäßig gelagerte Tröpfchen. Frisches Präparat.

Die quergestreifte Muskulatur macht einen wesentlichen Bestandteil der Bewegungsorgane aus; aus ihr bestehen die Muskeln des Rumpfes, der Extremitäten, aber auch einiger innerer Organe, so der Zunge, des Zwerchfells. Die großen Muskeln, durch eine bindegewebige Scheide (Fascie) von den Nachbarmuskeln getrennt und selbst von einer bindegewebigen Hülle zusammengehalten (Perimysium externum), setzen sich zusammen aus Muskelbündeln und diese wieder aus Muskelfasern. Die Bündel umhüllt das Perimysium internum, die Muskelfasern eine feine Bindegewebsmembran (Sarkolemm). Innerhalb der Muskelfaser liegen die Muskelfibrillen, auf den Querschnitten als sogenannte Cohnheimsche Felder erkennbar; sie werden getrennt durch das Sarkoplasma. Die Muskelfaser zeigt dunkle Querstreifen, die doppelt lichtbrechend sind (anisotrope Substanz) und hellere, die einfach lichtbrechend sind (isotrope Substanz). Unter dem Einfluß geeigneter chemischer Mittel (z. B. Chromsäurelösung) zerfasert die Muskelfaser der Länge nach in Fibrillen.

Die nicht willkürliche, aber doch quergestreifte Muskulatur des

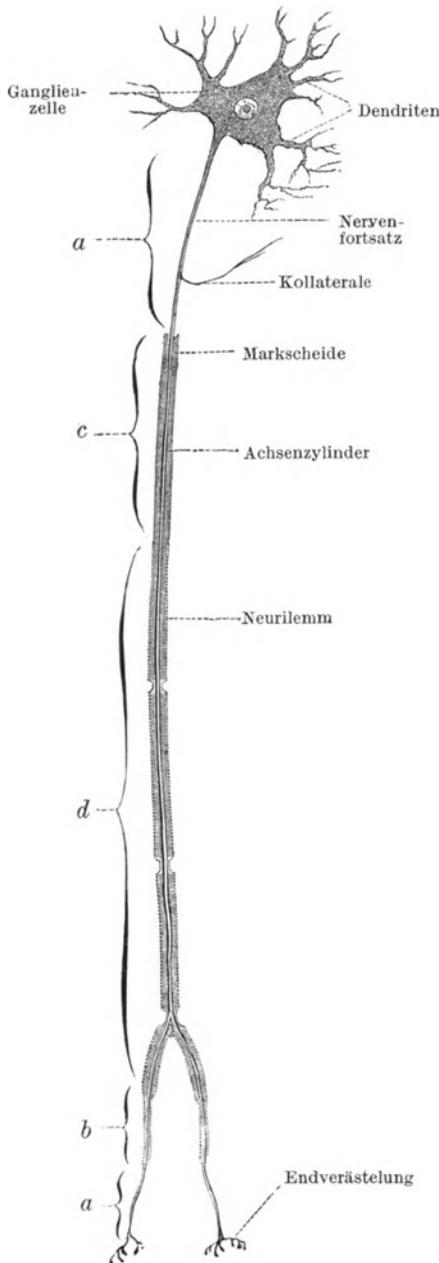


Fig. 350. Schematische Darstellung eines Neuron. (Nach Stöhr.) *a* nackter Nervenfortsatz, *b* vom Neurilemm bekleidet, *c* von der Markscheide umgeben, *d* von beiden Hüllen überzogen.

Herzens nimmt morphologisch dadurch eine Sonderstellung ein, daß die Fasern schmaler sind, keine Hülle haben, untereinander netzartig verbunden sind und daß oberhalb und unterhalb der Muskelkerne kleine Pigmentanhäufungen liegen. An ihnen ist die Querstreifung besonders deutlich. — Zwischen den Bündeln können Fettzellen liegen (fettdurchwachsen), Fig. 348; Fettkügelchen innerhalb der Muskelfasern sind ein Zeichen von krankhafter Entartung. Solche Veränderungen kommen besonders vor bei schweren anämischen Zuständen, bei Infektionskrankheiten (Typhus, Diphtherie), namentlich bei der Phosphorvergiftung (Fig. 349).

d) Nervengewebe.

Das Nervengewebe besteht aus zwei funktionell wie morphologisch sehr verschiedenen Elementen: aus den Leitungsbahnen darstellenden Nervenfasern und im wesentlichen aus den selbsttätigen Ganglienzellen, denen das S. 286 erwähnte Gliagewebe als Stützgerüst dient. Die Nervenzelle samt ihren Fortsätzen bezeichnet man als Neuron.

Die Ganglienzellen, vornehmlich in der grauen Substanz des Zentralnervensystems, sind erst sichtbar, wenn man sie in 1% Kalibichromatlösung 8—14 Tage zum Zupfen vorbereitet und das Zupfpräparat mit Hämatoxylin färbt. Sie sind erkennbar an dem großen, fein gekörnten, meist pigmentierten Zelleibe, der einen großen

bläschenförmigen Kern mit einem Kernkörperchen enthält. Jede Zelle hat eine Anzahl Ausläufer, von denen zwei, der Neurit und der Dendrit, physiologisch besondere Bedeutung haben. Nur die groben Verzweigungen lassen sich mit einfachen Mitteln sichtbar machen, die feineren gehen beim Zupfen zugrunde. Der Neurit geht in die peripheren Nerven über; die feinsten Verästelungen des Dendriten (Telodendrien) legen sich an die der Nachbarganglien und besorgen lediglich durch Kontakt die nervöse Leitung, indem sie die Dendriten der Nachbarzellen gewissermaßen umspinnen, Verhältnisse, die nur durch sehr schwierige histologische Arbeit zur Anschauung gebracht werden können. Das Nervengewebe ist so empfindlich gegen alle Einflüsse, daß nur mit besonderer Sorgfalt geübte, sehr komplizierte Methoden und auch nur an frischem Material brauchbare Untersuchungsergebnisse liefern. Deshalb beschränken wir uns hier auf das Gesagte.

Der Neurit (Achsenzylinderfortsatz) setzt sich aus feinsten Fibrillen zusammen und stellt den eigentlich leitenden Teil der Nerven dar. Nerven, die nur aus dem Achsenzylinder bestehen, nennt man nackte Achsenzylinder; meist sind sie aber von einer schützenden, ernährenden Hülle aus fettiger, stark lichtbrechender Substanz, der Markscheide, umgeben; solche Nerven kommen lediglich in der weißen Substanz des Zentralnervensystems vor. Die peripheren Nerven haben meist noch eine kernhaltige Scheide (Schwannsche Scheide, Neurilemma), die in bestimmten Abschnitten Einschnürungen (sog. Ranvier'sche Einschnürungen) erkennen läßt.

Innerhalb des quergestreiften Muskels endigen die Nervenfasern in Form einer End- oder Sohlenplatte, auf der sich die Nervenenden hirschgeweihförmig ausbreiten. Die Endplatte besitzt zahlreiche Kerne.

2. Vom menschlichen Körper stammende Objekte.

a) Lymphe und Blut.

Lymphe und Blut kann man auffassen als Gewebe mit flüssiger Zwischensubstanz. Erstere, eine wässrige Flüssigkeit, die in den sogenannten Chylusgefäßen des Körpers vornehmlich zu finden ist, enthält kleine rundliche Körnchen, die Elementarkörnchen, vielfach Fettkügelchen; sie kommen für praktische mikroskopische Untersuchungen nicht in Betracht.

Das Blut unterliegt solchen um so häufiger.

Es kreist in den Blutgefäßen des Tier- und Menschenkörpers und hat in den Schlagadern (Arterien) eine hellrote Farbe, weil es hier den Sauerstoff für die Körpergewebe mit sich führt. In dem dunklen Blut der Adern (Venen) ist derselbe ganz oder zum größten Teil verbraucht. Bei einigen Vergiftungen, so bei Kohlenoxyd- und Zyankalivergiftung, verliert das Blut der Arterien auch in der Leiche nicht den Sauerstoff; die Leiche hat deshalb eine auffallend hellrote Farbe, ebenso wie die Leichen Erfrorener. Bei Vergiftung mit Chlorkali, Arsenwasserstoff und Anilinverbindungen (Acetanilid) hat das Blut in schweren Fällen eine schokoladenbraune, manchmal etwas ins Grau spielende Farbe (Sepiafarbe). Wir sprechen dann von Methämoglobinämie. Bei manchen Formen von Zucker-

harnruhr (Diabetes) kann das Blut infolge Fettgehaltes eine milchige Beschaffenheit zeigen (Lipämie); bei schweren Formen von Malaria infolge Pigmentbildung eine schwarze Farbe (Melanämie). Bei schweren Anämien, Chlorose, Leukämie ist das Blut schon für das bloße Auge blasser, hellwässrig.

Untersuchen wir frisches gesundes Blut mikroskopisch, so sehen wir in einer fast farblosen Flüssigkeit (dem Plasma) zellige Elemente dreierlei Art: 1. rote Blutkörperchen (Erythrozyten), 2. weiße Blutkörperchen (Leukozyten oder Lymphoidzellen) und 3. die für einfache Untersuchungen nicht in Betracht kommenden Blutplättchen und -körnchen. Die roten Blutkörperchen (Fig. 351) sind das allein



Fig. 351. Blutkörperchen, freiliegend und geldrollenähnlich aufgereiht.
a auf der Kante stehend, *b* flachliegend. Vergr. $800\times$. Vergr. $400\times$.

Charakteristische, auf 350—500 rote kommt ein weißes in gesundem Blut, in 1 mm³ Blut sind ungefähr 5 Millionen rote Blutkörperchen. Wir untersuchen frisches Blut bei mindestens 300facher Vergrößerung zunächst ohne Zusatz einer Flüssigkeit, nehmen dann aber nur eine Spur unter das Deckglas. Da liegen einzelne oder oft geldrollenartig aneinandergereihte, gelbe bis rötliche oder blaßbraune münzenförmige Scheiben mit beiderseitiger tellerförmiger Aushöhlung. Diese erkennt man bei der Ansicht en face daran, daß das Zentrum anders schattiert ist als der Rand. Ein Kern ist — wohlgermerkt — nicht vorhanden. Die rote Farbe, die den Zellen in älterem Blut vielfach verloren geht, haben sie von dem eigenartigen Farbstoff, Hämoglobin genannt; er ist der Träger des Sauerstoffs (Oxy-Hämoglobin) im arteriellen Blut.

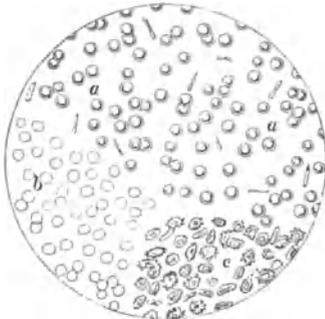


Fig. 352. Rote Blutzellen: *a* im frischen Blute, *b* nach der Einwirkung des Wassers, *c* im eingetrockneten Blute. Vergr. $200\times$.

Bei der Gerinnung des Blutes scheidet sich aus dem Plasma das Fibrin in Form von Fäden ab. Fibrin und Blutkörperchen bilden zusammen den Blutkuchen (Cruor). Das über dem Blutkuchen sich sammelnde Blutwasser (Serum) ist farblos oder blaßgelblich.

Die roten Blutkörperchen gehen rasch Veränderungen (Fig. 352) ein, besonders bei Zusatz von Wasser oder von 10 % Essigsäure oder in Temperaturen über 52° C. Dann sehen wir

maulbeerförmige, stechapelförmige, kugel-, biskuitförmige Körperchen. Zu verwechseln sind rote Blutkörperchen mit keiner tierischen Zelle, allenfalls mit Sporen von verschiedenen Schimmelpilzen, die aber bei

einiger Aufmerksamkeit erkannt werden. Es kommen besonders die Sporen von *Achorion Schoeleinii* und *Porphyridium cruentum* in Betracht.

Nur bei frischem Blut ist es möglich, bei sorgfältigem Vergleich von Kontrollproben, Menschenblut und das Blut verschiedener Tiere morphologisch zu unterscheiden. Die Blutkörperchen des Menschen und aller Säugetiere sind rund, die vom Frosch oder der Taube z. B. elliptisch oder oval. Das Blut unserer Haustiere ist nur durch die Größe verschieden, so ist ($\mu = 0,001$ mm)

das münzenförmige Blutkörperchen des

Elephanten = 9,4 μ	der Katze = 6,5 μ
Menschen = 7,7 μ	des Rindes = 5,8 μ
Hundes = 7,3 μ	des Schafs = 5,0 μ
Kaninchens = 6,9 μ	der Ziege = 4,1 μ

Bei alten, trockenfesten Blutspuren ist es unmöglich, aus der Größe der roten Blutkörperchen Schlüsse zu ziehen, ob sie vom Menschen oder von einem Tiere stammen.

Nur die Blutkörperchen der Säugetiere sind kernlos. Die roten Blutkörperchen von Fischen, Amphibien und Vögeln sind kernhaltig.

Die weißen, besser farblosen Blutkörperchen sind eigentlich Eindringlinge im Blut; sie ähneln gewissen Bindegewebszellen, sowie den Zellen des Knochenmarks und der Lymphdrüsen. Unter sich nicht alle gleichgeartet, unterscheiden sie sich durch das Verhalten gegen basische oder saure Anilinfarben. Es sind farblose, kugelige Klümpchen, die stark Licht brechen und erst bei Zusatz von Wasser oder Essigsäure (2%) scharf umgrenzt erscheinen. Dann sieht man einen verschieden großen Zelleib, bald größer, bald kleiner als ein rotes Blutkörperchen, mit einem oder mehreren unregelmäßig geformten Kernen, die bei Färbung mit dünner, wässriger Methylenblaulösung als dunkelblaue Gebilde gut hervortreten (siehe Eiter). In ganz frischem Blut haben die Leukocyten ganz bizarre Formen, weil ihnen sogenannte amöboide Bewegung eigen ist. Diese Zellen kommen für die Frage, ob ein Flecken Blut oder nicht, fast gar nicht in Betracht, da sie sehr hinfällig sind.



Fig. 353. Froschblut. (Nach Schmidt-mann.)

Erkennung eingetrockneten Blutes.

In einer Reihe von Fällen läßt sich eingetrocknetes Blut ohne Zusatz von Chemikalien oder von Flüssigkeiten irgendwelcher Art mit Hilfe des Vertikal-Illuminators von Zeiß-Jena oder des Opak-Illuminators von Leitz-Wetzlar als solches erkennen. Der letzte Appa-

rat wird statt des Objektivs an den Tubus des Mikroskopes angeschraubt; er birgt in sich eine planparallele, geschliffene Glasplatte, die um ihre horizontale Achse drehbar ist und mittelst der es möglich ist, nach Art des Augenspiegels das Licht unter einem Winkel von 45° direkt auf das Objekt zu werfen. Die Lichtstrahlen gelangen dann zum Objekt, durch eine runde Öffnung in der Glasplatte weiterhin durch den Tubus des Mikroskopes in das Okular zum Auge des Beschauers.

Auf Glas, Metallflächen, z. B. Messerklingen, aber auch auf Holz lassen sich Blutspuren auf diese Weise erkennen.

Will man sich die Blutkörperchen isosiert zur Ausbauung bringen, so bringt man eine kleine Blutkruste, am besten mit dem Objekt, an dem sie klebt, oder indem man sie abschabt, in 30% Kalilauge oder in Pacinische Flüssigkeit, d. i. 300 Teile Wasser, 100 Teile Glycerin, 2 Teile Kochsalz und 1 Teil Sublimat.

Erkennt man bei der mikroskopischen Untersuchung, daß die Blutscheiben oval und kernhaltig sind, so ist damit der Beweis erbracht, daß es sich nicht um das Blut eines Säugetiers, auch nicht um Menschenblut handelt, sondern daß Vogel-, Amphibien- oder Fischblut vorliegt.

Sind die roten Blutkörperchen aber bereits zugrunde gegangen, dann dient uns ihr Farbstoff, das Hämoglobin, als Wegweiser. Seine Erkennung ist mittels Spektrokops am einfachsten und sichersten. Mikroskopische und spektroskopische Untersuchung müssen sich ergänzen. Deshalb sei auch letztere hier besprochen.

Spektroskopische Untersuchung von Blutflecken.

Die spektroskopische Untersuchung der Auflösung eines Blutfleckens in destilliertem Wasser geschieht folgendermaßen: Man füllt diese in ein Reagenzglas, besser in ein planparalleles, flaches Fläschchen und macht sich eine Kontrollösung mit eigenem Blut, die man mit destilliertem Wasser so lange verdünnt, bis die Farbe in beiden Gläschen gleich ist. Die Verdünnung darf indes nicht so weit gehen, daß die Oxyhämoglobinstreifen, zwei dunkle Bänder in Gelb und Grün des Spektrums und Verdunkelung des violetten Endes, verschwinden. 1 : 50 ist die zweckmäßigste Verdünnung. Enthält die Auflösung des verdächtigen Fleckens Blut, dann muß sie das Hämoglobinspektrum ergeben oder das des Methämoglobins, nämlich außer den beiden Absorptionsstreifen des Oxyhämoglobins ein drittes schmales Band zwischen C und D. Hat man aber das Spektralbild des Oxyhämoglobins, so kann man durch Zusatz von frischem (!) Schwefelammonium oder noch besser von Schwefelnatrium (1 : 5) das Bild des reduzierten Hämoglobins schaffen. Die beiden Ränder rücken in ein breites, scharfbegrenztes zusammen, das, $\frac{2}{3}$ des Raumes zwischen D und E füllend, an der Grenze von Gelb und Grün liegt, doch ist meist noch ein schmales Band in Gelb erkennbar. Es geht bei Schütteln mit Luft rasch wieder zurück zum Oxyhämoglobinspektrum.

Hat man ein Hämoglobinspektrum, so ist ein verdächtiger Fleck als Blutfleck erwiesen; nur das Spektrum ammoniakalischer Karminlösung hat ähnliche Absorptionsstreifen, an denen indes die Reaktion auf Schwefelammonium ausbleibt.

Aber das Hämoglobin ist nur in noch wasserlöslichen Blutspuren nachweisbar. Für unlösliche ältere Flecke muß man auf das Spektrum eines Derivats

des Hämoglobins, auf das des reduzierten Hämatins (Hämochromogen Hoppe-Seyler) achten. Dazu setzt man 10% Sodalösung oder 10% Natronlauge zu den Blutspuren und erhält so eine rote bis braune Lösung mit einem Schatten ungefähr an der Stelle des Absorptionsbandes des reduzierten Hämoglobins, das aber mehr nach dem roten Ende des Spektrums verschoben ist. Fügt man zu dieser Lösung Schwefelammonium, so geht der breite Schatten in zwei Streifen über, die denen des Oxyhämoglobins ähnlich, nur dem Violett etwas näher liegen. Auch dieses Hämochromogenspektrum ist unbedingt beweisend für Blut.

Neuerdings wird das Rieglersche Reagenz empfohlen (5,0 Hydrazinsulfat in 100 ccm 10% Natronlauge, darauf Zusatz von 100 ccm 96% Alkohol, nach zweistündigem Stehen zu filtrieren). Bringt man das Reagenz mit Blut zusammen, so entsteht eine purpurrote Lösung von Hämochromogen; schüttelt man die Lösung mit Luft durch, so färbt sich die Lösung unter Bildung alkalischen Hämatins gelblichbraun. Bei ruhigem Stehen erhält sie ihre rote Farbe wieder.

Ist die zu untersuchende Blutmenge nur eine geringe, z. B. ein angetrockneter Tropfen, so wird man sich keine Lösung im Reagenzglas herstellen und diese spektroskopieren, denn die Lösung würde zu dünn ausfallen und das Spektrum würde nur undeutlich sein.

Für solche Fälle empfiehlt sich die Anwendung des Mikrospektroskopes, mit dessen Hilfe gerichtlich-medizinische Blutuntersuchungen heutzutage fast ausschließlich ausgeführt werden.

Man bringt auf den Objektträger unter das Mikroskop ein Schüppchen Blut oder eine mit Blut getränkte Stofffaser, fügt einen Tropfen Pyridin hinzu und bedeckt das Ganze mit einem Deckgläschen.

Mit Hilfe des Mikrospektroskopes wird man jetzt nur den schwachen Schatten des alkalischen Hämatins wahrnehmen; läßt man zu dem Objekt nunmehr einen Tropfen Schwefelammonium hinzuzießen, so ändert das Objekt seine Farbe. Es wird leuchtend rot und läßt nunmehr die beiden charakteristischen Streifen des Hämochromogens im Mikrospektroskop erkennen.

Aus z. T. verkohltem Blut erhält man mittels konzentrierter Schwefelsäure das zweistreifige Spektrum des sauren Hämatoporphyrins; fällt man durch Zusatz von Wasser und Neutralisieren mit Ammoniak das Hämatoporphyrin aus, filtriert und löst den Filtrerrückstand mit einer Mischung von Ammoniak und Alkohol absolut. ab, so erhält man das alkalische Hämatoporphyrin in Lösung, das ein charakteristisches vierstreifiges Spektrum gibt; auch die Probe läßt sich mit dem Mikrospektroskop einfach und sicher ausüben, indem man das Objekt zunächst mit einem Tröpfchen konzentrierter Schwefelsäure behandelt, dann mit Fließpapier am Rande des Präparates die Schwefelsäure absaugt und Pyridin zufließen läßt. Man erhält dann ebenfalls die Streifen des sauren und alkalischen Hämatoporphyrins, sofern sich an dem untersuchten Objekte Blutfarbstoff befindet.

Bei der Kohlenoxydvergiftung (durch Leuchtgas oder Kohlendunst) gibt die Spektraluntersuchung des Blutes immer den Ausschlag. Im Blut CO-Vergifteter hat sich CO mit Hämoglobin verbunden, und zwar fester als Sauerstoff (O) dies tut. Auch dieses CO-Hämoglobin hat zwei Absorptionsstreifen ähnlich der Lage nach denen des O-Hämoglobins, nur sind sie ein wenig gegen das violette Spektrumende verschoben und etwas näher aneinander gelegen. Als charakteristisch für CO-Hämoglobin erweisen sie sich erst dadurch, daß sie nicht wie die O-Hämoglobinstreifen auf Zusatz von reduzierenden Substanzen verschwinden. Zur Übung in der Methode empfiehlt es sich, eine Maus in einer Flasche, der man Leuchtgas zuführt, zu vergiften und dieses Blut mit gesundem vergleichend zu prüfen, denn auch diese Untersuchungen verlangen Übung. Vor allem ist zu beachten, daß bei vielem Schütteln an der Luft das Kohlenoxyd sich vom Blutrot trennt, weshalb eine Übersichtung der Blutlösung mit Öl bei längeren Untersuchungen notwendig ist.

Neuerdings hat man dem violetten Teile des Blutspektrums besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Resultate von besonderer praktischer Wichtigkeit haben diese Untersuchungen bisher nicht ergeben.

Mikroskopisch-chemischer Blutnachweis.

Aber auch mikroskopisch-chemisch ist das Hämoglobin nachweisbar, und zwar, indem man die sogenannten Teichmannschen Kristalle (Fig. 354) darstellt, d. i. salzsaures Hämin. Dazu nehme man eine



Fig. 354. Hämatinhydrochloridkristalle.
Teichmannsche Häminkristalle.
Vergr. 400/.

Spur von dem blutverdächtigen, getrockneten Objekt, füge zwei Tropfen wasserfreie Essigsäure, sogenannten Eisessig (er muß am Glasstabe in der Flamme brennen), und ein kleinstes Körnchen (0,01 g) Kochsalz hinzu und erwärme es (auf dem Objektträger) vorsichtig. So erhält man die Häminkristalle (Fig. 354), kleine rhombische Täfelchen oder Stäbchen, die im verdunkelten Gesichtsfelde wie Sterne leuchten und bei Zusatz von Kalilauge sich auflösen. Rost oder Fett, sowie Erhitzung über 140° verhindern die Bildung der Kristalle. Fett kann man aber durch Äther sulf. vorher entfernen.

Neuerdings ist diese Methode fast völlig in den Hintergrund getreten gegenüber einer andern, die auf die Darstellung der Hämochromogenkristalle abzielt. Diese Kristalle, die die verschiedensten Formen besitzen (Rhombische Tafeln, Nadeln, Drusen, büschelförmig angeordnete Nadeln) erhält man, wenn man einer Spur frischen oder eingetrockneten Blutes Pyridin hinzusetzt und dann einen Tropfen Schwefelammonium hinzufügt, das ganze mit dem Deckglas bedeckt und mikroskopisch untersucht.

Sehr schöne Kristalle erhält man auch, wenn man je einen Tropfen Pyridin und Hydrazinsulfat der Blutspur hinzufügt, mit dem Deckglas das Objekt bedeckt und nunmehr über der Sparflamme des Bunsenbrenners das Präparat erwärmt, bis Gasblasen aufsteigen (de Dominicis).

Blutflecke, die von Wanzen und Flöhen herrühren, enthalten niemals Blutkörperchen.

Eine chemische Probe, die Guajakprobe, dient ferner zur Unterstützung der mikroskopischen und spektral-analytischen Blutuntersuchung. Bringt man nämlich ein wenig Blutpulver in ein sauberes weißes Porzellanschälchen mit nicht rektifiziertem Terpentinöl und frischbereiteter Guajaktinktur (Guajakharz in Spiritus aufgelöst), so wird die braune Tinktur blau. Das ist bei verdächtigem Objekt aber nur ein Zeichen, daß Blut in demselben sein kann! Bleibt die Blaufärbung aus, so ist sicher kein Blut darin.

Bringt man reines Wasserstoffsperoxyd mit Blut in Berührung, so tritt stürmisch die Bildung eines feinen weißen Schaumes ein infolge Abspaltung des Sauerstoffes. Auf dunklem Untergrunde kann man sich daher Blutspuren durch Anwendung eines Wasserstoffsperoxydsprays leicht sichtbar machen. Die Probe hat im übrigen etwa gleichen Wert wie die Guajakprobe.

Biologischer Blutnachweis.

Der biologische Blutnachweis (von Uhlenhuth und Wassermann-Schütze) sei auch an dieser Stelle kurz erwähnt. Das Prinzip dabei ist, daß das Serum eines Tieres, dem vorher wiederholt bestimmte Serumengen eines andern eingespritzt worden sind, mit Blutlösungen eben dieses Tieres flockige Trübungen ergibt. Die Methode ist eine Konsequenz der Lehre von den Präzipitinen. Ich folge bei der Darstellung der Anleitung von Uhlenhuth, übergehe aber die technisch nicht ganz einfache Gewinnung des Antiserums.

Die Herstellung des Antiserums erfolgt in den gerichtsarztlichen Universitätsinstituten (von denen es jederzeit erhältlich) dadurch, daß man in vier bis sechstägigen Pausen je 1—2 ccm sterilen Menschenblutserums einer Anzahl Kaninchen in die Randvene des Ohres einspritzt. Das Serum so vorbereiteter Tiere nun ergibt in einer wässrigen Menschenblutlösung von 1 : 1000 einen starken, wolkigen Niederschlag, und zwar nur bei Menschenblut und dem Blut der anthropomorphen Affen, sonst bei keiner Tierart. Damit ist die Möglichkeit gegeben, auch alte Blutreste noch dahin zu bestimmen, ob sie vom Menschen stammen oder nicht. Voraussetzung eines einwandfreien Ergebnisses ist, daß das Antiserum klar ist (Filtration durch sterile Berkefeld-Filter-. Ferner muß das Antiserum auch in stärkerer Verdünnung, d. i. in einer Lösung von 1 : 10 000 bis 1 : 20 000 sofort, spätestens nach ein bis zwei Minuten, deutliche Trübung bewirken.

Ferner ist nicht zu vergessen, daß diese Reaktion für menschliches Eiweiß, nicht eigentlich für Blut spezifisch ist. Es muß also vor Anstellung derselben immer erst festgestellt werden, ob das Untersuchungsobjekt auch Blut ist, und zwar spektroskopisch oder durch den Nachweis der Teichmannschen Häminkristalle, bzw. der Hämochromogenkristalle. Im übrigen verfährt man mit der Gewinnung des Materials wie für die mikroskopische Untersuchung. Man schabt Flecke ab und zieht sie im Reagenzglas in 0,8prozentiger Kochsalzlösung aus. Freilich ist dann Filtration erforderlich, wobei das Papierfilter oft nicht ausreicht. Man muß, wenn man kein klares Filtrat erhält, ein Berkefeld-Filter zu Hilfe nehmen. Trotz diesen Umwegen gelingt es in der Tat, auch aus so kleinen Blutspuren, die auf andere Weise überhaupt nicht zu untersuchen wären, noch eine Antwort auf die Frage: Menschenblut oder nicht? mit dieser Methode zu erhalten.

Um nun die Verdünnung von 1 : 1000 in der Blutlösung aus Blutflecken zu treffen, geben Uhlenhuth und Beumer folgende Orientierungspunkte an:

1. die fast völlige Farblosigkeit der Lösung bei durchfallendem Licht;
2. die ganz leichte Trübung bei Anwendung der Kochprobe unter Zusatz von einigen Tropfen Salpetersäure;
3. die trotz der erheblichen Verdünnung noch vorhandene starke Schaumbildung beim Schütteln.

Die Menge des zuzusetzenden Antiserums beträgt bei der genannten Blutverdünnung (1 : 1000) 0,1 auf 2,0 ccm, also 1 : 20.

Die Reaktion gilt nach Uhlenhuth-Beumer nur als sicher positiv unter folgenden Bedingungen:

1. sofort nach Zusatz des Antiserums oder spätestens innerhalb ein bis zwei Minuten muß die Reaktion als hauchartige Trübung am Boden des Röhrchens sichtbar sein. Am besten nimmt man diese beginnende Trübung wahr bei durchfallendem Tages- oder künstlichem Licht, indem zwischen Lichtquelle und Reagenzglas eine schwarze Fläche gehalten wird. Die Röhrchen sind beim Zusatz des Antiserums nicht zu schütteln.

2. Innerhalb der ersten fünf Minuten muß die hauchartige Trübung sich verwandelt haben in eine dicke wolkige.

3. Innerhalb zehn Minuten bildet die Trübung bereits einen Bodensatz.

4. Spätere, z. B. nach 20 Minuten auftretende Trübungen sind nicht mehr spezifisch.

5. Man wird stets Kontrollproben mit Blut anderer Tiere sowie auch mit Kaninchenblut nebenher machen.

Neuerdings hat man auch gelernt, das Blut verwandter Tierarten, z. B. von Hase und Kaninchen, von Taube und Huhn, ja auch von Menschen und Affen durch die sog. kreuzweise Immunisierung zu unterscheiden.

Ferner ist es mittels dieser Proben gelungen, etwa 70 Jahre altes menschliches Blut nachzuweisen.

Für die Fleischbeschau ist das Verfahren insofern von Wichtigkeit, als es mit Hilfe spez. Serums gelingt, im Hackfleisch ev. Beimengungen von Pferdefleisch nachzuweisen; auch in Räucherwaren (Schinken) gelingt der Nachweis, desgleichen in Würsten, falls nicht die reaktionsfähigen Eiweißkörper durch den Kochprozeß verändert sind.

Auch die Herkunft des Blutes in blutsaugenden Insekten hat Uhlenhuth auf diese Weise ermittelt.

Neuerdings wird zum Nachweis des Blutes auch die Methode der sog. Komplementbindung verwendet (Neißer und Sachs). Dieselbe ist außerordentlich empfindlich. Sie kann nur in gut eingerichteten Laboratorien ausgeführt werden.

In der Praxis ist im allgemeinen die Uhlenhuthsche Probe vorzuziehen, da sie weniger zeitraubend ist; auch sind die Fehlerquellen geringer.

Blutuntersuchung zum Zweck gesundheitspolizeilicher Maßnahmen.

Für die Medizinalbeamten wird auch oft die Blutuntersuchung zum Zwecke gesundheitspolizeilicher Maßnahmen notwendig. So wird man heute für die Diagnose gewisser septischer Erkrankungen, des Milzbrands, der Malaria, der Schlafkrankheit, des Rückfallfiebers (Rekurrens), der Pest, aber auch für die Diagnose des Unterleibstypus (Typhus abdominalis) im allgemeinen auch das Mikroskop heranziehen müssen. Am Lebenden erfolgt die Entnahme von Blut mittels blutigen Schröpfkopfes oder einfacher durch einen Stich mit einer geglühten und wieder abgekühlten Nadel in die Fingerbeere bzw. in das Ohrläppchen, bei nicht sezierbaren Leichen ist der Penis sehr geeignet zur Entnahme. Sorgfältige Desinfektion hat dann an der Stelle vorauszugehen. Bei älteren Leichen, die man seziiert hat, macht man mit geglühtem Messer einen Schnitt durch die Milz und entnimmt aus dem Zentrum, um so die an der Oberfläche haftenden Leichenbakterien, vor allem Coliarten, zu vermeiden. Darf man erwarten, die Bakterien selbst zu finden, wie bei septischen Erkrankungen (Streptokokken, Staphylokokken, Milzbrandbazillen) oder die Plasmodien der Malaria, so wird man einen kleinen Blutropfen zwischen zwei mit Alkohol und Äther gereinigte und mit Pinzetten gefaßte Deckgläschen in dünnster Schicht ausbreiten, indem man dieselben aneinander hinzieht und lufttrocken werden läßt. Man macht sich zweckmäßig immer eine ganze Anzahl solcher Präparate zurecht.

Zur Sichtbarmachung der Bakterien ist eine besondere Färbung¹⁾ des Präparats nötig. Zu letzterer genügt für Strepto- und Staphylokokken sowie für Milzbrandbazillen und Rekurrensspirillen eine einfache Methylenblaufärbung. Eine wässrige 0,2 prozentige Methylen-

¹⁾ Zuverlässige Farben liefern die Höchster Farbwerke und Gr ü b l e r -Leipzig.

blaulösung färbt in zwei bis zehn Minuten. Dann spült man in Wasser ab, entwässert vorsichtig, da der Alkohol die Farbe auszieht, hellt das Präparat mit Nelkenöl auf und legt das so behandelte Deckglas mit einem Tropfen Kanadabalsam auf den Objektträger. Statt der Entwässerung durch Alkohol ist oft die Trocknung mittels Durchziehens durch die Flamme angezeigt, allerdings ohne das Präparat zu verbrennen (!). Man sieht dann bei starker Vergrößerung (Ölimmersion) die Streptokokken als kleine Kokkenketten, die Staphylokokken als kleine Häufchen (Träubchen) von Kokken in den blaugefärbten Zellen und außerhalb derselben, die Milzbrandbazillen als 5–20 μ lange, 1–1,25 μ breite, an den Enden scharf begrenzte Stäbchen. Bei Milzbrand, der unsere Haustiere, Schafe, Rinder, Pferde vielfach befällt und auch für den Menschen höchst gefährlich werden kann, findet man in der Milz, aber auch in den anderen inneren Organen leicht die Bazillen in großer Menge; ein solches Ausstrichpräparat genügt öfters allein, um die Diagnose zu stellen. Je frischer die Organe bei der Entnahme und je sorgfältiger die Behandlung, desto besser ist das diagnostische Ergebnis. (Siehe auch S. 264, Fig. 316).

Zuweilen aber ist es nötig, die Bakterien erst auf geeignetem Nährboden zu vermehren und dann mikroskopisch zu betrachten. Es ist deshalb hier nur von den ohne weiteres im Mikroskop erkennbaren Bakterien die Rede gewesen.

Malaria.

Die Diagnose des Wechselfiebers (Malaria) ist mit voller Sicherheit durch das Mikroskop allein zu stellen. Der Erreger dieser Krankheit (*Plasmodium malariae*) gehört zu den Protozoen, den an der

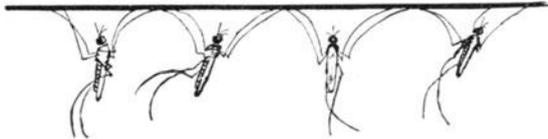


Fig. 355. Fiebermücken (*Anopheles*), an der Zimmerdecke hängend. (Nach Martini.)

Grenze zwischen Pflanzen- und Tierreich stehenden niedersten Lebewesen. Die Malariaparasiten entwickeln sich nach Grassi im Darmkanal einer Stechmücke, der *Anopheles claviger* s. *maculipennis* als

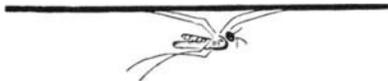


Fig. 356. Gewöhnliche Stechmücke (*Culex*), an der Zimmerdecke hängend. Natürliche Größe. (Nach Martini.)

kleine Würmchen zu sporenhaltigen Kugeln. Die sichelförmigen Sporen sammeln sich in der Speicheldrüse des Insekts, aus der sie durch Stiche auf den Menschen übertragen werden. In seinem Blute

macht der Parasit wiederum verschiedene Entwicklungsstadien durch, indem die jungen Individuen zunächst im Blutkörperchen als kleiner, allmählich wachsender Ring sichtbar sind. Unter Abblassung des

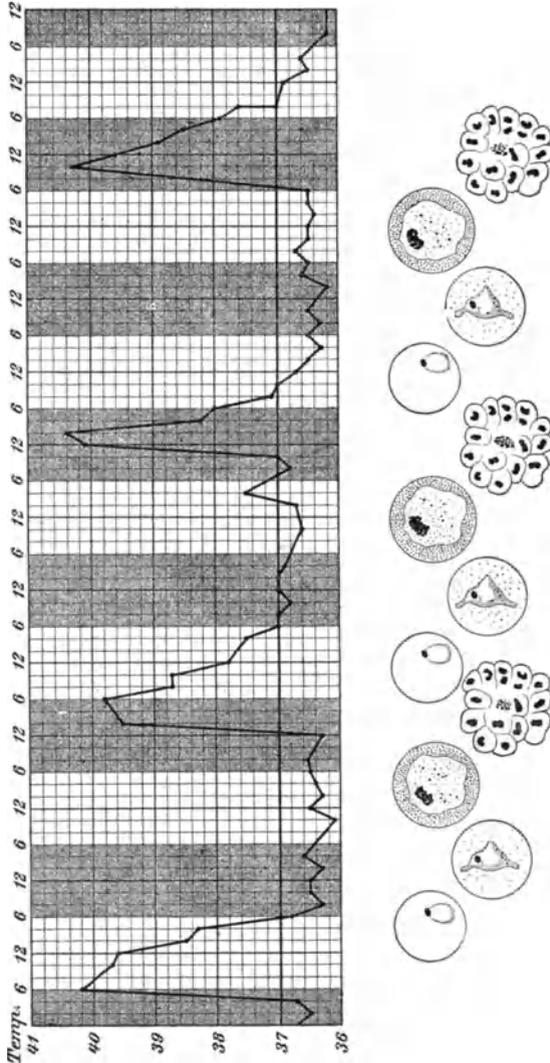


Fig. 357. Tertiana, leicht antepomerend Orig. Unter der Temperaturkurve ist der Entwicklungsgang der Malaria plasmodien in den roten Blutkörperchen wiedergegeben.

roten Blutkörperchens sammelt sich in dem Parasiten Blutpigment in Körner- und Stäbchenform an, bis sich der Körper in 10—20 Teile auflöst, die aus der bewohnten Blutscheibe schließlich aus- und auf andere übertreten. Diese Auflösung (Sporulation) fällt mit dem Beginn

des Fiebers zusammen. Je nach der Gegend und der Jahreszeit gibt es verschiedene Typen der Malaria. Man unterscheidet bei der menschlichen Malaria den Quartan-, Tertian- und den Tropica-Parasiten.

Bei dem Quartanfieber erfolgt der Wiedereintritt des Fiebers nach 72, beim Tertiantypus nach 48 Stunden; bei der Tropica-Infek-

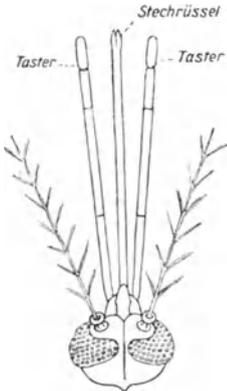


Fig. 358. Kopf des Weibchens der Fiebermücke (*Anopheles*). Vergr. $20/1$. (Nach Martini.)

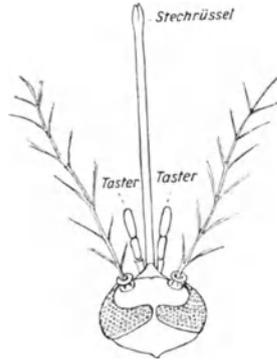


Fig. 359. Kopf des Weibchens der gewöhnlichen Stechmücke (*Culex*). Vergr. $20/1$. (Nach Martini.)

tion ist der Fieberverlauf mannigfaltiger. Der Fieberanfall erfolgt jeden dritten Tag und dauert 40—48 Stunden.

Je nach diesen Typen wechselt auch das Aussehen der in den Blutscheiben liegenden Parasiten.

Während der Parasit des Quartan- und Tertianfiebers sich in den roten Blutscheiben unter Pigmentbildung entwickelt (der Tertianparasit



Fig. 360. Flügel: links der Fiebermücke (*Anopheles*), rechts der gewöhnlichen Stechmücke (*Culex*). Vergr. $10/1$. (Nach Martini.)

in Gestalt von Ringformen) und bei der Sporulation in 10—20 Teile (Gänseblümchen und Maulbeerform) zerfällt, ist der Parasit der tropischen Malaria neben der Ringform durch die sog. Halbmonde gekennzeichnet. Die Halbmonde sind wurstförmig gekrümmte Gebilde, deren Mitte pigmentiert ist.

Die Untersuchung des ungefärbten Blutpräparates ist schwierig. Deutlicher werden die Parasiten durch die Färbung.

Am sichersten findet man Parasiten, wenn das Blut unmittelbar nach Abfall des Fiebers, noch besser 6—12 Stunden vor dem neuen Anfall entnommen ist. Bei Vorhandsein spärlicher Parasiten untersucht man nach der Methode des „dicken Tropfens“.

Zu diesem Zweck läßt man auf einen sorgfältig mit absolutem Alkohol gereinigten Objektträger 4—5 Blutstropfen aus einem tiefen Hautstich fallen, breitet die Blutmenge auf einer Fläche von Markstückgröße aus und läßt gut antrocknen. Das Präparat wird nunmehr in Wasser gestellt, damit das Hämoglobin gelöst und entfernt wird. Nachdem das Präparat farblos geworden ist, nimmt man es vorsichtig aus dem Wasser heraus und fixiert nunmehr 10 Minuten in absolut. Alkohol. Danach trocknet man und übergießt nunmehr das Präparat mit der Farblösung, die man sich aus einem Tropfen der Stammlösung mit 1 ccm Wasser (unter Umschütteln!) bereitet hat und färbt 10 Minuten; danach Abwaschen in scharfem Wasserstrahl, Abtupfen mit Fließpapier, trocknen lassen und Einbetten in Kanadabalsam. Man sieht dann in den rosa gefärbten Blutscheiben die Plasmodien blau, ihr Chromatin karminrot, die weißen Blutkörperchen blau und violett.

Das genauere Studium der Parasiten gelingt nur in dünnen Blutausstrichen, die man sich in der Weise herstellt, daß der Blutstropfen auf dem sorgfältig gereinigten Objektträger mittels eines zweiten Objektträgers flächenhaft ausgebreitet wird.

Schlafkrankheit.

Eine vorzugsweise für das tropische Afrika wichtige protozoische Blutinfektion stellt die Schlafkrankheit dar, die nicht nur die farbige Bevölkerung befällt, sondern der auch Europäer erliegen. Der Krankheitskeim (*Trypanosoma*) lebt nicht innerhalb der roten Blutkörperchen, sondern in der Blutflüssigkeit und wird durch den Stich einer Fliege (*Glossina palpalis*) übertragen. Die Trypanosomen (zu den Flagellaten gehörig) können fast regelmäßig in den fast bei allen Kranken geschwollenen Lymphdrüsen, namentlich des Halses nachgewiesen werden.

Man faßt eine Drüse zwischen 2 Finger der linken Hand und sticht senkrecht durch die Haut mit der Pravazspritze in die Drüse hinein. Daß man tatsächlich in der Drüse ist, erkennt man daran, daß bei kleinen seitlichen Bewegungen der Spritze die Drüse mitgeht. Nun wird durch einen Gehilfen der Stempel der Spritze angezogen. Man bewegt die Spitze der Nadel in der Drüse hin und her, nimmt dann die Spritze von der Kanüle ab und zieht diese aus der Drüse heraus. Der in der Hohl-nadel vorhandene Tropfen weißlichen Saftes wird auf einem Objektträger ausgespritzt und entweder frisch oder gefärbt und untersucht. (Hartmann u. Schilling.)

Rückfallfieber.

Der Erreger des Rückfallfiebers (*Febris recurrens*), eine Spirillenart *Spirochaeta Obermeieri*, ist verhältnismäßig leicht im Blute des Erkrankten, aber nur während des Fieberanfalles, nachweisbar. Es sind wellige Fäden, 4—5 mal so lang wie der Durchmesser eines roten Blutkörperchens, mit lebhafter Bewegung im frischen Blut. Sie lassen

sich mit Methylenblau leicht färben. (Siehe S. 255, Fig. 307). Als Überträger kommen wahrscheinlich Läuse in Betracht.

Syphilis.

Über den Nachweis des Erregers der Syphilis, der *Spirochaeta pallida*, vgl. oben, S. 268).

Besonders reich an Spirochaeten erweisen sich gelegentlich die Organe syphilitischer Neugeborener bzw. macerierter Früchte; bei diesen kann man sie in der Leber, Lunge, Darmwand in den Gewebsspalten in Haufen zusammenliegend oder in Zöpfe gedreht vorfinden.



Fig. 361. *Spirochaete pallida* mit Geißeln an beiden Polen. Schematisch. (Nach Schaudinn.)



Fig. 362. *Spirochaete refringens* mit scheinbarer undulierender Membran. (Nach Schaudinn.)

Die Syphilis ist auf Affen aber auch auf andere Tiere z. B. Kaninchen übertragbar. Die *Spirochaete pallida* darf nicht mit der dickeren *Spirochaete refringens* verwechselt werden, die sich durch eine geringere Anzahl grobwelliger Windungen, außerdem durch den mehr bläulichen Farbenton bei der Färbung auszeichnet. Die *Spirochaete refringens* hat mit der Syphilis nichts zu tun, sie ist bei den verschiedenartigsten Krankheitsprozessen gefunden worden.

Gelbfieber.

Das Gelbfieber, eine in Europa seltene (Spanien und Portugal) beobachtete epidemische Krankheit der mexikanischen Küste, und von da in die Nachbarschaft und nach Sierra Leone (Westafrika) verschleppt, ist eine in vielen Beziehungen der Malaria ähnliche Erkrankung, deren Erreger indes noch nicht bekannt ist. Das Blut ist der Träger der infektiösen Mikroorganismen, die man als „ultramikroskopische Keime“ bezeichnet, weil sie selbst ein Berkefeld-Filter zu passieren vermögen; denn auch mit so filtriertem Blut ist die Übertragung auf den Menschen möglich gewesen. Der Zwischenwirt ist eine Moskitoart, *Stegomyia fasciata*, dessen Weibchen sich am kranken Menschen infiziert und die Krankheit durch den Stich auf den gesunden überträgt; charakteristisch ist für diese Mücke eine weiße Bänderung auf dem Rücken des Thorax. Die Krankheit kommt nur bei hoher Lufttemperatur zustande, ist daher in gemäßigten Zonen nicht zu beobachten.

Pest.

Die Pest ist in Europa im Mittelalter epidemisch, in neuerer Zeit nur in sporadischen Fällen oder kleineren Herden beobachtet worden. Ihre Heimat hat sie in Asien, speziell in China und Indien.

Sie wird durch ein ovoides Stäbchen (Pestbakterium) hervorgerufen, das durch eine bipolare Färbbarkeit charakteristisch ist.

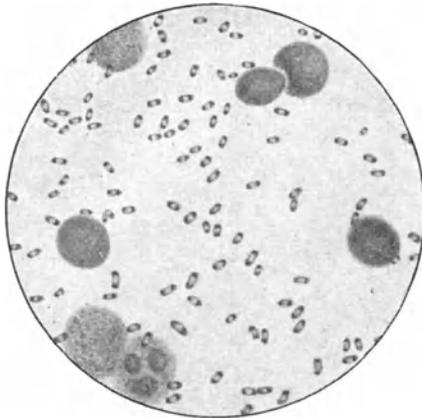


Fig. 363. Pestbakterien. Vergr. $1000/1$.
(Nach Nocht.)

Ausstrich und Fixierung geschieht wie bei Malariapräparaten, die Färbung mit alkalischer Methylenblaulösung.

Man gewinnt das Material entweder durch Anstechen der in Vereiterung begriffenen Lymphdrüsen (Bubonenpest) oder durch Untersuchung des Auswurfs, falls es sich um die andere Form der Pesterkrankung (die sog. Lungenpest) handelt.

Als Krankheitsvermittler spielen Flöhe und Wanzen eine gewisse Rolle.

Auf Schiffen kann der Krankheitskeim durch Ratten, die für

das Gift sehr empfänglich sind, verschleppt werden.

Findet sich beim Entladen des Schiffes eine größere Anzahl toter Ratten, so sollen diese unter bestimmten Vorsichtsmaßregeln einem bakteriologischen Institute zwecks weiterer Untersuchung überwiesen werden.

Flecktyphus (*Typhus exanthematicus*).

Nach neueren Untersuchungen wird das Fleckfieber durch die Kleiderlaus auf den Menschen übertragen.

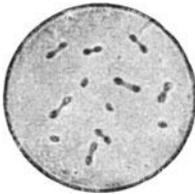


Fig. 364. Der Fleckfiebererregter (*Rickettsia prowazekii*).

Der vermutliche Erreger (die *Rickettsia prowazekii*) ist ein kurzelliptisches Körperchen, das in der Regel zu zweien angeordnet ist und zwar so, daß zwischen beiden eine schmale helle Brücke besteht (vgl. Fig. 364).

Man findet ihn in starker Vermehrung in den Epithelzellen des Magens und Darmes der Kleiderlaus (in Schnitten der letzteren nach Zelloidin-Paraffineinbettung). Die Zellen werden durch die starke Vermehrung der Mikroorganismen ballonartig aufgetrieben und platzen schließlich, wodurch sie in das Magendarmmlumen ihres Wirtes gelangen (vgl. Fig. 365).

Typhus abdominalis.

Das Typhus-Bakterium ist im allgemeinen im Blutpräparat, selbst wenn es aus der Milz oder Roseolen entnommen ist, nicht mikroskopisch nachweisbar. Nur die Kultur bringt es zur direkten

Anschauung. Aber erst die Beobachtung seiner biologischen Eigenschaften läßt es mit voller Sicherheit von zahlreichen mehr oder weniger harmlosen Darmparasiten (*Bacterium coli*) unterscheiden. Auf ein Verfahren müssen wir indes eingehen, weil es für den Gesundheitsbeamten von besonderer Wichtigkeit ist, das Widalsche Verfahren. Es ist geeignet, die Diagnose Typhus zu sichern und auch noch nach Ablauf einer als Typhus vielleicht nicht erkannten Krankheit diesen noch nachträglich festzustellen. Es beruht auf der Erfahrungstatsache, daß Blutserum von Gesunden in einer Typhusbouillonkultur höchstens in einer Verdünnung von 1 : 30 bis 1 : 50 eine Klärung der Bouillon

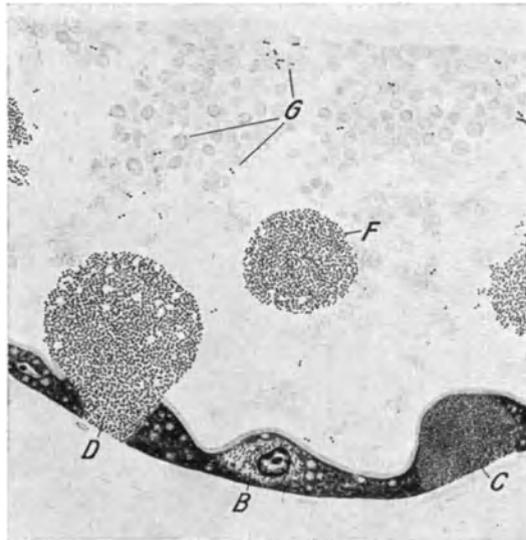


Fig. 365. Schnitt durch den Magen einer Fleckfieberlaus. *B = D* Infizierte Magenwandzellen. *B* = Beginn der Entwicklung des Fleckfiebererregers. *C* = Fortschreitende Vermehrung des Erregers. *D* = Ballonartige Ausdehnung der befallenen Zelle. *F* = Freie Erreger im Mageninhalt. *G* = Reste vom ausgesogenen Blut im Magen.

bei zweistündigem Verweilen im Brütöfen bewirkt, während Serum von Typhuskranken bzw. Rekonvaleszenten in viel größeren (100 bis 1000fachen) Verdünnungen noch in dieser Richtung wirksam ist. Das Blut von frisch Erkrankten hat diese Eigenschaft nicht, erst nach etwa 14 Tagen tritt sie auf und ist dann Jahre lang nachweisbar. Die Methode ist folgende: Mittels tiefen Einstichs in eine Fingerbeere entnimmt man $\frac{1}{2}$ ccm Blut. Das überstehende Serum nimmt man mit einer graduierten Pipette, wie sie im Gowerschen Hämoglobino-meter sich findet, ab und stellt dann eine Mischung mit einer 18 Stunden alten Typhusbouillonkultur, und zwar im Verhältnis von 1 : 25, 1 : 50, 1 : 100 usw. her. Die Betrachtung mit bloßem Auge ist nun nicht ausreichend. Man entnimmt daher einen Tropfen der

Mischung auf ein Deckgläschen, legt dieses auf einen hohlen Objektträger und beobachtet nun mikroskopisch eine deutliche Häufchen- und Schollenbildung; man nennt diese Erscheinung Agglutination und sagt demgemäß, „das Serum dieses Kranken agglutiniert noch bei einer Verdünnung von 1 : 20 000“. Voraussetzung ist, daß man eine geeignete Typhuskultur hat; man läßt sich solche von einem bakteriologischen oder hygienischen Institut schicken, auch die inneren Kliniken geben solche ab.

Eine Vereinfachung hat die Erkennung des Typhus durch das Fickersche Typhusdiagnostikum erfahren (das Reagens ist von der Firma E. Merck in Darmstadt zu beziehen). Es handelt sich um eine abgetötete Typhusbazillen enthaltende Flüssigkeit, mit der es gelingt, die Widalsche Reaktion ebenso auszuführen, wie mit Zuhilfenahme einer frischen Kultur.

Den Typhusbazillen sind die Paratyphusbazillen verwandt (vgl. S. 265), deren Beschreibung hier zu weit führen würde. Das Fickersche Diagnostikum wird auch für Paratyphus geliefert.

Beim Pfeifferschen Versuch handelt es sich um den Nachweis der spezifischen bakteriolytischen Stoffe.

Die Art und Weise wie diese Stoffe wirken, läßt sich beobachten, wenn man eine Mischung von unverdünntem oder verdünntem Typhusimmunserum¹⁾ und der betreffenden Bakterien (Typhusbakterien) einem Meerschweinchen in die Bauchhöhle spritzt und dann von Zeit zu Zeit mit Glaskapillaren Tropfen des Exsudates aus der Bauchhöhle des Tieres entnimmt und frisch oder gefärbt untersucht.

Die Bakterien gehen in kürzester Zeit auf eigenartige Weise in der Bauchhöhle des Tieres zugrunde: sie büßen ihre Beweglichkeit ein, fangen an aufzuquellen und zerfallen in mikrokokkenähnliche Kügelchen. Die Auflösung der Bakterien geht im Laufe von etwa $\frac{1}{2}$ Stunde vor sich. Der gleiche Auflösungsprozeß läßt sich beobachten, wenn man einem künstlich gegen Typhus hochimmunisierten Meerschweinchen Typhusbakterien allein in die Bauchhöhle einspritzt.

Die Typhus verwandten Bakterienarten werden langsamer bzw. nur durch beträchtlich größere Serummengen abgetötet.

In der Bauchhöhle eines nichtimmunisierten Meerschweinchens, dem Typhusbazillen ohne Serum eingespritzt werden, bleiben diese Bazillen beweglich, sie vermehren sich und bedingen den Tod des Tieres.

Nicht unerwähnt soll bleiben, daß Typhuskranke oft noch wochen-

¹⁾ Man injiziert einem kräftigen Kaninchen in die Randvene des Ohres in 7—10tägigen Intervallen 1, 3, 5 bzw. 10 Ösen einer zuvor eine Stunde auf 65° C im Wasserbade gehaltenen Aufschwemmung einer frischen Agarkultur von Typhusbazillen. Alsdann wird das Blut durch Aderlaß aus der Karotis des Tieres, oder durch Verbluten in einen hohen engen Glaszylinder entnommen; in 24 Stunden wird im Eisschrank durch Absitzenlassen des Blutes das klare Serum erhalten. Zwecks Konservierung empfiehlt es sich 1 Teil 5% Karbollsölung zu 9 Teilen Serum hinzuzusetzen.

lang nach überstandener Erkrankung durch den Stuhlgang oder Harn Typhusbakterien ausscheiden (sog. Dauerausscheider). In manchen Fällen findet die Ausscheidung der Typhusbakterien statt, ohne daß sich eine vorausgegangene Typhuserkrankung mit Sicherheit nachweisen läßt (Typhusträger).

Solche Personen können jahrelang Typhusbakterien ausscheiden und dadurch eine beständige Gefahr für ihre Umgebung bilden.

Falls es sich darum handelt, die Entstehung einer Typhusepidemie aufzuklären, ist stets auch an die Möglichkeit zu denken, daß die Typhuskeime durch einen Typhusträger — auffallender Weise handelt es sich meist um weibliche Personen — verbreitet sein können. Es erwächst damit dem Gesundheitsbeamten die Aufgabe, die Typhusträger zu ermitteln, sie auf die Gefahr, die sie für ihre Umgebung bilden, aufmerksam zu machen, und die Desinfektion der Abgänge zu veranlassen.

b) Eiter und ähnliche entzündliche Produkte.

Eiter ist die Absonderung entzündeter Gewebe. Wir entnehmen ihn z. B. von Wunden oder erkrankten Schleimhäuten (Beläge). Wir untersuchen ihn meist unverdünnt; zur Verdünnung dient eventuell Kochsalzlösung (0,7%). So erkennen wir bei 250—300facher Vergrößerung in einer wasserhellen Eiweißlösung, Serum genannt, zahlreiche Zellen, die auf den ersten Blick genau dasselbe Aussehen haben, wie die farblosen Blutkörperchen. Je nach der Größe und nach dem Verhalten ihrer Kerne zu den Anilinfarben macht der Pathologe Unterschiede; wir brauchen auf diese nicht einzugehen, müssen aber wissen, daß Eiterzellen je nach dem Alter, nach der Quelle und der Ursache gewisse Grade der Entartung und der Beimischung zeigen. Die Zellen älteren Eiters sind stärker gekörnt, zwischen ihnen treten Fettkörnchenkugeln auf. Bakterien aller Art kann man ungefärbt oder gefärbt erkennen, insbesondere die spezifischen Eitererreger (*Streptokokken*, aber auch *Gonokokken*, *Bacterium coli* u. a.). Oft sind rote Blutkörperchen beigemischt. Stets füge man nach der ersten Betrachtung Essigsäure (2%) solchem Präparat hinzu; sie fällt das Mucin des Serums und hebt so die zähe Konsistenz auf. Auch treten die Kerne, obgleich sie etwas schrumpfen, schärfer hervor. Die Eiterzellen sind eigentümlich klebrig und legen sich deshalb gern in Haufen aneinander.

Die Untersuchung von Eiter bzw. eiterähnlichen Ausschwitzungen kann in mehreren Fällen wünschenswert erscheinen.

Diagnostische Eiteruntersuchung.

Nach der operativen Eröffnung (Schnitt oder Punktion) einer Eiteransammlung kann die Feststellung der Art der Eitererreger wünschenswert sein. Hier kommen in Betracht die bei der Blutuntersuchung (oben S. 298) erwähnten Streptokokken und die als Staphylokokken

bezeichneten *Micrococcus*-Arten, die sich durch die dort angeführte Methylenblaufärbung von Trockendeckglaspräparaten herausheben lassen (Fig. 366). Es kann aber auch darauf ankommen festzustellen, ob z. B.



Fig. 366. Dünner Eiter aus der Bauchhöhle von einem Falle von Peritonitis nach Laparotomie. Infolge schwach saurer Reaktion sind an den Eiterkörperchen durch Quellung eine Kontur und mannigfaltige Körner aufgetreten; einkernige und überwiegend mehrkernige Zellen. Zahlreiche Streptokokken im Serum. Ohne Zusatzflüssigkeit hergestellt, da die Zellen nicht so reichlich waren, daß sie eine Verdünnung notwendig machten. Vergr. $\frac{200}{1}$. (Nach Israel.)

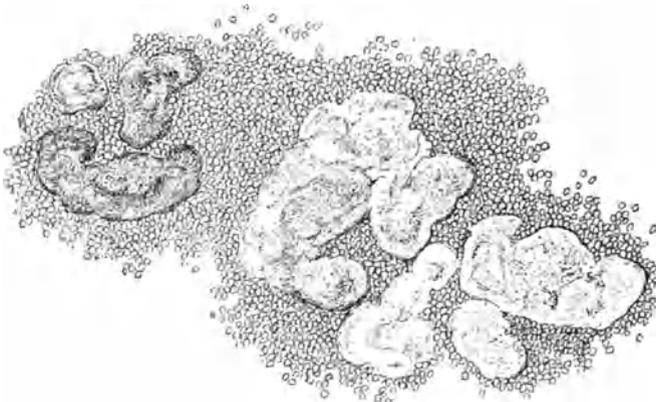


Fig. 367. Aktinomykotischer Eiter vom Menschen, aus einem lumbalen Abszeß; ein Körnchen mit den Nadeln verteilt, ohne Zusatzflüssigkeit. Die Rasen links dunkler, rechts glasig, von einer zähen Schicht Eiterkörperchen umgeben, zeigen, ohne daß Einzelheiten erkennbar sind, ihre charakteristische Gestalt. Im Druck erheblich dunkler ausgefallen, als sie in Wirklichkeit erscheinen. Vergr. $\frac{75}{1}$. (Nach Israel.)

ein Karbunkel durch Milzbrandstäbchen hervorgerufen ist (Methode der Färbung siehe S. 264), oder ob es sich um Strahlenpilzerkrankung

(Aktinomykose) handelt, auf die tiefgehende buchtige Fisteln unter den Hautdecken oder am Knochen entlang hinweisen. Die Aktinomyzesrasen betrachtet man am ungefärbten Präparat. Der Geübte erkennt sie in einer konzentrierten Aufschwemmung von großen Eiterzellen mit bloßem Auge schon als goldgelbe Körnchen. Solche hebt man mit der Nadel auf den Objektträger, legt das Deckglas, ohne stark zu quetschen, darauf und erhält nun bei schwacher Vergrößerung (75—100) ohne Zusatzflüssigkeit ein höchst charakteristisches Bild (Fig. 367), nämlich scharf umgrenzte, unregelmäßige Einlagerung von leicht gelblicher Farbe in einer Umgebung von Eiterzellen. Bei

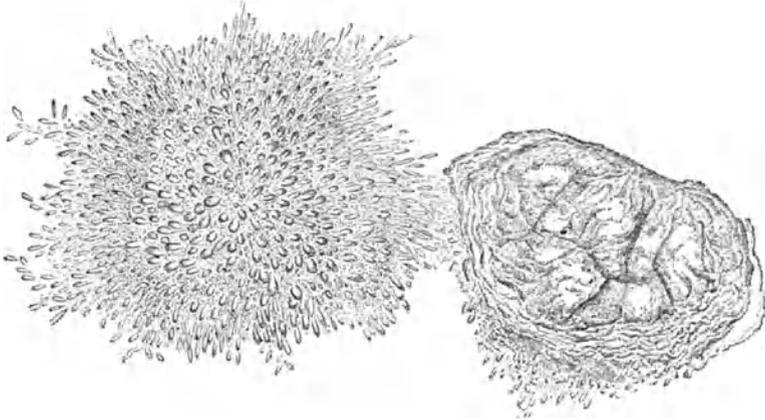


Fig. 368. *Actinomyces bovis*. Pilzdrüsen mit der Nadel isoliert, in Natronlauge. Rechts ein zum größten Teil verkalkter Rasen. Links zwischen den Kolben stellenweise das sehr zarte Myzel erkennbar. Vergr. $300\times$. (Nach Israel.)

stärkerer Vergrößerung (300) lösen sich diese Pilznester in drusenartige Gebilde auf, an deren Peripherie das kolbige Myzel erkennbar ist (Fig. 368). Manchmal findet man solche Drusen bereits im Zentrum verkalkt. Häufiger noch als der Mensch erkrankt das Rind an Aktinomykose; man nimmt an, daß der Pilz an den Grannen gewisser Getreidearten haftet.

Trippereiter.

Ein häufiger Gegenstand mikroskopischer Untersuchung ist der Trippereiter (Gonorrhöe). Beim Manne drückt man ein Deckgläschen oder einen Objektträger gegen die äußere Öffnung der Harnröhre und zieht behufs Verteilung des Sekrets und Gewinnung eines zweiten Präparats ein zweites über den Belag des ersten hin.

Der Nachweis der Gonokokken ist S. 262 behandelt.

Beim chronischen Tripper des Mannes werden oft noch lange Zeit nach Ablauf der Eiterung feine Fibrinflocken, die sog. Tripperfäden mit dem Urin (besonders mit dem Morgenharn) entleert. Solange in diesen noch Gonokokken nachweisbar sind (Färbung in derselben

Weise), ist die Person noch als ansteckungsfähig anzusehen. Ein negatives Ergebnis ist aber nur anzunehmen, wenn sich nach wiederholten Untersuchungen vieler Fäden keine Gonokokken mehr finden lassen.

Beim Tripper der Frau kommt es darauf an, daß der Eiter aus der Harnröhre oder dem Anfangsteil des Gebärmutterinnern (Zervikalkanal) entnommen ist, während das Scheidensekret ungeeignet ist. Man muß also nach Zugänglichmachung jener Teile den Eiter mit einer Tupfsonde entnehmen.

Andere Schleimhautbeläge.

Auch Diphtheriebeläge (vgl. oben S. 267) und Soorpilzbeläge (vgl. S. 244) sind wichtige Objekte mikroskopischer Untersuchung.

e) Der Auswurf.

Der Auswurf des Menschen hat nach dem jeweils vorliegenden Krankheitsprozeß eine verschiedene Beschaffenheit.

Er ist wechselnd nach Menge, Farbe, Zähigkeit und Geruch.

Sehr reichlich kann der Auswurf sein bei Lungenbrand, bei Erweiterung der Bronchien (Bronchiektasen), bei Eiteransammlungen im Brustfellraum, die in die Luftwege durchbrechen.

Die Farbe ist glashell oder mehr gelblich, je nach dem Schleim- und Eitergehalt. Man unterscheidet schleimige, schleimig-eitrige, rein eitrige Sputa.

Blutigrot ist der Auswurf bei Lungenblutungen (z. B. aus tuberkulösen Lungenkavernen, Lungeninfarkten bei Herzfehlern, Durchbruch eines Aneurysmas in die Luftwege).

Rostfarben ist er bei der Lungenentzündung; bei verzögerter Lösung kann er durch Umwandlung des Blutfarbstoffs einen gelben oder grasgrünen Farbenton annehmen.

Ockergelb erscheint er bei Durchbruch von Leberherden (z. B. Echinococcus) in die Lungen; himbeergeleertig (blutig-schleimig) bei Neubildungen in den Lungen oder Bronchien (Lungenkrebs).

Die Zähigkeit wird durch den beigefügten Schleim bedingt; ganz dünnflüssig ist der Auswurf (pflaumenbrühartig) bei Lungenödem.

Der Geruch ist meist ein fader oder süßlicher; bei Lungenbrand stinkend faulig.

Nach der Betrachtung im Speiglas wird der Auswurf auf einen tiefen halb weißen, halb schwarzen Porzellanteller ausgeschüttet und mit Hilfe von Präpariernadeln ausgebreitet und untersucht.

Die mikroskopische Untersuchung darf bei nicht eindeutigem klinischen Befunde niemals unterlassen werden; bei sicherer Diagnose wird sie das Ergebnis bestätigen, häufig wesentlich ergänzen und dadurch einen besseren Einblick in den Krankheitsvorgang gewähren. Größere Partikel können ohne Zusatz auf den Objektträger gebracht, mit dem Deckglas bedeckt und untersucht werden.

Ohne wesentliche Bedeutung ist der Befund von weißen Blutkörperchen, die sich in jedem Auswurf reichlich finden; von Plattenepithelien, die der Schleimhaut des Mundes entstammen, von Zylinderepithelien und Flimmerepithelien, die bei akutem Katarrh durch starke Hustenstöße zutage gefördert werden können; von sog. Alveolarepithelien, d. h. großen runden oder ovalen Zellen mit bläschen-

förmigem Kern, deren Protoplasma mit stark lichtbrechendem Fett und Myelinkügelchen gefüllt ist, häufig beherbergen dieselben Kohlepigment; von Bakterien der Mundhöhle, insbesondere *Leptothrix*-Fäden.

Von wesentlicher Bedeutung ist der Befund von Curschmannschen Spiralen. Sie kommen fast ausschließlich im Auswurf Asthma-



Fig. 369. Sog. Curschmannsche Spirale. Aus spiralig zusammengedrehtem zähem Schleim bestehend, mit einem sog. „Zentralfaden“. Charakteristisches Vorkommen im Sputum beim echten Asthma bronchiale. (Nach Stich-Wulff.)

kranker vor; häufig sind sie schon mit bloßem Auge als geschlängelte Fädchen von grauweißer oder graugelber Farbe, öfter auch als sago-korngroße durchscheinende Gebilde erkennbar.

Bringt man ein solches Gebilde unter das Mikroskop, nachdem man es vorher unter sanftem Druck mit einem Deckgläschen bedeckt hat, so ergibt sich, daß es sich aus spiralig oder korkzieherartig gewundenen Mucinfäden zusammensetzt. In der Achse verläuft der sog. Zentralfaden.

Man nimmt an, daß die Spiralen in den feineren Verzweigungen der Luftwege durch eine exsudative Bronchiolitis gebildet werden; durch die Ausbreitung des krankhaften Prozesses über einen großen Abschnitt der Lunge kommt es zu den Erscheinungen der Kurzatmigkeit (Dyspnö). Mit dem Aushusten der Spiralen geht der asthmatische Anfall in der Regel vorüber.

Die Konservierung der Spiralen erfolgt am besten in Glycerin oder in einer Mischung von Glycerin und Lävulose; bei der Färbung des Asthmasputums mit Eosinmethylenblau fällt häufig der Reichtum an einer besonderen Art von Leukozyten (sog. eosinophilen Zellen) auf.

Herzfehlerzellen kommen, wie der Name besagt, bei Herzfehlern vor, und zwar besonders bei den Fehlern des linken Herzens, bei denen die Lungen dauernd mit Blut überfüllt sind. Die Herzfehlerzellen sind teils Alveolarepithelien der Lungen, teils Wanderzellen, in denen ein gelblich-braunes Pigment (Hämosiderin) enthalten ist. Unterwirft man diese pigmenthaltigen Zellen der Eisenreaktion, so gibt die Mehrzahl derselben die Berliner Blaureaktion (man läßt 2% Ferrozyankalilösung, die mit 1–3 Tropfen reiner Salzsäure versetzt ist, $\frac{1}{4}$ –1 Stunde einwirken).

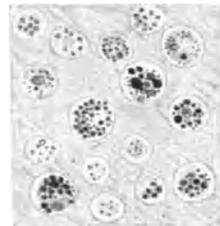


Fig. 370. Sputum mit „Herzfehlerzellen“. (Nach Stich-Wulff.)

Elastische Fasern kommen bei allen destruktiven Prozessen des Lungengewebes im Auswurf vor, bei Lungengangrän, Lungenabszeß,



Fig. 371. Elastische Fasern bei Lungentuberkulose. (Nach Strümpell.)

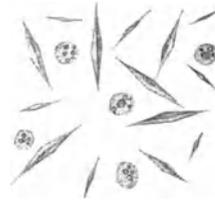


Fig. 372. Charcot - eyden - sche Kristalle. Man findet sie besonders beim echten Asthma bronchiale (zugleich mit Curschmannschen Spiralen und eosinophilen Zellen.) (Nach Stich-Wulff.)



Fig. 373. Hämatoidinkristalle. Lungenabszeß. Vergr. $\frac{350}{1}$. (Nach Lenhartz.)

vor allem bei der Lungentuberkulose. Bei der letzteren findet man sie, wenn man die weißlich-gelben, undurchsichtigen, meist abgeplatteten Gebilde (sog. Linsen) des münzenförmigen phthisischen Auswurfs mit dem Deckgläschen zerdrückt und unter das Mikroskop bringt. Lassen sich in dem verdächtigen Auswurf elastische Fasern nicht finden,

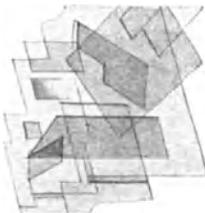


Fig. 374. Cholestearin: besonders bei Zersetzungsprozessen. (Nach Stich-Wulff.)



Fig. 375. Tyrosin (*T*) und Leucin (*L*). (Nach Bizzozero.)

so empfiehlt es sich, den ganzen Auswurf mit der gleichen Menge 10% Kalilauge zu kochen, nachdem die Flüssigkeit mit Wasser zu

verdünnen und im Spitzglase absitzen zu lassen; häufig gelingt dann der Nachweis der elastischen Fasern durch die mikroskopische Untersuchung des Sedimentes, das man mit einer Pipette herausheben kann.

Fibrinabgüsse der Bronchien, gelegentlich baumförmig verästelt, finden sich bei fibrinöser Bronchitis und Pneumonie. Man spült die verdächtigen Sputumballen in destilliertem Wasser ab, dabei entfalten sich die zusammengeballten Abgüsse und flottieren im Wasser.

Von Kristallen kommen im Auswurf vor:

die Charcot-Leydenschen Kristalle besonders zahlreich im asthmatischen Auswurf. Es sind spitz ausgezogene, stark lichtbrechende Oktaeder von wechselnder Größe, die sich beim Zellzerfall bilden.

Fettsäurekristalle kommen in Form gebogener Nadeln vor in den widrig riechenden sog. Dittrichschen Pfröpfen bei fötider Bronchitis und Lungengangrän. Von elastischen Fasern lassen sie sich dadurch unterscheiden, daß sie nie verästelt sind; beim Erwärmen schmelzen sie.

Seltener finden sich Hämatoïdin-, Cholestearin- und Tyrosinkristalle.

Die häufigsten Bakterien, die sich im Auswurf finden, sind:

Der Tuberkelbazillus (dessen Nachweis siehe S. 260); der Fränkelsche Pneumokokkus, der Erreger der krupösen Lungentzündung, der aber gelegentlich auch als harmloser Parasit im Munde gesunder Personen vorkommt; der Influenzabazillus; der Streptokokkus und Staphylokokkus; in selteneren Fällen Milzbrandbazillen (z. B. bei Lumpensammlern), Typhusbazillen, Pestbazillen usw.

d) Abgänge aus den weiblichen Geschlechtsorganen

hat der Gerichtsarzt gelegentlich mikroskopisch zu untersuchen; und zwar erstens zwecks Feststellung einer abgelaufenen Geburt und der seit dieser verfloßenen Zeit, zweitens in der Frage des kriminellen Aborts.

Wir wissen, daß nach jeder Entbindung einige Tage lang Blut und Fibringerinnsel durch die Scheide aus der Gebärmutter abfließen. Danach entleert sich eine blutfarbene, alkalisch reagierende Flüssigkeit mit Scheidenschleim (Lochia rubra) durch 2—3 Tage. In diesem Stadium ergibt die mikroskopische Untersuchung des Wochenflusses noch sehr viel rote Blutkörperchen, neben Plattenepithelien, Schleimmassen und manchmal auch die später zu besprechenden Decidua-Reste neben zahlreichen Bakterien aller Art und Fettkügelchen, die aus dem Zerfall von Zellen herrühren. Nach dem 5.—8. Tage verschwinden die roten Blutkörperchen und es werden reichliche weiße (Eiterkörperchen) gefunden. Nach dem 8.—9. Tage post partum hat der Wochenfluß ein grauweißes bis grünelbes Aussehen, reagiert sauer oder neutral, hat Rahmkonsistenz und enthält vorwiegend Eiterkörperchen, freies Fett und Cholestearinkristalle, darin zuweilen ein Infusorium, *Trichomonas vaginalis*. In der 3. und 4. Woche nimmt der Wochenfluß immer mehr ab, rascher bei stillenden, langsamer bei nicht stillenden Frauen. Bei solchen, die während des Wochenflusses bereits aufstehen, wie dies in kriminellen Fällen besonders häufig, tritt vorübergehend manchmal wieder Blut auf, zu einer Zeit, wo rote Blutkörperchen nicht mehr zu finden sein sollten. Das ist also zu beachten! Für die Feststellung der Zeit einer Entbindung kommt wenigstens für die ersten Tage nach einer solchen auch

die mikroskopische Untersuchung des Brustdrüsensekrets in Frage (siehe Milch). Der Nachweis von Kolostrumkörperchen (S. 285, Fig. 342) weist mit hoher Wahrscheinlichkeit darauf hin, daß die Entbindung erst wenige Tage zurückliegt.

Zum Zwecke der Feststellung eines kriminellen Aborts kommt es bei der Untersuchung der Abgänge, wofern nicht das ganze Ei aufgefunden wird, im wesentlichen an auf den Nachweis von Chorionzotten; der Fund von Decidua ist nicht in allen Fällen ausreichend, da letztere auch bei der extrauterinen Schwangerschaft gebildet wird. Zum Verständnis der Begriffe Chorion und Decidua sei hier folgendes gesagt: Die Decidua ist die um das befruchtete Ei herumwuchernde blutreiche Schleimhaut des Gebärmutterinneren, das Chorion aber die aus Zotten zusammengesetzte vom Ei ausgehende Hülle (Eihaut), die im Verlaufe der Schwangerschaft an der Haftstelle des Eies mit

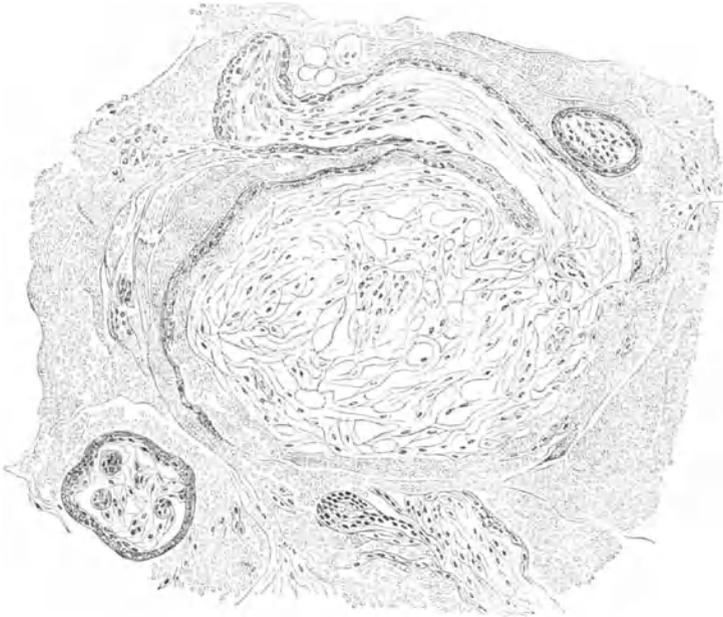


Fig. 376. Schnitt von einem aus dem Uterus herausgeholtten Blutgerinnsel nach (nicht beobachtetem) Abort. Quer- und Längsschnitte von Zottenästchen verschiedener Größe, unten rechts eine Epithelprosse; der Epithelbelag des größeren Zottenastes in der Mitte ist durch Blut größtenteils abgehoben. Schwach vergrößert. (Nach Orth.)

der Decidua verwächst, so daß der Mutterkuchen, die Placenta gebildet wird. Die Zotten des Chorions haben mikroskopisch ein unverkennbar charakteristisches Aussehen; es sind unregelmäßig verzweigte, von einem größeren Gefäß ausgehende Äste, deren kernloses Gerüst nach außen mit großen Epithelien belegt, im Inneren von kleinsten Blutgefäßen durchströmt ist.

Diese Gebilde findet man dann in große Blutgerinnsel eingebettet (Fig. 376).

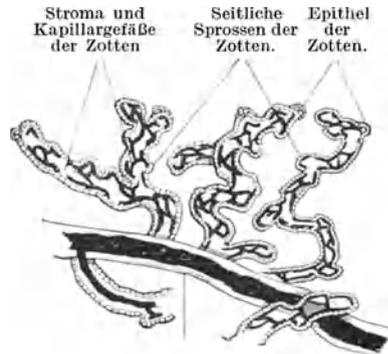
Die Deciduazellen haben kleinen Kern und unverhältnismäßig großen Zellleib; ihr Fund ist zur Diagnose nur hinreichend, wenn auch anderweite Umstände einen Abort wahrscheinlich machen. Denn bei einer Erkrankung der Gebärmutter-schleimhaut (Dysmenorrhoea membranacea seu Endometritis exfoliativa), die zur Abstoßung der Schleimhaut führt, findet man dieselben Bilder. Solche Häute (Decidua menstrualis) können bei jeder Menstruation abgehen. Zu beachten ist auch die Möglichkeit der Verwechslung eines Abortproduktes mit

submukösen Myomen, das sind derbe, im Zentrum muskulöse, oft an einem Stiel hängende, von Schleimhaut überzogene Geschwülste, die in der Gebärmutterhöhle langsam zur Entwicklung kommen und nicht selten unter wehenartigen Beschwerden geboren werden. Eine wirkliche Decidua stößt sich auch ab bei Extrauterinravität, wenn in den ersten Monaten die Schwangerschaft irgendwie eine Unterbrechung erleidet. Dann findet man gelegentlich ein handschuhfingerartiges Gebilde. Auch bei der Endometritis exfoliativa kommt es übrigens manchmal zu Abstoßungen, die in continuo die Form der Gebärmutterhöhle vorstellen

Über die Bedeutung des Scheidenschleims siehe bei Samenflüssigkeit.

Die Diagnose des Kindbettfiebers läßt sich durch mikroskopische Untersuchung der Abgänge nicht wesentlich stützen.

Eine nicht ganz seltene Erkrankung des Chorions stellt die Blasenmole (Fig. 378) dar, das ist eine Wucherung des Epithels und des Bindegewebes der Zotten mit schleimiger Entartung der Zellen und starker Anhäufung von



Dickeres Gefäßstämmchen.
Fig. 377. Isolirtes Zottenstückchen einer menschlichen Placenta. (Nach Landois.)

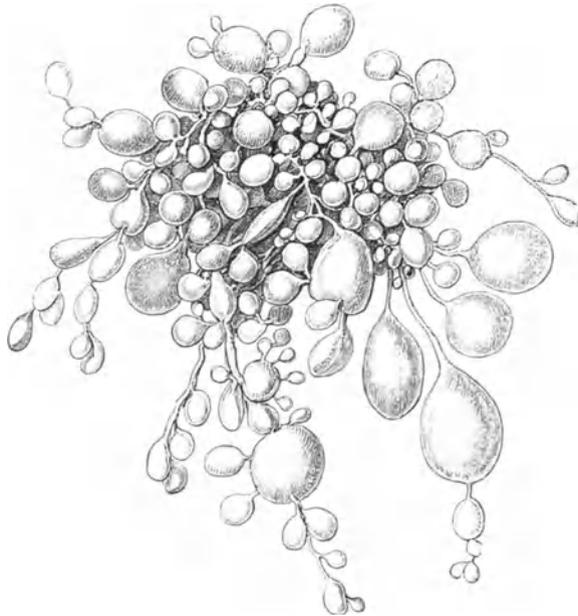


Fig. 378. Blasenmole. (Nach Runge.)

schleimiger Interzellularsubstanz. Schließlich ergeben sich cystische Wucherungen von dem Aussehen von Weintrauben, runde glashelle Beeren sitzen an feinen Stielen und können einzeln losreißen. Ihr Abgang sichert die Diagnose, er ist

gleichzeitig von Blutungen begleitet. Es entscheidet meist der Anblick mit bloßem Auge. Sticht man eine Blase an, so entleert sie Muzin. Die mikroskopische Untersuchung der Blasenwand ergibt große Epithelien neben schleimreichem spärlichem Bindegewebe (Quetschpräparat). Diese Chorionerkrankung hat in der Regel Abort zur Folge.

Von praktischer Wichtigkeit ist die Feststellung der Syphilis der Placenta. Die Chorionzotten erscheinen infolge einer bindegewebigen Wucherung des Stromas stark verbreitert.

Man zupft mit der Pinzette einige Zotten aus dem Placentargewebe heraus, zerzupft dieselben in physiologischer Kochsalzlösung, bedeckt mit dem Deckgläschen und betrachtet das Präparat mit dem Mikroskop.

Von Laien, aber auch vom Richter werden dem ärztlichen Sachverständigen gelegentlich unlösbare Aufgaben zugemutet, z. B. ob ein Blutfleck für Menstrualblut oder Abort, für Blutung aus der Scheide, aus einer Wunde oder Nasenbluten spricht.



Fig. 379. Durch vorsichtige Waschung der einige Tage alten Flecke in dem Hemde einer gewaltsam Deflorierten gewonnenes Präparat, zirka 400fach vergrößert. *h* Schamhaare, *b* Blutkörperchen, *s* Schleimkörperchen, *e* Eiterzellen, *p* Pflasterepithelialzellen, *l* Baumwollfaser. Dazwischen überall Spermatozoen.

Bei Aborten in frühen Stadien einer Schwangerschaft kommt es vor allem darauf an, das gesamte ausgestoßene Blutgerinnsel möglichst unversehrt, frisch, uneingetrocknet zur Untersuchung zu bekommen. Es ist dabei zu berücksichtigen, daß das ausgestoßene Ei einer Schwangerschaft im ersten bzw. zweiten Monat nicht größer als ein Kirschkern, allenfalls wie ein Taubenei zu sein braucht. Der Nachweis eines solchen Foetus gelingt nur bei höchst behutsamer Aufbewahrung und nur nach Einbettung des ganzen Objekts in Paraffin oder Celloidin nach vorausgegangener Härtung; deshalb empfiehlt es sich manchmal, die Untersuchung in einem embryologischen bzw. pathologisch-anatomischen oder gerichtsarztlichen Universitätsinstitut vornehmen zu lassen.

Die gerichtliche Medizin kennt Fälle, wo zur Verheimlichung der Schwangerschaft Blut von Tieren in die Bett- und Leibwäsche eingeschmiert wurde. Es kann also hier vom Richter oder Staatsanwalt eine Untersuchung verlangt werden, die das entscheiden soll. Nur bei frischen Blutproben wird, wie oben angeführt, ein positives Ergebnis mit den genannten Mitteln möglich sein, eine Mahnung, solche Objekte möglichst rasch dem Sachverständigen auszuhändigen. Nötigenfalls würde die biologische Untersuchung des Blutes (vgl. S. 297) gemacht werden müssen.

e) Untersuchung von Sperma.

Die Untersuchung von Samenflüssigkeit (Sperma) beschäftigt den Gerichtsarzt nicht selten in folgenden Fällen:

1. bei angefochtener Legitimität eines Kindes wegen vermuteter Sterilität des Vaters;
2. bei angeblich durch Knaben bewirkter Schwängerung;
3. zur Feststellung der Zeugungsfähigkeit überhaupt;
4. zur Diagnose des stattgehabten Beischlafes;
5. bei Sittlichkeitsverbrechen gegen Kinder.

Untersuchung von frischer Samenflüssigkeit.

Im ersten, zweiten und dritten Falle wird man das frische Ejakulat, die Samenflüssigkeit, das ist die Absonderung des Hodens, der Vorsteherdrüse (Prostata) und einiger Schleimhautdrüsen zur Untersuchung bekommen, eine weißliche, fadenziehende Flüssigkeit von alkalischer Reaktion und eigentümlichem Geruch. Ihr wichtigster Bestandteil, der allein ausschlaggebend für die Diagnose bleibt, sind die Samenzellen, Spermatozoen.

Sie bestehen aus einem leicht konischen, im wesentlichen ovalen Kopf oder Körper und einem langen, in frischem Samen peitschenartig schwingenden Faden oder Schwanz. Ihr Kopf ist etwa halb so groß wie ein rotes Blutkörperchen, breiter als dick, daher im Profil einem Scheibenrande ähnlich gleichwie die Blutkörperchen. Die Bewegung des Fadens hört beim Menschen nach etwa 20 Stunden auf.

Im frischen Ejakulat des gesunden Mannes sieht man die Spermatozoen in Massen in rascher Bewegung umherschwimmen. Doch ist, wenn es sich um die Feststellung von Zeugungsunfähigkeit handelt, zu beachten, daß im Ejakulat besonders älterer Leute manchmal zeitweise keine, zu andern Zeiten wieder Spermatozoen gefunden werden. Man wird also ein Urteil im negativen Sinne nur abgeben können, wenn man zu wiederholten Untersuchungen Gelegenheit hatte. Aus der weiblichen Scheide entnommene Untersuchungsflüssigkeit läßt gelegentlich völlige Unbeweglichkeit der Spermatozoen erkennen auch zu einer Zeit, wo man ein Absterben noch nicht erwarten sollte. Das ist die Regel bei stark sauren Absonderungen der Scheide oder des Uterus. Ein Schluß auf Sterilität des Mannes ist also aus dieser Unbeweglichkeit nicht zu ziehen.

Untersuchung von Spermaflecken.

Samenfäden können selbst in älteren, an Wäsche usw. befindlichen Spermaflecken noch nachgewiesen werden. Dieser Nachweis hat unter Umständen bei gerichtlichen Aufträgen große Bedeutung und wird zweckmäßig in folgender Weise unternommen:

Die Spermaflecken markieren sich dem bloßen Auge meist durch ihre grau-gelbliche Farbe, sie sind gewöhnlich von einer gelblichen Randlinie umzogen. Solche Stellen des Zeuges sucht man sich auf und zerpupft ein Stückchen in Wasser oder noch besser in fünfprozentiger Essigsäure. Man betrachtet nun einen Tropfen der Mazerationsflüssigkeit am besten ohne jede Färbung des Präparats bei stärkerer Vergrößerung bzw. mit Ölimmersion. Anfänger sind leicht geneigt, Köpfchen oder Schwanz zu sehen, doch ist es unbedingt nötig, vollständige Exemplare von Spermatozoen nachzuweisen. Sie sind meist an den Randpartien eines Gewebstückes am ehesten sichtbar, hier oft an einer Faser mit dem Schwanz fest haftend, mit dem Kopf in der Untersuchungsflüssigkeit flottierend. Wichtig ist eine feine immer wechselnde Einstellung der Mikrometerschraube. Allzugroße Manipulationen mit dem Gewebstück, starkes Drücken des Deckgläschens ist zu vermeiden, da hierbei die Spermatozoen leicht zertrümmert werden.

Bei älteren Samenflecken ist einige Geduld für die Untersuchung erforderlich. Manchmal wird eine Färbung nötig z. B. mit Methylgrün in 0,2prozentiger Lösung, der man drei bis sechs Tropfen Salzsäure hinzufügt. Man läßt die so gefärbte Flüssigkeit auf dem Deckglas antrocknen. Auch die Hämatoxylinfärbung ist zweckmäßig.

4 g Hämatoxylin in 35 ccm Alkohol gelöst, dann 400 ccm konzentrierte wässrige Ammonialauflösung zugefügt, geschüttelt, 3—4 Tage am Licht stehen gelassen, filtriert, 100 ccm Glyzerin, 100 ccm Methylalkohol zugesetzt, vor jedesmaligem Gebrauch direkt auf das zu färbende Objekt filtriert. Dieser Farbstoff wird mit zunehmendem Alter immer besser. Man färbt 5—10 Minuten und spült mit destilliertem Wasser ab.

Ist Sperma vorhanden, so fallen gleich dunkel-violettblau gefärbte, nach vorn etwas konisch zulaufende Körperchen (Spermaköpfe, die die Schwänze verloren haben) auf. Dann suche man nach vollkommenen Samenfäden.

Man kann auch so verfahren, daß man das ausgeschnittene Zeugstück in physiologischer Kochsalzlösung gründlich — bis 24 Stunden — an einem kühlen Ort aufweichen läßt, dann den Stoff mit einem Glasstabe vorsichtig ausdrückt, die Flüssigkeit zentrifugiert und den Bodensatz mikroskopisch untersucht¹⁾.

¹⁾ Bezügl. der Methode von L. Marique: Nouveau procédé pour la recherche des spermatozoides. Archives internationales de Médecine légale. April 1910, sei auf das Original verwiesen. Das Gewebe wird durch Schwefelsäure zerstört, dann Wasser hinzugefügt, um die Spermatozoen möglichst wenig zu schädigen: Die Methode soll gute Dienste leisten.

Bei der Untersuchung eines vergewaltigten Kindes, das mir drei Wochen nach dem Attentat zugeführt wurde, war in der Wäsche nichts mehr von Spermaflecken zu finden, wohl aber fand ich an der Haut angetrocknete krümlige Bröckel, die im Reagenzglas trocken aufbewahrt noch nach Jahr und Tag Spermatozoen bei Mazeration in fünfprozentiger Essigsäure und auch die gleich zu erörternde Florence-Reaktion ergaben.

1896 hat der Lyoner Gerichtsarzt Florence eine chemisch-mikroskopische Probe zur Erkennung von Sperma abgegeben, die zwar nicht alle Erwartungen bei näherer Prüfung erfüllt hat, aber doch nicht ganz ohne Wert ist. Wenn man nämlich Jod-Jodkaliumlösung, und zwar in folgender Konzentration: 1,65 Jod, 2,54 Jodkali, 30 Wasser zu dem zu untersuchenden Gewebe hinzusetzt, so bilden sich Kristalle, die den Häminkristallen überaus ähnlich sehen, braune rhombische Täfelchen, besonders wenn man die Jodlösung von der Seite an das Gewebe heranfließen läßt. Zu beachten ist indes, daß bei faulem Sperma oder solchem, das mit viel Bakterien vermischt ist, die Reaktion nicht eintritt. Auch gibt andererseits Prostatasekret die Reaktion, auch wenn es von Spermatozoen völlig frei ist. Hohe Temperaturen lassen die Florence-Probe immer negativ ausfallen. Das Ergebnis einer großen Reihe kritischer Arbeiten ist, daß dieselbe eine bequeme und meist zuverlässige Vorprobe bei der Spermauntersuchung ist, und daß man annehmen darf, Sperma ist nicht vorhanden, wenn sie negativ ausfällt.

f) Harn.

Auch beim Harn muß wie beim Blut neben der mikroskopischen Untersuchung immer eine chemisch-physikalische Prüfung einhergehen. Eines ohne das andere ergibt ungenügende Resultate. So ist vor allem die Bestimmung der durchschnittlichen Tagesmenge (im Mittel 1500 ccm) und des spezifischen Gewichts (1017—1030) von größter Wichtigkeit. Zunahme der Quantität (8—10 Liter) beobachtet man bei Diabetes mellitus und insipidus und Schrumpfnieren sowie nach harntreibenden Mitteln, Abnahme bei starkem Schweiß, bei schweren Diarrhöen, Fieber, manchen Formen von Nierenentzündung und vielen zu letzteren führenden Vergiftungen (Sublimat, Arsen-Vergiftung). Das spezifische Gewicht erhöht sich bei der Zuckerharnruhr (Diabetes mellitus), bei schweren fieberhaften Krankheiten, bei eiweißreicher Nahrung; seine Verminderung kommt seltener in Betracht.

Wichtig ist ferner Reaktion und Aussehen des Urins. Frisch gelassener gesunder Urin reagiert sauer und ist klar. Die Trübung sauren Urins kann bedingt sein durch harnsaure Salze; sie ist nicht pathologisch und schwindet beim Erwärmen im Reagenzglas. Ist sie dadurch nicht zu beseitigen, so ist sie bedingt durch zellige Bestandteile oder Schleim und hier tritt das Mikroskop in sein Recht.

Alkalische Reaktion eines klaren Urins ist selten, gelegentlich wird sie nach reichlichen Mahlzeiten durch kohlensäure und pflanzensäure Salze hervorgerufen; Abkühlung kann in solchem Urin eine Trübung durch Erdphosphate bewirken, die auf Säurezusatz schwindet. Alkalisch und trüber, oft stinkend ist der Urin bei alter Harnblasenentzündung.

Das Aussehen, die Farbe des Urins kann gelegentlich schon auf Vergiftungen oder gewisse Arzneidarreicherung oder manche Krankheiten hinweisen. Die Farbe ist:

- hellgelb bei normalem Urin Gesunder,
- dunkelgelb bis braunrot nach reichlicher Mahlzeit und im Fieber:
- „hochgestellter Urin“,
- wasserhell beim Foetus, Neugeborenen, bei reichlicher Menge,
- blau bei innerlichem Methylenblaugebrauch,

dunkelgelb bis braun mit gelbem Schaum beim Schütteln bei Erkrankung der Gallenwege (Icterus),
 braunschwarz bei Karbol- und Benzolvergiftung, sowie bei Anwendung von Bärentraubentee, Hydrochinon, Teerpräparaten, von Naphthalin (wobei Hydrochinon entsteht),
 gelb-grünlich nach Rhabarber- und Sennagenuß, Antipyrin- und Thallinvergiftung,
 hellrot bei Nieren-(Quetschung) und manchen Blasenblutungen und bei Pyramidongebrauch (hell-purpurrot),
 dunkelrot bei Blutungen aus Varicen der Harnblase,
 granatrot (Hämotoporphyrinurie) bei Sulfonal-Trionalvergiftung und bei der oft durch starke Erkältung ausgelösten paroxysmatischen Hämoglobinurie,
 graubraun (Methämoglobinurie) bei der Kalichloricum- und Anilinvergiftung.

Auch der Geruch des Urins ist zu beachten, z. B. nach Bittermandeln bei Vergiftung mit Nitrobenzol (Mirbanöl).

Die lediglich mikroskopische Untersuchung kann so wenig wie der einmalige Nachweis von Eiweiß oder von Zucker ein abschließendes Urteil geben. Es sind bei gewissen Krankheiten Wiederholungen der Untersuchung auf Eiweiß, auf Zucker, auf korpuskuläre Beimengungen in kürzeren, bei anderen solche in längeren Fristen notwendig. Insbesondere ist es manchmal wichtig, den Morgenharn, manchmal den zu anderen Tageszeiten gelassenen Urin zu untersuchen, wenn der Arzt einen Anhalt haben will. Der Urin einer erkrankten Wanderniere z. B. wechselt in seiner Beschaffenheit außerordentlich, ebenso der bei Nierenstein, wo sich nach Anstrengungen nicht selten Blutungen zeigen. Auch Nierengries wird meist in großen Intervallen entleert.

Die Zuckerausscheidung kann mit einiger Sicherheit nur bestimmt werden, wenn man den Prozentgehalt des untersuchten Harns auf die Tagesmenge berechnet. Die Schwere eines Diabetes richtet sich auch nach dem Azetongehalt.

Den Harn, besonders der des kranken Menschen, bietet mehrere Bestandteile, die sich durch das Mikroskop erkennen und bestimmen lassen. Dieser Untersuchung wird vorzugsweise der Bodensatz des Harns unterworfen, den man gewinnt durch Zentrifugieren oder dadurch, daß man von einer größeren, einige Zeit stehenden Quantität Harn den oberen Teil abschüttelt, den unteren dagegen in ein Spitzglas behufs Sedimentation gibt. Vom Sediment werden dann ohne Umrühren mit einer Pipette einige Tropfen aufgesogen, die Pipette äußerlich mit einem Tuch abgewischt, ein kleiner Tropfen auf einen Objektträger gebracht und mit einem Deckglas bedeckt. Man unterscheidet nun organisierte und nicht organisierte Bestandteile. Erstere sind Zellen und deren Abkömmlinge und Bakterien, letztere kristallinische oder amorphe chemische Körper.

Organisierte Bestandteile des Harnsediments.

Von organisierten Bestandteilen des Harnsediments sind folgende zu erwähnen:

1. Epithelzellen (Fig. 380). — Eine Beschreibung des allgemeinen Baues der Epithelzellen findet sich oben, S. 276—282; die Unterscheidung der im Harn vorkommenden Epithelzellen nach ihrer Herkunft ist sehr schwierig, öfters unmöglich; für sie ist der ärztlich gebildete Histologe zuständig.

2. Rote Blutkörperchen (vgl. S. 292, Fig. 351). — Niemals außer bei direkten Blasen- oder Nierenblutungen in Geldrollenform, sondern stets einzeln und oft durch Quellung, Schrumpfung oder Auslaugung des roten Farbstoffes verändert. Oft erscheinen die Blutkörperchen im Harn in zylinderartigen Massen vereinigt oder haften den Harnzylindern an (Fig. 381, *bl*) (hämorrhagische Nierenentzündung).

3. Eiterkörperchen. — Fast stets in größeren Massen oder Klümpchen zusammenliegend, durch die Mehrzahl von Kernen

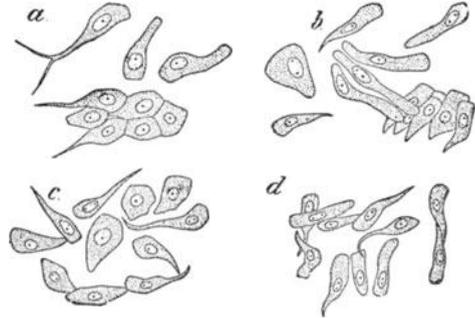


Fig. 380. Epithelien der Harnwege: *a* Nierenbecken, *b* Harnleiter, *c* Harnblase, *d* Ausführungsgang der Vorsteherdrüse. Vergr. $350/1$. (Nach Lenhartz.)

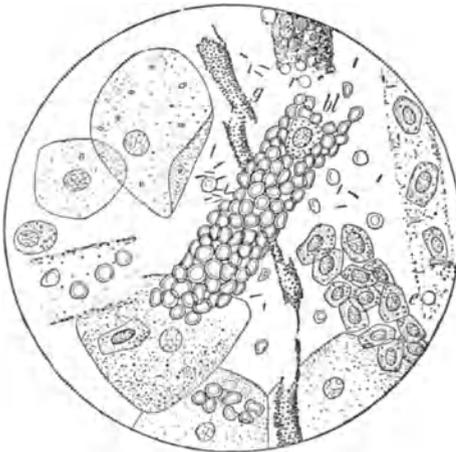


Fig. 381. Formbestandteile bei akuter hämorrhagischer Nephritis. Kleine und große Plattenepithelien, am Rand hyaliner Zylinder; *g* feingranulärer Zylinder, *bl* roter Blutkörperchenzylinder, *e* Kanälchenepithelien (zylinderartig gruppiert). Vergr. $350/1$. (Nach Lenhartz.)



Fig. 382. Formbestandteile bei schwerer akuter (anfangs stark blutiger) Nephritis. *h* hyaliner, *g* körniger, *w* Wachsylinder, *e* Epithelschlauch, *ep* freiliegende Nierenepithelien; außerdem zwei feingekörnte, gleichmäßig verfettete Nierenepithelien. Vergr. $350/1$. (Nach Lenhartz.)

im Innern, insbesondere bei Färbung mit Anilinfarben, leicht zu erkennen, in geringen Mengen auch bei Nierenkranken, in größeren

Mengen bei Blasenkatarrh, dann oft als grauweißes, fast rein eitriges Sediment im Spitzglas; dann ist auch der Harn meist stark alkalisch.

4. Harnzylinder (Fig. 381, 382). — Walzenförmige Gebilde von verschiedener Länge und Dicke im Harn von Nierenkranken. Unterschieden werden meist drei Arten derselben, nämlich:

a) Hyaline Harnzylinder (Fig. 382, *h*). — Homogen, glashell, meist gerade, seltener leicht gebogen, sehr verschieden lang und breit. Um diese Gebilde deutlich, leicht braun zu sehen bzw. zu finden, lasse man etwas Jodtinktur seitlich unter das Deckglas fließen.

b) Granulierte Harnzylinder (Fig. 381, *g*; Fig. 382, *g*). Unterscheiden sich von den hyalinen Zylindern dadurch, daß sie gekörn^t sind, und zwar kann diese Granulierung bald fein, bald grob sein. Auch die aus Blutkörperchen oder aus Epithelzellen der Nierenkanäle gebildeten Zylinder werden unter die granulierten als besondere Abarten gerechnet.

c) Wachsartige Harnzylinder (Fig. 382, *w*). — Die seltenste Form der Harnzylinder, den hyalinen Zylindern nicht unähnlich, aber durch ihr durchscheinendes Gefüge sowie die scharfen, stark lichtbrechenden Umrisse unterschieden. Wachsartige Zylinder zeichnen sich meist durch ihre große Breite aus; sie sind in der Regel gegen Säuren, die die hyalinen Zylinder verschwinden lassen, sehr widerstandsfähig.

5. Schleimflocken. — Meist mit bloßem Auge schon bemerkbar, bilden die Schleimflocken unter dem Mikroskop ein hyalines, schwach streifiges Objekt, in dem öfters Plattenepithelzellen liegen. Essigsäure bewirkt deutliche Trübung des Schleims.

6. Tripperfäden. — Eben sichtbare, kürzere oder längere (meist 1 cm) Fäden, bald fast farblos und dann größtenteils aus Schleim bestehend, bald weißlich oder gelblich, dann Epithel- und Eiterzellen in Menge enthaltend. (Siehe S. 309.)

7. Sperma (vgl. S. 317, Fig. 379). — Manchmal im Morgenharn nach Samenentleerung auftretend.

8. Mikroorganismen der verschiedensten Art, so insbesondere Kokken (*Micrococcus ureae*), Tuberkelbazillen bei Harnblasen- und Nierentuberkulose, *Sarcina*-Pakete (*S. ureae*), Hefepilzzellen usw.

Nichtorganisierte Bestandteile des Harnsediments.

Das Sediment des Harnes wird allein und dann mit Salzsäure angesäuert auf den Objektträger gegeben, oder man läßt Harn auf dem Objektträger verdunsten.

1. Hippursäure (Fig. 383) bildet, aus kaltem Harn allmählich ausgeschieden, halbdurchsichtige rhombische, vierseitige Prismen und Säulen mit der Grundform des Rhombenoktaeders, an den Enden in zwei oder vier Flächen auslaufend.

2. Harnsäure (Fig. 384) nimmt verschiedene Formen an. Sie bildet bald rhombische, glatte, durchsichtige, oft orange, bräunlich oder gelb gefärbte Tafeln, bald mit abgerundeten stumpfen Winkeln, bald mit spindelförmigen Verlängerungen. Aus der alkalischen Lösung

mittels Salzsäure auf dem Objektträger abgeschieden, bildet sie mitunter Dumb-bells (kurze Stäbe mit pilzhutförmig erweiterten Enden). Bald nimmt die Harnsäure die Form von Wetzsteinen an, bald vereinigt sie ihre Prismen zu besenähnlichen Büscheln, von denen ja zwei mit ihrer Basis zusammenhängen.

3. Saures harnsaurer Natron (Fig. 385) bildet unregelmäßige Gruppen kleiner Körnchen.

4. Saures harnsaurer Ammon (Fig. 386) in Form kleiner, runder,



mit Spitzen besetzter, vereinzelter oder in Gruppen zusammenliegender Körnchen.

5. Phosphorsaure Ammon-Magnesia (Tripelphosphat) (Fig. 387) gewöhnlich in rhombischen, sargdeckelähnlichen Kristallen, die sich durch ihre leichte Löslichkeit in verdünnter Essigsäure von der oxalsauren Kalkerde unterscheiden.



6. Oxalsaure Kalkerde (Fig. 388) in Gestalt kleiner, durchsichtiger quadratoctaèdrischer Kristalle, den Briefkuverts ähnlich oder sanduhrförmig.

7. Harnstoff mit Chlornatrium (Fig. 389) gibt Kristalle, an denen die Kreuzform vorherrschend ist.

3. Vom tierischen Körper stammende Objekte.

a) Milch.

Milch von Kühen ist die bekannte emulsionsartige Flüssigkeit, die verschiedene Salze, Milchzucker, Kasein enthält, und in der Fett (Butter) in Gestalt sehr kleiner, unter dem Mikroskop scharf begrenzter, homogener durchsichtiger Kügelchen schwimmt. Jedes Fettkügelchen ist mit einer Kaseinhülle umgeben, die das Zusammenfließen des Fettes verhindert. Unter dem Mikroskop erscheint die Milch als eine klare Flüssigkeit mit den darin suspendierten Fett-

kügelchen (Fig. 390). In der abgekochten Milch finden sich neben den kleinen Fettkügelchen wenige, drei- bis zehnmal größere Kügelchen oder gestaltlose Fettartikel.

In der Ruhe scheidet sich die Milch in zwei Schichten, in eine untere fettarme und in eine obere fettreiche, gewöhnlich Rahm oder Sahne genannt. Die von dem Rahm_e gesonderte, sogenannte Mager-

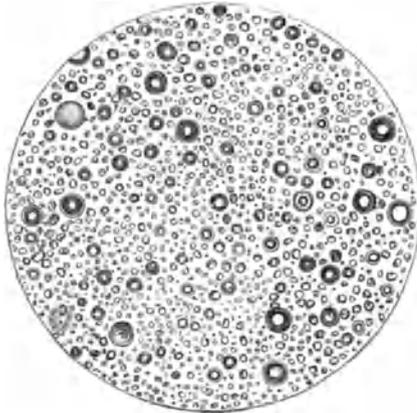


Fig. 390. Milch. Vergr. $\frac{200}{1}$.

milch zeigt unter dem Mikroskop weit weniger Fettkügelchen, und diese sind meist klein. Es treten also die größeren Fettkügelchen beim ruhigen Stehen der Milch zuerst an die Oberfläche. Der Milchrahm bietet daher dem Auge sehr große Fettkügelchen.

Die dickliche, gebliche Milch, die jedes Säugetier (also auch die Kuh) einige Tage vor und in den ersten Tagen nach dem Gebären gibt, heißt *Colostrum*, Kolostrummilch. Sie ist von fadem Geschmacke, enthält Eiweiß, weniger Kasein und Milch-

zucker, besonders aber die Kolostrumkügeln, die meist als die mit Fett erfüllten Zellen der Milchdrüsenhlemhaut angesprochen werden. Unter dem Mikroskop erscheinen die Fettkügelchen der Kolostrummilch gewöhnlich weniger scharf begrenzt, von sehr verschiedener Größe, in Gruppen darin herumschwimmend, und daneben findet man einzelne große, nicht völlig kugelförmige, trübe Buttermassen mit körniger Oberfläche, jene Kolostrumkügelchen. Diese sammeln sich beim Stehen der Milch an der Oberfläche und bilden eine dunkelgelbe Rahmschicht. Die Kolostrummilch hat meist eine blaßgelbe oder gar gelbe Farbe. Sie ist zwar nicht gesundheitsschädlich, denn sie äußert nur eine den Stuhlgang gelind vermehrende Wirkung, sie ist aber als menschliches Genußmittel nicht geeignet und schon wegen ihrer Farbe nicht appetitlich.

Infolge exsudativer Prozesse im Euter oder infolge einiger epidemischer Rinderkrankheiten kommt in der Milch Eiter vor. Die Eiterkörperchen sind den Butterkügelchen ähnlich, aber im Umfange etwas größer, matt granuliert und enthalten einen Kern, oder sie bilden granulierten Körperchen mit unregelmäßigem Rande, löslich in Ätznatronlauge, unlöslich in Äther. Nach Tinktion der Milch mit Anilinfarbstoffen und einstündigem Stehen lassen sich die Eiterkörperchen unter dem Mikroskop leicht erkennen. Am schnellsten wird man eine Färbung der Eiterkörperchen und aller anderen Zellen und Zellreste erreichen, wenn man an den Rand des mikroskopischen Präparates ein Tröpfchen wässriger Methylenblaulösung bringt und an

der entgegengesetzten Seite mit einem kleinen Streifen Fließpapier etwas absaugt. Auch durch Zusatz von ein wenig Essigsäure, die man in gleicher Weise unter das Deckglas saugt, kann man alle Zellkerne



Fig. 391. Teilweise entrahmte Kuhmilch. $500\times$.



Fig. 392. Sahne. $500\times$.



Fig. 393. Kolostrum. $500\times$.

sehr schnell deutlich hervortreten lassen. Bei Eiterausschlägen soll die Milch mikroskopisch kleine maulbeerähnliche Kügelchen enthalten, aus Schleim und Eiter bestehend. Eine solche eiterhaltige Milch ist als gesundheitsschädlich zu beurteilen.

Abgesehen von der viel geübten Verdünnung der Milch mit Wasser sollen auch direkte Verfälschungen beobachtet sein. So soll der Milch gelegentlich Stärkemehlschleim und in anderen Fällen zerriebenes Schafhirn, das vorher von Blut befreit wird, beigemischt worden sein. Es sind dies wahrscheinlich Märchen; jedenfalls spielen derartige Verfälschungen keine Rolle, da sie nur ganz vereinzelt passiert sein können. Der Nachweis der genannten Verfälschungen kann sehr leicht geschehen: so läßt sich Stärkekleister durch Zusatz von Jodlösung sofort nachweisen, da die Milch dann nicht wie gewöhnlich eine gelbe, sondern eine grüne oder blaugrüne Farbe annehmen wird; Gehirnschubstanz in der Milch würde ein sehr verändertes mikroskopisches Bild liefern, da die myelinhaltigen Scheiden der Nervenfasern auch nach der Zerstörung ein wechselndes, aber insofern sehr charakteristisches Aussehen zeigen, als die Massen stets doppelte Konturierung erkennen lassen (siehe Fig. 393).



Fig. 394. Milch mit Gehirnschubstanz. $500\times$.

b) Tierische Gespinnstfasern.

Seide und ihre Surrogate.

Die Seide ist das zu Fäden ausgezogene, erhärtete Sekret der Spinnndrüsen verschiedener Raupen. Man unterscheidet die gewöhnliche, von *Bombyx mori* stammende Seide von der in neuerer Zeit sehr viel verarbeiteten Tussa-Seide, die von verschiedenen *Saturnia*-Arten (besonders dem chinesischen Eichenspinner) geliefert wird. Seide besteht (Fig. 395) aus zwei parallel laufenden und fest zusammengeklebten, glänzenden, walzenförmigen, soliden und strukturlosen Fäden meist gleichförmiger Lichtbrechung. Diese Zweiteiligkeit des Seidenfadens erklärt sich durch den Bau der Spinnndrüsen, die in Form von langen Schläuchen zu beiden Seiten des Darms der Raupe liegen und auf einem Kegel unterhalb der Mundhöhle dicht nebeneinander

ausmünden. Der Mangel einer Innenhöhle unterscheidet die Seide von allen anderen Gespinnstfasern; nur die künstliche (Kollodium-) Seide (vgl. S. 327) ist gleichfalls solid.

Bei roher Seide ist die aus Fibroïn bestehende Zentralfaser von einem dicken, hauptsächlich aus Seidenleim (Serizin) bestehenden Mantel umgeben, der bei der Verarbeitung durch neutrale Seifen ge-

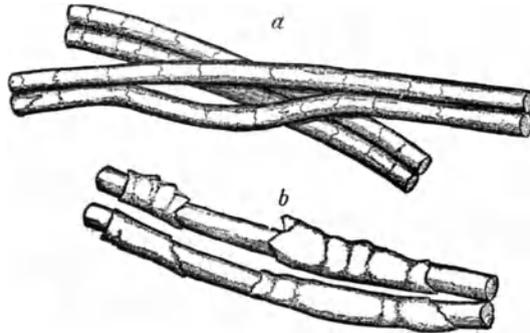


Fig. 395. Rohseide, mangelhaft abgekocht. *a* Serizinhülle bis auf die Querlinien abgelöst, *b* Serizinhülle größtenteils vorhanden.

löst und entfernt wird, weil er die Färbbarkeit und den Glanz der Faser beeinträchtigt. Ist diese Lösung nur unvollkommen erfolgt, so können auf dem Seidenfaden Schollen (Fig. 395) oder Querlinien zurückbleiben, die ihm eine Ähnlichkeit mit tierischen Haaren verleihen (Fig. 398).

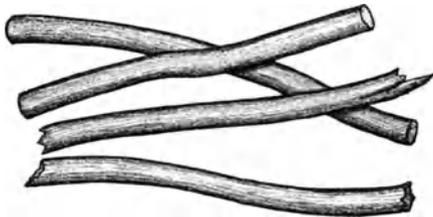


Fig. 396. Seide, verarbeitet.



Fig. 397. Querschnitte von Seide. *a* Seide von Maulbeerspinner, *b* Seide von Chin. Eichenspinner (Tussah).

Verarbeitete Seide (Fig. 396) zeigt die Doppelung des Fadens entweder gar nicht mehr oder nur auf kurze Strecken, weil mit Weglösung des Serizins die Einzelfäden sich trennen.

Tussa-Seide ist der gewöhnlichen Seide deswegen unterlegen, weil sie von Natur stark (bräunlich) gefärbt ist und deswegen nur zu dunkler gefärbten Fabrikaten verarbeitet werden kann. Mikroskopisch sind die beiden Hauptsorten sehr leicht zu unterscheiden. Gewöhnliche Seide (Fig. 397 *a*) hat einen rundlichen, Tussa-Seide (Fig. 397 *b*) dagegen ihres bandförmigen Baues wegen einen sehr langgestreckten

Querschnitt. Zur Untersuchung bette man den Seidenfaden in Paraffin ein und mache senkrecht (nicht schief) geführte Schnitte (vgl. oben S. 174).

Kunstseide. — Ein prachtvoll aussehendes und echte Seide an Glanz oft weit übertreffendes Textilmaterial wird neuerdings aus gelöster Nitrozellulose (Kollodium) in der Weise gewonnen, daß man den breiigen Stoff durch feinste Öffnungen drückt und so lange Fäden gewinnt. Um dem Produkt die enorme Feuergefährlichkeit wieder zu nehmen, wird das Fabrikat dann mit Wasserstoff in statu nascendi denitriert. In gleicher Weise wird die „Stapelfaser“ hergestellt, die sich von Kunstseide nur dadurch unterscheidet, daß die Fäden nicht einzeln aufgestapelt werden, sondern gewirrt, verspinnbare Massen bilden. Besonders zusammen mit anderen Fasern, aber auch allein verarbeitet haben diese Kunstprodukte nun sich zu großer Vollkommenheit entwickelt und liefern sehr schöne und auch relativ dauerhafte Gewebe.

Mikroskopisch ist Kunstseide, abgesehen von der bedeutenden Dicke des Fadens, der echten durchaus ähnlich. Insbesondere fehlt bei ihr, wie bei der Seide, die Innenhöhle, die alle anderen Textilfasern besitzen. Sie ist andererseits aber auch leicht an den sehr deutlichen Längsstreifen zu erkennen, die ganz gleichmäßig an dem Faden entlang laufen, ferner ist ihre Unempfindlichkeit gegen basisches Zinkchlorid ein sicheres Erkennungsmerkmal. Doppelfäden fehlen natürlich der Kunstseide durchaus.

Byssus- oder Steckmuschelseide. — Diese in Unteritalien zu Geweben minderwertiger Art verwendeten Fäden sind das erhärtete Sekret der Fußdrüse einer als Steckmuschel (*Pinna*) bezeichneten Muschelart. Die Fäden, die auch „Byssus“ genannt werden, dienen der Muschel zum Befestigen und sind verhältnismäßig derbe und ganz homogene Gebilde, die man mit echter Seide nicht verwechseln kann. Fußdrüsen, die solche Byssusfäden sezernieren, finden sich auch bei den Mießmuscheln unserer Meere; ihrer Wertlosigkeit wegen findet aber eine Verwendung der Hauffäden dieser Art bei uns nicht statt.

Tierische Haare.

Da die Haare der Tiere einerseits infolge ihrer Festigkeit und Elastizität, andererseits wegen der leichten Verfilzbarkeit, zu Kleiderstoffen oder anderen Gebrauchsartikeln vielfach verwendet werden, die Haare der einzelnen Tierarten aber von verschiedenem Werte sind, so ist es nötig, sie unterscheiden zu können. Dies kann nur durch sorgfältige mikroskopische Vergleichung geschehen.

Man unterscheidet bei den meisten Säugetieren zwei verschiedene Arten von Haaren, das Grannen-, Borsten- oder Stichelhaar und das Pelz-, Flaum- oder Wollhaar. Während das erstere beim Sommerkleid sehr im Übergewicht ist, entwickelt sich das Wollhaar in beträchtlicher Menge zum Winter, um im Sommer wieder abgestoßen zu werden. Nur zur Zeit des Haarwechsels tritt das Wollhaar an die Oberfläche, für gewöhnlich wird es von dem längeren Stichelhaar bedeckt. Allerdings haben die Menschen und auch die

Natur es verstanden, bei einer Reihe von Tieren (Schafe, Kamele) das Wollhaar fast ausschließlich zu entwickeln. In solchen Fällen spricht man von „Wolle“; die Einzelelemente stehen bei ihr sehr dicht nebeneinander, sind fein, aber fest und stark gekräuselt und deshalb sehr elastisch. Die Kräuselung in Verbindung mit dem sogenannten Fettschweiß vereinigt die benachbarten Haare zu „Stapeln“,

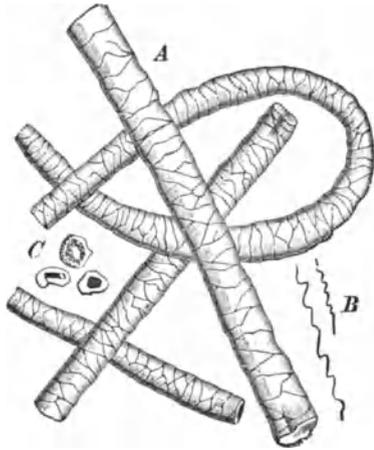


Fig. 398. Schafwolle $\times 200$. A Seiten-, C Querschnittansicht, B Fasern in nat. Größe, gekräuselt. (Nach Hanausek.)

und auch diese hängen untereinander so fest zusammen, daß beim Scheren des ganzen Tieres die abgeschnittene Wolle zu einer gemeinsamen Masse, dem „Vliese“ vereinigt bleibt.

Die Einzelelemente der Wolle sind wie die meisten Säugetierhaare annähernd zylindrische, von einem Markstrang der Länge nach durchgezogene Gebilde, bedeckt mit ziegelartig übereinander greifenden Schüppchen, die sich bei geringer Vergrößerung durch dicht und unregelmäßig nebeneinander liegende Linien oder Risse kennzeichnen (Fig. 398).

Von den für die Beurteilung des Wertes der Schafwolle wichtigen Fragen werden nur zwei auf mikroskopischem Wege entschieden, nämlich die Feinheit und die Treue des Haars. Je feiner ein Haar, desto wertvoller (innerhalb gewisser Grenzen) und desto gekräuselter ist es auch. Nach Hanausek und Hoyer gilt folgende Tabelle:

Namen	Dicke in μ ($1/1000$ mm)	Bögen pro cm Länge
Superelekta	15—17	über 11
Elekta	17—20	9—11
Prima	20—23	7—9
Sekunda	23—27	6—7
Tertia	27—33	5—6
Quarta	33—40	4—5

Unter Treue des Haares versteht man, daß alle seine Teile gleiche Dicke (und damit auch gleiche Kräuselung) aufweisen. „Untreue“ (abgesetzte) Wolle wird während schlechter Ernährungs- oder Krankheitsperioden des Schafes gebildet.

Außer zahlreichen Schafrassen liefern noch Ziegen und Kamele brauchbare Wolle. Von der Angoraziege, die besonders in Kleinasien und Südafrika gezüchtet wird, stammt die Mohair- oder Angorawolle,

die sich durch seidenartigen Glanz auszeichnet. Sie ist in ihrem Bau der Schafwolle verwandt, unterscheidet sich aber leicht von ihr durch die Eigentümlichkeit, daß die Kutikularplättchen die Breite fast der ganzen Haaroberfläche einnehmen. Dementsprechend findet man die Mohairwolle (Fig. 399) fast nur mit großzackigen Querlinien überdeckt, während die bei der Schafwolle so häufigen schräg gestellten Verbindungslinien (vgl. Fig. 398) fehlen.

Das Vließ des zweihöckerigen Kamels sowie des Dromedars wird in gleicher Weise wie die Wolle der neuweltlichen Kamelarten, des Lamas und seiner Verwandten, benutzt. Vor allem zu nennen ist die

Vicunnawolle (Fig. 400). — Das Wollhaar der *Auchenia vicuña*, einer wild lebenden Kamelart Südamerikas, ist ein zartes, flaumartiges, zimmetfarbenes Haar, in der Struktur der Schafwolle ziemlich ähnlich. Es ist gemeinlich mit einzelnen dreifach stärkeren Haaren gemischt, die unter dem Mikroskop schwarz erscheinen. Die Vicunna-wolle ist 40—50 mm lang, 12 μ dick, feinschuppig und etwas gekräuselt.



Fig. 399. Mohairwolle. $200\times$.

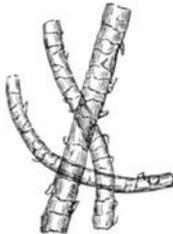


Fig. 400. Vicunna-wolle. $200\times$.

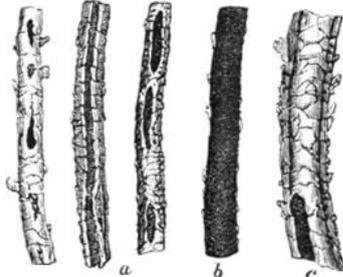


Fig. 401. Alpakawolle. a u. b $100\times$, c $200\times$
a u. c weiße, b schwarze.

Alpakawolle (Fig. 401). — Während die alten Peruaner sich das große und starke Lama (*Auchenia lama*) aus der Wildform, dem Guanako, als Last- und Reittier züchteten, gewannen sie wahrscheinlich aus derselben Wildform auch eine Wollform, das niedriggebaute Alpaka (*Auchenia paca*). Wie bei den meisten Haustieren variiert die Färbung der Haare beträchtlich, so daß die rohe Wolle entweder weiß (geschätzte Qualität) oder schwarz, oder braun, oder auch gefleckt ist. Die Struktur ist der Schafwolle ähnlich, doch ist der Markstrang der Haare von Strecke zu Strecke unterbrochen. — Schwarze Alpakahaare sind in ihrer Struktur schwer klar zu erkennen.

Bei den übrigen Säugetieren kommen an und für sich stets die beiden Arten der Haare, Stichel- und Wollhaare in Betracht, aber bei der Untersuchung von Pelzen usw. ist im Auge zu behalten, daß bei vielen Fellen die Stichelhaare erst sorgfältig entfernt werden, so daß nur die Wollhaare das Pelzwerk ausmachen.

Da es nun hier hauptsächlich darauf ankommt, brauchbares Material für die zuverlässige Bestimmung von Fellen, die bereits zu Pelzwerk verarbeitet sind, zu liefern, so geben wir in den vorstehenden

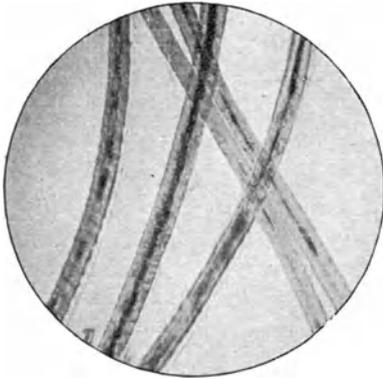


Fig. 402. Nutria.

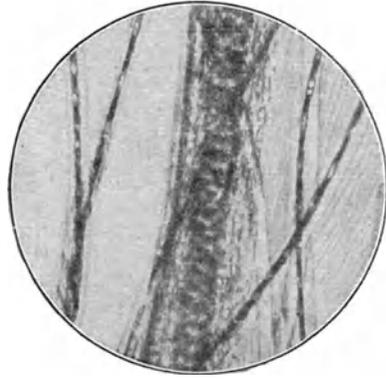


Fig. 403. Biber, gefärbt, hochgeschoren.

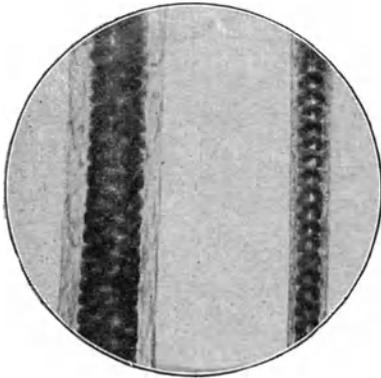


Fig. 404. Zobel, naturall.

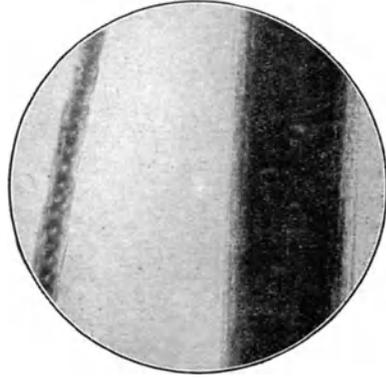


Fig. 405. Zobel, gebleudet.

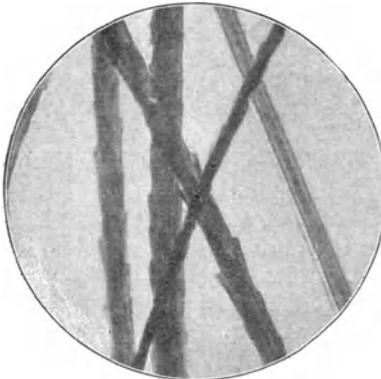
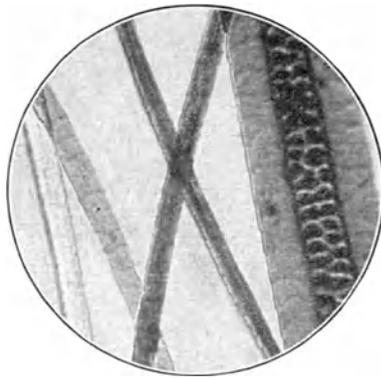


Fig. 406. Sealskin.

Fig. 407. Opossum (*Didelphys*), gefärbt.Vergr. $\frac{200}{1}$. — Phot. K. Pritzsche.

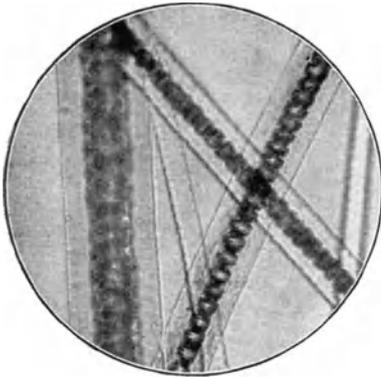


Fig. 408. Austral. Opossum (Känguruh).

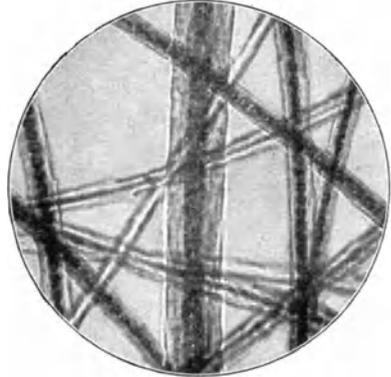


Fig. 409. Nerz, naturell.

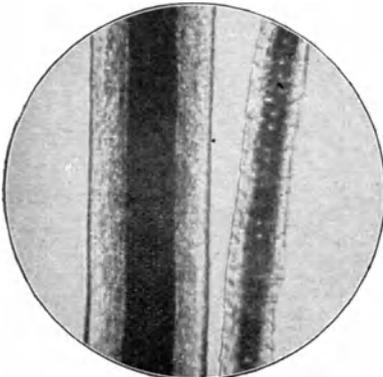


Fig. 410. Seefuchs, gefärbt.

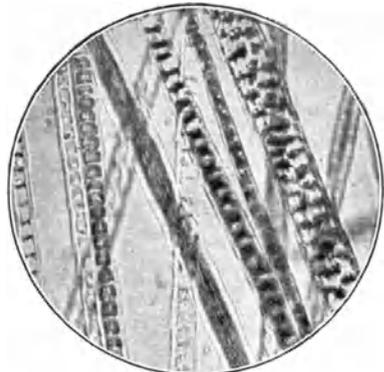


Fig. 411. Bastard-Chinchilla.

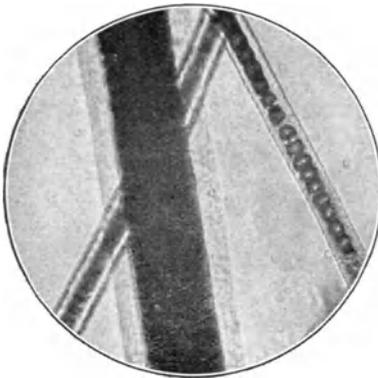


Fig. 412. Bisam.

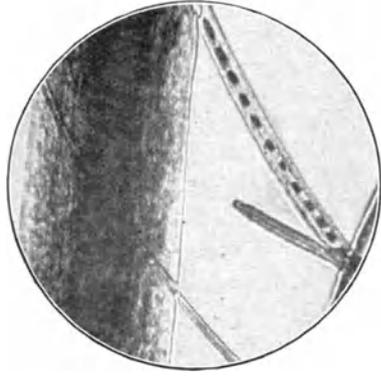


Fig. 413. Luchs.

Vergr. $200\times$. — Phot. K. Pritzsche.

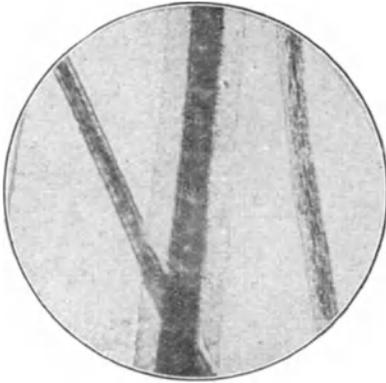


Fig. 414. Schupp (Waschbär).

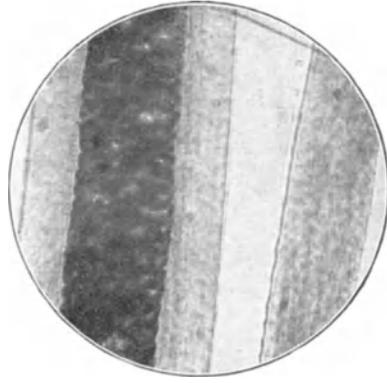


Fig. 415. Sibir. Murmeltier, nach Nerz gefärbt.

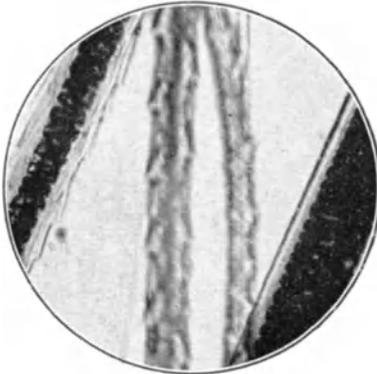


Fig. 416. Colinsky.

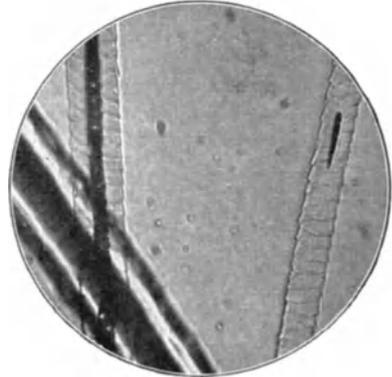


Fig. 417. Wolf.

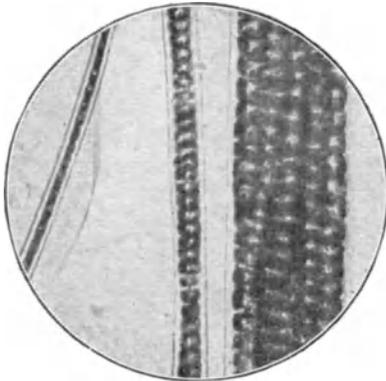


Fig. 418. Kaninchen, weiß.

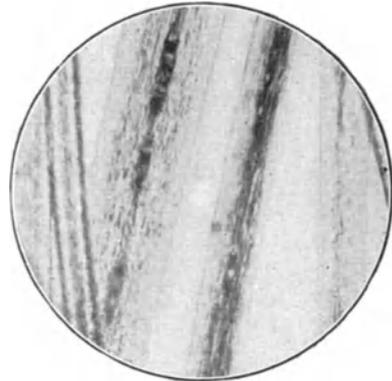


Fig. 419. Hamster.

Vergr. $\frac{200}{1}$. — Phot. K. Pritzsche.

Mikrophotogrammen nicht das ursprüngliche Haarkleid des betreffenden Tieres wieder, sondern das daraus hergestellte Pelzwerk. Und zwar haben wir es für nötig gehalten, auch die sog. geblendeten Felle neben den natürlichen zu berücksichtigen. Außer den Steckfarben, zu denen man Gallustinten verwendet, die das Haar undurchsichtig schwarz färben, gebraucht man zur Nachahmung wertvollere Pelze oder zur Aufbesserung zu hell gefärbter Zobelfelle sog. Streichfarben. Da der Nachweis solcher streichgefärbter Pelze von den Fachleuten als unter Umständen sehr schwierig bezeichnet wird, während die mit Steckfarben behandelten Stücke leicht zu erkennen sind, so haben wir auch diesem imitierten bzw. aufgebesserten Pelzwerk unser besonderes Augenmerk gewidmet.

Prüfung eines Gewebes.

Unter Berücksichtigung der oben (S. 173—179) über die pflanzlichen Textilfasern gemachten Ausführungen wird die Untersuchung eines Gewebes in folgender Weise bewirkt:

Zunächst kocht man einen etwa 10 cm langen Streifen mit destilliertem Wasser 20 Minuten lang, um alle wasserlöslichen Bestandteile zu entfernen. Dann trocknet man im Wärmeschrank vollkommen.

Darauf wird der Streifen quer durchgeschnitten, die eine Hälfte zur mikroskopischen Untersuchung aufbewahrt, die andere dagegen als Vorprüfung chemisch behandelt. Zu diesem Zwecke teilt man die letztere wieder in zwei Teile, die wie folgt geprüft werden:

1. Das erste und zweite Stückchen wird mit basischem Zinkchlorid¹⁾ gekocht, dann ausgewaschen und getrocknet. — In diesem Reagens löst sich nur Seide.

2. Das zweite der sub 1 mit Zinkchlorid gekochten Stückchen wird mit zehnpromzentiger Natronlauge gekocht; dies Reagens löst die Wolle, und so bleiben nur Pflanzenfasern und Kunstseide übrig.

Auf diese Weise verschafft man sich zuerst einen Überblick über die als Webmaterial verwandten Fasern; dann löst man sowohl in den mit den Reagentien vorbehandelten wie in dem intakt gebliebenen Stückchen (wie S. 173 angegeben) Kette und Einschlag und geht zur mikroskopischen Untersuchung über. Die einzelnen Bestandteile werden nach den im Vorstehenden gegebenen Anweisungen erkannt.

4. Mikroskopische Objekte von niederen Tieren.

a) Tierische Parasiten des Menschen.

Insekten.

Flöhe sind Insekten, die sich durch die Ausbildung der hinteren Extremitäten als Sprungbeine, das Fehlen der Flügel und durch stechend-saugende Mundwerkzeuge auszeichnen. Sie leben vom Blut

¹⁾ Klare Flüssigkeit, erhalten durch Kochen einer Zinkchloridlösung von 1,7 spez. Gewicht mit überschüssigem Zinkoxyd.

vieler Säugetiere und Vögel. Man unterscheidet zahlreiche Arten, die meist auf ganz bestimmte Wirtstiere beschränkt sind; so ist der uns peinigende Floh nicht identisch mit dem Hundefloh, sondern spezifisch von ihm unterschieden. Es ist aber deshalb nicht etwa ausgeschlossen, daß ein Hundefloh den Menschen anzapft, er hält sich nur auf dem menschlichen Körper nicht dauernd auf.

Der Menschenfloh (*Pulex irritans*) ist Kosmopolit. Das Männchen (Fig. 420), wie bei allen Flöhen an dem eigentümlichen, deutlich durchschimmernden Begattungsapparat kenntlich, mißt 2 bis 2,5 mm und das Weibchen 3 bis 4 mm in der Länge. Die Beine sind stets etwas heller als der Körper.

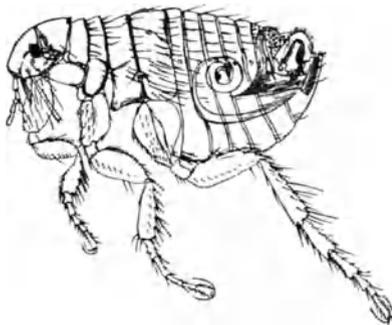


Fig. 420. *Pulex irritans* ♂. (Nach Taschenberg.)

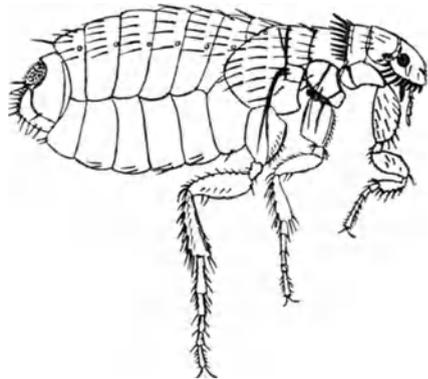


Fig. 421. *Pulex canis* ♀. (Nach Taschenberg.)

Der Hundefloh (*Pulex canis*), von dem wir in Fig. 421 ein Weibchen abbilden, mißt im männlichen Geschlecht 2 mm, im weiblichen 3 mm. Er ist leicht zu erkennen, da er an der Unterseite des Kopfes jederseits 7 bis 9 spitze zahnartige Stacheln trägt, ebenso am Hinterrande des Pronotum. Er ist nachgewiesen auf Hund, Fuchs, Hyäne, Marder, Wildkatze, Tiger, Waschbär und Hase.

Die tonnenförmigen weißen Eier werden in Kehricht, Dielenritzen usw. abgelegt, in ihnen entwickeln sich fußlose 14gliedrige Larven, die sich nach 11 Tagen verpuppen und nach weiteren 11 Tagen zum geschlechtsreifen Floh werden.

Als weitere blutsaugende Parasiten des Menschen spielen drei weitverbreitete und unter Umständen recht häufige, ja gemeine Läuse, die wie die Wanzen zu den Schnabelkerfen gehören, eine bedeutende Rolle.

Als erste sei die kleinste dieser Formen genannt, die **Filzlaus** (*Phthirus pubis*, Fig. 422). — Diese kleinen Hautschüppchen ähnlich sehende Laus ist im männlichen Geschlecht etwa 1 mm, im weiblichen etwa 1½ mm lang und fast ebenso breit; sie findet sich vorzüglich zwischen den Schamhaaren, aber bei lange dauernder Infektion siedelt

sie sich auch in der Umgebung der Haare der Brust, der Achselhöhle, des Bartes und der Augenbrauen, doch nie zwischen den Kopfharen an. Sie hält sich mit Hilfe ihrer Krallenfüße sehr fest. Die etwa $\frac{1}{2}$ mm langen Eier (sog. Nisse) werden reihenweise (bis zu 10 Stück) an die Haare angeheftet. — Wird durch Einreiben mit Salizyltalg, besser mit grauer Salbe oder Sublimatlösung leicht vertrieben.

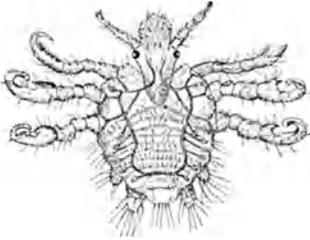


Fig. 422. Filzlaus. Vergr. $\frac{20}{1}$.
(Nach Landois.)

Dagegen lebt die **Kopflaus** (*Pediculus capitis*) hauptsächlich zwischen den Kopfharen und klebt ihre Nisse nur an diese. Sie wird im männlichen Geschlecht bis zu 2 mm, im weiblichen bis zu 3 mm

lang. In ihrem Bau gleicht sie in hohem Maße der Kleiderlaus, die wir etwas ausführlicher schildern werden, es sind aber deutliche Artunterschiede vorhanden, so ist die Bauchseite des Hinterleibes der weiblichen Kopflaus stets stärker beborstet als bei der Kleiderlaus und im 4. Hinterleibssegment fehlen die Längsmuskeln der Bauchseite, die bei der Kleiderlaus in allen

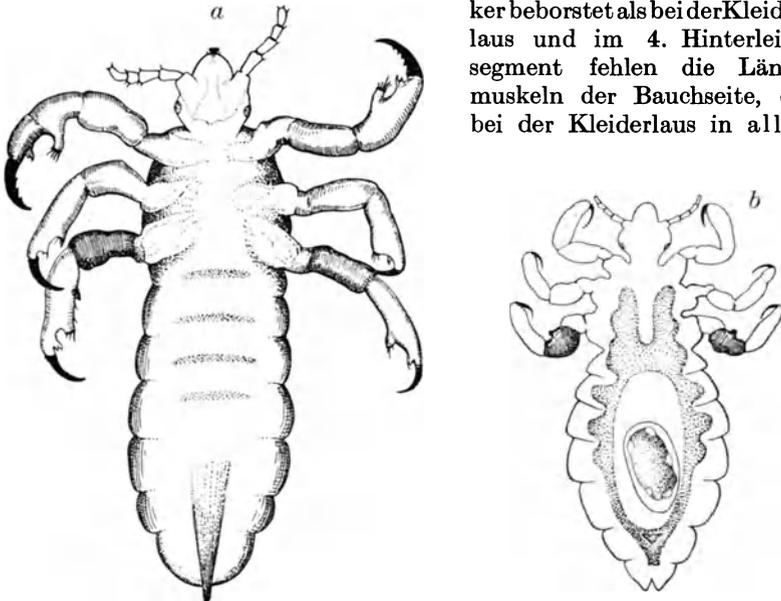


Fig. 423 a und b. a Männchen, b Weibchen der Kleiderlaus. a Vergr. $\frac{18}{1}$. b Vergr. $\frac{10}{1}$.

Hinterleibssegmenten vorhanden sind. Die Eier werden in gleichgerichteten Reihen durch eine regelmäßig verteilte Kittmasse an den Haaren befestigt.

Die wichtigste Art ist die **Kleiderlaus** (*Pediculus vestimenti*, Fig. 423 a u. b), weil sie als Überträger des Flecktyphus für den

Menschen so gefährlich wird. Deutschland hat es sich daher während des letzten Krieges viele Millionen kosten lassen, um die Läuseplage, d. h. das häufige und massenhafte Vorkommen der Kleiderläuse, nach Kräften zu bekämpfen.

Die Kleiderlaus ist stets, also auch in ihren kleinsten Exemplaren größer als die Kopflaus, das Männchen wird bis zu 4 mm, das Weibchen bis zu 5 mm lang. Im reifen Zustande ist der Hinterleib des Weibchens stets weniger schlank als der des Männchens und am Hinterende gespalten, während aus dem abgerundeten letzten Segment des männlichen Hinterleibes meist das zugespitzte chitinige Begattungsorgan hervorragt. Außerdem lassen sich die Geschlechter an den Beinen unterscheiden: das erste Beinpaar des Männchens endigt in eine gewaltige Greifhand, für die beim Weibchen am Femur des dritten Beinpaars eine besondere Angriffsstelle vorhanden ist, das betreffende Beinglied (in den Figuren schraffiert) ist nicht nur dicker und kürzer beim Weibchen, sondern auch noch durch einen Vorsprung ausgezeichnet, der das Abrutschen der großen mit rückwärts gerichteten Widerhaken versehene Kralle verhindert. Es ist sehr sonderbar, daß diese recht auffallenden Bildungen von sämtlichen bisherigen Beobachtern übersehen werden konnten.

Die Eier sind etwa 0,8 mm lang und werden mit dem spitzeren Pol durch eine unregelmäßig angeordnete Kittmasse an den feinen Fasern der Kleidung, hauptsächlich in den Nähten, aber auch an anderen Rauigkeiten befestigt. Die Eier sind gedeckelt und der Deckel mit etwa 16 buckelförmig gewölbten Durchlüftungsöffnungen (Mikropylen) versehen. Die Entwicklung der Larve im Ei geht sehr schnell vor sich, bei hinreichender Wärme (+ 37° C) ist die Larve binnen einer Woche ausschlüpfähig. Eine halbe Stunde nach dem Ausschlüpfen saugt die Larve, deren Fühler nur dreigliedrig nicht fünfgliedrig sind, zum ersten Male, dann täglich mehrere Male, häutet sich mehrmals und ist nach wenigen Tagen fortpflanzungsfähig.

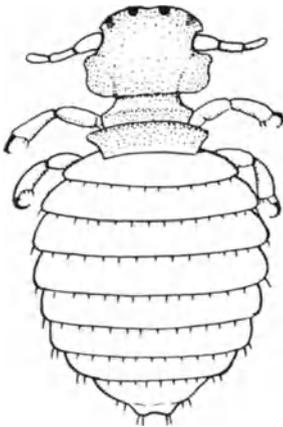


Fig. 424. Hundehaarling. Vergr. 30/1.

Feder- und Haarlinge

werden vom Laien irrtümlich als Läuse bezeichnet, sie haben aber weder stechende Mundwerkzeuge noch eine Halbmetamorphose wie die Läuse und alle anderen Schnabelkerfe, sondern ihre Jungen gleichen sofort den Eltern, sie werden deshalb den Termiten zugesellt. Sie kommen auf allen Säugetieren und noch mehr bei allen Vogelarten vor und nähren sich mit beißenden Mundwerkzeugen von Hautschüppchen, Federsubstanz und ähnlichem. Einer der bekanntesten Vertreter dieser als Mallophagen bezeichneten Sippe ist der

Hundehaarling (*Trichodectes canis*, Fig. 424), ein Bewohner des Haarkleides unserer Haushunde, und dadurch besonders interessant, daß er der Wirt des Jugendstadiums des eigentlichen Hundebandwurms (*Taenia canina* oder *cucumerina*) ist. Das Tierchen wird bis 2 mm lang und hält sich besonders gern am Halse der Hunde auf.

Ein ebenso leicht zu beschaffendes Untersuchungsobjekt liefert das Haushuhn, in dessen Gefieder der Hühnerfederling (*Philopterus holo-gaster*) fast regelmäßig vorkommt.

Als Verwandte dieser Mallophagen seien noch die 2 mm großen **Holz- und Bücherläuse** erwähnt (*Troctes divinatorius* und *Atropos pulsatorius*), die leicht an ihren stark verdickten Oberschenkeln zu erkennen sind. Sie leben von feinsten Pilzrasen, die sich in alten Büchern oder an Tapeten oder an Polstermaterial angesiedelt haben und werden gelegentlich in ähnlicher Weise, wie wir es weiter unten von gewissen Milben zu melden haben, als eine lästige Zimmerplage empfunden.

Milben.

Taubenzecke (*Argas reflexus*, Fig. 425). — Lebt versteckt in Taubennestern und ihrer Umgebung, überfällt die Vögel nachts, um etwa eine halbe Stunde lang Blut zu saugen. Wenn nach Abschaffung der Tauben die Schläge zugemauert werden, wandern die Zecken weiter und suchen in der Not auch den Menschen auf. Es sind eine ganze Reihe von Fällen dieser Art bekannt geworden, wobei gelegentlich auch ernste Schädigungen zur Beobachtung kamen. Das Tier ist schmutzig-grau, von der Oberseite gesehen mosaikartig gefleckt, etwa 5 mm breit und 7 mm lang. Nach längerem Fasten, das es jahrelang erträgt, ist es flach, nach dem Saugen linsenförmig aufgetrieben; es hat wie alle Spinnentiere vier Beinpaare.

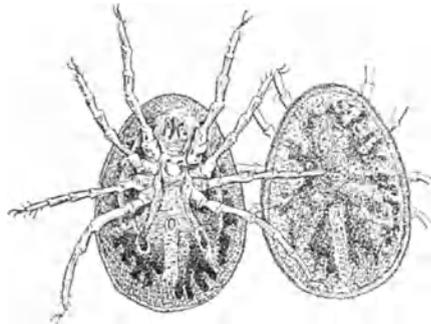


Fig. 425. Taubenzecken. vergr. $\frac{1}{1}$. (Nach Alt.)

Krätzmilbe (*Sarcoptes scabiei*, Fig. 426). — Männchen 0,2—0,3 mm lang, Weibchen 0,3—0,4 mm lang. Ist die Ursache der Krätze, die nicht allein bei Menschen, sondern auch z. B. bei Schafen, Pferden, Katzen, Kaninchen usw. vorkommt und von diesen Tieren auf den Menschen übertragen werden kann. Betrachtet man von der Milbe befallene Stellen (besonders gern siedelt sie sich zwischen den Fingern, am Ellbogen- und Kniegelenk an) mit der Lupe, so sieht man in der Haut meist gerade, bis mehrere Zentimeter lange Linien, die an einem Ende ein weißes Pünktchen erkennen lassen. Dies sind die von dem Weibchen der Krätzmilbe gegrabenen Gänge, an deren Ende sich das

Tier selbst befindet. Es kann mit einer Nadel herausgestochen werden und erscheint unter dem Mikroskop ungefähr elliptisch, mit vier Beinpaaren, deren hintere in je zwei lange Borsten ausgehen. — Wird durch Einreiben von Perubalsam vertilgt.

Haarbalgmilbe (*Demodex folliculorum*, Fig. 427). — Eine 0,3 bis 0,4 mm kleine Form, die nach den Angaben einiger Forscher sich bei der Hälfte aller Menschen findet. Streicht man mit einem stumpfen Messer aus Holz oder Knochen unter mäßigem Drucke über die Haut an Nase, Stirn, Wangen, Brust usw. eines mit der Haarbalgmilbe Behafteten, so drückt man dabei aus den Ausführungsgängen der Talgdrüsen die Milbe heraus, die auch in den Haarbälgen

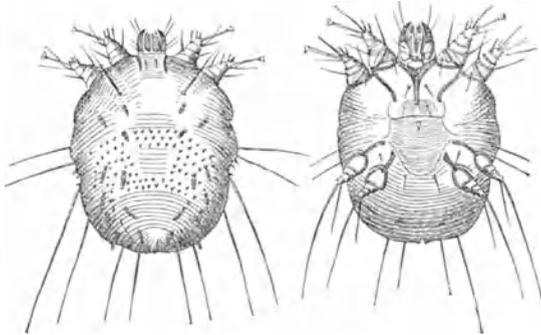


Fig. 426. Krätzmilbe. Weibchen von oben und unten gesehen. Vergr. $\frac{50}{1}$. (Nach Gudden.)



Fig. 427. Haarbalgmilbe. Vergr. $\frac{100}{1}$ (Nach Mégnin.)

zwischen Haarschaft und Wurzelscheide) wohnt. Das auf die angegebene Weise Zusammengeschabte wird mit etwas Wasser auf das Objektglas gebracht. Die Milbe ist borsten- und haarlos und hat wie alle saugenden Milben einen kleinen Saugrüssel und zwei Haftzangen. Das jüngere Tier, die Larve, hat drei Paar winziger Fußstummeln, das erwachsene vier Paar stummelförmige Beine. Diese Parasiten sitzen im Innern der Talgdrüsen und Haarbälge mit dem Kopf nach innen, mit dem Hinterteile nach außen. In ihrem Wohnsitze legen sie auch ihre Eier. Sie sind gemeinlich ein Bild vom Ernährungszustande des Menschen, auf dem sie leben, denn sie sind dick und rund bei gesunden wohlgenährten, dagegen schmal und mager bei mageren Menschen; sie rufen im allgemeinen keine Krankheitserscheinungen hervor, bei Hund und Katze erzeugen sie aber einen Ausschlag, die sog. *Acarus*-Räude, die sehr schwer heilbar ist.

Erntemilbe (*Leptus autumnalis*). — Unter dieser Bezeichnung segelt von alters her eine winzige 0,2 mm lange rote Milbe, die nur drei Beinpaare hat und sich dadurch als Larvenform ausweist. Die zugehörige Geschlechtsform ist gar nicht mit Sicherheit bekannt, es wird aber wohl *Trombidium holosericeum* sein. Die Menschen, die von ihr im Juli und im August beim Aufenthalt in Gärten belästigt

werden, besonders Frauen und Kinder, kennen meist nur das von dem Parasiten herrührende Jucken; das Tier selber wird infolge seiner Kleinheit ganz übersehen, auch ist durch unbewußtes Kratzen der Übeltäter meist schon entfernt, wenn man ernstlich nach ihm ausschaut. Die Larven findet man im Hochsommer, besonders im Juli und August an den Örtlichkeiten, wo sie vorkommen, in großer Anzahl und zwar hauptsächlich auf irgendwelchen kleinen Erhöhungen des Erdbodens: auf der Spitze kleiner Steine, an den Rändern niedrig wachsender Blätter, an abgebrochenen Aststückchen. Sie bilden hier oft förmliche Klumpen, die in steter Bewegung sind und auf irgendwelche vorbeistreifenden Tiere warten. Man hat sie außer am Menschen

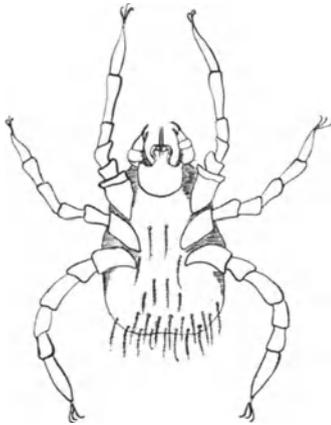


Fig. 428. *Leptus autumnalis* (Larve von *Trombidium holosericeum*), freilebendes Stadium.

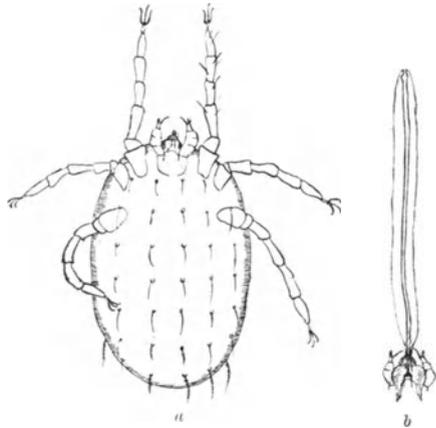


Fig. 429. a) Larve von *Trombidium holosericeum*, parasitierendes Stadium; b) Mundteile (zwischen den stehenden Mandibeln ist das chitinige Schlundrohr hervorgestülpt.)

auf Hasen und Kaninchen, auf den verschiedenen Mäusearten, auf Hamster, Igel, Maulwurf, Spitzmäusen, Fledermäusen, Hund, Katze und neuerdings auch auf dem Haushuhn nachgewiesen. Sie haben bewaffnete Kieferfühler, zwischen denen die Mundöffnung liegt, aus dieser tritt ein langer, dünner Saugrüssel hervor, der in die Haut (nicht in die Ausführungsgänge der Hautdrüsen) eingebohrt wird, im Umkreise eine Entzündung hervorruft und die zufließenden Säfte (kein Blut) aufsaugt. Bei den Tieren konnte keine Giftdrüse nachgewiesen werden, bei einem Blutsauger würde eine die Gerinnung des Blutes verhindernde Drüse nicht zu entbehren sein.

Wir geben in Fig. 428 eine Abbildung der freilebenden Milbe, aus der außer der Körperform der wesentlichste Charakter, das Vorhandensein von drei Krallen, deutlich zu ersehen ist. In Fig. 429 geben wir die vollgesogene Milbe und die Mundteile wieder und in Fig. 430 die durch Häutung anfangs November aus dieser entstehende vierbeinige Form, die durch ihre starke Behaarung, die Bewehrung

mit zwei Krallen und durch ihre Körperform der als *Trombidium holosericeum* beschriebenen Milbe sehr viel ähnlicher geworden ist. Da die Geschlechtsorgane in diesem Stadium noch fehlen, ist zum Frühjahr eine nochmalige Häutung zu erwarten, die bisher noch nicht beobachtet wurde.

Diese kleinen, schwer sichtbaren Peiniger, die vielleicht zu mehreren Arten gehören, sind weit verbreitet, in Frankreich als Vendageur, d'Aoûtat, Rouget bekannt, in Japan als Aka mushi, in Mexiko als Teasa huate, in Guyana als Pou d'Ajouti, in Martinique als bête rouge und in Kuba als Colorado. Sie sind auch in Deutschland weit verbreitet; Klagen über die von ihnen verursachten, den Befallenen rät-

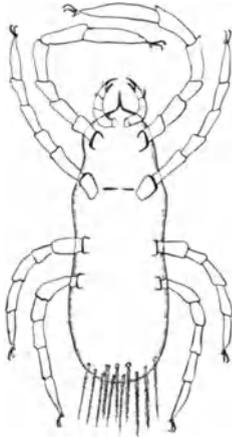


Fig. 430. *Trombidium holosericeum*, noch nicht geschlechtsreif. Der ganze Körper ist dicht mit Fiederborsten bedeckt.

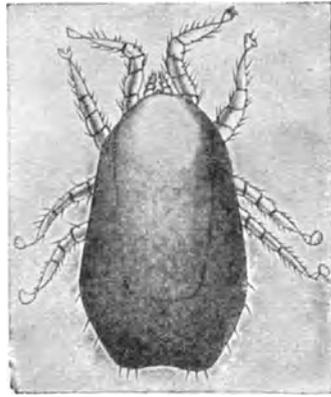


Fig. 431. *Dermanyssus gallinae*. Vergr. $\frac{40}{1}$. (Nach Berlese.)

selhaften Beulen, besonders in den Kniebeugen und in der Schamgegend, kommen z. B. im mittleren und unteren Saaletal ganz regelmäßig jedes Jahr den Ärzten vor.

Vogelmilbe (*Dermanyssus gallinae*, Fig. 431). — Ein 0,6—0,7 mm langer Schmarotzer auf Hühnern, der in vielen Varietäten auf allen Arten von Geflügel, auch auf Kanarienvögeln vorkommt. Gelegentlich geht sie auch an den Menschen und erzeugt juckende Beulen.

Hausmilben. — Zum Schluß müssen wir einer Reihe von sehr winzigen Milben gedenken, die in unseren Wohnungen gelegentlich als eine entsetzliche und schwer zu beseitigende Plage auftreten, obwohl die Tierchen keine Schmarotzer sind. Sie leben von tierischen und pflanzlichen Abfällen und vermehren sich unter günstigen Bedingungen so rasch, daß alle Gegenstände einer verseuchten Wohnung wie mit einem feinen Staube bedeckt erscheinen und dies andauernd bleiben, auch wenn man durch Klopfen und Putzen fortwährend an der Beseitigung der Plagegeister arbeitet.

Die hier in Betracht kommenden Milben gehören sämtlich zu der Familie der Tyroglyphiden; die häufigsten Formen sind Arten der Gattungen: Tyroglyphus, die durch den Haftnapf am hintersten Beinpaare des Männchens ausgezeichnet ist (*Tyroglyphus siro* = Käsemilbe, deren erstes Beinpaar im männlichen Geschlecht verdickte und bewehrte Basalglieder hat), *Aleurobius farinae* = Mehlmilbe, vgl. S. 102, Fig. 91 und der Gattung *Glycyphagus*, bei der das Weibchen am Hinterleibsende eine zapfenförmige vorspringende Kopulationsröhre besitzt (*Glycyphagus spinipes* = Pflaumenmilbe, *Glycyphagus domesticus* = Hausmilbe).

Die Milben leben im Mehl oder Mehlkleister, zwischen Käseabfällen oder getrocknetem Obst, besonders aber in nicht genügend entfetteten Pferdehaaren und in anderem Polstermaterial, das aus dem Pflanzenreiche stammt, wie Seegras, Kapok, Fiber, Crin d'Afrique oder Coir. Besonders letzteres, ein aus der Faser der Kokosnuß gewonnener Faserstoff, sollte nur nach wirksamster Desinfektion zur Polsterung von Möbeln verwendet werden dürfen. Da dies natürlicherweise nicht stets geschieht, so kann es nicht wundernehmen, wenn auch in reinlichst gehaltenen Wohnungen plötzlich Legionen der kleinen Achtbeiner aus einem Polsterstück hervorbrechen, sich überall hin verbreiten und immer neuen Nachschüben Platz machen.

Das schlimmste bei dieser Milbenplage ist die große Widerstandsfähigkeit der Milben gegen fast alle Desinfektionsmittel und Gifte. Als brauchbar hat sich nur die Anwendung von Schwefelkohlenstoffdämpfen und von Blausäure erwiesen.

Würmer.

Trichine (Trichina spiralis, Fig. 432—435).

Es ist zu unterscheiden zwischen Darmtrichinen, das ist die geschlechtsreife Generation, die nur eine kurze Lebensdauer hat und an und für sich keine Krankheitserscheinungen hervorruft, und Muskeltrichinen, das sind deren Larven, die eine geraume Anzahl von Jahren in den Muskelfasern verschiedener Säugetiere leben können und die bei der Invasion in die Muskelfaser des Menschen sehr bedenkliche Zustände hervorrufen.

Die Larven leben stets in demselben Wirtstiere wie ihre Eltern, werden aber häufig in einer anderen Tierart geschlechtsreif. Das erklärt sich, wenn man in Betracht zieht, daß die Trichinen vorkommen bei Mensch, Ratte, Schwein, Katze, Hund, Fuchs, Marder und Bär; diese Arten stehen vielfach in dem Wechselverhältnis zueinander, daß die eine Art von der anderen verzehrt wird.

Die Darmtrichinen, die aus den Kapseln der Muskelfaser durch Wirkung der Magensäfte frei werden, sind gestreckt, mit etwas spitz zulaufendem Vorderende (*k*, siehe Fig. 432); nach dem Hinterende (*a*) nehmen sie an Dicke zu und endigen stumpf abgerundet. Die Männchen haben am Hinterende zwei Haken oder Zapfen (Fig. 433)

neben der Öffnung der Kloake. Die äußere Decke des Wurmkörpers besteht aus einer sehr durchsichtigen, glatten, strukturlosen, nur sehr leicht geringelten Haut (Cuticula). Unter dieser Decke liegt der einschichtige Hautmuskelschlauch. Im Innern des vorderen oder dünneren Teiles des Körpers liegt der perlschnurartige Munddarm, der sich nach hinten allmählich erweitert und bei stärkerer Verdickung der Wandung deutliche Zellen zeigt. Hieran schließt das schlauchförmige Darmrohr, das am hinteren Körperpol seine Ausmündung hat. Der hintere Teil des Körpers enthält außerdem die Zeugungsapparate. Bei dem Weibchen erstreckt sich der Ausführungsgang der Geschlechtsdrüse bis innerhalb des ersten Drittels der Körperlänge und hat hier, also am Vorderteile des Körpers, seine Öffnung.

Männchen und Weibchen finden sich nur wenige Tage nach der Infektion nebeneinander im Darminhalt vor. Sie besitzen dann etwa die gleiche Größe, die Männchen sind 1 mm, die Weibchen

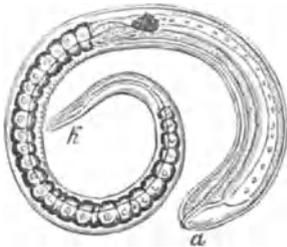


Fig. 432. Weibliche Trichine.
Vergr. 200/1.



Fig. 433. Zapfen am hinteren Körperpol
der männlichen Trichine, stark vergr.

1,5 mm lang. Nach zwei bis drei Tagen haben die Männchen die Begattung vollzogen und sterben ab, während die Weibchen, die nun bis zu 3,5 mm Länge heranwachsen, sich mit dem vorderen Körperteil in die Darmzellen einbohren, wobei die Geschlechtsöffnung in Lymphräume zu liegen kommt. Schon nach sieben Tagen beginnt das Gebären der ersten Jungen, die etwa 0,1 mm lang sind und mit dem Blutstrom in das intermuskuläre Bindegewebe transportiert werden, von wo aus sie sich in die Muskelfasern selbst einbohren.

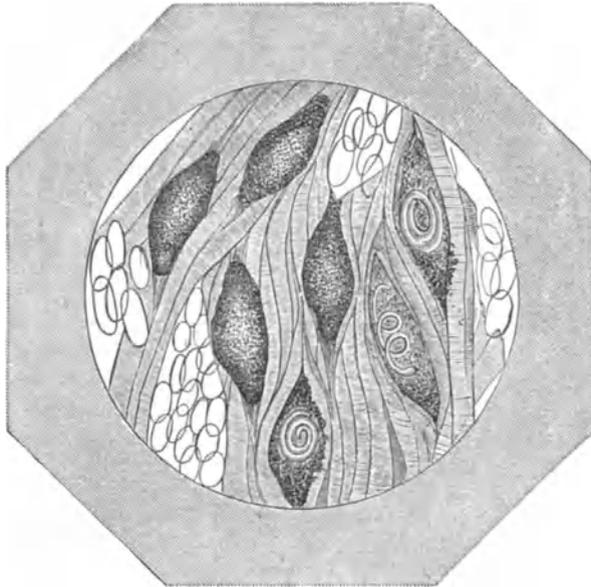
Hier ruft ihr Erscheinen eigentümliche Veränderungen hervor: die Querstreifung verschwindet, die Kerne vermehren und vergrößern sich, das ganze Sarkoplasma mit dem umhüllenden Sarkolemm nimmt ein glasiges Aussehen an, es wandern in diese homogene Masse an den beiden Enden Bindegewebszellen vom intermuskulären Bindegewebe aus ein und bilden eine zitronenförmige Kapsel im Umkreise der jungen Larve, die nach beendeter Wanderung auf das zehnfache ihrer ursprünglichen Größe herangewachsen ist und sich während dieses Wachstums allmählich spiralig eingerollt hat. Die Kapseln sind etwa 0,4 mm lang und 0,2—0,3 mm breit, gelegentlich auch beinahe kugelig, wie z. B. in der Bärenmuskelfaser. Nach Monaten

fangen die Kapseln an, von den Polen aus allmählich zu verkalken, schließlich erstreckt sich die Verkalkung auch auf den Wurm selber; in der Kaninchenmuskulatur tritt dieses Absterben durch Verkalkung schon nach wenigen Jahren ein, in den Schweinmuskeln aber erst nach 11 Jahren, beim Menschen sogar erst nach 25 Jahren.

Die Kapsel oder Zyste der Muskeltrichine (Fig. 434) hat eine ovale Form. In ihrer Mitte liegt die Trichine spiralig eingerollt. Unter dem Mikroskope erscheint die Kapsel, wenn ihre Verkalkung noch nicht vorgeschritten ist, hell und durchsichtig und man kann darin den Wurm deutlich sehen. An jedem Ende des Ovals findet sich ein stumpfer, etwas dunklerer Ansatz, so daß die Kapsel mit den



Fig. 434. Einkapselte Trichine.



T

Fig. 435. Fleischfasern mit Fettzellen und älteren und jüngeren Trichineneinkapselungen.

Umrissen eines menschlichen Auges Ähnlichkeit hat. Hat die Ablagerung von Kalksalzen in der Kapselhülle zugenommen, so erscheint die Kapsel unter dem Mikroskop bei durchfallendem Lichte dunkel und ist nicht mehr durchsichtig. Häufig sind dann die Ansätze der Kapsel von kleinen Fettzellen umlagert. Legt man ein dünnes Stück Fleisch mit verkalketen Kapseln in mäßig verdünnte dssigsäure oder Salzsäure, so erfolgt die Lösung der Kalkschale und die Kapsel wird wieder durchsichtig.

Die Trichine könnte mit bloßem Auge sicher erkannt werden,

wäre sie nicht zu durchsichtig. Die verkreideten Kapseln lassen sich bei auffallendem Lichte, weil sie weißlich sind, mit bloßen Augen erkennen.

Von den Muskeln, die die Trichinen vorzugsweise aufsuchen, sind zu nennen: das Zwerchfell, die Augenmuskeln, die Kaumuskeln, die Muskeln der Bauchwand und die Interkostalmuskeln. Mit Proben aus diesen Teilen, besonders aus der Gegend von Sehnenanheftungen entnommen, also schon mit fünf Fleischproben, kann der mikroskopischen Fleischschau völlig genügt werden.

Von jeder Probe nimmt man zwei, höchstens drei feine Scheibchen nach der Länge der Fleischfaser, mit einer krummen Schere abgeschnitten und mittels der Präpariernadeln zerfasert, legt sie in mäßiger Distanz nebeneinander auf ein starkes, farbloses Objektglas und gibt, wenn das Fleisch nicht frisch und saftig ist, einen Tropfen Wasser darauf. Auf das sorgsam ausgebreitete Objekt legt man einen zweiten dünnen Objektträger und drückt beide Gläser so gegeneinander, daß die Fleischscheibchen zu einer sehr dünnen, durchsichtigen Schicht

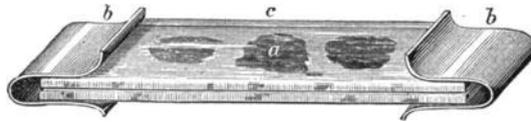


Fig. 436. Fleischobjekt *a*, zwischen zwei Objektgläsern (*c*) flachgepreßt mittels zweier Blechkompressoren (*b*, *b*).

ausgedehnt werden. Bedient man sich hier eines Kompressoriums, so ist man der Mühe des anhaltenden Pressens der Objektgläser mit den Fingern enthoben.

Aus mäßig starkem Weißblech läßt man sich 2,5–3 cm breite und 3,5 bis 4,5 cm lange rechteckige Stücke schneiden und diese biegt man mit einer passenden Drahtzange in eine Form, wie sie Fig. 436 zeigt. Die Klemmbiegung muß von der Weite sein, daß die Biegung enger ist als die Dicke der beiden übereinander gelegten Objektgläser.

Die Betrachtung wird hauptsächlich bei 40- bis höchstens 80facher Vergrößerung vorgenommen. Freie oder in der noch durchsichtigen Kapsel befindliche Trichinen werden hierbei teils im Fleische, teils in der um das Objekt befindlichen Flüssigkeit, die beim Drücken des Fleisches gewöhnlich ausfließt, sofort erkannt werden. Verkreidete Kapseln erscheinen als dunkle undurchsichtige Körper. In diesem Falle zerfasert man das Objekt mit den Präpariernadeln, gibt einen Tropfen Essigsäure darauf und legt es nach einigen Minuten gepreßt wieder unter das Mikroskop.

Die Vorbeugungsmittel gegen die Trichinen und die durch ihre Einwanderung in die Muskeln erzeugte Krankheit, die Trichinose, sind von zweierlei Art, nämlich erstens die obligatorische Trichinenschau, der jedes geschlachtete Schwein unterzogen wird, und zweitens das Vermeiden rohen oder nicht genügend gar gekochten bzw. gebratenen Fleisches. Auch durch Einpökeln des Fleisches mit reichlich Salz ohne Wasserzusatz sowie durch energische Heißräucherung,

bei der 50° im Innern der Fleischwaren erzielt werden, sowie bei Abkühlung unter — 20° sterben die Trichinen ab. Das jetzt meist übliche schwache Pökeln, sowie die „Schnellräucherung“ tötet die Trichinen dagegen nicht.

Gewisse Ähnlichkeit mit den eingekapselten Trichinen in Vorkommen und Aussehen haben die Miescherschen oder Rainey'schen Schläuche, die zu den Sporozoen gehören und bei diesen auf S. 353 ihre Behandlung erfahren.

Andere Eingeweide-Nematoden.

Spulwurm (*Ascaris lumbricoides*). Ein fußlanges, gelbliches oder rötliches Tier, das besonders bei Kindern im Dünndarm oft in ziemlicher Menge sich findet. Das Weibchen bringt jährlich etwa 60 Millionen Eier hervor. Diese (0,05 bis 0,06 mm dick) sind mit einer festen Schale, die außerdem noch mit braunen Buckeln bedeckt ist, versehen (Fig. 437, a). Die äußere bucklige Schicht schützt das Ei vor dem Verdautwerden seitens der Magensäfte. Aus feuchter Erde, in der sich die Eier, die im frisch abgegangenen Kot noch keine Furchung (Zellteilung) zeigten, im Laufe von etwa 50 Tagen entwickelt haben, kommen die Embryonen in den Organismus des Menschen. Im Wasser entwickeln sich diese Embryonen ebenfalls, aber die braune Außenschale geht verloren und der Embryo wird bei einer etwaigen Infektion mittels des Trinkwassers samt der Schale von den Magensäften aufgelöst und damit unschädlich gemacht.



Fig. 437. Eier von a *Ascaris*, b *Oxyuris*, c *Trichocephalus*, d *Anchylostomum*, e *Bothriocephalus*, f *Taenia saginata*, g *Taenia solium*. (Nach Leuckart.) Stark vergr.

Madenwurm (*Oxyuris vermicularis*, Fig. 438). Ein bis 1 cm langer und den Schmeißfliegenmaden ähnlicher Wurm, der sich häufig zu

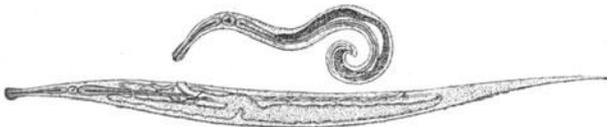


Fig. 438. *Oxyuris vermicularis*, Weibchen und Männchen. $\frac{1}{2}$ l. (Nach Leuckart.)

Tausenden im menschlichen Enddarm findet. Bei dieser Art findet die Entwicklung des Embryos bereits im Wurmkörper statt, so daß die Eier schon beim Verlassen des menschlichen Körpers wieder zu einer neuen Infektion imstande sind, sie brauchen dazu nur durch den Mund wieder aufgenommen zu werden. Das Ei ist in Fig. 437, b dargestellt, zeigt nur etwa die halbe Länge wie das des Spulwurms (Dicke: 0,02—0,025 mm), glatte Schale und im Innern den bereits ausgebildeten, in seiner Wurmgestalt deutlich erkennbaren Embryo. — An und für sich bedingt das Vorhandensein dieser Würmer im End-

darm keine besonderen Beschwerden, aber sie haben die Eigentümlichkeit, während der Nachtruhe aus dem After hervorzukriechen; hier rufen sie Reizzustände hervor, zumal wenn sie bei weiblichen Personen in die Geschlechtswege hineinwandern. Sie werden so nicht selten die Veranlassung zu schwerer unbewußter Onanie bei ganz jugendlichen Personen und müssen deshalb stets sehr ernst genommen werden. Die Bekämpfung besteht in erster Linie in der Verhinderung von neuen Infektionen.

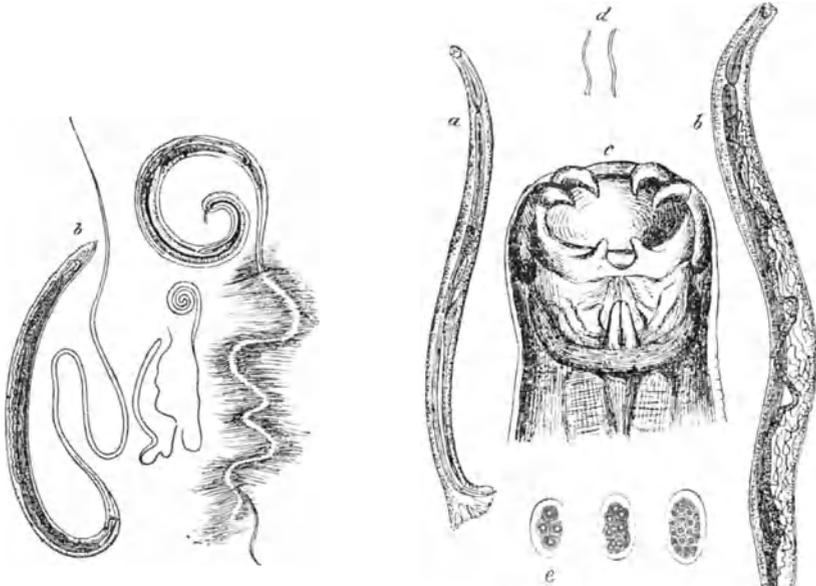


Fig. 439. *Trichocephalus dispar*. a Männchen, b Weibchen. Nat. Größe u. schwach vergrößert. (Nach Leuckart.)

Fig. 440. *Anchylostomum duodenale* a Männchen, b Weibchen, c Kopf, d natürl. Größe. (Leuckart.)

Peitschenwurm (*Trichocephalus dispar*, Fig. 439). — Ein bis $\frac{1}{2}$ cm langer und 1 mm dicker, fadenförmiger Wurm. Derselbe ist nur selten in größerer Menge vorhanden, meist sitzen wenige Exemplare besonders im Blinddarm des Menschen. Die Eier (Fig. 437, c) werden mit den Fäzes an die Außenwelt befördert; sie entwickeln sich in feuchter Erde und Wasser und gelangen wahrscheinlich mit dem letzteren oder vielleicht mit Salat in den Körper.

Grubenwurm (*Anchylostomum duodenale*, Fig. 440). — Ein höchst gefährlicher Eingeweidewurm der wärmeren Klimate, der durch italienische Tunnelarbeiter auch nach Deutschland verschleppt wurde und besonders in Bergwerken und Ziegeleien hier und da epidemisch auftritt. Dieser Wurm wird bis 18 mm lang; seine Mundkapsel (Fig. 440, c) ist mit vier scharfen, krallenförmigen Haken und zwei schwächeren Zähnen versehen. Mit Hilfe dieser Waffen setzt

er sich im Dünndarm fest und saugt hier Blut. Er wechselt dabei häufig den Platz, die einmal geschlagenen Wunden bluten lange nach, wodurch gefährliche Chlorosen hervorgerufen werden. Ein Ei dieses Parasiten ist in Fig. 437, *d* dargestellt; es entwickelt in den Fäzes oder in Erde bei genügender Feuchtigkeit und Wärme oder im Wasser selber schon in wenigen Tagen einen Embryo, der eine Zeitlang im Wasser lebt und entweder mit dem Trinkwasser und feuchter Erde oder auch durch die Haut in den Menschen gelangt.

Erkennung der Anchylostomiasis oder Doehmiöse. — Die „Bergmannskrankheit“ ist gegenwärtig eine weitverbreitete Krankheit unter den Bergleuten in Westfalen. Sie äußert sich in allgemeiner Blässe des Gesichts und der sichtbaren Schleimhäute. Die Leute sind grauweiß im Gesicht und an den Ohren; die Lippen, das Zahnfleisch sind blaß, die Augenbindehäute weiß; trotzdem sind die Träger des Parasiten oft noch kräftig, lange Zeit frei von Beschwerden, nur in schwereren Fällen klagen sie über Müdigkeit. Die Krankheit verläuft ohne Milzschwellung; Herzfehler, Nierenleiden sind auszuschließen.

Die Diagnose der Krankheit wird gesichert durch die mikroskopische Feststellung der *Anchylostomum*-Eier (Fig. 437, *d*) im Stuhl. Diese sind mit Eiern von *Oxyuris vermicularis* (Fig. 437, *b*) zu verwechseln. Die Untersuchung der Fäzes muß möglichst frisch vorgenommen werden. Von weichem Stuhl nimmt man eine dünne, für das bloße Auge gut durchsichtige Schicht, trockenen Stuhl verdünnt man mit destilliertem Wasser. Vergrößerung mindestens 300fach. Bei negativem Ergebnis ist mindestens dreimaliges Untersuchen an verschiedenen Tagen nötig. Auch nach erfolgreicher Kur gehen oft noch zwei Wochen lang Eier ab, die so lange in den Darmfalten hängen bleiben.

Bandwürmer.

Von der Wurmgruppe der Cestoden sind eine große Anzahl von Arten bekannt geworden, die obligate Darmschmarotzer der verschiedensten Tiere sind. Alle Bandwürmer haben gemeinsam die Eigenschaft, daß sie nicht als einzelne Tiere, sondern als Tierkolonien betrachtet werden müssen in der Weise, daß das vorderste Glied (der Kopf, *Scolex*) die Mutter darstellt, von der die übrigen Tiere (die Einzelglieder, Proglottiden) durch terminale Knospung gebildet werden. Die Glieder am Kopf sind deshalb die zuletzt entstandenen, sie sind stets unentwickelt (nicht geschlechtsreif). In der Mitte des Tieres finden sich in jedem Glied männliche und weibliche Geschlechtsorgane; in dieser Region findet die Befruchtung der Eier statt. Die hintern Glieder, die allmählich abgestoßen und mit dem Kot des Wirtes entleert werden oder auch gelegentlich den Darm selbständig verlassen, enthalten die befruchteten Eier in ungeheurer großer Zahl. Ein Glied des Schweinebandwurms enthält ungefähr 50 000 Eier, ein ganzer Bandwurm von 1500 Gliedern also gegen 75 000 000.

Diese große Übermenge von Eiern ist für die Erhaltung der Bandwurmart notwendig, da die Weiterentwicklung derselben manchen Widrigkeiten ausgesetzt ist. Die Eier entwickeln sich nämlich nur weiter, wenn sie in den Magen eines geeigneten, meist durchaus spezifischen Zwischenwirts gelangen. Für den Schweinebandwurm (*T. solium*) ist dieser Zwischenwirt meist das Schwein, doch kann die Entwicklung im Gegensatz zu dem Rinderbandwurm auch im Menschen selbst erfolgen. Aus diesem Grunde ist der Mensch mit einem Schweinebandwurm für sich und seine Umgebung eine Gefahr, denn die Finne kann sich im Auge oder im Gehirn festsetzen und schwere Krankheitszustände hervorrufen, ja das Leben des Trägers gefährden.

Frißt ein Schwein Bandwurmeier enthaltenden Kot, so wird zunächst die dicke Schale der Eier (Fig. 437, *g*) gelöst; die in ihnen enthaltenen, schon entwickelten Embryonen werden frei und durchbohren mittels der sechs Embryonalhäkchen die Darmwand des Zwischenwirts. Sie werden durch das Blut nun an die verschiedensten Stellen des Körpers geschwemmt und entwickeln sich zu Finnen.



Fig. 441. Die im Rindvorkommende Finne der *Taenia saginata* mit ausgestülptem Kopf (*Scolex*). Vergr. $\frac{2}{1}$.

Die Finne der Schweine (der Blasenwurm) wohnt zwischen den Muskelfasern dieser Tiere und bildet mit unbewaffnetem Auge leicht erkennbare weiße oder halbdurchsichtige mehr oder weniger walzenförmige, senfkorn- bis erbsengroße Blasen innerhalb einer häutigen weißen Kapsel, die mit dem umgebenden Fleische verwachsen ist. In dem Fleische



Fig. 442. Hakenkranz des Schweinebandwurmes. Vergr. $\frac{30}{1}$.

der Schweine, der Rinder (Finnen von *T. saginata*, Fig. 441) und anderer Tiere, auch im Fleische des Menschen findet man die Finnen häufig in unzähliger Menge. Nimmt man die Finne aus ihrer Umgebung heraus und bringt sie in lauwarmes Wasser, so streckt sie nach und nach Kopf und Hals aus ihrem blasenförmigen Körper (Schwanzblase) heraus. Unter dem Mikroskop findet man an dem Kopfe schon bei schwacher Vergrößerung vier wulstige, in ihrer Mitte vertiefte Erhabenheiten, Saugnäpfe (Fig. 443), und bei der Schweinefinne inmitten derselben einen Hakenkranz (Fig. 442). Gelangt die Finne lebend in den menschlichen Magen, was beim Genusse rohen Schweine- und Rindfleisches oder roher Wurst, oder nicht genügend gekochten oder geräucherten Fleisches geschehen kann, so entwickelt sie sich hier wieder zum Bandwurm, indem der Kopf sich an die Wandung der Verdauungswege ansaugt, die Blase verliert und nun Glied auf Glied an seinem Halsteil abschnürt. Die so entstehenden bandförmigen Glieder (Proglottiden) werden größer und größer, so daß ein aus vielen Hunderten von Proglottiden bestehender Bandwurm eine Länge von 3 m erreicht.

Der Kopf des Schweinebandwurms (*Taenia solium*) hat eine Breite von etwa 1 mm, der darauffolgende ungegliederte Hals eine Länge von 10 bis 15 mm, die folgenden Proglottiden oder Glieder je eine Länge von 0,1 bis 13,0 mm, und zwar sind sie um so weniger lang, je näher sie dem Kopfe liegen. Die Breite der Glieder steht in einem gleichen Verhältnisse und beträgt 1,3 bis 6,3 mm. Das Bandwurmei, 0,02 bis 0,03 mm im Durchmesser, erscheint unter dem Mikroskop als ein braunes, kugelig ovales Körperchen. Gelangen diese Eier in den Magen oder Darmkanal des Schweins, so schlüpfen die Embryonen wieder aus in Form kleiner wasserheller Bläschen mit vier bis sechs paarweise angeordneten Häkchen, die sich mittels dieser Häkchen in die Darmzotten einbohren, in den Blutstrom kommen und durch diesen an irgendeinen für ihre Weiterentwicklung günstigen Ort (Muskel, Leber, Lunge, Gehirn usw.) gelangen.



Fig. 443. *Taenia solium*. Kopf und ein überreifes Glied mit Uterus und Geschlechtsporus. $\frac{3}{1}$.



Fig. 444. *Taenia saginata*. Kopf und überreifes Glied mit Uterus und Geschlechtsporus. $\frac{2}{1}$. (Nach Braun.)



Bei anderen Bandwurmartarten findet sich ein ähnlicher Generationswechsel und Entwicklungsverlauf. Bei Untersuchung eines Bandwurms auf Anwesenheit des Kopfendes und des Fleisches auf Vorkommen von Finnen genügt einfach die Lupe, zur Erkennung der Eier eine 50fache Vergrößerung.

Die wichtigsten Bandwürmer der Menschen sind:

a) *Taenia solium*, der Schweinebandwurm; diese Art wurde als Paradigma der Bandwurmentwicklung im vorhergehenden beschrieben.

b) *Taenia saginata*, der Rinderbandwurm; unterscheidet sich von *T. solium* durch das Fehlen des Hakenkranzes am Kopf und die kräftige Muskulatur der Saugnäpfe (Fig. 444). Die Proglottiden der beiden Arten unterscheiden sich insofern, als die Verästelung des Uterus bei *T. saginata* eine viel reichere ist als bei *T. solium* (vgl. Fig. 443 und 444), auch sind die abgegangenen Glieder muskel-

kräftiger und daher beweglicher. Sie kriechen nämlich aus dem Kot hervor und klettern selbständig an Grashalmen herauf, wodurch es allein verständlich wird, daß sich Rinder mit diesen Abgängen des menschlichen Darmes infizieren können.

b) *Taenia echinococcus*, der Hundebandwurm (Fig. 445). — Im Gegensatz zu den beiden vorher besprochenen Arten, bei denen die geschlechtsreifen Würmer im Menschen, die Finnen dagegen in Haustieren leben, ist bei *T. echinococcus* der Mensch der Finnenträger (Zwischenwirt), während die entwickelten Schmarotzer oft zu Tausenden im Darm des Hundes sich finden. Der ausgebildete Wurm besteht nur aus drei bis vier Gliedern, deren hinterstes in reifem Zustand länger ist als der ganze übrige Körper, es wird 3 bis 5 mm lang. Durch allzugroße Hundefreundschaft (Anlecken usw.) werden die Eier auf den Menschen übertragen und entwickeln sich in ihm, besonders in der

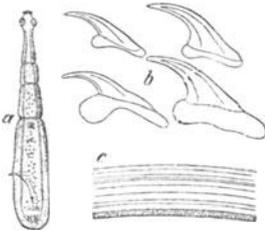


Fig. 445. a *Taenia echinococcus* des Hundes, b Haken, c Membranstück einer Echinokokkusblase. (Nach Leuckart.)

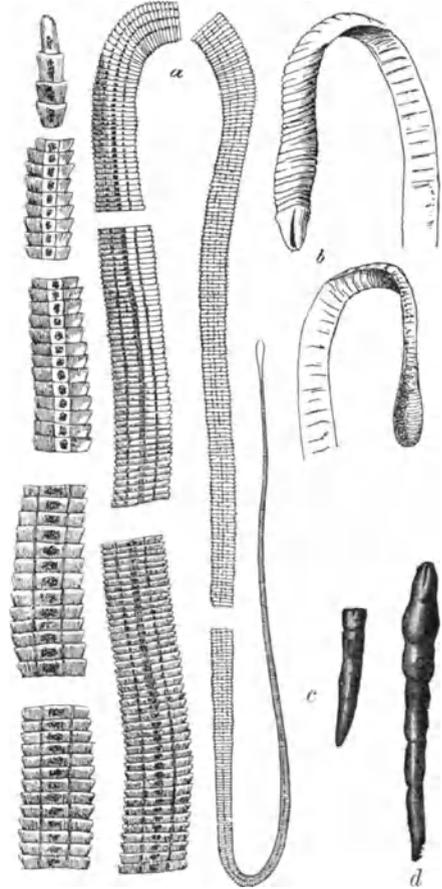


Fig. 446. *Bothriocephalus latus*. a Wurm, abschnittsweise, nat. Größe, b Kopf in Seiten- und Vorderansicht, vergrößert. (Nach Leuckart.) c Skolex mit eingestülptem, d mit ausgestülptem Vorderteil. ?1. (Nach Hofer.)

Leber, doch auch in andern Organen zu Finnen, die im Gegensatz zu den vorher besprochenen Formen meist zu großen, manchmal 1 kg schweren Wasserblasen heranwachsen und schwere Leiden verursachen, auch den Tod der Betroffenen herbeiführen können. Bemerkenswert an ihnen ist die Fähigkeit, durch Knospung der inneren Wandschicht (Fig. 445, c) nicht nur einen Skolex, sondern viele Hunderte zu bilden, die ihrerseits wiederum dieselbe Fortpflanzungs-

fähigkeit haben, so daß schließlich aus dem einen Bandwurmei Tausende von Skolizes, also Bandwurm-Ammen entstehen.

d) *Botriocephalus latus* (Fig. 446). — Ein Schmarotzer, dessen wurm- und nicht blasenförmige Larve in der Leibeshöhle von Copepoden lebt, deren Skolex nicht gleich zur Bandwurmkette auswächst, wenn er von einem Fisch aufgenommen wird, sondern hier erst zu einem freien Skolex wird, indem er den winzigen blasenförmigen Anhang verliert. Dieser findet sich in der Muskulatur des Flußbarsches, einiger Florellenarten, der Quappe und des Hechtes Ostpreußens, besonders des Kurischen Haffs. Dementsprechend kommt auch der Bandwurm besonders in den Ostseeprovinzen, aber auch in den Westkantonen der Schweiz und den angrenzenden Teilen Frankreichs oft im Menschen vor. Es wächst bis zu 9 m mit 3000 bis 4000 kurzen (3,5 mm) und breiten (10 bis 20 mm) Gliedern. Der flache Kopf besitzt an den Seiten zwei Sauggruben. Die charakteristischen Eier dieses Wurms sind Fig. 437, *e* dargestellt.

Sporozoen.

Sporentierchen nennen wir nach Leuckarts Vorschlag eine parasitisch lebende Sippe der Einzelligen, die im Laufe ihres Entwicklungskreises festwandige, an Pflanzensporen erinnernde Fortpflanzungskörper produzieren. Die Ausbildung der Sporen findet

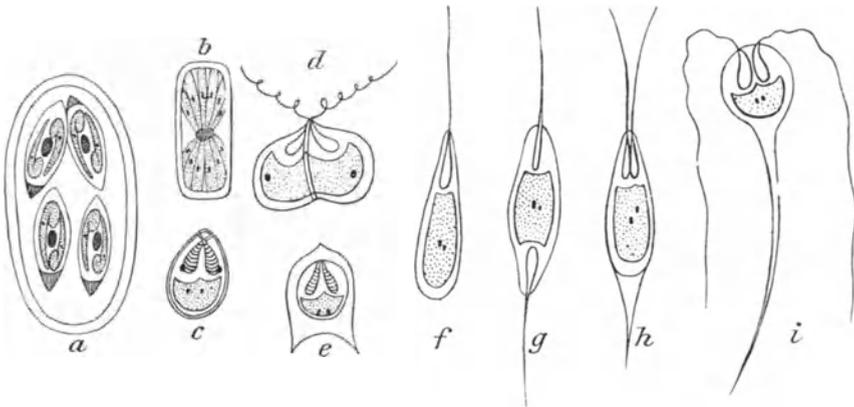


Fig. 447. Sporozoenkeime. *a* Cyste von *Coccidium oviforme* mit vier Sporen, in jeder Spore zwei Keime und ein Restkörper. *b* Gregarinspore mit zahlreichen Keimen. *c*–*i* verschiedenartige Sporen von Myxosporidien, teils mit Spiralfäden innerhalb der Polkapsel, teils mit vorgeschnelltem Spiralfäden.

ihre Erklärung darin, daß diese Keime mit den Abgängen der Wirtstiere oder anderswie mehr oder weniger lange Zeit ins Freie, sei es ins Wasser oder aufs Land gelangen, wo sie ungeschützt zugrunde gehen würden. Es kann uns daher nicht Wunder nehmen, daß diejenigen Sporozoenformen, die im Blute parasitieren und durch blut-saugende Tiere auf andere Wirte übertragen werden, wie z. B. die

Malariaparasiten, die Ausbildung solcher festwandiger Sporen unterlassen. Die verschiedenen Gruppen der Sporozoen begegnen uns im gewöhnlichen Leben recht häufig, da unsere Haustiere vielfach davon heimgesucht werden. Um einen Vertreter der Gregarinen kennen zu lernen, braucht man nur einen Regenwurm zu öffnen und ein Stückchen von den sog. Samenblasen unter das Mikroskop zu nehmen — man wird stets zahllose Sporen einer *Monocystis*-Art zu Gesicht bekommen. Eine Gregarinspore ist in Fig. 447, *b* abgebildet.

Coccidien-Sporen sind nicht selten, aber doch nicht so regelmäßig als die vorgenannten zu finden. Wenn unter den Kaninchen oder Meerschweinchen einer Zucht viel Todesfälle auftreten, hat man Aussicht, im Darm und in der Leber der Tiere Zysten mit Sporen von *Coccidium oviforme* nachweisen zu können. In der Sporenhülle liegen zwei Keime und ein sog. Restkörper (siehe Fig. 447, *a*).

Besonders häufig und artenreich trifft man Vertreter der Myxosporidien bei unseren Fischen. An den Kiemen, in der Haut, in der Schwimmblase, in den Nieren usw. entwickeln sich häufig kleine Geschwülste, deren Inhalt, wie man durch mikroskopische Untersuchung leicht feststellen kann, aus vielen Tausenden von absonderlich geformten Sporen besteht. Wir bilden in Fig. 447, *c—i* eine Reihe verschiedenartiger Sporen ab und erkennen an ihnen trotz der Verschiedenartigkeit stets dieselben Bestandteile, nämlich einen protoplasmatischen Zellkörper (den eigentlichen Keim) und einen oder zwei kleine birnförmige Gebilde, die entweder einen Spiralfaden im Innern erkennen lassen (*c* und *e*) oder aber je einen fadenförmigen Fortsatz nach außen entsendet haben (*d*, *f*, *g*, *h* und *i*). Dies sind die sog. Polkapseln, die unter bestimmten Umständen, z. B. beim Einwirken der Magensäfte, ihren Spiralfaden hervorschnellen, der sich dann in die Schleimhaut des Wirtes einbohrt und so die Spore vor Anker legt. Die Hülle dieser Sporen besteht aus zwei Hälften (siehe Fig. 447, *d*), die sich allmählich trennen, so daß dann der amoeboid bewegliche Keim in benachbarte Epithelzellen einwandern kann.

Dieser wächst an den ihm zu sagenden Stellen zu einem Synzytium von ziemlich beträchtlicher Größe aus, in dem sich nach und nach kleinere scharf umgrenzte Partien unterscheiden lassen. Diese zeigen zuerst eine Vermehrung der stärker färbbaren Kernsubstanzen (Fig. 448, *a*) und

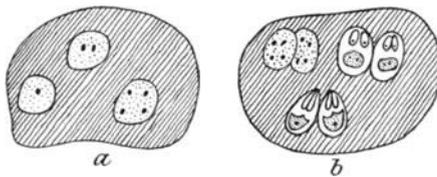


Fig. 448. Entwicklung der Sporen in dem Synzytium der Myxosporidien. (Schematisch.)

dann eine Teilung, die zur Bildung der bereits beschriebenen Sporen führt (Fig. 448, *b*).

Solche Synzytien mit Sporen sind auch die in der Muskulatur der Schweine und Schafe, aber auch bei anderen Säugetieren und

auch bei Vögeln vorkommenden und seit langem bekannten Miescher'schen Schläuche mit den Rainey'schen Körperchen, die wir heute als Sarkosporidien bezeichnen (Fig. 449). Sie sind von ansehnlicher



Fig. 449. Junge *Sarcocystis tenella* vom Schaf (0,047 mm lang). (Nach Bertram.)

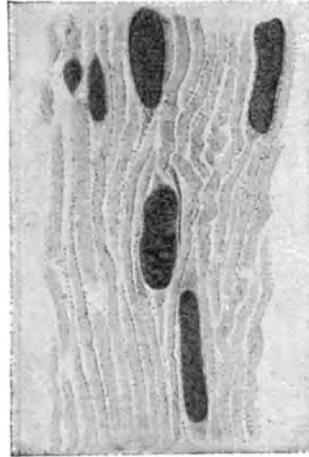


Fig. 450. Längsschnitt durch einen Muskel eines Schweins mit *Sarcocystis miescheriana*. (Nach Braun.)

aber verschiedener Größe (man trifft Schläuche von 1½ mm, aber auch von 4 mm, ja von 4 cm Länge) und infolge ihrer weißlichen Färbung bereits mit unbewaffnetem Auge zu erkennen. Unter dem Mikroskop, bei durchfallendem Lichte, erscheinen sie dunkler als die Fleischfaser (Fig. 450), sehr stark mit den Schläuchen durchsetztes Muskelfleisch sieht graustreifig und mißfarben aus. Ein kräftiger Druck auf das Deckglas eines frischen Präparates läßt die zahllosen Sporen aus dem platzenden Synzytium heraustreten, Fig. 451 gibt die sichelförmigen Sporen der bei fast allen unseren Schafen in der Muskulatur des Schlundes vorkommenden Form wieder.

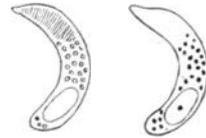


Fig. 451. Sporen von *Sarcocystis tenella*: links frisch mit Polkapsel, rechts gefärbt. (Nach Laveran und Mesnil.)

b) Beispiele von wichtigen, durch Tiere hervorgerufenen Pflanzenkrankheiten.

Stockkrankheit des Roggens. (Fig. 452, 453.)

Diese Krankheit wird hervorgerufen durch ein zu den Rundwürmern gehöriges Ächen, *Tylenchus dipsaci*, dessen Larven vom Boden aus in die unteren Stengelteile und Blätter der Roggenpflanze einwandern und in ihrer Umgebung eine Hypertrophie der Gewebe verursachen. Die Parenchymzellen der betroffenen Gewebepartien vergrößern sich und teilen sich reichlicher als bei den gesunden Pflanzen, während das Längenwachstum des ganzen Organes fast ganz aufhört.

Hierdurch bekommen die befallenen Pflanzen ein sehr charakteristisches Aussehen, das darin besteht, daß der Stengelgrund sich verdickt und oft eine zwiebelartige Gestalt annimmt. Auch die unteren Blattscheiden werden breiter und nehmen eine mehr fleischige Konsistenz an; ihre Gestalt zeigt sich auch durch eintretende Verkürzung und meist vorhandene Kräuselung verändert. An solchen Pflanzen ist die Bewurzelung nur schwach ausgebildet, auch das Längenwachstum leidet, so daß oft die Ähren in der Scheide stecken bleiben. Die erkrankten Pflanzen werden meist frühzeitig gelb und sterben ab.

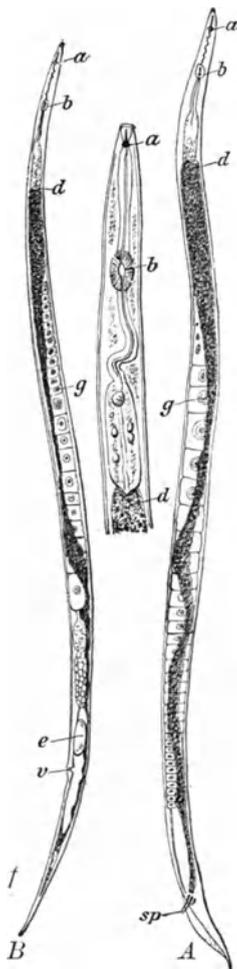


Fig. 452. *Tylenchus dipsaci*. A Männchen, B Weibchen, C Vorderende stärker vergrößert. — a Mundstachel, b Bulbus, d Darm, e Ei, g Geschlechtsorgane, sp Spikula, v Vulva, r Enddarm. Nach Ritzema Bos, A u. B etwa $100/1$, C $250/1$.

Die Älchen (Fig. 452) finden wir leicht in mikroskopischen Schnitten. Sie sind 1—1,5 mm lang, drehrund, an beiden Enden zugespitzt; ihre Länge verhält sich zur Breite wie 40—45:1, die Länge des Schwanzes beträgt $1/16$ — $1/17$ von der des Körpers. Die Männchen haben eine mehr plötzliche Verjüngung des Schwanzes und sind ausgezeichnet durch die „Bursa“, eine auf beiden Seiten der Begattungsöffnung vorspringende Hautfalte. Die Weibchen haben ein mehr allmählich verschmälertes Hinterende. — Der am Vorderende befindliche Mund erweitert sich zur Mundhöhle, durch die ein am Hinterende verdickter Mundstachel läuft, der durch besondere Muskeln vorgeschoben und zurückgezogen werden kann. Die sich an die Mundhöhle anschließende Speiseröhre dient gleichzeitig als Saugrohr, sie besitzt eine besondere Anschwellung, den Ösophagalbulbus, der als Pumpe dient. Sie setzt sich in den Darm fort, der am Schwanzanfang mündet. Beim Männchen finden sich in der Kloake zwei Chitinvorsprünge, die Spikula, beim Weibchen mündet der Eileiter gesondert von dem Darmausgang in der Vulva. Die Fortpflanzung geschieht auf geschlechtlichem Wege.

Außer den geschlechtsreifen Tieren findet man in den kranken Pflanzenteilen häufig auch die Eier, die in den Hohlräumen zwischen den Parenchymzellen liegen (Fig. 453). Aus diesen Eiern schlüpfen die Larven, die später ebenso wie die erwachsenen Tiere in den Boden gehen und von da aus in neue Nährpflanzen einwandern können.

Im trockenen Boden können die Älchen lange Zeit scheinot liegen. Da eine solche Eintrocknung in den oberen Schichten oft eintritt, ist die Verschleppung durch oberflächliche Bodenbearbeitung, durch Wind und ähnliche Umstände leicht möglich. Andauernd in feuchter Erde, gehen die Tiere allmählich aus Nahrungsmangel zugrunde, auch können sie häufigeren Wechsel zwischen Trockenheit und Nässe nicht gut vertragen.

Außer auf Roggen geht *Tylenchus dipsaci* auch auf eine große Anzahl anderer Pflanzen über und erzeugt auf ähnliche Weise die Stockkrankheit des Hafers, des Klees, des Buchweizens, eine Krankheit der Pferdebohne, der Zwiebel und Hyazinthe und wahrscheinlich auch die Nematodenfäule der Kartoffel.

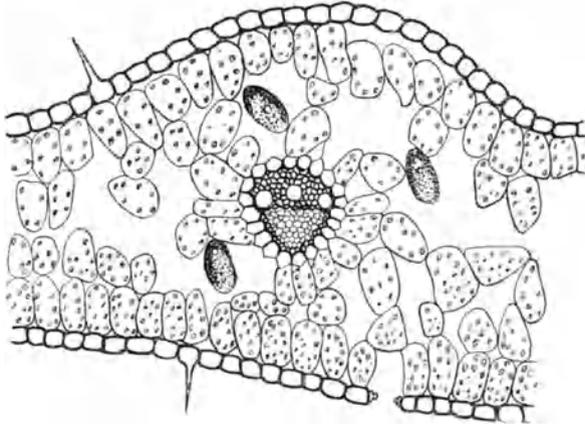


Fig. 453. Querschnitt durch ein krankes Roggenblatt mit drei Eiern von *Tylenchus dipsaci*.

Als Bekämpfungsmittel bedient man sich sogenannter „Fangpflanzen“, als deren geeignetste der Buchweizen zu bezeichnen ist. In diese gehen die Älchen leicht hinein und steigen ziemlich weit in die Höhe; durch tiefes Abmähen oder Ausreißen und gründliches Vernichten der herangewachsenen Buchweizenpflanzen kann man die größte Menge der Älchen von den Feldern entfernen. Auch eine gute Düngung, die das Wachstum der Pflanzen beschleunigt, sowie tiefes Umpflügen, das die Älchen in die tieferen, feuchten Bodenschichten bringt, und der Anbau von Hackfrüchten trägt zur Verminderung des Befalles bei.

Gicht- oder Radekrankheit des Weizens. — (Fig. 454.)

Auf Weizenfeldern findet man in den Ähren meist etwas zurückgebliebener Pflanzen, deren Blätter häufig gedreht und etwas verdickt sind, Körner, die den Steinbrandkörnern ähnlich sind. Dieselben haben eine dicke, ziemlich feste Schale und enthalten in ihrem Innern eine weißliche, zerkrümelnde Substanz, die sich bei mikroskopischer Betrachtung als aus unzähligen Älchen der Art *Tylenchus tritici* bestehend erweist. In trockenem Zustande sind die Älchen bewegungslos, leben aber sehr rasch auf, sobald sie befeuchtet werden. Fallen diese Körner aus oder kommen sie mit dem Saatgut in den Boden, so wird die Schale durch die Feuchtigkeit zerstört, die Älchen werden frei und wandern in die jungen Weizenpflanzen, in denen sie zwischen Blattscheide und Halm leben, bis die Ähre vorgebildet ist. Dann dringen sie in die jungen Blütenanlagen ein und veranlassen diese zu einer Gallbildung, eben dem Gicht- oder Radekorn.

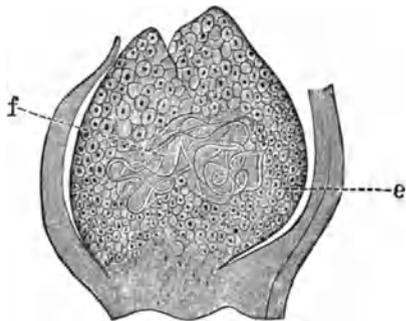


Fig. 454. Durchschnitt durch ein Radekorn. e Gewebewucherung, f Älchen. (Nach Prillieux.)

Im mikroskopischen Schnitt durch eine junge Galle (Fig. 454) sieht man, daß sie aus sehr großkernigen Zellen besteht, die zunächst nur dünne Membranen haben. Später verdicken sich die Gallwände besonders nach außen hin, während im Innern fast nur noch Älchen zu finden sind. Die inzwischen herangewachsenen und geschlechtsreif gewordenen Männchen sind 2—2,3 mm, die Weibchen 2,5—5 mm lang und ähneln in ihrem Körperbau den vorhin beschriebenen Älchen der Stockkrankheit.

Anfang Juni legen die Weibchen in der Galle zahlreiche Eier, aus denen die Larven auskriechen. Diese sind es, die man in den reifen Gichtkörnern findet. Sie sind außerordentlich widerstandsfähig gegen Trockenheit, Hitze und Kälte; man kann daher Radekörner jahrelang als Demonstrationsobjekte aufbewahren.

Die Bekämpfung dieser Krankheit besteht darin, daß man verdächtiges Saatgut sibt und die abgesiebten Gichtkörner vernichtet. Außerdem muß man Felder, die radekranken Weizen getragen haben, tief umpflügen und für einen rationellen Fruchtwechsel Sorge tragen.

Nematodenkrankheit der Zuckerrübe. — (Fig. 455.)

Ebenfalls zu den Rundwürmern gehört einer der schlimmsten Schädlinge der Zuckerrübe, die Rübennematode, *Heterodera schachtii*. Aus den Eiern dieses Tieres entschlüpfen etwa 0,5 mm lange, vorn stumpfe und hinten spitze Larven (Fig. 455, A), bei denen sich schon ein kräftiger Mundstachel erkennen läßt. Dieser ist am hinteren Ende mit drei deutlichen Anschwellungen versehen und dient der Larve beim Eindringen in die Seitenwurzeln der Rübe als Werkzeug. Die eingewanderten Tiere häuten sich mehrmals und bekommen das Aussehen einer Flasche mit abgerundetem Boden und breitem Hals (Fig. 455, B). Dabei wird auch der Stachel durch einen neuen, etwas schwächeren ersetzt, bei dem die Vorsprünge ausgesprochener kugelig sind als bei dem der Larve (Fig. 455, C). Diese Form ist aber noch nicht die endgültige, sondern es tritt nunmehr eine auch in der äußeren Gestalt deutlich kenntliche Differenzierung der Geschlechter ein. Das fadenförmige, etwa 1 mm lange Männchen (Fig. 455, D) verläßt die letzte Larvenhaut, in der es aufgewunden lag (Fig. 455, B); die von nun an unbeweglich festsitzenden Weibchen schwellen zu dicken, zitronenförmigen Körpern an (Fig. 455, E). Das Rindengewebe der Wurzel, unter dem sie sitzen, wird dadurch emporgewölbt, später zerfasert es, und schließlich sind die Weibchen von den sich ablösenden Gewebefasern nur noch ganz spärlich bedeckt. Da der Angriff meist von zahlreichen Nematoden gleichzeitig erfolgt, sehen die Wurzeln, aus denen die Hinterleiber der Weibchen herausragen, wie mit Sandkörnern bestreut aus. Um diese Zeit werden die Weibchen von den Männchen, die zu diesem Zwecke die Wurzel verlassen, begattet; ihr ganzer Leib füllt sich mit Eiern an und die Tiere sterben ab. Alle Stadien besitzen eine sehr charakteristische Kopfkappe, die innen Chitinleisten besitzt (Fig. 455 C, k).

Die Bekämpfung geschieht durch Fangpflanzen, wozu sich besonders Sommerrüben (*Brassica Rapa oleifera annua*) eignet. Für die Entfernung desselben

ist von großer Wichtigkeit, das richtige Stadium in der Entwicklung der Nematoden zu treffen. Dieses stellt man fest, indem man einige Proben der Rübsenpflanzen herausnimmt und unter Vermeidung heftiger Bewegung im Wasser aus-

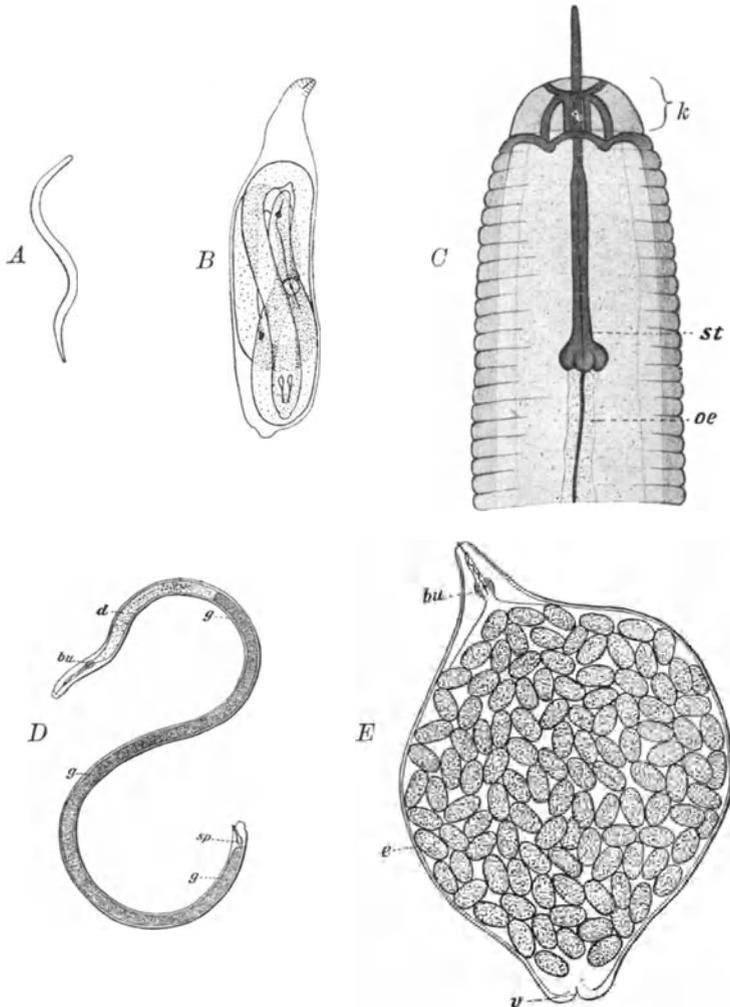


Fig. 455. *Heterodera schachtii*. A Larve, B männliche Larve vor der letzten Häutung, C Vorderende des Männchens, (k Kopfkappe mit Chitinleisten, st Stachel, oe Ösophagus), D Männchen, E Weibchen, bu Bulbus, d Darm, g Geschlechtsapparat, sp Spicula, e Eier, v Vulva.
(A, C, D, E nach Marcinowski, B nach Strubell.)

wäscht. Die gewaschenen Wurzeln werden etwa zehn Minuten in eine Jodjodkaliumlösung gelegt, mit Wasser abgespült, auf Filtrierpapier etwas abgetrocknet, mit Glycerin auf einen Objektträger gebracht und mit einem großen Deckglas überdeckt. Findet man dabei vollentwickelte, aber noch in der Larvenhaut steckende männliche Tiere (Fig. 455, B), so ist die richtige Zeit zum Zerstören der Fangpflanzen gekommen.

Spinnmilben (*Tetranychidae*, Fig. 456).

Gehören zu den verbreitetsten Pflanzenschädlingen. Sie sind in der Auswahl der Pflanzen, die sie befallen, durchaus nicht wählerisch

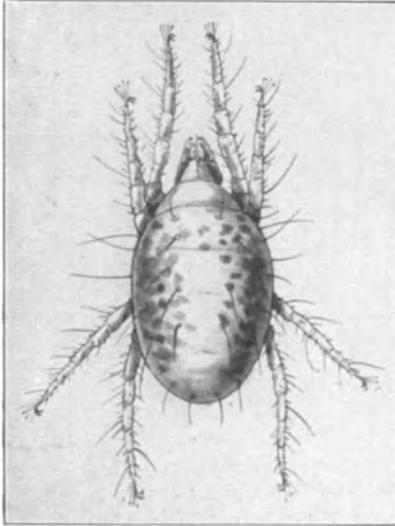


Fig. 456. Spinnmilbenweibchen. $\times 100$.
(Nach Fulmeck.)

und kommen sowohl an Gräsern, Bohnen, Rüben wie auch an anderen krautigen Gewächsen, vor allem aber an den verschiedensten Bäumen und Sträuchern vor. An Hopfen verursachen sie eine als „Kupferbräune“ bezeichnete Erkrankung, die sich in rotbrauner Färbung der Blätter äußert. Auch den Reben fügen sie oft schweren Schaden zu. Die Blätter, an denen sie in größerer Anzahl sitzen, verfärben sich frühzeitig, indem sie je nach der Pflanzenart einen grauen, gelblichbräunlichen oder gelblichrötlichen Farbenton annehmen, vorzeitig vertrocknen und abfallen. Auf der Unterseite dieser Blätter sieht man mit bloßem Auge, deutlicher noch mit der Lupe ein Gespinst, zwischen dem man außer zahlreichen abge-

streiften Häuten und den weißlichen Eiern die zu den Milben gehörige „Spinne“ in den verschiedensten Altersstadien findet.

Aus den Eiern geht zunächst eine 6-füßige Larve hervor, an der sich nach einem Ruhestadium die 8-füßige Nymphe entwickelt. Nach einem weiteren Ruhestadium erscheinen sodann die geschlechtsreifen männlichen und weiblichen Tiere.

Das ausgewachsene Tier ist 200—400 μ lang, oval, gelblich bis rötlich gefärbt, meist dunkel gefleckt, die ♀ stets größer als die ♂. Bei auffallendem Lichte sieht man deutlich beiderseits je einen roten Augenfleck, der bei durchfallendem Licht jedoch unsichtbar wird. An allen Tarsengliedern sind die für die ganze Familie charakteristischen vier Haftborsten zu erkennen. Im übrigen ist der feinere Bau der Tarsen für die Gattungen kennzeichnend. *Paratetranychus* besitzt eine Klaue und darunter ein aus 4—6 Borsten gebildetes Empodium. Bei den anderen Gattungen ist nur das Empodium erhalten, das bei *Schizotetranychus* die Form einer 2-spaltigen, kräftigen Klaue besitzt, bei *Tetranychus* und *Epitetranychus* als 4-teilige, in sehr feine Spitzen endende Klaue erscheint. Kennzeichnend ist ferner die Ausbildung der paarig im vordersten Körperabschnitt gelegenen Atmungsorgane, der sogenannten Kragentracheen, die teils einfach, teils verzweigt sind,

und des männlichen Kopulationsorgans, das bei der Lindenspinnmilbe (*Tetranychus telarius* L.) schlank und gerade, bei den anderen Arten hakenförmig gekrümmt ist. Die im Herbst gelblichrote bis zinnoberrote Färbung annehmenden ♀ überwintern entweder zwischen Rindenspalten und an geeigneten Plätzen des Bodens, von wo aus die Neubesiedlung der Nährpflanzen im Frühjahr erfolgt, oder legen an die Triebe der Nährpflanzen ihre rotgefärbten Wintereier ab.

Die Bekämpfung ist noch nicht gründlich erforscht, doch kann man durch Bespritzen des Bodens und der Holzteile von Bäumen und Sträuchern vor dem Austreiben mit einer 10—15proz. Eisenvitriollösung sowie durch häufigeres Bespritzen der Pflanzen während des Sommers mit Wasser die Ausbreitung der Roten Spinne einigermaßen verhindern.

Weinblattmilben. (Fig. 457, 458.)

Eine der verbreitetsten Weinstockkrankheiten ist die sogenannte Phytophosis, die durch die zur Gruppe der Gallmilben gehörige Weinblattmilbe, *Eriophyes* (*Phytoptus*) *vitis*, hervorgerufen wird. Diese Tiere siedeln sich auf der Unterseite, seltener auf der Oberseite der Blätter an und veranlassen durch einen von ihnen ausgehenden Reiz eine eigentümliche Ausstülpung der Epidermiszellen zu schlauch-

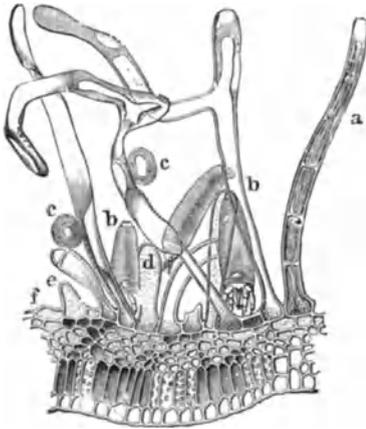


Fig. 457. Querschnitt durch ein Erineum des Rebblattes mit Milben (b), Eiern derselben (c) und verschiedenen gestalteten Haaren (a, d, e, f). (Nach Briosi.)



Fig. 458. Rebblatt, von Weinblattmilben befallen. Es sind viele „Erineum“-Flecke (z. B. bei a) auf der Unterseite entstanden. 1/2 der natürlichen Größe.

förmigen, hin- und hergebogenen, manchmal verästelten Haaren (vgl. Fig. 457). Diese Gallenhaare stehen in Vielzahl zusammen, dichte filzartige Flecke bildend, die bei auffallendem Lichte seidenartig glänzen. Anfänglich sind diese Filzflecke, die sogenannten Erineen ¹⁾, weiß, werden aber später grau, gelb oder rötlichbraun. Auf der entgegengesetzten Seite stülpt sich das Blatt zu einem runzeligen, bald mehr flachen, bald mehr erhabenen Höcker aus (Fig. 458).

Die Milben, die diese Mißbildung hervorrufen und die während des ganzen Sommers in ihnen leben, sind dem bloßen Auge nicht sichtbar.

¹⁾ Der Name Erineum stammt noch aus der Zeit, in der man diese Erscheinung als Wucherung bestimmter Pilze auffaßte, die Persoon unter dem Gattungsnamen *Erineum* vereinigte.

Ihre Größe beträgt etwa 0,15—0,2 mm; sie sind von lang walzenförmiger Gestalt, nach hinten allmählich, nach vorn rascher verschmälert. Der ganze Hinterleib ist geringelt, am vorderen Teile befinden sich zwei paar Beine, die aus je drei Gliedern mit zwei borstigen Tarsen bestehen. Im Saugrüssel erblickt man zwei zarte Saugborsten (die umgewandelten Kiefer), mit denen das Tier die Pflanzenzellen ansticht, um aus ihnen Nahrung zu entnehmen, ohne daß übriges dadurch die Zellen sichtbar geschädigt würden.

Die Milben legen im Laufe des Sommers in ihrem Aufenthaltsort einige ovale Eier, aus denen bald die jungen Milben ausschlüpfen, um ihrerseits wieder für Nachkommenschaft zu sorgen. Im Herbst wandern die Milben aus und suchen Rindenrisse, Zweigecken und vor allem Knospen auf, in denen sie den Winter überdauern, um mit beginnendem Frühjahr wieder in die sich entfaltenden Blätter einzuwandern.

Wenn die Phytopen nicht in besonders großer Zahl auftreten, sind sie für den Weinbau ohne Schaden, da die Blätter in ihrer assimilatorischen Tätigkeit nicht gestört werden. Bei starkem Befall jedoch werden die Blätter stark verkrüppelt, auch die Blüten und Fruchtknoten nicht verschont.

Als Gegenmittel wendet man das Absammeln und Vernichten der befallenen Blätter, sowie Bestreichen der Stämme und Zweige mit Kalk oder Eisenvitriollösung oder Bespritzung mit Schwefelkalkbrühe während des Winters oder ersten Frühjahrs mit Vorteil an.

Blutlaus (Fig. 459—463).

Die Blutlaus (*Schizoneura lanigera*) ist einer der schlimmsten Feinde der Apfelkultur und kommt seltener auch auf Birnbäumen und verwandten Kernobstarten vor. Sie lebt besonders gern auf jungen Trieben des Apfelbaumes in großen, mit weißer Wachswolle bedeckten Familien. Nimmt man die Tiere ab

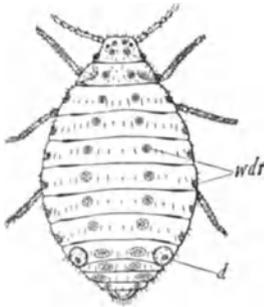


Fig. 459. Erwachsene ungeflügelte Blutlaus, Rückensicht. $\frac{10}{1}$. (Nach Börner.)

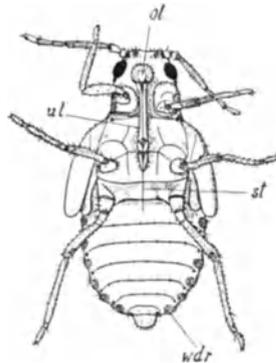


Fig. 460.

und zerdrückt sie, so entsteht ein blutroter Fleck (daher der Name). Mit langem Saugrüssel stechen die etwa 2 mm großen, braungelb bis braunrot gefärbten Läuse durch die Rinde der Apfelzweige bis zum Splint und saugen den Saft. Wo dieser Rüssel eindringt, entsteht im Cambium eine Wucherung, die, mehr und mehr sich vergrößernd, schließlich die Rinde auftreibt und sprengt. Dichte Siedlungen der Blutläuse bilden aus lauter Einzelknollen bestehende, wie große Geschwüre aussehende Verdickungen der Zweige, die sog. Blutlauskrebs.

In Mitteleuropa vermehren sich die Blutläuse nur durch jungfräuliche, ungeflügelte (Fig. 459 u. 460) oder geflügelte (Fig. 461) Tiere, von denen erstere 30—40, letztere eine geringere Anzahl Junge lebend gebären. Die jungen Blutläuse sind stets flügellos und wie ihre Mütter mit einem Saugrüssel versehen. Sie sind sehr beweglich und können sich über die Krone der befallenen Bäume ausbreiten oder auf benachbarte Bäume überwandern. Sind sie aber festgesaugt, so verlassen sie ihren Platz meist nur noch nach einer Häutung, deren sie vier durchmachen. Nach der 4. Häutung sind sie erwachsen und werden Mütter, ohne befruchtet zu sein. Die geflügelten Blutläuse sehen anfangs genau so aus wie die flügellosen, nach der 2. Häutung treten an den Schultern des 2. und 3. Brustringes winzige Höcker auf, die nach der

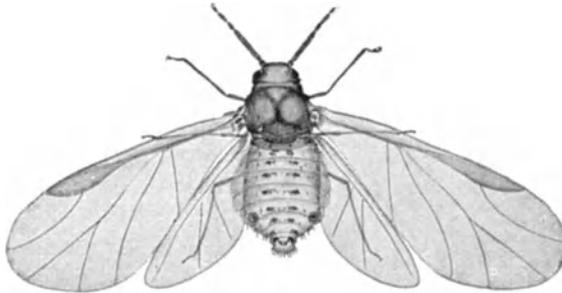


Fig. 461. Geflügelte Blutlaus, Rückenansicht. ²/₁. (Nach Börner.)

3. Häutung vergrößert sind und mit der 4. Häutung zu den Flügeln der Blutlausfliege auswachsen. Die ungeflügelten Blutläuse gibt es das ganze Jahr über, sie sind auch die einzigen bei uns teils in den Rindenritzen des Stammes und der Äste, teils unterirdisch an den Wurzeln überwinternden Blutläuse, die im Frühling ihr Zerstörungswerk mit erwachendem Saftstrom des Apfelbaumes beginnen. Die Geflügelten sind im Frühsommer selten, können dann aber die Seuche ihrer Flugfähigkeit wegen weit verschleppen, da sie echte Blutlausjunge mit Saugrüssel erzeugen. Anders die im Hochsommer und Herbst auftretenden Geflügelten. Diese Tiere verlassen nämlich den Apfelbaum (und überhaupt das Kernobst) und siedeln auf Ulmenarten über, wo sie Mütter winziger, flügelloser, der Stechborsten und des Rüssels entbehrender Männchen und Weibchen werden, von denen letztere nach erfolgter Befruchtung in den Ritzen der alten, korkigen Rinde je ein sogenanntes Winterei ablegen. Die heimischen Ulmenarten (Berg-, Feld- und Flatterulme) sind aber für die Nachkommenschaft der Blutlaus ungeeignet, da man auf ihnen in Europa noch niemals Blutlausgallen, sondern nur die ähnlichen Gallen verwandter Blutlausarten (*Schizoneura ulmi*, *soror*, *patchiae*) beobachtet hat. Mangels geeigneter Brutpflanzen geht also anscheinend die Nachkommenschaft der hochsommerlichen Blutlausfliegen in Europa regelmäßig zu Grunde. In Nordamerika aber kriechen auf der amerikanischen Rüster (*Ulmus*

americana) aus dem Winterei der Blutlaus Junglarven aus, welche Rollgallen auf den Blättern erzeugen, die denen der genannten europäischen *Schizoneura*-Arten ähnlich sehen. Sie gebären in diesen Rollgallen zahlreiche Junge, die teils ungeflügelt bleiben und eine zweite Gallenbildnergeneration hervorbringen, teils Flügel erhalten und auf



Fig. 462. Blatt der amerikanischen Rüster, mit einer Rollgalle der Blutlaus-Stammutter. (Nach E. Patsch.)



Fig. 463. Junger Apfelbaumzweig mit Blutlauskolonie. Die Kolonie am Grunde des untersten Blattes ist von ihrer Wolle befreit worden.

den Apfelbaum oder andere Kernobstgewächse zurückfliegen. Die 2. Gallengeneration pflegt meist ganz geflügelt zu werden und damit die Entwicklung der Blutlaus auf der amerikanischen Rüster zum Abschluß zu kommen.

Mikroskopisch sind an den flügellosen Formen die Felderung und Anordnung der Wachsdrüsen (Fig. 459 u. 460 *wdr.*) und die auf niedrigen Buckeln mündenden Rückendrüsen (Siphonen Fig. 459, *d*), an der Blutlausfliege die einmal gegabelte Mittelader der Vorderflügel und die eigenartige Ringelung der Fühler zu beachten, die wie bei den Ungeflügelten fünfgliedrig sind.

Reblaus (*Peritymbia vitifolii* oder *Phylloxera vastatrix*, Fig. 464 *a—e*).

Das Tier wurde anfangs der sechziger Jahre mit amerikanischen Reben nach Europa eingeschleppt. Zuerst wurde es im Jahre 1868 im unteren Rhönetal nachgewiesen, nachdem man schon einige Jahre eine in erschreckender Weise

überhandnehmende, bis dahin unbekannte Erkrankung der Weinstöcke beobachtet hatte. Seit dieser Zeit hat sich die Seuche in unerhört rascher Weise über die sämtlichen Weinbaugebiete ausgebreitet, überall ungeheuren Schaden verursachend. Frankreich allein hat eine Einbuße erlitten, die mit zwölf Milliarden Franks nicht zu hoch geschätzt wird. Aber auch andere Länder sind in ähnlicher Weise in ihrem wirtschaftlichen Wohlstande geschädigt, und wenn wir in Deutschland noch verhältnismäßig weniger zu leiden haben, so verdanken wir dies einzig und allein der straffen Durchführung des sogenannten Vernichtungsverfahrens.

Gleich der Blutlaus vermehrt sich die Reblaus in den deutschen Weinbergen für gewöhnlich nur auf jungfräuliche Art, gebiert aber nicht lebende Junge, sondern legt unbefruchtete Eier an den Wurzeln des Rebstocks ab. Wenn die im Hochsommer geschlüpften Jungläuse der letzten Reblausgeneration aus dem Winterschlaf erwacht sind, wachsen sie (bei uns im Verlaufe des Mai) unter 4 maliger Häutung zu flügellosen, bis etwa $1\frac{3}{4}$ mm großen gelbgrünlichen Läusen von birnförmigem Umriß heran, die von Ende Mai ab ihre erst hellgelbgrünen, später olivgrünen 30—50—80 Eier ablegen. Ihr Wachstum erfolgt in der Regel an verholzten Rebwurzeln, selten siedeln einzelne Tierchen dieser Wintergeneration nach einer Häutung auf eine junge Rebwurzel über und erzeugen an dieser eine birn- oder bohnenförmige oder unregelmäßig gestaltete Kambiumgalle (Nodosität). Ihre Nachkommen befallen aber mit Vorliebe die jungen Rebwurzeln, so daß man mit fortschreitender Jahreszeit mehr und mehr Nodositäten, namentlich in den oberen Erdschichten, findet. Ist die Wüchsigkeit der Rebe durch die Laus schon zu sehr geschwächt, dann fristen oft nur noch einzelne Reblausfamilien an den alten Wurzeln ein kümmerliches Dasein, ohne daß es mangels junger Rebwurzeln zur Bildung von Nodositäten kommt. An den jüngeren verholzten Rebwurzeln bewirkt die Saugtätigkeit der Reblaus Knotenbildungen, ähnlich denen der Blutlaus vom Apfelbaum; man nennt sie Tuberositäten. Im Laufe der wärmeren Jahreszeit wachsen in Deutschland einschließlich der überwinterten 4 bis 5 Generationen heran, und dieser Kreislauf wiederholt sich Jahr um Jahr, ohne daß andere Reblausformen an den Rebwurzeln zur Fortpflanzung gelangen. Es entwickeln sich aber im Sommer (in Deutschland meist erst im August und September) in den Familien der flügellosen Wurzelläuse Reblausfliegen, die in ihren ersten drei Jugendzuständen flügellos sind und mit der dritten Häutung als Nymphe (Fig. 464, *d*) Flügelstummel erhalten. Diese Reblausfliegen kommen aus der Erde an die Oberfläche und legen an den Blättern der Rebe unterseits oder am Blattstiel oder unter der Rinde des mehrjährigen Holzes ihre ockerfarbenen, verschieden großen Eierchen ab, aus denen winzige, wie jene der Blutlaus stechborsten-, rüssel- und afterlose Männchen und Weibchen ausschlüpfen. Meist sind die etwas größeren Reblausfliegen Mütter der Weibchen, die etwas kleineren Mütter der Männchen, seltener legt dieselbe Reblausfliege Eier beiderlei Geschlechts. Männchen und Weibchen (Fig. 464, *c*) werden erst nach den 4 schwer wahrnehmbaren Häutungen beweglich und zugleich geschlechtsreif. Das befruchtete Weibchen legt ein

einziges „Winterei“ unter der rissigen Rinde des mehrjährigen Rebholzes ab. In Deutschland geht die Brut der Reblausfliegen in der Regel infolge zu kühler Hochsommerwitterung zugrunde, weshalb hier die aus dem Winterei ausschöpfende Reblausform im Freien noch nicht

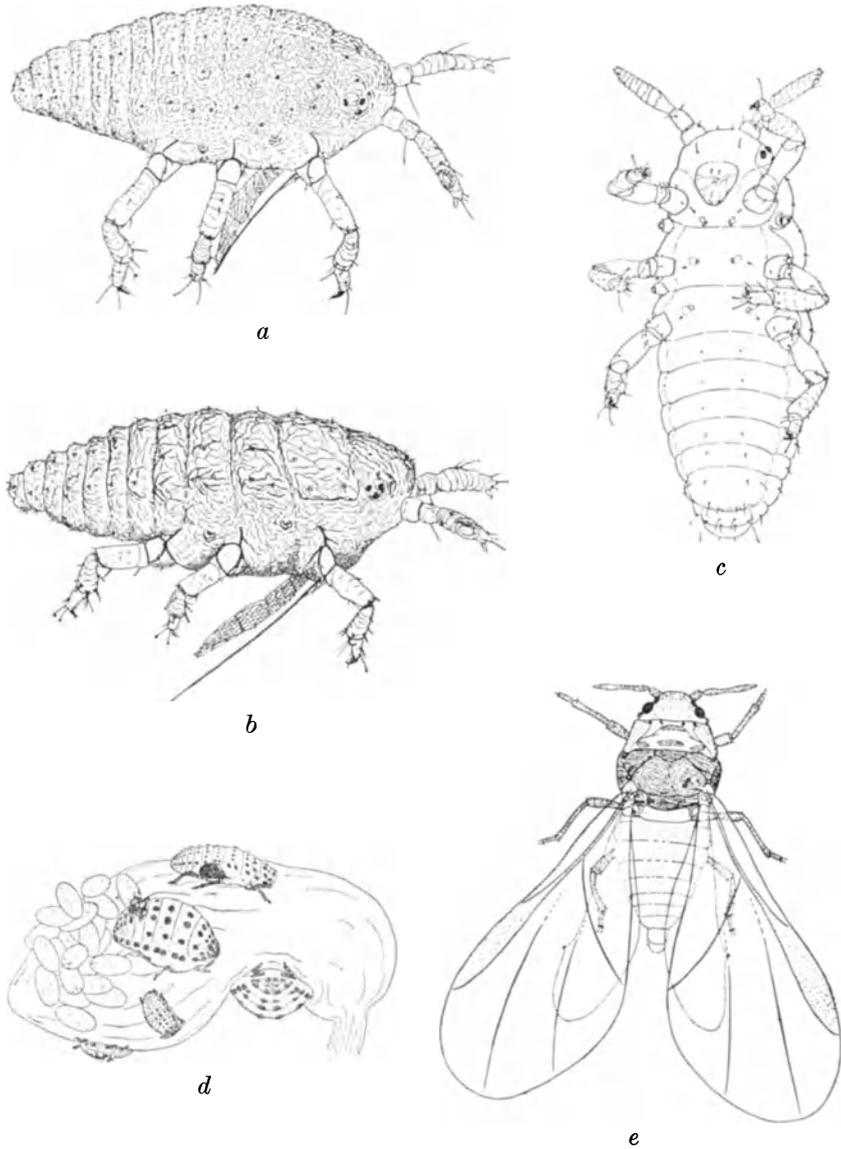


Fig. 464. Reblaus. *a* Junge, ungehäutete Gallenreblaus. *b* Junge, ungehäutete Wurzelreblaus. *c* Sexualis-Weibchen (Bauchansicht). *d* Nodosität mit Wurzelläusen. *e* Sexuparafliege. (Nach Börner.)

beobachtet worden ist; doch wird nicht mehr daran gezweifelt, daß es zu ihrer Entwicklung nach ungewöhnlich heißen Sommern kommen kann, da dann oft neue Seuchenherde in der vorherrschenden Windrichtung und in größerer Entfernung von den alten Herden aus auftreten. Die im Frühjahr aus dem Winterei auskriechende junge Reblaus siedelt sich an einem jungen Rebenblatte oberseits an und erzeugt hier durch ihren Stich eine erbsenförmige Galle, deren oberseitige Öffnung durch feine Börstchen verschlossen ist. Erwachsene legt sie, die sog. Stammutter oder Fundatrix, an 2—300 Eier in der Galle ab, aus denen teils neue Gallenrebläuse, teils solche Jungläuse aus schlüpfen, die an die Wurzeln des Rebstocks hinabwandern und hier zu etwa schon vorhandenen Wurzelreblausfamilien hinzutreten und neue Kolonien gründen.

In Südeuropa folgen diese Blattgallenbildner in 8—12 Generationen aufeinander, deren letzte mit den abfallenden Blättern im Herbst zugrunde geht; in Deutschland sind die blattgallenbildenden Rebläuse nur einmal von Börner in Ulmenweiler Gewächshäusern gezüchtet worden, wo sie vom Frühjahr 1910 bis in den Winter 1916/17 hinein 67 jungfräuliche Generationen hervorgebracht haben.

Die feinen mikroskopischen Unterschiede zwischen den jungen blattbewohnenden (*a*) und den wurzelbewohnenden (*b*) Rebläusen zeigt Fig. 464. Man beachte auch die dreigliedrigen Fühler, deren drittes großes Glied ein großes Riechorgan besitzt, die aus drei feinen Punkten gebildeten Seitenaugen der flügellosen Form, in Fig. 464 *d*, *f*, die Anordnung der Rückenplättchen bei Jungläusen, Erwachsenen und Nymphen, bei den Geflügelten (*e*) die Aderung der Vorderflügel, welche das Tier in der Ruhe wagerecht zusammengeschoben trägt.

Die Bekämpfung der Reblaus liegt in Deutschland in den Händen der Landesregierungen, die in den Weinbau treibenden Gegenden einen besonderen Überwachungsdienst organisiert haben. Jeder Fall der Auffindung der Reblaus oder einer reblausverdächtigen Stelle im Weinberge muß daher der Behörde angezeigt werden.

San José-Schildlaus (Fig. 465—469).

Die San José-Schildlaus (*Aspidiotus perniciosus*), die austernförmige Schildlaus (*A. ostreiformis*), die rote Obstschildlaus (*Epidiaspis betulae*, früher *Diaspis fallax*) und die Kommaschildlaus (*Lepidosaphes ulmi*, früher *Mytilaspis pomorum*) sind die zu den Schildläusen (*Coccidae*) gehörigen Arten, welche wegen ihrer bedeutenden Schädlichkeit für den Obstbau besonderer Erwähnung bedürfen.

Alle sind sie dadurch ausgezeichnet, daß die Weibchen Wachs ausschwitzen, aus dem sich ein Schild bildet, welcher das Tier bedeckt. Während *A. perniciosus*, *A. ostreiformis* und *Epidiaspis betulae* einen runden Schild haben, ist derjenige von *Lepidosaphes ulmi* kommaartig gekrümmt, so daß diese Art schon an der Form des Schildes zu erkennen ist.

Die Schädigung, die durch diese Schildläuse hervorgerufen wird, besteht darin, daß große Kolonien sich an den Zweigen der Obstbäume festsetzen, ihre Saugrüssel durch die Rinde hindurch bis zum Kambium einsenken und durch das beständige Saugen die Entwicklung des Baumes zunächst hemmen, oft aber auch sein Absterben bedingen. Auf dem Querschnitt eines solchen angegriffenen Zweiges ist das Kambium an einzelnen Stellen abgestorben, so daß

nur noch ein partielles Dickenwachstum erfolgen kann. Auch auf den Früchten kommt die Laus vor und kann durch den Versand derselben verschleppt werden.

Die Entwicklungsgeschichte der San José-Laus, die in Amerika eingehend studiert wurde, ist folgende: Im Frühjahr findet man an den Zweigen der Bäume fast völlig entwickelte Weibchen, die unter ihrem Schild den Winter überdauert haben. Bis Mai sind dieselben am Ende ihrer Entwicklung angelangt und beginnen nunmehr lebendige Junge (Larven) zu gebären, welches Geschäft sie etwa bis Mitte oder Ende Juni fortsetzen. Diese Larven lassen zunächst einen

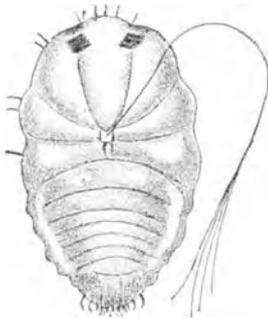


Fig. 465. Männchen der San José-Schildlaus nach d. ersten Häutung. $\frac{50}{1}$. (Nach Denkschr. d. Kaiserl. Gesundheitsamtes.)

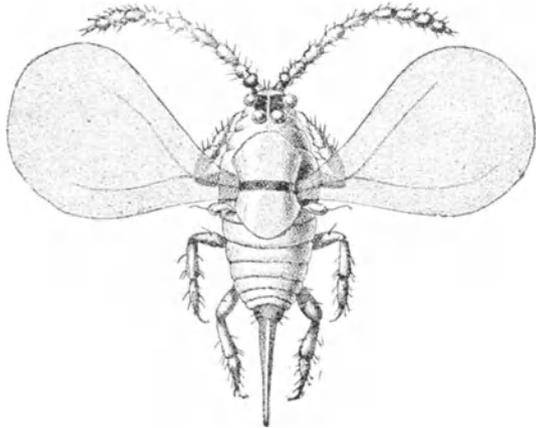


Fig. 466. Geflügeltes Männchen der José-Schildlaus. $\frac{50}{1}$. (Nach Denkschr. d. Kaiserl. Gesundheitsamtes.)

Unterschied der Geschlechter nicht erkennen, sie sind etwa $\frac{1}{4}$ mm lang, $\frac{1}{10}$ mm breit, von gelblicher Farbe, haben hellrote Augen, ein fünfgliedriges Fühlerpaar und einen kräftigen Saugrüssel. Nur wenige Stunden vermögen sie umherzulaufen und meist saugen sie sich bald in der Nähe des Muttertieres fest. Es beginnt nun auf dem Rücken die Ausscheidung einer wachsartigen Masse, die zusammenfließend den Schild bildet. Am zwölften Tage nach der Geburt häutet sich die Larve zum erstenmal, und nunmehr differenzieren sich deutlich Männchen und Weibchen. Beide Geschlechter haben Fühler und Beine abgeworfen, die Männchen (Fig. 465) sind etwas größer als die Weibchen, haben große, rote Augen und eine ovale Gestalt, die Weibchen sind annähernd rund und augenlos, beide aber haben einen kräftigen, langen Saugrüssel. Während das Weibchen damit am Ende seiner Formentwicklung steht, häutet sich das Männchen am 18. Tage zum zweiten Male, wobei zunächst die Vorpuppe erscheint, aus der in den nächsten zwei Tagen die Puppe hervorgeht. Dieselbe läßt schon deutlich Beine, Flügel und Fühleranlagen erkennen. Etwa am sechsten Tage des Puppenstadiums schlüpfen die fliegenartigen, geflügelten Männchen aus. Sie sind orangefarben mit dunklerem Kopf,

stark ausgebildeten Fühlern, haben ein mit dunklem Querband versehenes Brustschild, große, gelbgrün schillernde Flügel und ein auffallend großes, konisches Geschlechtswerkszeug (Fig. 466).

Die weiblichen Tiere häuten sich ebenfalls ein zweites Mal und vollenden ihr Wachstum bis zum 30. Tage nach ihrer Geburt. Sie haben dann eine annähernd kreisförmige Gestalt (Fig. 467) und sind bedeckt mit einem etwa 1,5—2 mm großen runden Schild von grauer Farbe, der in der Mitte einen helleren Buckel zeigt.

Zur genauen Bestimmung ist der letzte Körperabschnitt von größter Wichtigkeit (Fig. 468). Derselbe ist bei jeder Art in charakteristischer Weise mit Einschnitten, Drüsenhaaren und Dornen versehen. Für *A. perniciosus* sind die sogenannten gefransten Platten ein Erkennungsmerkmal. Dieselben sind Haarbildungen, die mit Zähnen oder Fransen versehen sind; ein Paar von ihnen steht zwischen dem mittleren Lappenpaar, je zwei zwischen dem ersten und zweiten Lappen jederseits und je drei zwischen dem zweiten Lappen und den als Körperfortsätze bezeichneten Vorsprüngen am weiteren Rande.

Diese gefransten Platten fehlen *Aspidiotus ostreiformis* und *Epidiaspis betulae*, auch sind deren Körperabschnitte anders ausgebildet, dagegen besitzen diese Arten auf dem Bauche vier bzw. fünf Gruppen runder Drüsen (Filiären, Fig. 469), die sich bei *A. perniciosus* nicht finden. Auch sonst sind zwischen diesen Arten noch einige Unterschiede, die ihre genaue Feststellung erleichtern.

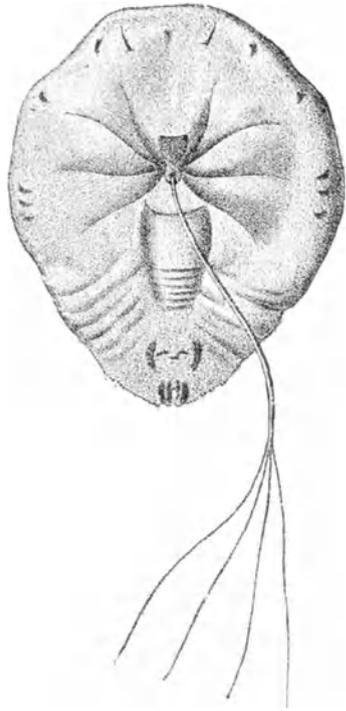


Fig. 467. Weibchen der San José-Schildlaus nach der zweiten Häutung. Vom Saugrüssel ist die Mitte weggelassen. Etwa $\frac{50}{1}$. (Nach Denkschr. d. Kaiserl. Gesundheitsamtes.)

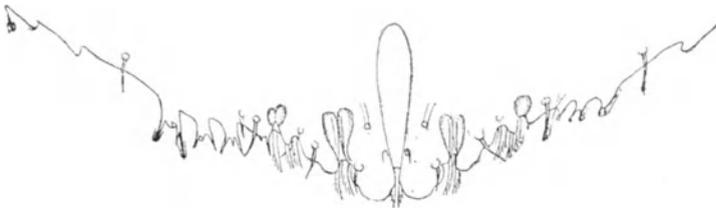


Fig. 468. Schematische Darstellung der letzten Körpereinschnitte einer erwachsenen weiblichen San José-Schildlaus. Vergr. $\frac{50}{1}$. (Nach Denkschr. d. Kaiserl. Gesundheitsamtes.)

Die oben genannten Schildlausarten sind in ihrer Verbreitung recht verschieden. *A. ostreiformis* ist eine in Deutschland weitverbreitete Art, die besonders in schlecht gepflegten Baum-



Fig. 469. Schematische Darstellung der letzten Körperabschnitte einer erwachsenen *Epidiaspis betular.* Vergr. 50 \times . Oben die fünf Drüsengruppen. (Nach Denkschr. d. Kaiserl. Gesundheitsamtes.)

schulen Schaden veranlaßt; *Epidiaspis betulae* ist besonders in Frankreich und Westdeutschland zu finden und schädigt vor allem die Birnbäume; *A. perniciosus*, deren ursprüngliche Heimat das nördliche China zu sein scheint, ist zurzeit in Europa nicht festgestellt, ihr Verbreitungsgebiet ist Japan, China, Nordamerika, Hawaii und Australien; in diesen Ländern tritt sie so verheerend auf, daß in Deutschland eine kaiserliche Verordnung erlassen ist, die die Einfuhr von lebenden Pflanzen und frischem Obst aus den von der San José-Laus heimgesuchten Ländern zum Teil von dem Resultat einer fachmännischen Untersuchung abhängig macht, zum Teil untersagt. Mit der Durchführung dieser Verordnung sind von der Regierung ernannte Sachverständige

betruet worden, die die an der Zollgrenze eingehenden Obst- und Pflanzen-

sendungen einer eingehenden Untersuchung unterziehen. Als Abwehrmittel gegen alle Schildläuse bewährt sich am besten Petroleumemulsion (und zwar in nicht verdünntem Zustande) und Schwefelkalkbrühe; auch ist durch Abbürsten und nachherigen Kalkanstrich bei weniger starkem Auftreten schon ein Erfolg zu erzielen.

Blasenfüße (*Physopoda*, Fig. 470).

Die Ordnung der Blasenfüße (*Physopoda* oder *Thysanoptera*) umfaßt zahlreiche Arten, die auf den verschiedensten Pflanzen vorkommen und daher zur Untersuchung leicht zu beschaffen sind. Eine der häufigsten und während des ganzen Jahres zu erlangenden Arten ist *Thrips (Parthenothrips) dracaenae* (Fig. 470), die sich auf den verschiedensten Gewächshauspflanzen findet.

Diese Art ist etwa 1 mm lang und ziemlich dickleibig. Kopf und Vorderleib sind gelbbraun, Hinterleib dunkel- bis schwarzbraun, die drei letzten Segmente gelbbraun; die gelblichen Fühler sind 7gliedrig, außer den ersten beiden Gliedern sehr dünn; die Beine sind licht braungelb; die Flügel sind sehr lang, so daß sie das Hinterende überragen, die Oberflügel sind weiß mit zwei dunklen Querbinden. Außer der dem Rande parallel laufenden Ringader besitzen sie eine Längsader, von der im ersten Viertel ein kurzer Seitenast abzweigt. Vorder- und Hinterflügel sind nach hinten mit Fransen, nach vorn mit Borsten besetzt; an den hinteren Abdominalsegmenten befinden sich ebenfalls einige kräftige Borsten.

Eine weitere in Gewächshäusern sehr häufige Art ist die sog. „schwarze Fliege“ der Gärtner (*Heliothrips haemorrhoidalis*), deren ♀ im Gegensatz zu der vorigen Art mit einem Legestachel versehen ist.

Das Tier ist 1—1,3 mm lang, schwarzbraun, Hinterleib vom 8. Ring an rotbraun, Fühler, Flügel und Beine gelblich. Die Verbreitung erstreckt sich über Europa, Nordamerika und Australien.

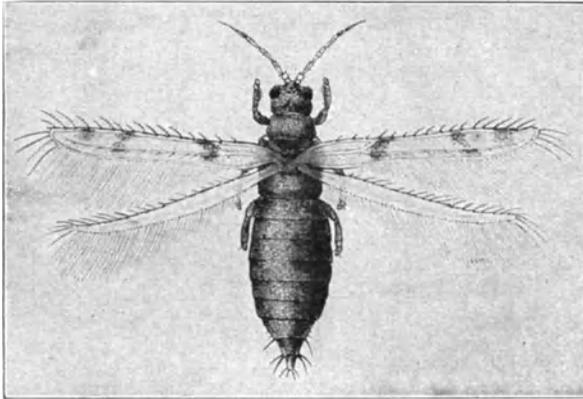


Fig. 470. Gewächshaus-Blasenfuß. $\frac{15}{1}$. (Nach Fulmeck.)

Auch auf Getreide kommen verschiedene Arten der Ordnung vor, die meist unter dem Namen *Thrips cerealium* zusammengefaßt werden. Die häufigsten hierher gehörigen Arten sind *Limothrips denticornis*, *Limothrips cerealium*, *Aptinothrips rufus*, *Anthothrips aculeatus*. Sie verursachen Lückenhaftigkeit der Ähre und Weißfährigkeit.

Gelbe Weizenmücke (*Contarinia* oder *Diplosis tritici*, Fig. 471).

Eine Gallmücke, die aber (gewöhnlich wenigstens) nicht eigentliche Gllae hervorbringt. Das Tier ist 1—1,5 mm lang, an allen Teilen dicht mit flaumartigen Härchen bedeckt, rotgelb. Das Männchen hat Fühler, die $1\frac{1}{2}$ mal, das Weibchen solche, die $\frac{3}{5}$ mal so lang sind als der Körper. Das Weibchen legt die Eier in Mehrzahl (bis 20) in die jungen Blüten, besonders des Weizens und Roggens. Die ausgeschlüpften, erst glashellen, dann gelben, 3 mm langen Maden haben zwei kurze Fühler. Sie kriechen in den Blüten herum und nähren sich von Blütenstaub sowie vom jungen, milchigen Korn. Dadurch werden die befallenen Ähren taub. Der Schaden ist oft sehr beträchtlich.



Fig. 471. Gelbe Weizenmücke (*Contarinia tritici*). Vergr. $\frac{10}{1}$. (Nach Brehm.)

Weizengallmücke, Hessenfliege (*Mayetiola destructor*).

Der vorigen Art nahe verwandt, doch ganz anders gefärbt. Länge des Tieres ungefähr 2,5—3,5 mm; Färbung tiefschwarz mit blutrotem Bauch und roter Längslinie auf dem Rücken; Flügel durch schwarze Behaarung grau aussehend. Männchen etwas kleiner als das Weibchen, Fühler des ersteren 20gliedrig, die des letzteren 17gliedrig. Die Eier werden an alle Getreidearten sowie an viele Wiesengräser abgesetzt; gelblich-weiße Maden entwickeln sich aus denselben, nisten sich im Grund der Blattscheiden ein und zerstören hier das weiche Gewebe des Halmes,

so daß derselbe umfällt. Tönnchenpuppen glänzend braun, abgeplattet, einem Leinsamenkorn ähnlich und dadurch von den walzenförmigen der Fritfliege unterschieden. Ein von diesem Feldverwüster befallenes Getreidefeld sieht wie verhegelt aus. Den Namen „Hessenfliege“ hat die Mücke in Nordamerika erhalten, wohin sie 1776 durch hessische Soldtruppen mit Stroh verschleppt sein soll.

Gelbe Halmfliege oder Weizenfliege (*Chlorops taeniopus*, Fig. 472).

Dies auch Grünauge genannte Tier ist 3—5 mm lang. Es hat glashelle Flügel, ist im ganzen gelb und hat auf dem Kopf ein schwarzes Dreieck, auf dem Rücken des Bruststückes drei schwarze Längsstreifen und seitlich am Hinterleib vier schwarze Querbänder. Das Weibchen legt seine Eier an die obersten Blätter der jungen Weizen-, Roggen- und Gerstenpflanzen, aber auch Wiesengräser zu der Zeit, wenn die Bildung der Ähre beginnt. Aus ihnen kriechen weiße Maden aus, die sich im Innern des Halmes von der Ähre absteigend bis zum obersten Knoten erst helle, dann gebräunte Kanäle fressen. Am Grunde derselben findet man später die 4—6 mm langen, braunen Tönnchenpuppen. Der geschädigte Halmteil schwillt an, ohne weiter in die Länge zu wachsen; oft treten bandartige Mißbildungen oder Krümmungen infolge der Verletzung auf; die in der Scheide steckenbleibende Ähre bleibt taub oder bringt nur verkümmerte Körner. Aus den Puppen dieser Sommergeneration gehen Fliegen hervor, die im Herbst ihre Eier an die junge Wintersaat legen. Die aus diesen ausschließenden Larven zerstören durch ihren Fraß während des Herbstes, Winters und Frühjahrs das Herzblatt der jungen Pflanzen in derselben Weise wie die Larven der Fritfliege.



Fig. 472. Grünauge (*Chlorops taeniopus*, Vergr. $\frac{2}{1}$). (Nach Brehm.)

Fritfliege (*Oscinis frit*, Fig. 473).

Die Fritfliege ist eine etwa 2—3 mm lange Fliege, mit schwarzem, unterseits hellbraunem, metallisch glänzendem Körper, grauen Flügeln und schwarzen Beinen, deren Fußglieder gelblich gefärbt sind; die Fühler sind mit weißflimmernem Flaum bedeckt. Sie erlebt im Laufe des Sommers drei Generationen, und

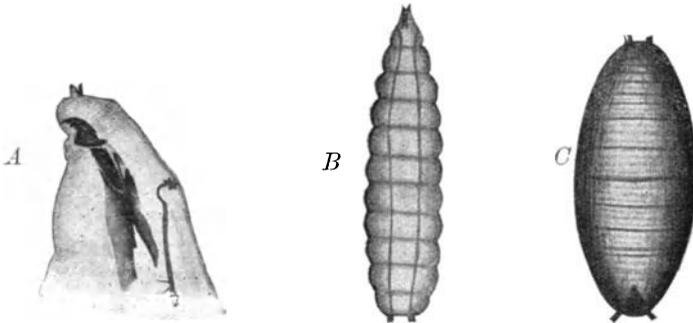


Fig. 473. Fritfliege. A Vorderende der Larve mit Mundhaken. B Larve. C Tönnchenpuppe (Nach Wahl.)

zwar legt sie zum erstenmal im Frühjahr ihre rötlichen Eier an die Unterseite der Blätter junger Getreidepflanzen. Die aus diesen nach kurzer Zeit auskriechenden Larven sind 2—3 mm lang, vorn spitz, hinten stumpf mit zwei deutlichen Höckern (Fig. 473, B). Als Unterscheidungsmerkmal für die Fritfliegenlarve von der der Hessenfliege sind die sog. Mundhaken wichtig, die sich im Innern des Kopfendes befinden (Fig. 473, A). Sie stellen die chitinisierte Auskleidung des eingestülpten Kopfes mit dem anschließenden Pharynx der Larve dar, der sich bei der Ver-

wandlung zur Puppe nach außen stülpt. Die Puppen sind hellbraune Tönnchen von walzenförmiger Gestalt (Fig. 473, C). Im Juni und Juli erscheint die zweite Generation und im September die dritte, die beide der ersten gleichen. Die dritte Generation überwintert als Larve und verpuppt sich erst im nächsten Frühjahr.

Durch das Auftreten der Fritfliege werden die Getreidearten, besonders Roggen, Gerste und Hafer stark geschädigt. Die jungen Pflänzchen sterben gewöhnlich vom Herz aus ab. Da zur Flugzeit der zweiten Generation keine jungen Pflanzen da sind, werden die Eier an die jungen Körner abgesetzt, die von den Larven ausgegessen und hohl (schwedisch „frit“) werden.

Als hauptsächlichstes Bekämpfungsmittel gilt eine im Herbst möglichst spät, im Frühjahr möglichst früh ausgeführte Saat, durch die es zu vermeiden gelingt, daß die Flugzeit mit dem Sprossen des Getreides zusammenfällt.

c) Rädertierchen.

Bei Wasseruntersuchungen begegnen dem Mikroskopiker außerordentlich oft auffallend gebaute Tierchen, die man wegen ihrer Ruderräder als Rädertiere bezeichnet; man kann kaum eine aus langsam fließenden Bächen oder Teichen stammende Wasserprobe untersuchen, ohne diesen winzigen Tieren zu begegnen. Früher wurden sie bald den Infusorien zugerechnet, bald den Gliedertieren angeschlossen, jetzt rechnet man sie allgemein zu der großen Klasse der Würmer. Ihren Namen haben die Rädertiere von einem mit (im typischen Fall) zwei Wimperkränzen umzogenen Organ, dessen Wimpern radartig schlagen und dadurch die Fortbewegung vermitteln, gleichzeitig auch die Nahrung in die Mundöffnung hineinstrudeln. Dieses Wimperorgan ist vorstreckbar und zurückziehbar; man kann es allermeist nur am lebenden Tier genügend studieren. Ferner findet sich bei dieser Tierklasse am Hinterende des Körpers allermeist ein kürzerer oder längerer, mit zwei bis vier Fortsätzen versehener „Fuß“, der fernrohrartig eingezogen und ausgestülpt werden kann. Zum Schluß ist für die *Rotatoria* ein sehr auffälliger, am Beginne des Eingeweidetraktus liegender, meist in klappernder Bewegung sich befindender, derber Kauapparat charakteristisch. — Im Gegensatz zu den zu den Infusorien gehörigen Glockentierchen, mit denen der Laie leicht die Rädertiere verwechselt, bestehen die *Rotatoria* aus vielen Zellen, gehören also zu den *Metazoa*, während die nur aus einer einzigen Zelle gebildeten Glockentierchen zu den *Protozoa* zu rechnen sind. Den Glockentierchen fehlt (um nur das Nächstliegende anzuführen) sowohl der gegliederte „Fuß“, wie auch der Kauapparat. Als häufigste Rädertiere verdienen hier Erwähnung:

Rotifer vulgaris (Fig. 474). — Tier mit einem langen, fernrohrartig einziehbarem Fuß, der in drei Ästen endet, und zweilappigem

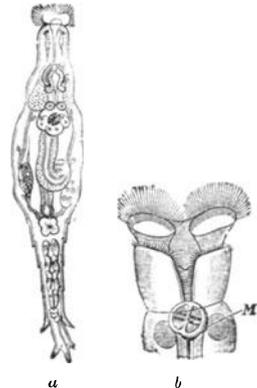


Fig. 474. *Rotifer vulgaris*. a Ganzes Tier, b Vorderteil desselben mit Kauapparat M. (Nach Blochmann.)

Räderorgan; Körper allmählich in den Fuß übergehend, der bald festhaftet und dann ausgestreckt ist, bald eingezogen wird, wobei das Tier mit ausgestrecktem strudelndem Räderorgan frei schwimmt. Bei der geringsten Störung zuckt der ganze Körper zusammen und kontrahiert sich. Das Tier ist 0,5—1 mm lang, weißlich gefärbt; es ist in stehendem Wasser sehr häufig.



Fig. 475. *Colurus uncinatus*, in kontrahiertem Zustand. (Nach Blochmann.)

Colurus uncinatus (Fig. 475). — Tier etwa 0,08—0,1 mm lang, mit in der Hauptsache panzerartig harter, glatter Haut, die nur am Kopf und Fuß weich und kontraktile geblieben ist. Der Panzer ist seitlich zusammengedrückt, an der Bauchseite spaltenförmig geöffnet, hinten in eine kurze, breite Spitze ausgezogen. Der Fuß endet in zwei große, spitz dolchförmige Äste. In Teichen, Gräben sehr häufig.

Lepadella ovalis. — Tier bis 0,1 mm lang, gleichfalls mit panzerartig verhärteter Haut, die aber an Kopf und besonders Fuß kontraktile bleibt. Der Panzer ist von oben nach unten stark zusammengedrückt; hinten kommt der kurze, gegliederte, zweiästige Fuß heraus. Dieses Tier hat keine Augen (die sich bei den meisten andern Rädertieren als rote Fleckchen am Vorderteil vorfinden). In stehendem, auch in faulem Wasser sehr gemein.

d) Urtiere (Infusorien).

Der Körper der Urtierchen (*Protozoa*) wird nur je von einer allerdings oft erstaunlich differenzierten Zelle gebildet; Infusorien-tierchen (*Infusoria*) heißen sie auch, weil man Tiere dieser Art in Aufgüssen von Pflanzenteilen aufgefunden hat und sie in derartigen Flüssigkeiten leicht erhalten kann. Sie kommen aber überall im süßen wie im Meerwasser vor, so daß man kaum einen Tropfen stehenden Wassers mit dem Mikroskop betrachten kann, ohne Infusorien darin zu finden. Abgesehen von den selteneren *Suctorina*, deren Körper röhrenartige Saugorgane (Tentakel) treibt, gehören die *Protozoa* zu folgenden drei Klassen: 1. *Sarcodina*: Körper an seiner Oberfläche formveränderliche Protoplasmafortsätze (Pseudopodien) aussendend, die beliebig ausgestreckt und zurückgezogen werden können. 2. *Mastigophora*: Körper mit wenigen (meist ein bis zwei) langen, schwingenden, formbeständigen, der Fortbewegung dienenden Geißeln. 3. *Ciliata*: Mit vielen kurzen formbeständigen, der Fortbewegung dienenden Cilien,

Folgende sehr häufige Protozoen seien hier genannt:

Sarcodina.

1. *Amoeba proteus* (Fig. 476). Dieses im Schlamm stehender Gewässer überall sich findende Tier besitzt einen bis 0,5 mm großen Leib, der im gereizten Zustand, also bei der Präparation, als helles, mit dunkeln Punkten, Körnchen und Kriställchen erfülltes Schleim-

häufchen sich präsentiert. Nach kurzer Ruhe sieht man dann aber an mehreren Stellen des Randes das Protoplasma in Bewegung kommen und breit zungenförmige, öfters sich gabelnde Ausläufer treiben, die nach Nahrung suchen. Hat einer dieser Ausläufer („Pseudopodium“) z. B. eine Alge gefunden, so fließt das ganze Protoplasma unter Einziehung der übrigen Pseudopodien nach der Nahrung hin, umschließt dieselbe und verdaut, was daran verdaulich ist. Dann kriecht die Amöbe, neue Pseudopodien ausschickend, weiter, indem sie die unverdaulichen Reste übrig läßt.

2. *Diffugia pyriformis* (Fig. 477). — Von der Amöbe unterscheidet sich diese *Diffugia*, die mit mehreren Verwandten gleichfalls im Schlamm von Teichen und Gräben lebt, durch die Bildung eines regelmäßigen, aus kleinsten Fremdkörpern zusammengekitteten

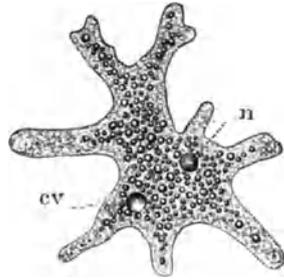


Fig. 476. *Amoeba proteus*. Vergr. 100/1.
cv Contraktile Vakuole, n Zellkern.



Fig. 477. *Diffugia pyriformis*.
Vergr. 100/1.

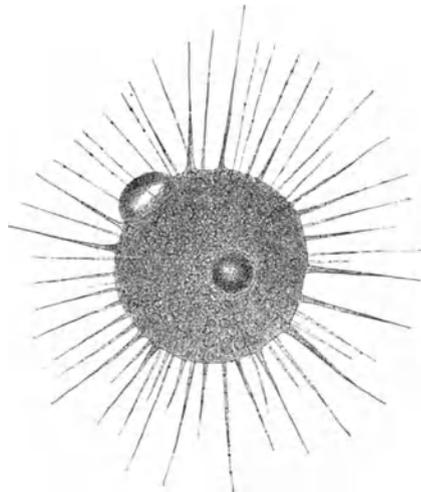


Fig. 478. *Actinophrys Sol.*
Vergr. 150/1.

Gehäuses. Zum Bau desselben verwendet das Tier die zufällig in seiner Umgebung vorhandenen Materialien, also Sandkörnchen (wie in Fig. 477), Holzpartikel usw. Das Gehäuse hat an seinem untern Ende ein Loch, durch das der Protoplasmakörper seine dicken fingerartigen Pseudopodien vorschickt.

3. *Actinophrys Sol* (Fig. 478). — In Wasserproben aus Teichen und Wiesengräben wird dies zierliche Tierchen selten vermißt. Dasselbe stellt ein fast glashelles Protoplasma Klümpchen dar, von dem

aus nach allen Seiten feinste, spitze Linien (Pseudopodien) wie Sonnenstrahlen ausgehen. — Ebenfalls häufig ist das ähnliche, aber größere und durch den grob-wabigen Bau des Randes leicht unterscheidbare *Actinosphaerium Eichhorni*.

Mastigophora.

4. *Anthophysa vegetans* (Fig. 479). — Eine besonders in verdorbenem Wasser außerordentlich häufige Monade, die durch ihre eigentümliche Koloniebildung ausgezeichnet ist. Verdünnt man Schmutzwasser mit Brunnenwasser und läßt die Mischung an der Luft stehen, so bemerkt



Fig. 479. *Anthophysa vegetans*; links ein einzelnes, frei schwimmendes Köpfchen.

man, daß sich nach einigen Tagen die Wände des Glases mit braunen Flocken zu überkleiden beginnen. Diese Flocken werden von Massen der dichotom verzweigten, mit Eisenhydroxyd imprägnierten *Anthophysa*-Stiele gebildet; wenn man vorsichtig manipuliert, kann man an den Spitzen der Zweige dieses Stielgerüsts dichte Köpfchen der wasserhell durchsichtigen Tierchen sitzen sehen. Meist sind die Köpfchen aber abgebrochen und schwärmen als glashelle Kugeln lebhaft sich drehend, im Wasser umher. Die *Anthophysa* hat zwei ungleich lange Geißeln, eine Haupt- und eine Nebengeißel.

5. *Euglena viridis* (Fig. 480). — Gleichfalls in verdorbenem Wasser sehr häufig und dasselbe (zusammen mit anderen Chlorophyll führenden Infusorien) oft intensiv grün färbend sind die *Euglena*-Arten. Dieselben sind alle langgestreckt, meist mehr oder weniger aus-

gesprochen spindelförmig; sie führen an ihrem Vorderende eine einzige lange Geißel und in der Nähe der Basis derselben einen roten Punkt (Stigma oder Augenfleck). Ob dieser Punkt aber wirklich lichtempfindlich ist, steht noch nicht fest. Bemerkenswert erscheint, daß *Euglena* beinahe stets mit Chlorophyll versehen ist (bei *E. viridis* ist ein ungefähr sternförmiger Chlorophyllkörper in der Mitte der Zelle vorhanden, bei anderen Arten sind Körner dieses Farbstoffs zu sehen) und dementsprechend sich gewöhnlich durch Kohlensäure-Assimilation ernährt, daß aber trotzdem ein Schlund vorhanden ist, so daß das Tierchen eventuell (an dunklen Orten) sich auch durch Verschlingen fester Nahrung ernähren kann.



Fig. 480.
Euglena viridis.
(Nach Klebs.)
Vergr. $\frac{400}{1}$

6. *Chlamydomonas pulvisculus* (Fig. 481). — Kleine, grün gefärbte Zellen, die an ihrem vordern Ende je zwei lange, gleichgroße Geißeln tragen und sich mit Hilfe derselben rasch bewegen. Auch hier ist ein roter „Augenfleck“ in der Nähe des Vorderendes vorhanden. Die *Chlamydomonas*-Arten, speziell *Chl. pulvisculus*, sind außerordentlich wider-



Fig. 481.
Chlamydomonas pulvisculus.
Vergr. $\frac{850}{1}$

standsfähig gegen Eintrocknen. Sie leben gerade in rasch sich verlierendem Wasser (z. B. in Regentümpeln, Dachrinnen usw.) sehr häufig, während der Trockenheit in Dauerzustände übergehend, bei Benetzung aber sofort wieder zum beweglichen Zustand zurückkehrend. Auf die große Ähnlichkeit, die diese Tierchen mit den Schwärmsporen mancher Algen besitzen, sei besonders hingewiesen.

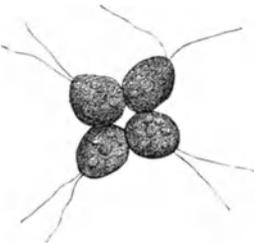


Fig. 482. *Gonium tetras*. $\frac{600}{1}$.

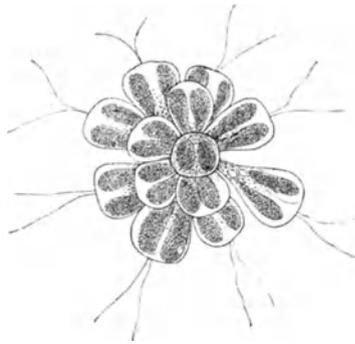


Fig. 483. *Synura uvella*. $\frac{500}{1}$.

7. *Gonium tetras* (Fig. 482). — Denkt man sich vier *Chamydomonas*-Exemplare zu einer flächenförmigen Kolonie mit den Hinterteilen der Zellen vereinigt, so daß sie kleine, grüne, lebhaft beweg-

liche Täfelchen bilden, so stellen diese Kolonien das *Gonium tetras* dar; auch eine aus 16 in einer Ebene angeordneten Zellen gebildete Kolonien darstellende Art (*G. pectorale*) ist bekannt. — Gleiche Zellen zu festen Kugeln vereinigt, zeigt die Gattung *Pandorina*; sind ebensolche Zellen der Peripherie einer gallertigen Hohlkugel eingelagert, so ist dies (bei 16—32 Zellen) der Charakter der Gattung *Eudorina* und bei vielen (oft mehreren Hundert) Zellen der Gattung *Volvox*.

8. *Synura uvella* (Fig. 483). — Während bei den unter 5 bis 7 aufgezählten Mastigophoren grüner Farbstoff vorhanden war, führt *Synura* einen sehr charakteristischen goldbraunen. Auch dies Tierchen ist in Wiesengräben und Teichen sehr häufig; es besteht aus einer ziemlich großen Anzahl von ungefähr keilförmigen Zellen, die mit je zwei Geißeln und zwei braunen Chromatophoren versehen sind und, mit den Hinterteilen zusammenhängend, kugelige, rasch rollend bewegliche Kolonien bilden.

9. *Ceratium tetraceras* (Fig. 484). — Als Vertreter der besonders im Meerwasser reichlich auftretenden und durch ihre sonderbare Ausbildung auffallenden *Dinoflagellata* sei die Süßwasserform *Ceratium tetraceras* hier angeführt. Man findet die Tierchen, die düster gefärbt sind, recht häufig im Teichwasser; sie sind durch ihre hornartigen Stacheln sowie durch ihre hübsch fazettenartig skulpturierten Schalen ausgezeichnet. Allen Dinoflagellaten ist eigentümlich, daß sie im Äquator ihres Körpers eine Furche besitzen, in der eine quer gestellte, schwer sichtbare Geißel sich bewegt. Ferner kommt ihnen auch noch eine Längsfurche mit einer Geißel zu.

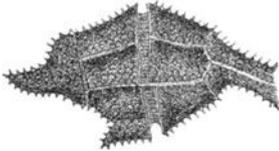


Fig. 484. *Ceratium tetraceras*. $1000/\mu$.
(Nach Schilling.)

Ciliata.

10. *Coleps hirtus* (Fig. 485). — *Coleps* findet sich in Wasserproben der verschiedensten Art, insbesondere auch im Brunnenwasser recht häufig und ist leicht zu erkennen.

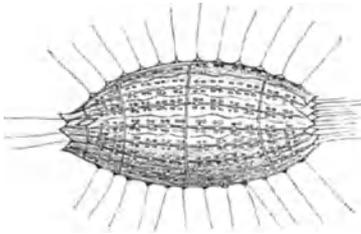


Fig. 485. *Coleps hirtus*. $750/\mu$.

Der ganze Körper ist ellipsoidisch gestaltet, an beiden Enden quer gestutzt (so daß der Umriß ungefähr tonnenförmig wird) und hier mit breiten, dreieckigen Stacheln versehen. Diese Stacheln bilden die Enden von Panzertafeln, die den ganzen Körper bedecken und regelmäßig warzenförmig durchbrochen sind, um die langen Zilien austreten zu lassen. *Coleps* ist bald farblos, bald grün gefärbt; seine Zilien sind alle gleichartig.

11. *Prorodon teres* (Fig. 486). — Wie alle folgenden panzerlos. Bei *Prorodon teres*, das sich sehr häufig in Gräben und Tümpeln

findet, ist der Körper zylindrisch, beiderseits breit gerundet, seinem ganzen Umfang nach dicht mit feinen, gleichartigen Zilien bedeckt. Am Vorderende befindet sich die von einer ringförmigen Lippe umgebene Mundöffnung; dieselbe setzt sich nach dem Körperinnern zu in einen von kegelförmigem Staborgan umgebenden Schlund fort. Im Hinterende des Tieres ist eine große Blase sichtbar, die mit wässrigem Inhalt erfüllt ist und sich rhythmisch in langen Zwischenräumen zusammenzieht und wieder ausdehnt. Sie stellt die „pulsierende Vakuole“ des Tieres dar. Derartige pulsierende Vakuolen sind in der Klasse der Urtiere fast allgemein verbreitet, wenn man ihre Tätigkeit auch oft nicht so gut beobachten kann, wie gerade bei dem beschriebenen Objekt.

12. *Paramecium bursaria* (Fig. 487). — Dieses meist mit kleinen grünen Algenzellen (Zoochlorellen) vollgepfropfte Tier wird massenhaft in Proben von Grabenwasser angetroffen. Es besitzt nur gleichartige, allseitig die ganze

Körperoberfläche besetzende Zilien und ist ungefähr drehrund. Vom Vorderende aus zieht sich bei der Gattung *Paramecium* eine tiefe Furche bis über die Mitte des Tieres hinweg; dieselbe führt zu dem in der hinteren Hälfte gelegenen Mund. — Auch hier ist die pulsierende Vakuole sehr groß ausgebildet; der Zellkern besteht aus zwei semmelartig aneinander liegenden Teilen, denen je ein kleiner Kern (Mikronukleus) anliegt.

13. *Chilodon cucullulus* (Fig. 488). — Die Arten der Gattung *Chilodon* sind besonders in mit organischen faulenden Substanzen versehenem Wasser sehr häufig; sie sind vollständig plattgedrückt und zeichnen

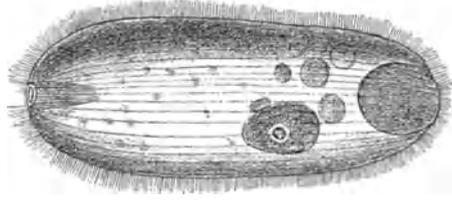


Fig. 486. *Prorodon teres*. $\cdot 400/1$.

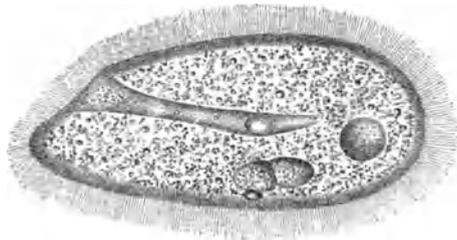


Fig. 487. *Paramecium bursaria*. $\cdot 500/1$.

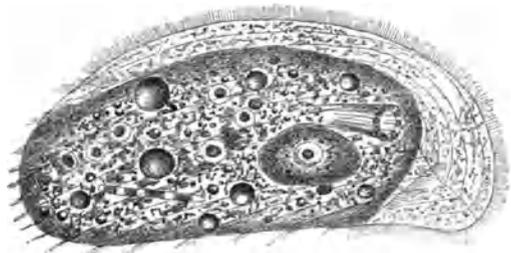


Fig. 488. *Chilodon cucullulus*. $\cdot 500/1$.

sich durch ihre den Längslinien des Körpers folgende, aus gleichartigen Zilien bestehende Bewimperung sowie durch den großen, ein Schlundrohr darstellenden Stabapparat der Mundöffnung aus. Bei *Ch. cucullulus* sind viele pulsierende Vakuolen vorhanden, bei dem viel kleineren *Ch. uncinatus* nur zwei.

14. *Stylonychia Mytilus* (Fig. 489). — Mit Nr. 15 das häufigste ziliate Infusor in länger stehenden, organische Reste enthaltenden Wasserproben. Das Tier gehört zu den hypotrichen Ziliaten, weil seine Körporgestalt vollkommen plattgedrückt ist und nur die Bauch-

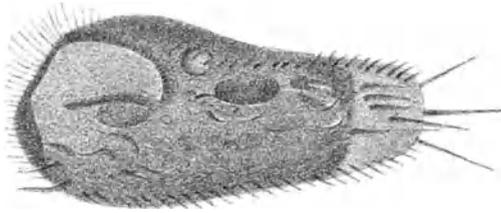


Fig. 489. *Stylonychia Mytilus*. 250/1.

Seite Wimpern aufweist, während die Rückenseite kahl ist. Zugleich erkennt man leicht, daß die Wimpern durchaus ungleichartig sind. Je eine Reihe dünnerer Zilien findet sich rechts und links dem Rand des Tieres entlang, sowie spiralig gebogen am Vorderende; neben dieser („adoralen“) Spirale liegt das „Stirnfeld“ mit einer Anzahl großer, gebogener „Zirren“; auch nach hinten auf dem „Bauchfeld“ finden sich solche. Am After steht eine Querreihe von fünf starken „Afterzirren“, und schließlich ist der Rand am Hinterende des Tieres noch mit drei langen „Schwanzzirren“ versehen. — Mit Hilfe der Zirren des Bauch- und Stirnfeldes, die als Beine benutzt werden, läuft das Tier gewandt auf im Wasser liegenden Gegenständen.

15. *Euplotes Charon* (Fig. 490). — An gleichen Orten wie die *Stylonychia* und häufig mit ihr zusammen vorkommend, gleichfalls mit adoraler Zilienzone und Bauch-, Stirn- und Afterzirren, aber ohne Randreihen. Ganz besonders leicht kenntlich ist dies Tier an dem wurstförmigen Zellkern, der (besonders beim Abtöten mit Sublimatlösung deutlich hervortretend) etwa in der Mitte der Zelle liegt. — Die nächstverwandte *Euplotes patella* hat am Hinterende zwei lange gefiederte Zirren.

16. *Vorticella microstoma* (Fig. 491). — In faulem Wasser, insbesondere in der Bakterienhaut, die sich auf faulenden Wasserproben bildet, überall massenhaft vorkommendes Glockentierchen. Dasselbe sitzt auf einen dünn fadenförmigen, mit feinem Muskelfaden durchzogenen Stil, der bei jedem Reiz sich blitzschnell spiralig kontrahiert. Um das Vorderende des Tieres herum findet sich ein Kranz lebhaft schlagender, die als Nahrung dienenden Körperchen ins Innere des Tieres strudelnder Wimpern, im übrigen ist das ausgewachsen fest-sitzende Tier nackt. Man kennt eine große Menge von *Vorticella*-Arten.

17. *Carchesium Lachmanni* (Fig. 492). — Im ganzen ebenso gestaltet wie die *Vorticella*-Arten, doch durch die Koloniebildung aus-

gezeichnet. Die Stiele verzweigen sich dichotom, wobei aber die Muskeln nicht sich aneinander ansetzen, sondern durch kleine Zwischen-

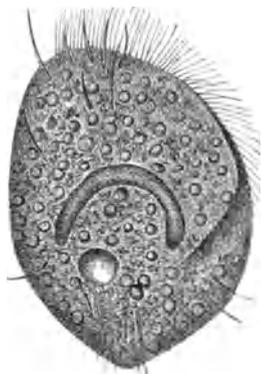


Fig. 490. *Euplotes Charon*. 500/1.



Fig. 491. *Vorticella microstoma*. 200/1. (Nach Kent.)



Fig. 492. *Carchesium Lachmanni*. 160/1.

räume getrennt sind. *C. Lachmanni* ist eines der häufigsten und charakteristischsten Infusorien im Schmutzwasser; es bildet in demselben am Gras, Reiserhalm usw. festsitzende, schimmelartig flottierende, kurze, weiße Überzüge.

Plankton-Untersuchungen von Fischgewässern.

Unter Plankton versteht man die im Wasser schwebende Flora und Fauna eines Gewässers. Die pflanzlichen Bestandteile des Planktons sind im wesentlichen Algen; das tierische Plankton setzt sich hauptsächlich aus Protozoen, Rädertieren, Krustaceen und Insektenlarven zusammen. Als Fischnahrung kommen fast allein die großen Bestandteile des tierischen Planktons, vor allem die Krustaceen in Frage. Ein Gewässer, das reich, ja überreich an Algen und Protozoen, aber arm an Krustaceen ist, taugt schlecht zur Fischzucht.

Rationelle Fischzucht ist nur möglich, wenn der Teichwirt die Zahl der fresenden Mäuler der vorhandenen Quantität von Fischnahrung anpaßt. Die Untersuchung des Planktons und die Messung seiner Menge hat also für die Praxis große Bedeutung, insbesondere deswegen, weil eine rasche Vermehrung der wichtigen Krustaceen durch Zufuhr modernder, stickstoffreicher Substanzen (Mist, Jauche usw.) leicht erzielbar ist.

Zur Ausführung von Planktonuntersuchungen ist ein Planktonnetz¹⁾ aus seidener Müllergaze erforderlich; zur Not kann an seine Stelle auch ein Sack aus dem billigen Nesseltuch, der an einem Ring von 20 mm Durchmesser befestigt ist und unten in einen stumpfen mit Klammern geschlossenen Zipfel endet, treten.

Dies Netz wird an einer von Meter zu Meter mit Knoten versehenen Schnur so weit ins Wasser gelassen, daß es den Grund des Teiches fast berührt und dann mit mäßiger Geschwindigkeit (nicht zu rasch!) heraufgezogen. Der Planktoninhalt der filtrierten Wassersäule sammelt sich schließlich im Zipfel (oder im Messinguntersatz des gekauften) Planktonnetzes; er wird in eine Flasche mit dem Rest des Wassers herausgelassen und mit einigen Tropfen Formalin versetzt. Um Durchschnittsproben des Teichplanktons zu gewinnen, wiederhole

¹⁾ Zu beziehen von E. Thum, Leipzig, Johannisallee 3.

man diesen Vorgang unter steter Notierung der Meterzahl der filtrierten Wassersäulen noch an zehn bis zwölf möglichst verschiedenen Stellen und füge das weiter gewonnene Plankton dem ersten zu.

Die Gesamtausbeute wird mit schwacher Vergrößerung (es genügt das oben S. 53 abgebildete Trichinenmikroskop) untersucht, indem man aus der gut umgeschüttelten Flasche mit der Pipette einen Tropfen Wasser aufsaugt, ihn auf den Objektträger bringt, mit dem Deckglas bedeckt und betrachtet.

Das fast wertlose pflanzliche (Fig. 493) und Protozoenplankton (Fig. 494) ist durch Farbe und Gestalt der Einzelteile ohne weiteres

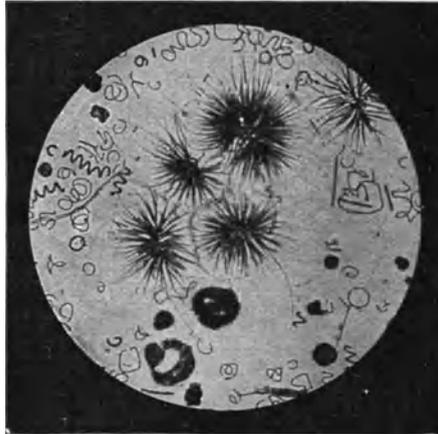


Fig. 493. Pflanzliches Plankton, aus verschiedenen Blau-Algen (*Clathrocystis*, *Gloeotrichia*, *Anabaena*) zusammengesetzt. (Nach Walter.)

von dem wertvollen aus höhern Tieren gebildeten Plankton (Fig. 495) zu unterscheiden; auch eine Mengenabschätzung wird auf diese einfache Weise bei einiger Übung innerhalb der für die Praxis nötigen Genauigkeit leicht erreicht.

Zu wesentlich zuverlässigeren Resultaten aber gelangt man durch Volummessung des Planktons. Diese wird ausgeführt, indem man den gesamten Inhalt der mit Formalin versetzten Flasche in ein Meßgefäß bringt, umschüttelt und dann zwölf Stunden lang ruhig stehen läßt.

Die Planktonbestandteile fallen dann nach Schwere geordnet nieder, und zwar bilden die unterste Schicht die wertvollen Krustazeen, dann kommen schichtweise folgend die Rädertiere, Flagellaten und Diatomeen, während die schalenlosen Algen oben bleiben. Wenn man die zwischen den Individuen befindliche Wassermenge vernachlässigt, kann das Volum der einzelnen Gattungen von Planktonorganismen direkt abgelesen werden.

Eine Berechnung des gefundenen Volums auf das Kubikmeter Wasser ist leicht ausführbar. Hat man ein Netz von 20 cm Öffnungsdurchmesser benutzt, so beträgt die Fläche der Öffnung 314 pcm = zirka $\frac{1}{32}$ eines Quadratmeters. Wurden nur Netzzüge von je 1 m Länge ausgeführt und ist deren Zahl bekannt, so multipliziert man das gefundene durchschnittliche Planktonvolum pro Netzzug mit 32 und hat damit den Wert für 1 cbm Wasser.

Für im Juni oder Juli, dem Höhepunkt der Planktonentwicklung, vorgenommene Untersuchungen gelten nach Walter folgende Aufstellungen:

1. Teiche von sehr geringer oder geringer (Fisch-) Produktivität besitzen einen Gehalt von tierischem Plankton bis zu 5 ccm pro Kubikmeter Wasser.

2. Solche von mittlerer Produktivität besitzen einen Gehalt an tierischem Plankton von 5—15 ccm pro Kubikmeter.

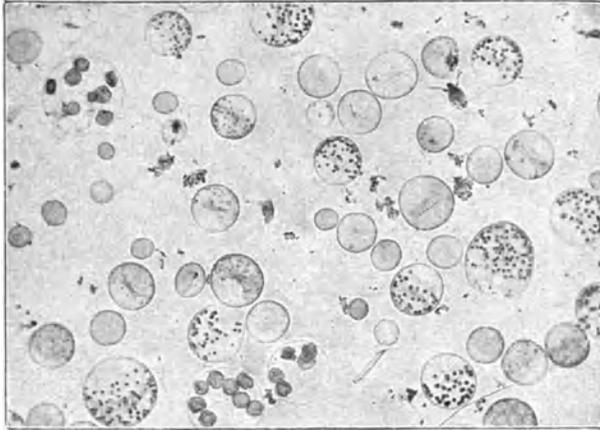


Fig. 494. Protozoen-Plankton, aus *Volvox* bestehend. (Nach Walter.)

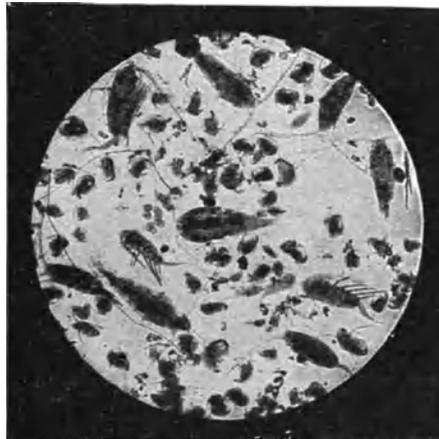


Fig. 495. Krustazeeen-Plankton, bestehend aus zwei Arten Hüpferlingen (*Cyclops* und *Diaptomus*) und Rüsselkrebsen (*Bosmina*). (Nach Walter.)

3. Gute und sehr gute Produktivität werden durch die Zahlen 15—50 ccm tierisches Plankton pro Kubikmeter Wasser gekennzeichnet.

4. In stark gedüngten Gewässern (Dorfteiche usw.) kann der Gehalt an wertvollem tierischen Plankton noch weit höher (bis 250 ccm) steigen; derartige Gewässer bringen aber häufig die Gefahr mit sich, daß bei großer Hitze Fäulnisvorgänge im Wasser einsetzen. Dann (sowie bei Auftreten einer Eisdecke im Winter) vermindert sich der Sauerstoffgehalt des Wassers rasch und die Fische ersticken.

Sachregister.

- Abbescher Zeichenapparat 42.
Abbildungsvermögen 54.
Abelmoschus 179.
Aberration, chromatische 7, 57.
— sphärische 7, 9, 57.
Abort, Nachweis 314.
Acarus farinae 103.
Achlya 252.
Acrostalagmus cinnabarinus 199.
Aktinomyces 309.
Aktinophrys 373.
Äskulus, Stärke 116.
Ather als Reagens 73.
Agavefaser 178.
Agrostemma Githago 105.
Akon 178.
Ahorn, Runzelschorf 317.
Alaun im Mehl 103.
Aleurobio 341.
Algen 270.
Alfazellulose 182.
Alkannin als Reagens 75.
Alkohol als Reagens 73.
Alpakawolle 329.
Althaea 159.
Amanita bulbosa 193.
— muscaria 193.
Ambrosia-Pilze 200.
Amblyostoma duodenale 346.
Amoëba proteus 372.
Analysator 38.
Andropogon Sorghum 111.
Angorawolle 328.
Anopheles 299.
Anthomyces Reukaufii 243.
Anthophysa vegetans 374.
Apparate, mikrophotographische 44.
Apparat, optischer 24.
Apertur, numerische 14.
Apochromat-Objektive 15.
Arachis hypogaea 108, 129, 134.
Argas reflexus 337.
Armillaria mellea 192, 221.
Arnika-Blüten als Safran-Verfälschung 149.
Arrowroot, brasilianisches 113.
— Guyana- 115.
Arrowroot, ostindisches 113.
— Queensland- 113.
— westindisches 112.
Arthrobotrys superba 202.
Ascaris lumbricoides 345.
Aspergillus herbariorum 204.
— Oryzae 203.
— Wentii 203.
Asperula odorata als Tabaksurrogat 166.
Atichia glomerulosa 202.
Atropis pulsatorius 337.
Auchenia 329.
Aufhellungsmittel 71.
Auflösungsvermögen 14.
Auswurf 310.
Bacillus 256.
Bacterium 256.
Bakterien 254.
— als Gärungserreger 245.
— Zoogloeeen 249.
Bakterienbrand d. Kirschbäume 207
Bakterienfäule der Kartoffeln 206.
Baldrianwurzel als Tabakparfüm 164.
Bananenstärke 115.
Bandwürmer 347.
Batatenstärke 116.
Baumrinde als Verfälschung 133.
Baumwolle 174.
Beggiatoa 251.
Beleuchtungsapparat, Abbescher 28.
Beleuchtungsvorrichtungen 26.
Beleuchtungslinsen 28.
Bergmannskrankheit 347.
Bertrandsche Quarzplatte 40.
Besenginster, Faser 179.
Besenhirse 111.
Beta vulgaris 119.
Beugungsmaxima 14.
Bild, reelles 4.
— Verzerrung des 57.
Bildfläche, Krümmung der 57.
Bildpunkt 4.
Bindegewebe 283.

- Binde-substanzen 282.
 Birnbaum, Gitterrost des 232.
 Blasenfüße 368.
 Blasenmole 315.
 Blattfallkrankheit d. Weinstocks 215.
 Blenden 26.
 Blut 291.
 — Erkennung eingetrockneten 293.
 Blutflecken, spektroskop. Untersuchung 294.
 Blutlaus 360.
 Blutnachweis, biologischer 297.
 — mikroskopisch-chemischer 296.
 Blutuntersuchungen 298.
 Boehmeria nivea 177.
 Bogenhanf 178.
 Bohnen, Fleckenkrankheit der 234.
 — als Kaffeesurrogat 123.
 Bohnenmehl 107.
 Bombay-Macis 144.
 Bothriocephalus latus 351.
 Botrytis Bassiana 199.
 — cinerea 205.
 — geniculata 202.
 Brandarten d. Getreides, Übersicht 228.
 Brandpilzsporen im Mehl 106.
 Brassica Besseriana 140.
 — nigra 140.
 Brechung der Lichtstrahlen 2.
 Brennpunkt 3.
 Brennweite 3.
 — Messung der 58.
 Bromelia, Faser 179.
 Brot als Gewürzverfälschung 132.
 Buchenblätter als Tabakersatz 165.
 Bücherläuse 337.
 Buchweizen 112.
 Byssusseide 327.

 Calendula officinalis 149.
 Calotropis procera 178.
 Cannastärke 113.
 Cannabis sativa 177.
 Capsicum 138.
 Carchesium Lachmanni 378.
 Carobenkaffee 122.
 Carthamus tinctorius 149.
 Castanea vesca 116, 122.
 Ceiba pentandra 175.
 Ceratium tetraceras 376.
 Ceratonia Siliqua 122.
 Ceratostomella 200.
 Chaetocladium 199.
 Chaetomium 199.
 Chikan-Khadia 179.
 Chilodom cucullulus 377.
 Chinagras 177.
 Chlamydomonas pulvisculus 375.

 Chloralhydrat als Aufhellungsmittel 73.
 Chlorkalziumlösung als Einschlussmittel 69.
 Chlorophyceen 273.
 Chlorops taeniopus 370.
 Chlorzinkjod als Reagens 73.
 Choeromyces gibbosus 186.
 Cholera-Vibrio, Nachweis 266.
 Chrysanthemumarten, Insektenpulver 150.
 Cicada Orni 244.
 Cichorium Intybus 119.
 Ciliata 376.
 Cladosporium herbarum 199, 202, 237.
 Cladotrix dichotoma 250.
 Claviceps purpurea 104, 222.
 Coccidien 352.
 Cocos nucifera 134.
 Coffea arabica 116.
 Cola acuminata 130.
 Coleps hirtus 376.
 Colostrummilch 285.
 Colurus uncinatus 372.
 Coniophora cerebella 192.
 Contarinia tritici 369.
 Coprinus radians 192.
 Corchorus 177.
 Cordyceps militaris 199.
 Corethropis paradoxa 201.
 Crenothrix polyspora 248, 250.
 Crocus sativus 148.
 Crotalaria 179.
 Crustaceum 202.
 Curcuma longa 168.
 Curcumastärke 113.
 Cyanophyceen 274.
 Cystopus candidus 210.
 Cytisus Laburnum 165.

 Dattelkerne als Kaffeeverfälschung 125.
 Dauerpräparate 81.
 Deckglas 16, 67.
 Dematophora necatrix 221.
 Demodex folliculorum 338.
 Dermanyssus avium 340.
 Diatomeen 271.
 Diffugia pyriformis 373.
 Diphtheriebazillus, Nachweis 267.
 Diplosis tritici 369.
 Doehmiose 347.
 Dürrobst als Kaffeesurrogat 125.
 Dunkelfeldbeleuchtung 47.
 Dünnschliffe 84.
 Duplexfront 13.

 Eau de Javelle als Aufhellungsmittel 72.

- Eibischblätter als Tabaksurrogat 159.
 Eiche, Stärke 116.
 Eichelkaffee 121.
 Einfallslot 2.
 Eingeweidennematoden 345.
 Einschlußmassen für Präparate 69.
 Eisenbakterien 248.
 Eisenchlorid als Reagens 74.
 Eiter 307.
 Eiternachweis, diagnostischer 307.
 Eiweißhefen 241.
 Eleaëis guineensis 124, 134.
 Elettaria Cardamomum 144.
 Empusa muscae 199.
 Endomyces Hylecoeti 200.
 — Magnusi 197, 202.
 — vernalis 200, 202.
 Entwässerungsgefäß 83.
 Ephestia Kühniella 103.
 Epicoccum purpurascens 199.
 Epinephele Janira 55.
 Erbsen als Kaffeesurrogat 123.
 Erdnuß 129, 134.
 Erntemilbe 338.
 Eriophyes vitis 359.
 Erysibe graminis 219.
 Esparto 182.
 Essig 246.
 Essigsäure als Aufhellungsmittel 73.
 Eugenia aromatica 146.
 Euglena viridis 374.
 Euplotes Charon 378.
 Exoascus Pruni 216.

 Fagopyrum esculentum 112.
 Farbenbild 64.
 Farbstoffe 74.
 Fasern, elastische 283.
 Federläuse 336.
 Feigenkaffee 120.
 Fette, Reaktion 73.
 Fettgewebe 284.
 Fetthefen 241.
 Ficus Carica 120.
 Filzlaus 334.
 Flachs 175.
 Fleckenkrankheit der Bohnen 234.
 — des Klees 216.
 Flecktyphus 304.
 Fliegenpilz 193.
 Flimmerepithel 281.
 Flöhe 333.
 Flugbrand des Getreides 226.
 Fluoritsysteme 16.
 Flüsse, Selbstreinigung 253.
 Fokaldistanz 3.
 Fokus 3.
 Fourcroya 178.
 Fritfliege 370.

 Fusariumkrankheit der Kartoffeln 239.
 Fusarium aequeductum 253.
 Fusicladiumkrankheit des Kernobstes 236.
 Fuß des Mikroskops 29.

 Ganglienzellen 290.
 Gambohanf 179.
 Gelbfieber 303.
 Gerbstoffe, Reaktion 74.
 Gerstenmehl 109.
 Gespinnstfasern, mikroskopische Untersuchung 173.
 — tierische 325.
 Getreide, ausgewachsenes 100.
 — Flugbrand des 226.
 — Mehltau des 218.
 — Schwärze des 237.
 Getreidekaffee 122.
 Getreidemotte 103.
 Getreiderost 229, 231.
 Gewebe, Prüfung eines 333.
 — tierische 275.
 Gewürznelken 146.
 Gewürzpulver, Verfälschungen 131.
 Gichtkrankheit des Weizens 355.
 Ginger-Beer 249.
 Gitterrost der Birnbäume 232.
 Gloeosporium Lindemuthianum 235.
 Glossina 302.
 Glycyphagus 341.
 Glycerin 69, 71, 81.
 Glyceringelatine 69, 82.
 Glycerinpräparate 81.
 Goldregenblätter 165.
 Gonatorhodium speciosum 201.
 Gonium tetras 375.
 Gonokokken, Nachweis 262.
 Gossypium 174.
 Gregarinen 352.
 Grubenwurm 346.
 Grünauge 370.
 Gymnosporangium Sabinæ 232.

 Haarbalgmilben 338.
 Haare, tierische 277, 327.
 Haarlinge 336.
 Hämatoxylin 75
 Hafermehl 109.
 Halfazellulose 182.
 Hanf 177.
 Haplotrichum roseum 201.
 Harn 319.
 Harnsediment, organisierte Bestandteile 320.
 — nicht organisierte Bestandteile 322.
 Hauptebenen 7.
 Hauptpunkte 7.
 Hausmilben 340.

- Hausschwamm 187.
 Hefepilze 239.
 Helianthus annuus 136.
 Helminthosporium stemphylioides 202.
 Hessenfliege 369.
 Heterodera Schachtii 356.
 Heufieber 184.
 Hexenmehl 183.
 Hibiscus cannabinus 179.
 Hipparchia Janira 55.
 Hirse 111.
 Holzessig als Einschlußmittel 70.
 Holzläuse 337.
 Holzmehl als Verfälschung 108.
 Holzschliff 180.
 Holzsubstanz, Reaktion 74.
 Honigtau 222.
 Hopfenblütendolden im Tabak 165.
 Hormiscium pinophilum 200
 Huflattichblätter als Tabaksurrogat 162.
 Humulus lupulus 165.
 Hundebandwurm 350.
 Hundefloh 334.
 Hundehaarling 337.
 Hylecoetus dermestioides 200.

 Ilex paraguariensis 153.
 Immersion, homogene 12.
 Immersionsojektive 12.
 Infusorien 372.
 Ingwer 167.
 Insektenpulver 150.
 Iris 115, 163.
 Iriszylinderblende 28.
 Isaria 199.

 Jod-Jodkalium als Reagens 73.
 Joghurt 249.
 Johannisbrot 122.
 Jute 177.

 Kaffee 116.
 — Surrogate des 117.
 Kaffeesatz als Kaffeeverfälschung 126.
 Kakao 126.
 Kakaopulver, Untersuchung 127.
 Kakaoschalen als Verfälschung 128.
 Kalihydrat als Aufhellungsmittel 82.
 Kamerunfaser 178.
 Kanadabalsam 70, 71, 82.
 Kanadabalsampräparate 82.
 Kapok 175, 178.
 Karbolfuchsin 75.
 Kardamomen 144.
 Karmin nach Grenacher 75.
 Karoa 179.
 Kartoffel, Bakterienfäule 206.

 Hager-Mez, Mikroskop. 12. Aufl.
- Kartoffel, Phytophthorakrankheit 211.
 Kartoffelkrankheiten, Übersicht 214.
 Kartoffelkraut als Tabakfälschung 166.
 Kartoffelstärke 94.
 Kastanienstärke 116.
 Kastanienkaffee 122.
 Kefir 248.
 Kernobst, Schorfkrankheit des 236.
 Kikxia 178.
 Kirschbäume, Bakterienbrand 207.
 Kirschblätter als Tabaksurrogat 161.
 Klee, Fleckenkrankheit 216.
 Kleiderlaus 335.
 Kleie als Verfälschung 132.
 Kochsalzlösung, physiologische 275.
 Kohlhernie 209
 Kokos-Preßkuchen 134.
 Kolanuß 130.
 Kolbenhirse 111.
 Kolibakterien, Nachweis 266.
 Kollektiv 18.
 Kolostrummilch 324.
 Kompensationsokular 15, 20.
 Kopflaus 335.
 Kornmotte 103.
 Kornrade im Mehl 105.
 Korrektrionsfassung des Objektivs 17.
 Knochengewebe 287.
 Knollenblätterpilz 193.
 Knorpelgewebe 286.
 Kriebelkrankheit 104.
 Krätzmilbe 337.
 Kumys 248.
 Kunstseide 178, 327
 Kupferoxyd-Ammoniak als Reagens 7g.
 Kupfersulfat als Reagens 73.
 — im Mehl 103.
 Kwass 248.

 Lack zum Abschluß der Präparate 70.
 Lactaria 193.
 Leguminosen, Welkekrankheit 238.
 Leguminosenmehl 107.
 Leinkuchen 135.
 Lentinus squamosus 192.
 Lenzites 187, 191.
 Lepadella ovalis 372.
 Leptomitus 252.
 Leptus autumnalis 338.
 Liatris odoratissima 162.
 Lindenbast 179.
 Linsen 1.
 — achromatische 8.
 — der besten Form 10.

- Linsen, Öffnungswinkel 9.
 — Zentrierung der 16.
 Linum usitatissimum 175.
 Luftblasen als Objekte 78.
 Lupe 20.
 — Brewstersche 22.
 — Brückesche 22.
 — Coddintonsche 22.
 — Steinheilsche 22.
 — Strahlengang in der 5.
 Lupinen als Kaffeesurrogat 123.
 Lycopodium 183.
 Lymphe 291.

Macis 142, 143.
 Madenwurm 345.
 Maismehl 111.
 Maisbrand 227.
 Malaria 299.
 Maltonwein 241.
 Mandelpreßkuchenmehl 134.
 Manihot utilisima 95, 113.
 Manilahanf 178.
 Maranta arundinacea 112.
 Mastigophora 374.
 Mate 153.
 Mauritiushanf 178.
 Mayetiola destructor 369.
 Mazun 249.
 Mehl 93.
 — dumpfiges 101.
 — milbiges 103.
 — vermottetes 103.
 — als Gewürzverfälschung 132.
 Mehlmischungen, Nachweis 96.
 Mehlverfälschungen, Nachweis 103.
 Mehlmilbe 103.
 Mehltau des Getreides 218.
 — echter des Weinstocks 219.
 — falscher des Weinstocks 213.
 Mehlzünsler 103.
 Melasmia acerinum 218.
 Melilotus 163.
 Merulius lacrymans 187, 189.
 Methylenblau 76.
 Micrococcus 256.
 Microspira 256.
 Mikrometer 42.
 Mikrometereinstellung 32.
 Mikrometerokular 20.
 Mikrometerschraube 63.
 Mikrophotographie mit ultraviolettem Licht 46.
 Mikrophotogr. Apparate 44.
 Mikroskop, Ankauf 50.
 — Aufstellung 62.
 — Behandlung 60.
 — binokulares 34.
 — Formen 50.

Mikroskop, Gebrauch 62.
 — mechanische Einrichtung 24.
 — Prüfung 54.
 — Strahlengang 33.
 — Teile 24.
 — Theorie 1.
 Mikroskopierlampe 44.
 Mikroskopspiegel 26.
 Mikrotome 69.
 Milben 337.
 Milch 323.
 Milzbrandbazillus, Nachweis 263.
 Mineralbestandteile im Mehl 103.
 — in Gewürzen 136.
 — im Kaffee 126.
 Mischersche Schläuche 353.
 Mohairwolle 328.
 Mohrrhirse 111, 116.
 Molekularbewegung, Brownsche 79.
 Moniliakrankheit der Obstbäume 235.
 Morchelarten 187.
 Morchelvergiftungen 193.
 Mouches volantes 66.
 Mucor mucedo 202.
 — racemosus 202.
 — stolonifer 202.
 Mückensehen 66.
 Müllersche Flüssigkeit 275.
 Musa 115.
 Muskatblüte 143.
 Muskatnuß 142.
 Muskelgewebe 288.
 Mutterkorn 222.
 — im Mehl 104.
 Myristica 142.
 Myxosporidien 352.

Nägel 277.
 Nährgelatine 258.
 Natronhydrat als Aufhellungsmittel 72.
 Nebenapparate des Mikroskops 41.
 Nelkenstiele 137, 148.
 Nematodenkrankheit der Zuckerrüben 356.
 Neoskofitzia termitum 200.
 Nervengewebe 290.
 Nesselblätter als Tabaksurrogat 163.
 Nesselfaser 179.
 Neuseeländischer Flachs 179.
 Nicotiana 157.
 Nußschalen als Verfälschung 133.
 Nutzhölzer, mikroskop. Unterscheidung 170.

Oberflächenepithel 276.
 Oberhäuserscher Zeichenapparat 42.
 Objektiv 5, 6, 11.

- Objektiv, aplanatisches 10.
 — Fassung 24.
 — Fehler 7.
 — Strahlengang 6.
 Objektmikrometer 43.
 Objektisch 29, 30.
 Objektträger 67.
 Obstbäume, Monilia-Krankheit 235.
 Oidium lactis 196, 205.
 — Tuckeri 219.
 Okular 5, 18.
 — bildaufrichtendes 20.
 — Fassung 26.
 — Huyghenssches 18.
 — Kompensations- 20.
 — Projektions- 20.
 — Ramsdensches 20.
 — stereoskopisches 20.
 Öle, Reaktion 73.
 Olivenkerne als Verfälschung 133.
 Oospora lactis 205.
 opak-Illuminator 86.
 Oscinis Frit 370.
 Oxyuris vermicularis 345.

Padang 178.
 Palmkernmehl 124, 134.
 Pandanus 178.
 Panicum miliaceum 111.
 Papier, Untersuchung 180.
 Papierfasern als Textilmaterial 178.
 Paprika 132, 138.
 Paraguaytee 153, 157.
 Paramaecium bursaria 377.
 Parasiten, tierische des Menschen 333.
 Pediculus capitis 335.
 — vestimenti 335.
 Peitschenwurm 346.
 Pelzwerk 330.
 Penicillium brevicaulis 204.
 — crustaceum 204.
 — Fieberi 201.
 Peritymbia vitifolii 362.
 Pest 303.
 Petri-Schalen 259.
 Pfeffer 130.
 — Verfälschungen 131.
 Pfefferspindeln 132.
 Pflaumen, Taschenkrankheit 216.
 Phloroglucin-Salzsäure als Reagens
 74.
 Phormium tenax 179.
 Phthirus pubis 334.
 Phyllachora trifolii 217.
 Phylloxera vastatrix 362.
 Physopoda 368.
 Phytelephas macrocarpa 124.
 Phytophthora infestans 211.
 Phytophus vitis 359.
 Pilobolus 199.

 Pilze, höhere 185.
 Pilzvergiftungen 192.
 Piment 136.
 Piper nigrum 130.
 Pita 178, 179.
 Plankton-Untersuchungen 379.
 Plasmodiophora Brassicae 209.
 Plasmodium malariae 299.
 Plasmopara viticola 213.
 Platanenschnupfen 185.
 Plattenepithel 276.
 Pleurosigma angulatum 56.
 Polarisationsmikroskop 36.
 Polarisator 38.
 Pollenkörner 184.
 Polyporus destructor 191.
 — medulla panis 190.
 — vaporarius 187, 191.
 Polythrincium trifolii 217.
 Präparate, Chemikalien zur Her-
 stellung 67.
 — Einschlußmassen 69.
 — Herstellung 66.
 — Instrumente zur Herstellung 68.
 — Utensilien zur Herstellung 87.
 Präpariermikroskop 23.
 Presshefe 242.
 Projektionsokular 20.
 Prorodon teres 376.
 Pseudopeziza trifolii 216.
 Ptyelus lineatus 243.
 Puccinia 229.
 Pulex canis 334.
 — irritans 334.

Radekrankheit des Weizens 355.
 Rädertiere 371.
 Rai-bhenda 179.
 Raineyische Schläuche 353.
 Ramié 177.
 Rapskuchen 135.
 Rasiermesser 68.
 Reben, Wurzelkrankheit der 221.
 Reblaus 362.
 Reinkulturen von Bakterien 258.
 Reismehl 110.
 Revolver-Objektivträger 25.
 Rhizopogon virens 187.
 Rhizopus nigricans 203.
 Rhytisma acerinum 217.
 Rinderbandwurm 349.
 Rispenhirse 111.
 Roggen, Mehl 95.
 — Stengelbrand 227.
 — Stockkrankheit 353.
 Rohrkolbenfaser 178.
 Ropalomyces elegans 201.
 Rosenblätter als Tabaksurrogat 163.
 Roßkastanie, Stärke 116.
 Rost des Getreides 229.

- Rost der Cruciferen, weißer 210.
 Rotifer vulgaris 371.
 Rübenwurzeln als Kaffe-Surrogat 119.
 Rückfallfieber 302.
 Runzelschorf des Ahorn 217.
 Russula 193.

Saccharomyces albicans 244.
 Saccharomyceten 239.
 Safran 148.
 Sägemehl als Verfälschung 126, 132.
 Sago 96, 114.
 Sammellinsen 1.
 — Bildkonstruktion bei 3.
 — Strahlengang in 2.
 San-José-Schildlaus 365.
 Sansevieria 178.
 Saprolegnia 252.
 Sarcina 256.
 Sarcodina 372.
 Sarcoptes scabiei 337.
 Sarepta-Senf 140.
 Sarkosporidien 353.
 Sarothamnus 179.
 Saubohne 115.
 Säule des Mikroskops 29.
 Schildläuse 365.
 Schimmelpilze 194.
 Schizoneura lanigera 360.
 Schlafkrankheit 302.
 Schleim, Reaktion 74.
 Schliffpräparate, Anfertigung 84.
 Schmierbrand 106.
 Schobergetreide 100.
 Schokolade 126.
 — Untersuchung 128.
 — Verfälschungen 129.
 Schorfkrankheit des Kernobstes 236.
 Schultzesches Macerationsgemisch 74.
 Schutzleisten 67.
 Schwarzbeinigkeits 206.
 Schwärze des Getreides 237.
 Schwefelsäure als Reagens 74.
 Schweinebandwurm 349.
 Scleroderma vulgare 186.
 Sclerotinia Fuckeliana 205.
 Schweite 21.
 Sehwinkel 21.
 Seibertscher Zeichenapparat 42.
 Seide 325.
 Selbstreinigung der Flüsse 253.
 Senf 139.
Setaria italica 111.
Sida retusa 179.
 Silk-Cotton 178.
Sinapis alba 140.
 Sisal-Hanf 178.
 Sklerotium 222.
 Sommerholz, Erkennung 173.

 Sonnenblumensamenkuchen 176.
 Soorpilz 244.
 Sorgho-Hirse 111.
 Spektrum, sekundäres 8, 15.
 Sperma, Untersuchung 317, 318.
Sphacelia segetum 222.
Sphaerotilus 251.
 Spinnmilben 358.
 Spirillum 256.
 Spirochaete 256.
 — Obermeyeris 255, 302.
 — pallida 268.
 Sporozoön 351.
 Spulwurm 345.
 Stärke 93.
 — Reaktion 73.
 — und Mehlsorten, Untersuchung 114.
 Stärke Korn 93.
 Stativ des Mikroskops 29.
 Stativlupe 22.
Stegomyia 303.
 Steinbrand des Weizens 224.
 Steinkleeblüten als Tabakparfüm 163.
 Steinnuß-Mehl 108, 124.
Stipa tenacissima 182.
 Stockkrankheit des Roggens 353.
 Streichriemen 68.
Streptococcus 256.
 Strohmehl 108.
 Strohzellulose 181.
 Strukturbild 64.
 Stufenmikrometer 43.
Stylonychia mytilus 378.
Stysanus caput medusae 202.
 Sublimat als Einschlußmasse 70.
 Sudan-Glyzerin als Reagens 75.
 Sunn 179.
Suriella gemma 56.
 Syphilis 303.
 — Spirochaeten, Nachweis 268.
Synura uvella 376.

 Tabak 157.
Taenia echinococcus 350.
 — saginata 349.
 — solium 348, 349.
Tapioca 95.
Taraxacum officinale 119.
 Taschenkrankheit der Pflaumen 216.
 Taubenzecke 337.
 Tee 152.
 Teekwas 248.
 Teichmannsche Kristalle 296.
 Testobjekte 55.
 Tetranychidae 358.
 Textilfasern, Übersicht 177.
Thamnidium elegans 203.
Thea sinensis 152.

- Theobroma Cacao* 126.
Thrips 368.
Tilia 179.
Tilletia 224.
— *caries* 106.
— *laevis* 107.
— *tritici* 106.
Tinea hordei 103.
— *granella* 103.
Torula 241.
Traubenkerne als Kaffee-Verfälschung 126.
Trichine 341.
Trichocephalus dispar 346.
Trichodectes canis 337.
Trichomonas vaginalis 313.
Trichothecium roseum 199.
Triposporium elegans 301.
Trippereiter 309.
— Untersuchung 262.
Trockenpräparate, Anfertigung 76.
Troctes 337.
Trombidium holosericeum 338.
Trüffel 185.
Trypanosoma 302.
Tuber 185, 186.
Tuberkelbazillen, Nachweis 260.
Tubus des Mikroskops 24, 29, 31.
Tup-Khadia 179.
Tusche als Reagens 74.
Tussa-Seide 325.
Tussilago Farfara 162.
Tylenchus dipsaci 353.
— *tritici* 355.
Typha 178.
Typhus 304.
Typhusbakterien, Nachweis 264.
Tyroglyphus 341.

Ulex europaea 165.
Ultrakondensator 49.
Ultramikroskop 49.
Uncinula necator 219.
Untersuchungspräparate 97.
Urena sinuata 179.
Urocystis occulta 107, 179.
Urtica 163, 179.
Urtiere 372.
Ustilago 226, 227.
— *hordei* 107.

Valeriana officinalis 164.
Vanille 145.
Vanillewurzelpflanze als Tabakparfüm 162.
Veilchenwurzelpulver 115, 163.

Vergrößerung, Messung der 58.
Vergrößerungsgläser 1.
Verkleinerungsgläser 1.
Vicia Faba 115.
Vicunawolle 329.
Vogelmilben 340.
Vorticella microstoma 378.

Waldmeisterkraut als Tabakparfüm 166.
Wasserhaltige Objekte, Präparate von 77.
Wasserpilze 249.
Wasserverschmutzungsstadien, Übersicht 253.
Wegerichblätter als Tabak-Surrogat 160.
Weichselblätter als Tabak-Surrogat 161.
Weinblattmilben 359.
Weinstock, echter Mehltau 219.
— falscher Mehltau 213.
Weinstockpilz 221.
Weizen, Gicht- oder Radekrankheit 355.
— Steinbrand 224.
Weizenfliege 370.
Weizengallmücke 369.
Weizenmehl 96.
Weizenmücke, gelbe 369.
Welkekrankheit der Leguminosen 238.
Winterholz, Erkennung 173.
Wolle 328.
Wruken als Brotverfälschung 108.
Wurzepilz der Reben 221.

Xyloterus 200.

Yerkum-Fibre 178.

Zeichenapparate 41.
Zeiger-Doppelokular 43.
Zellulose 181.
— Reaktion 73.
— -Seide 178.
Zerstreuungslinsen 1.
Zichorienkaffee 119.
Zimt 168.
Zingiber officinale 167.
Zoogloea 249.
Zucker, Reaktion 73.
Zuckerrüben, Nematodenkrankheit 356.
Zylinderblende 27.
Zylinderepithel 276, 281.

Mikroskopische Untersuchungen vorgeschrieben vom Deutschen Arzneibuch. Leitfaden für das mikroskopisch-pharmakognostische Praktikum an Hochschulen und für den Selbstunterricht. Von Professor Dr. C. Mez, Breslau. Mit 113 vom Verfasser gezeichneten, in den Text gedruckten Abbildungen. 1902. Preis M. 5.—

Einführung in die Mikroskopie. Von Professor Dr. P. Mayer. Mit 28 Textabbildungen. 1914. Gebunden Preis M. 4.80

Pharmakognostischer Atlas. Mikroskopische Darstellung und Beschreibung der in Pulverform gebräuchlichen Drogen. Von Professor Dr. Josef Moeller, Innsbruck. Mit 110 Tafeln in Lichtdruck nach Zeichnungen des Verfassers. 1892. Preis M. 25.—; gebunden M. 38.—

Qualitative botanische Analyse der Drogenpulver. Eine Einführung in den Gang einer systematischen mikroskopischen Pulveruntersuchung von Dr. P. Schürhoff. 1906. Gebunden Preis M. 2.—

Bakteriologie und Sterilisation im Apothekenbetriebe. Mit eingehender Berücksichtigung der Herstellung steriler Lösungen in Ampullen. Von Dr. Conrad Stieh, Leipzig. Dritte, verbesserte und wesentlich erweiterte Auflage. Mit 131 teils mehrfarbigen Textabbildungen und 3 Tafeln. 1918. Gebunden Preis M. 14.—

Handbuch für biologische Übungen. Zoologischer Teil. Von Professor Dr. Paul Röseler, Direktor der Luisenschule zu Berlin, und Hans Lamprecht, Oberlehrer an der Friedrichs-Werderschen Oberrealschule zu Berlin. Mit 467 Textabbildungen. 1914. Preis M. 27.—; gebunden M. 28.60

Leitfaden für biologische Übungen. Zoologischer Teil. Von Professor Dr. Paul Röseler, Direktor des Falk-Realgymnasiums zu Berlin, und Hans Lamprecht, Studienrat an der Friedrichs-Werderschen Oberrealschule zu Berlin. Mit 155 Textabbildungen. 1919. Preis M. 6.80

Einführung in die Experimentalzoologie. Von Professor Dr. Bernhard Dürken, Zoologisch-zootomisches Institut der Universität Göttingen. Mit 224 Textabbildungen. 1919. Preis M. 28.—; gebunden M. 32.—

Hermann Lenhartz. Mikroskopie und Chemie am Krankenbett. Neunte, umgearbeitete und vermehrte Auflage von Professor Dr. Erich Meyer, Direktor der Medizinischen Universitätsklinik in Göttingen. Mit 168 Abbildungen im Text und einer Tafel. 1919. Gebunden Preis M. 25.—

Technik der mikroskopischen Untersuchung des Nervensystems. Von Professor Dr. W. Spielmeyer, Vorstand des Anatomischen Laboratoriums der Psychiatrischen Klinik in München. Zweite, vermehrte Auflage. 1914. Gebunden Preis M. 4.80

Makro- und mikroskopische Diagnostik der menschlichen Exkrementen. Von **M. L. Q. van Ledden-Hulsebosch**. Mit 255 naturgetreuen Abbildungen auf 43 Tafeln in Lichtdruck. 1899.

Kartoniert Preis M. 30.—

Leitfaden der Mikroparasitologie und Serologie mit besonderer Berücksichtigung der in den bakteriologischen Kursen gelehrteten Untersuchungsmethoden. Ein Hilfsbuch für Studierende, praktische und beamtete Ärzte von Professor **Dr. E. Gotschlich**, Direktor des Hygienischen Instituts der Universität Gießen und Professor **Dr. W. Schürmann**, Privatdozent der Hygiene und Abteilungsvorstand am Hygienischen Institut der Universität Halle a. S. Mit 213 meist farbigen Textabbildungen. 1920.

Preis M. 25.—; gebunden M. 28.60

Gerichtsärztliche Untersuchungen. Ein Leitfaden für Mediziner und Juristen von **Dr. Otto Leers**, Königl. Gerichtsarzt in Essen a. d. Ruhr. 1913.

Preis M. 4.—; gebunden M. 4.60

Untersuchung des Wassers an Ort und Stelle. Von **Dr. Hartwig Klut**, Mitglied der Landesanstalt für Wasserhygiene zu Berlin-Dahlem. Dritte, umgearbeitete Auflage. Mit 33 Textabbildungen. 1916.

Gebunden Preis M. 4.60

Die Untersuchung und Beurteilung des Wassers und des Abwassers. Ein Leitfaden für die Praxis und zum Gebrauch im Laboratorium. Von **Dr. W. Ohlmüller**, Verwaltungsdirektor des Virchow-Krankenhauses, Geh. Reg.-Rat und Professor **Dr. O. Spitta**, Privatdozent der Hygiene an der Universität, Reg.-Rat und Vorsteher des Hygienischen Laboratoriums im Reichs-Gesundheitsamt. Vierte Auflage.

In Vorbereitung

Die Naturwissenschaften. Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik. Begründet von **Dr. A. Berliner** und **Dr. C. Thesing**. Herausgegeben von **Dr. Arnold Berliner** und Professor **Dr. August Pütter**. Vierteljährlich Preis M. 26.—
