

HAGER- MEZ

DAS MIKROSKOP

UND SEINE ANWENDUNG

Das
M i k r o s k o p
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,

Regierungsrat und Mitglied der Kaiserl.
biologischen Anstalt für Land- und
Forstwissenschaft zu Dahlem b. Berlin

Dr. G. Brandes,

Privatdozent der Zoologie a. d. Universi-
tät und Direktor des Zoologischen Gartens
zu Halle

Dr. Th. Lochte,

Professor d. gerichtlichen Medizin
a. d. Universität und Kreisarzt
zu Göttingen

neu herausgegeben von

Dr. Carl Mez,

Professor der Botanik an der Universität Halle.

Zehnte, stark vermehrte Auflage.

Mit 463 in den Text gedruckten Figuren.



Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH
1908

ISBN 978-3-662-35815-3 ISBN 978-3-662-36645-5 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-662-36645-5

Alle Rechte, insbesondere das der
Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten.
Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1908

Aus den Vorworten zur achten und neunten Auflage.

Das Mikroskop hat aufgehört allein der wissenschaftlichen Forschung zu dienen; es kommt ihm bei den Arbeiten des Praktikers eine mit der Erweiterung unserer mikroskopischen Kenntnisse immer größer werdende Bedeutung zu.

Der literarischen Hilfsmittel, welche die Bekanntschaft mit dem Gebrauch des Mikroskops erschließen wollen, gibt es zahlreiche und teilweise vorzügliche. In den Kreisen der im praktischen Leben stehenden Untersucher ist das Buch HERMANN HAGERS, jenes hochbegabten Pharmazeuten, welcher die mikroskopische Disziplin in die Apotheken eingeführt hat, das verbreitetste.

Als nach dem Tode des Verfassers die Verlagsbuchhandlung das ehrenvolle Ersuchen an mich richtete, das HAGERSche „Mikroskop“ in einer neuen Bearbeitung herauszugeben, bin ich diesem Wunsche gerne gefolgt.

Eine nähere Durchsicht des Werkes zeigte, daß seine Anlage und der darin behandelte Stoff in vorzüglicher Weise den Bedürfnissen sowohl des Anfängers in der Mikroskopie wie den praktischen Anforderungen an ein solches Buch entsprachen, daß dagegen manche Kapitel eine andere Darstellung wohl ertragen konnten. Besonders neuere wichtige Untersuchungsmethoden mußten aufgenommen und im ganzen die Fortschritte der Mikroskopie berücksichtigt werden. Auch war eine völlige Reform des Abbildungsmaterials erforderlich. Daher ist es gekommen, daß die Neubearbeitung zur Umarbeitung wurde, bei welcher von dem ursprünglichen HAGERSchen Buch nur recht wenig erhalten geblieben ist.

Die Grundsätze, welche mich bei der neuen Bearbeitung und bei der Herausgabe der 9. Auflage leiteten, waren folgende:

Das Buch soll ein Handbuch der praktischen Mikroskopie sein und ihre zerstreuten Disziplinen zusammenfassen.

Zunächst ist es bestimmt, eine vollständige, auch dem Anfänger leicht faßliche Einführung in das Wesen und die Einrichtung des Mikroskops zu geben. Auf Einkauf und Prüfung des Instrumentes bezügliche Ratschläge werden manchem willkommen sein. Ferner

war es mein Bestreben, den Gebrauch des Mikroskops in gemeinverständlicher Weise zu schildern. Die Anleitung zur Anfertigung der Untersuchungs- und Dauerpräparate, zur Darstellung und zum Gebrauch der mikroskopischen Reagenzien usw. wird es auch dem Anfänger ermöglichen, sich in mikroskopische Untersuchungen einzuleben. Weiter habe ich versucht, eine allgemeine Übersicht über die mikroskopischen Objekte und ihre Unterschiede zu geben. Mit Hilfe dieses Teiles wird man Natur und Abstammung auch unbekannter Objekte annähernd bestimmen können. Endlich wurden die praktisch wichtigen mikroskopischen Objekte sowohl aus dem Pflanzen- wie aus dem Tierreiche eingehend behandelt und die Methoden zu ihrer Untersuchung und Erkennung beschrieben.

Bei der Ausarbeitung des Buches wurde ich durch Mitarbeiter aufs Freundlichste unterstützt. Herr Regierungsrat Dr. APPEL hat die Bearbeitung der Pflanzenkrankheiten, Herr Privatdozent Dr. BRANDES die zoologischen und Herr Professor Dr. STOLPER die medizinischen Materien übernommen. Meinen Herren Mitarbeitern danke ich hier bestens für ihre Förderung des Werkes.

Möge das „Mikroskop“ in seiner neuen Bearbeitung wieder als brauchbares Hilfsmittel bei mikroskopischen Untersuchungen den alten Freunden willkommen sein und sich neue erwerben.

Breslau, Ende 1898.

Halle, August 1904.

Carl Mez.

Vorwort zur zehnten Auflage.

An der sieghaften Ausbreitung der Mikroskopie in allen Gebieten der angewandten Wissenschaft hat unser Buch keinen geringen Anteil. Es ist eines der meistbenützten Handbücher der im praktischen Leben stehenden Untersucher geblieben und mit jeder Auflage mehr geworden.

Die raschen Fortschritte der mikroskopischen Disziplinen haben mit jedem Neu-Erscheinen ein starkes Anwachsen von Inhalt und Umfang erfordert. Um das Werk auf der erreichten Höhe zu halten, mußte auch die vorliegende Auflage wieder in allen Teilen wesentliche Erweiterungen erfahren, welche die Brauchbarkeit des Buches fördern werden.

Von den Herren, die mit mir die neunte Auflage bearbeitet haben, wurde uns Herr Prof. Dr. STOLPER durch den Tod entrissen. An seine Stelle ist Herr Prof. Dr. LOCHTE getreten. — Herr Reg.-Rat Dr. APPEL hat in der neuen Auflage außer der Darstellung der Pflanzenkrankheiten auch noch die Bearbeitung der Schimmel- und Hefepilze übernommen. Im übrigen haben die Gebiete der Mitarbeiter keine Veränderungen erfahren.

Die neue Auflage bittet um dieselbe freundliche Aufnahme, welche den früheren zuteil geworden ist.

Halle, Dezember 1907.

Carl Mez.

Inhaltsverzeichnis.

Das Mikroskop.		Seite
A. Die Theorie des Mikroskops		3
I. Die Linsen		3
II. Die Brechung der Lichtstrahlen		4
III. Theoretische Konstruktion von Strahlengang und Bild in Sammellinsen		5
1. Strahlengang in Sammellinsen		5
2. Bildkonstruktion bei Sammellinsen		6
3. Strahlengang und Bildkonstruktion bei Lupe und zusammengesetztem Mikroskop in ihrer einfachsten Form		8
a) Das zusammengesetzte Mikroskop		8
Das Objektiv 9. — Strahlengang und Bildkonstruktion in Objektiven (Systemen von Sammellinsen) 9. — Praktisch wichtige Abweichungen des Strahlengangs in Objektiven (Fehler derselben) 11. — Fehler des Objektivs an sich 11. — Die chromatische Aberration 11. — Die sphärische Aberration 12. — Das aplauatische Objektiv 15. — Die Immersionsobjektive 16. — Die Apochromatobjektive 20. — Die Zentrierung der Linsen 21. — Objektiv und Deckglas 22. — Das Okular 23.		
b) Die Lupe und das einfache Mikroskop		26
B. Die mechanische Einrichtung des Mikroskops		30
I. Die Teile des Mikroskops und ihre Benennung		30
II. Der optische Apparat		30
1. Die Fassung der Objektive		31
2. Die Fassung der Okulare		32
3. Die Beleuchtungsvorrichtungen		32
a) Der Mikroskopspiegel		32
b) Die Blenden		33
c) Die Beleuchtungslinsen		34
III. Das Stativ		35
1. Der Fuß		36
2. Die Säule		36
3. Der Objektstisch		37
4. Der Tubus		38
IV. Der Strahlengang im Mikroskop		41
V. Das Polarisationsmikroskop		42

	Seite
VI. Nebenapparate und Aufbewahrungskasten	49
1. Zeichenapparate	49
2. Mikrometer	51
3. Mikroskopkasten	51
4. Mikroskopierlampe	52
5. Mikrophotographische Apparate	52
a) Apparate für gewöhnliches Licht	52
b) Die Mikrophotographie mit ultraviolettem Licht	56
6. Das Ultra-Mikroskop	56
C. Ankauf und Prüfung des Mikroskops	60
I. Allgemeine Bemerkungen über den Ankauf	60
II. Empfehlenswerte Mikroskopformen	61
III. Die Prüfung des Mikroskops	65
1. Die direkte Prüfung	65
a) Prüfung auf definierende und penetrierende Kraft	65
b) Verzerrung des Bildes	68
c) Prüfung auf chromatische und sphärische Aberration	68
2. Die Messung von Vergrößerung und Brennweite	70
D. Die Behandlung des Mikroskops	72
E. Der Gebrauch des Mikroskops	74
I. Aufstellung des Mikroskops und Einstellung des Objekts	74
II. Betrachtung mikroskopischer Bilder	76
III. Die Herstellung von Präparaten	80
1. Der Herstellung von Präparaten dienende Utensilien, Instrumente, Chemikalien	80
a) Utensilien zur Fertigstellung von Präparaten	80
b) Instrumente zur Herstellung von Präparaten	81
c) Der Aufbewahrung von Präparaten dienende Einschlußmassen	83
d) Reagenzien	84
Aufhellungsmittel 85. — Physikalische Aufhellungsmittel 85.	
— Chemische Aufhellungsmittel 86. — Die eigentlichen	
Reagenzien 87.	
e) Farbstoffe	89
2. Anfertigung eines einfachen Trockenpräparats	90
3. Anfertigung der Präparate von wasserhaltigen Objekten	91
a) Untersuchungspräparate	91
Betrachtung des Untersuchungspräparats 93.	
b) Dauerpräparate	96
Glyzerinpräparate 97. — Kanadabalsampräparate 99.	
4. Anfertigung von Schliffpräparaten	100

Mikroskopische Objekte.

A. Allgemeine Vorbemerkungen über die Einteilung der Objekte	105
I. Anorganische Objekte	105
II. Anorganische, organisierte Objekte	105

	Seite
III. Organische Objekte	107
1. Dem Protistenreich angehörige Objekte	108
2. Dem Pflanzenreich angehörige Objekte	111
a) Objekte von höheren (Gefäß-)Pflanzen	111
Wurzeln 112. — Stammorgane 116. — Normale Stammorgane 116. — Metamorphosierte unterirdische Stammorgane 118. — Blätter 119. — Haare 121. — Samen 122.	
b) Objekte von niederen (Zellen-)Pflanzen	123
Laubmoose 124. — Algen 125. — Pilze 126.	
3. Dem Tierreich angehörige Objekte (Objekte von höheren Tieren) 129	
a) Oberflächenepithel	130
Plattenepithel 130. — Nägel und Haare 132. — Zylinderepithel 134.	
b) Bindesubstanzen	136
Bindegewebe 137. — Fettgewebe 138. — Knorpelgewebe 140. — Knochengewebe 141.	
c) Muskelgewebe	143
d) Nervengewebe	145
B. Praktisch wichtige, auf mikroskopische Weise zu untersuchende Objekte	147
I. Objekte aus dem Pflanzenreich	147
1. Höhere (Gefäß-)Pflanzen	147
a) Von Samen stammende Objekte	147
Mehl, Stärke 147. — Das Stärkekorn 147. — Kartoffelstärke 148. — Roggenmehl 150. — Weizenmehl 150. — Nachweis von Mehlmischungen 151. — Verdorbenes Mehl 156. — Ausgewachsenes und Schober-Getreide 156. — Dumpfiges Mehl 157. — Milbiges Mehl 157. — Vermottetes Mehl 158. — Nachweis fremder Bestandteile im Mehl 159. — Mineralbestandteile 159. — Alaun und Kupfersulfat 159. — Mutterkorn 159. — Kornrade 161. — Brandpilzsporen 162. — Leguminosenmehl 163. — Andere Verfälschungen 164. — Stärkemehl von anderen Zerealien 164. — Gerste 164. — Hafer 165. — Reis 166. — Mais 166. — Hirse 167. — Buchweizen 168. — Stärkemehle aus Knollen und Stämmen 168. — Arrowroot 168. — Sago 170. — Übersicht der praktisch wichtigen Stärke- und Mehlsorten 171. — Kaffee 173. — Surrogate des Kaffees 175. — Sakka-Kaffee 175. — Zichorienkaffee 176. — Feigenkaffee 178. — Eichelkaffee 179. — Kastanien 179. — Getreidekaffee 180. — Carobenkaffee 180. — Leguminosenkaffee 180. — Palmkernmehl 182. — Steinnußmehl 182. — Dattelkernmehl 183. — Dörrobst 183. — Traubenkerne 184. — Sägespäne 184. — Mineralbestandteile 185. — Kaffeesatz 185. — Kakaο,	

Schokolade 185. — Verfälschungen des Kakaopulvers 186.
 — Untersuchung der Schokolade 187. — Verfälschungen
 der Schokolade 187. — Kolanuß 188. — Pfeffer 189. —
 Verfälschungen des Pfefferpulvers und anderer Gewürz-
 pulver 191. — Pfefferspindeln 191. — Paprika 191. —
 Brot, Mehl 191. — Kleie 192. — Sägemehl 192. — Baum-
 rinde 192. — Nußschalen 192. — Olivenkerne 193. — Palm-
 kernmehl 193. — Erdnüsse 194. — Mandel-Preßkuchen 194.
 — Lein- und Rapskuchen 194. — Sonnenblumensamen 196.
 — Mineralische Beimengungen 196. — Piment 196. —
 Verfälschungen des Pimentpulvers 197. — Paprika 198.
 — Senf 199. — Muskatnuß und Macis 202. — Kar-
 damomen 205. — Vanille 206.

b) Von Blüten oder Blütenteilen stammende Objekte 207
 Gewürznelken 207. — Safran 210. — Insektenpulver 211.

c) Von Blättern stammende Objekte 214
 Tee 214. — Mate (Paraguay-Tee) 218. — Surrogate und
 Verfälschungen des Paraguay-Tees 219. — Tabak 219.
 — Die erlaubten Surrogate und Parfüms des Tabaks 221.
 — Eibischblätter 222. — Wegerichblätter 223. — Kirsch-
 und Weichselblätter 225. — Vanillewurzelkraut 225. —
 Huflattichblätter 225. — Nesselblätter 225. — Rosenblüten-
 blätter 226. — Steinkleeblüten 227. — Veilchenwurzelpulver
 227. — Baldrianwurzel 228. — Die häufigsten Verfälschungen
 des Tabaks 228. — Kartoffelkraut 228. — Waldmeister-
 kraut 228.

d) Von Stammorganen herrührende Objekte 228
 Ingwer 228. — Curcuma 229. — Zimt 230. — Mikro-
 skopische Unterscheidung der einheimischen Nutz-
 hölzer 232. — Mikroskopische Unterscheidung der
 pflanzlichen Gespinstfasern 236. — Baumwolle 237.
 — Kapok 238. — Flachs 238. — Hanf 239. — Jute 240.
 — Ramié, Chinagras 240. — Andere pflanzliche Textil-
 fasern 241. — Übersichtstabelle der wichtigeren pflanzlichen
 Textilfasern 241. — Untersuchung von Papier 243. —
 Holzschliff 243. — Zellulose 244. — Strohzellulose 245. —
 Halfazellulose 245.

e) Einige sehr häufige und charakteristische, zufällig in Präpa-
 raten erscheinende Objekte 247
 Fasern der Putztücher 247. — Lycopodium 247. — Pinus-
 und Gräser-Pollen 247. — Platanenhaare 248.

2. Praktisch wichtige mikroskopische Objekte aus dem Reich der
 niedern (Zellen-)Pflanzen 249
 a) Höhere Pilze 249
 Trüffeln und ihre Verfälschungen 249. — Tuber

	Seite
melanosporum und <i>T. brumale</i> 249. — <i>Tuber aestivum</i> und <i>T. mesentericum</i> 250. — <i>Choeromyces gibbosus</i> 250. — <i>Scleroderma vulgare</i> 250. — <i>Rhizopogon virens</i> 251. — Morchelarten 251. — Hausschwammuntersuchungen 251. — <i>Merulius lacrymans</i> , Hausschwamm 253. — <i>Polyporus medulla panis</i> 255. — <i>Polyporus vaporarius</i> 256. — <i>Polyporus destructor</i> 257. — <i>Gloeophyllum sepiarium</i> 257. — <i>Coprinus radians</i> 257. — <i>Armillaria mellea</i> 257. — <i>Lentinus squamosus</i> 258. — <i>Coniophora cerebella</i> 258. — Bestimmung von Pilzresten bei Pilzvergiftungen 258.	
b) Die gewöhnlichsten Schimmelpilze	260
c) Die wichtigsten Pilzkrankheiten der Kulturgewächse . . .	265
Bakterienfäule der Kartoffel 266. — Bakterienbrand der Kirschbäume 267. — Kohlhernie 269 — Weißer Rost der Cruciferen 270. — Phytophthorakrankheit der Kartoffel 271. — Übersicht der hauptsächlichlichen Kartoffelkrankheiten 273. — Falscher Mehltau des Weinstocks 274. — Taschenkrankheit der Pflaumen 275. — Fleckenkrankheit des Klee 276. — Runzelschorf des Ahorn 277. — Mehltau des Getreides und der Gräser 278. — Echter Mehltau des Weinstocks 279. — Wurzelpilz der Reben 280. — Mutterkorn 282. — Steinbrand des Weizens 284. — Flug- oder Staubbrand des Getreides 286. — Maisbrand 287. — Übersicht über die hauptsächlichsten Brandarten unserer Getreidesorten 288. — Roggenstengelbrand 289. — Getreiderost 289. — Die wichtigsten Unterscheidungsmerkmale der Getreideroste 292. — Gitterrost der Birnbäume 293. — Fleckenkrankheit der Bohnen 295. — Moniliakrankheit der Obstbäume 296. — Schorfkrankheit des Kernobstes 297. — Schwärze des Getreides 299. — Welkkrankheit der Leguminosen 300.	
d) Hefepilze	301
Preßhefe 302. — Soorpilz 303.	
e) Die wichtigsten Wasserpilze	304
Bakterien-Zoogloeen 304. — <i>Crenothrix polyspora</i> 304. — <i>Cladothrix dichotoma</i> 306. — <i>Sphaerotilus natans</i> 307. — <i>Beggiatoa alba</i> 307. — <i>Leptomitus lacteus</i> 308. — <i>Saprolegnia</i> und <i>Achlya</i> 308. — <i>Fusarium aquaeductuum</i> 309. — Übersicht der Wasserverschmutzungsstadien und ihrer Leitorganismen 310.	
f) Bakterien	311
Praktisch wichtige bakteriologische Untersuchungsmethoden 318. — Nachweis der Tuberkelbazillen im Sputum 318. — Nachweis der Gonokokken im Trippereiter 320. — Nachweis von Milzbrandbazillen 321. — Nachweis des Typhusbakterium 323. — Nachweis des Colibak-	

terium 325. — Nachweis des Cholera vibrio 326. — Nachweis des Diphtheriebazillus 328. — Nachweis der Syphilis-Spirochaeten 330. — Bakterien als Gärungserreger 330. — Essig 330. — Kefir 331. — Gingerbeer 332.	
g) Algen	332
Diatomaceen 332. — Chlorophyceen 335. — Cyanophyceen 336.	
II. Praktisch wichtige aus dem Tierreich stammende mikroskopische Objekte	337
1. Vom menschlichen Körper stammende Objekte	337
a) Lymphe und Blut	337
Erkennung eingetrockneten Blutes 340. — Spektroskopische Untersuchung von Blutflecken 340. — Mikroskopisch-chemischer Blutnachweis 341. — Biologischer Blutnachweis 342. — Blutuntersuchung zum Zweck gesundheitspolizeilicher Maßnahmen 344. — Malaria 345. — Schlafkrankheit 347. — Rückfallfieber 348. — Syphilis 348. — Gelbfieber 348. — Pest 349. — Flecktyphus 350. — Typhus abdominalis 350.	
b) Eiter und ähnliche entzündliche Produkte	351
Diagnostische Eiteruntersuchung 352. — Tripper-eiter 354. — Andere Schleimhautbeläge 354.	
c) Der Auswurf	354
Curschmann'sche Spiralen 355. — Herzfehlerzellen 356. — Elastische Fasern 356. — Fibrinabgüsse der Bronchien 356. — Kristalle 357. — Bakterien 357.	
d) Abgänge aus den weiblichen Geschlechtsorganen	357
e) Untersuchung von Sperma	361
Untersuchung von frischer Samenflüssigkeit 361. — Untersuchung von Spermaflecken 362.	
f) Harn	364
Organisierte Bestandteile des Harnsediments 365. — Nicht organisierte Bestandteile des Harnsediments 368.	
2. Vom tierischen Körper stammende Objekte	369
a) Milch	369
b) Tierische Gespinnstfasern	372
Seide und ihre Surrogate 372. — Tierische Haare 374. — Wolle 374. — Mohairwolle 375. — Vicunna wolle 376. — Alpakawolle 376. — Pelzwerk 376. — Prüfung eines Gewebes 380.	
3. Mikroskopische Objekte von niederen Tieren	380
a) Tierische Parasiten des Menschen	380
Insekten 380. — Flöhe 380. — Filzlaus 381. — Kopflaus 382. — Kleiderlaus 382. — Milben 382. — Taubenzecke 382. — Krätzmilbe 383. — Haarbalgmilbe 383. — Ernte-	

	Seite
milbe 384. — Vogelmilbe 386. — Hausmilben 386. — Würmer 387. — Trichine 387. — Andere Eingeweidennematoden 391. — Spulwurm 391. — Madenwurm 391. — Peitschenwurm 392. — Grubenwurm 392. — Erkennung der Bergmannskrankheit 393. — Bandwürmer 394. — Taenia solium 396. — Taenia saginata 396. — Taenia echinococcus 396. — Bothriocephalus latus 397. — Sporozoen 398.	
b) Beispiele von wichtigen, durch Tiere hervorgerufenen Pflanzenkrankheiten	401
Stockkrankheit des Roggens 401. — Gicht- oder Radekrankheit des Weizens 403. — Nematodenkrankheit der Zuckerrüben 404. — Rote Spinne 405. — Weinblattmilben 406. — Blutlaus 408. — Grüne Tannenlaus 409. — Reblaus 409. — San José-Schildlaus 412. — Blasenfuß 416. — Gelbe Weizenmücke 417. — Weizengallmücke, Hessenfliege 417. — Halmfliege 417. — Fritfliege 418.	
c) Rädertierchen	418
d) Urtiere (Infusorien)	420
Sarcodina 420. — Mastigophora 422. — Ciliata 424. — Planktonuntersuchungen von Fischgewässern 428.	

Berichtigung.

Seite 269 in der Unterschrift der Figur 259 lies „Kohlrabi“ statt „Rübe“.

Das Mikroskop.

A. Die Theorie des Mikroskops.

Das Mikroskop ist ein optisches Werkzeug, mit welchem man Gegenstände, die ihrer Kleinheit wegen nicht sichtbar sind, oder welche 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, welche durch zwei Kugelflächen oder eine kugelförmige und eine ebene Fläche begrenzt sind (Fig. 1, 2).

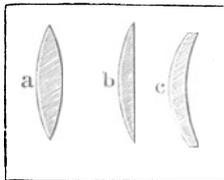


Fig. 1. Sammellinsen.

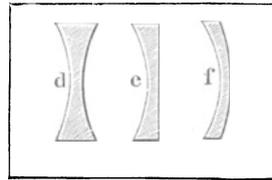


Fig. 2. Zerstreuungslinsen.

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 welchen 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 Richtungsablenkung, es erfolgt eine Brechung der Strahlen.

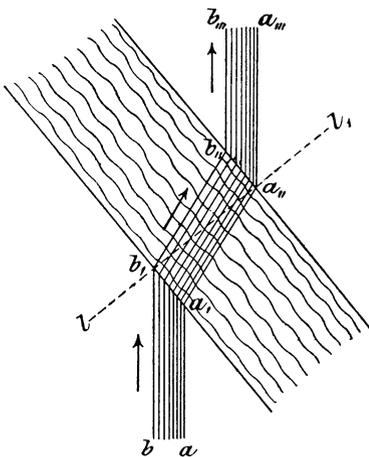


Fig. 3. Schematische Darstellung der Strahlenbrechung beim Übergang von einem dünneren in ein dichteres Medium und umgekehrt.

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 Einfallslot 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.

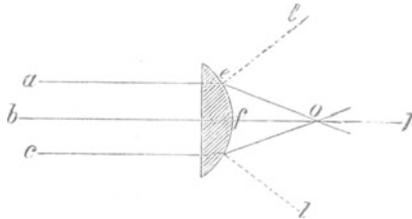


Fig. 4. Strahlengang in einer plankonvexen Linse.

Der Strahl b tritt bei dem Punkte f ungebrochen wieder aus, weil er senkrecht auch auf die den Punkt f darstellende kleinste Ebene fällt. Da der Strahl $b - f$ zugleich durch den Mittelpunkt der Linse hindurchgeht, machen wir hier auf das Gesetz aufmerksam: jeder Strahl, der durch den Mittelpunkt einer Linse geht, erleidet keine Ablenkung, weil er beide Kugelflächen (oder die ebene und die Kugelfläche) an parallelen Stellen schneidet.

Die Strahlen a und c dagegen werden an ihren Austrittspunkten von dem Einfallslot (z. B. $e l$) hinweggebrochen, und zwar nach dem Strahl $b f p$ 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 Punkt (o) vereinigt, welchen man, da in ihm nicht nur die Licht-, sondern auch die Wärmestrahlen zusammentreffen, den Brennpunkt (Focus) der Linse genannt hat.

Derjenige Strahl (bfp), welcher 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.

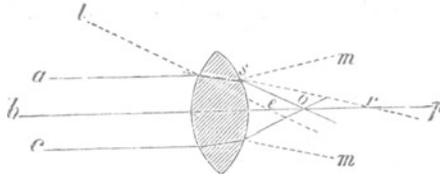


Fig. 5. Strahlengang in einer bikonvexen Linse.

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 Einfallslotte (le) zu gebrochen und würden, erführen sie weiter keine Brechung, die optische Achse in r durchschneiden; jedoch in s treffen sie auf die zweite brechende Fläche. Sie werden hier wieder gebrochen, und zwar vom Einfallslotte ms hinweg, und durchschneiden die Achse in dem Punkte o , welcher der Brennpunkt dieser Linse ist. Der Abstand des Punktes o von der Linse ist also die Brennweite derselben.

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, welches 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, welches auf einem Schirm aufgefangen werden kann. Bei virtuellen (Fig. 7) divergieren die Strahlen; erst ihre Rückwärtsverlängerung schneidet sich im Auge. Deshalb sind virtuelle Bilder nur subjektiv vorhanden, sie können nicht auf einem Schirm aufgefangen werden.

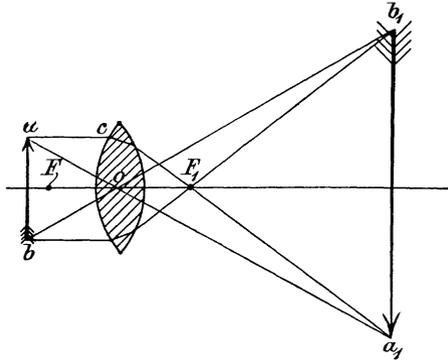


Fig. 6. Bildkonstruktion bei wenig außerhalb der Brennweite liegendem Objekt — reelles Bild.

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

1. daß das Objekt wenig außerhalb der Brennweite einer Bikonvexlinse 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).

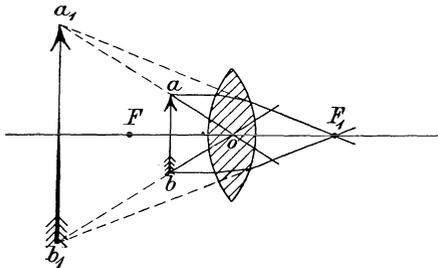


Fig. 7. Bildkonstruktion bei innerhalb der Brennweite liegendem Objekt — virtuelles Bild.

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_1 trifft und von da geradlinig weiter verläuft. Der Strahl ao wird, da er durch den Mittelpunkt geht, nicht gebrochen. Er schneidet den ersten Strahl in a_1 . Alle Strahlen, welche 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 $a_1 b_1$ 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 $a_1 b_1$ her zu kommen. Das Bild ist aufrecht, vergrößert und virtuell.

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, welche 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 ($a_1 b_1$) scheint auf der gleichen Seite der Linse zu liegen wie das Objekt, nur in weiterer Entfernung.

a) Das zusammengesetzte Mikroskop.

Das zusammengesetzte dioptrische Mikroskop (schlecht-hin Mikroskop genannt) besteht aus zwei Linsensystemen, welche 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 Objektiv 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 Brennpunkt. 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 von der Objektivlinse ab. Bezeichnen wir die Brennweite mit f , die Entfernung des Objektivs von der Linse mit p und die des Bildes mit p_i , so wird das Abhängigkeitsverhältnis durch die bekannte Gleichung ausgedrückt:

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

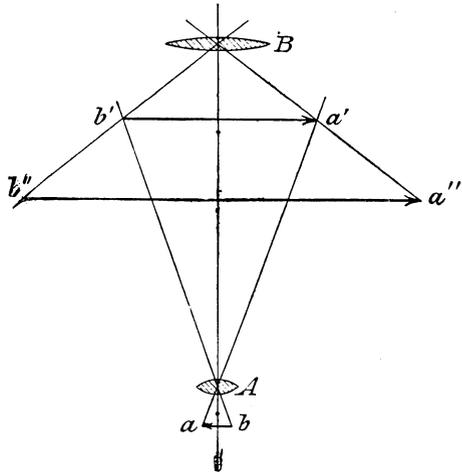


Fig. 8. Strahlengang und Bildkonstruktion im zusammengesetzten Mikroskop.

Das Okular wirkt nun auf das entworfene 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_i^* und die Brennweite des Okulars mit f^* , so erhält man für das Okular, analog der vorhergehenden, folgende Gleichung:

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

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

Das Objektiv.

Strahlengang und Bildkonstruktion in Objektiven (Systemen von Sammellinsen).

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

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, welche 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 gewisse Verschiebung. Die Stelle des Mittelpunktes vertreten nämlich zwei um eine gewisse Strecke voneinander

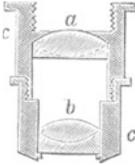


Fig. 9.
Längsdurchschnitt
eines Objektivs.

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. 6), so würde man unter Umständen einen recht erheblichen Fehler begehen.

Aus Fig. 10 ersehen wir die Konstruktion des Bildes, welches von einem außerhalb der Brennweite liegenden Objekt entsteht.

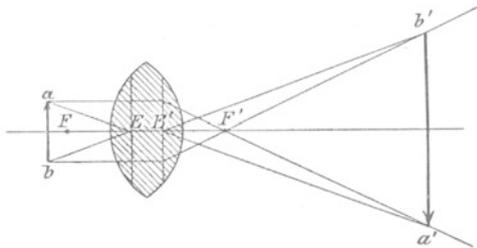


Fig. 10. Verschiebung der Strahlen in dicken Linsen und Linsensystemen.

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, welches von einer einfachen Linse entworfen wird, ist nicht unter allen Umständen rein und deutlich. Es treten störende Wirkungen der Linse auf, welche 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, welcher durch die Zerlegung des weißen Sonnenlichtes in seine Farben beim Durchgang durch Linsen entsteht. Diese Zerlegung 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 verschiedene Ablenkung der Lichtstrahlen verschiedene Brennweiten für die einzelnen Farben.

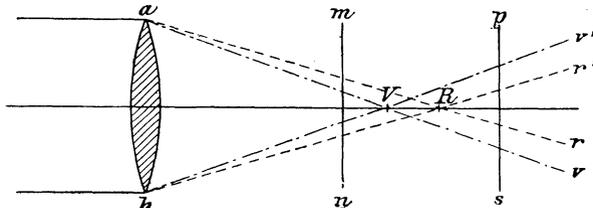


Fig. 11. Die chromatische Aberration. r = rote, v = violette Strahlen. R = Brennpunkt der roten, V = Brennpunkt der violetten Strahlen.

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 $m n$) 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 $p s$) 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, welche 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.

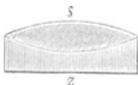


Fig. 12.
Achromatische Doppellinse, kombiniert aus einer Kronglas-Sammellinse s und einer Flintglas-Zerstreuungslinie z .

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 welches sich die Farbenzer-

streuungen 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, welche bei geeigneter Linsenzusammenstellung noch übrigbleiben (das sogenannte sekundäre Spektrum), können in der Praxis vernachlässigt werden.

Herrscht bei einer Linsenkombination der bläuliche Teil des Spektrums vor, so heißt sie überverbessert; ist der rote stärker, so 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 Spiegelstellung auch die bestkorrigierten Systeme farbige Säume, welche bei gerader Beleuchtung nicht erscheinen.

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, welche 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 Ablenkung der Randstrahlen vermindern, bei Linsensystemen läßt sich dieses Mittel indessen wegen des dadurch hervorgerufenen bedeutenden Lichtverlusts 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, wo möglich die ganze Linsenöffnung benutzen.

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

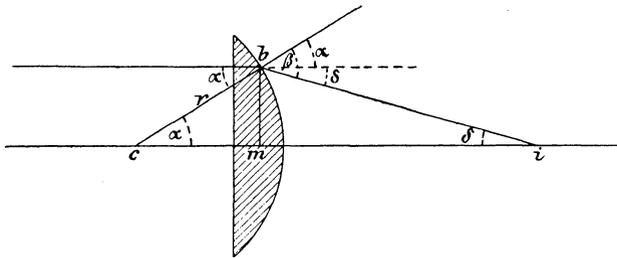


Fig. 13.

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 plattkonvexe 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: $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{1}{r} = \frac{2}{3}$, welche 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, welche $i m$ für verschiedene Einfallswinkel α annimmt, berechnen.

So ist z. B. für $\alpha = 1^\circ$ $i m$ 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 kugeligiger Form, welche je nach der Entfernung des Objekts Hyperbeln, Parabeln oder Ellipsen in ihrem Durchschnitt darstellen würden. Dem Schleifen dieser Linsen stellen sich aber solche Schwierigkeiten entgegen, daß sie bisher nirgends 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 welchem 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 Strahlen zugekehrten Fläche sich zu dem der abgekehrten wie 1:6 verhält. Besitzt das verwendete Glas den Brechungsexponenten 1,6, so müssen sich die bezüglichen 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.

Sodann ist es nicht gleichgiltig, welche Seite dem Objekt zugewandt ist. Fallen parallele Strahlen auf die Linse auf, 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 in entgegengesetztem 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., welche auf der im Punkt Q senkrechten Ebene liegen, in der auf P^* errichteten Bildebene in den Punkten Q^*, R^* usw. scharf und lagerichtig wiederzugeben.

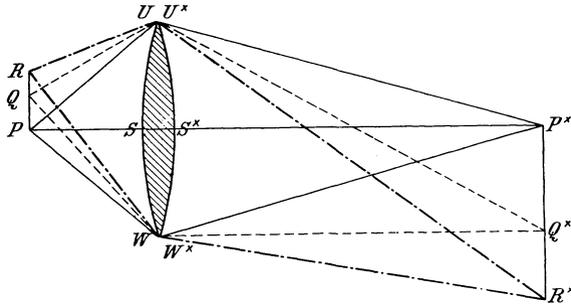


Fig. 14.

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

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

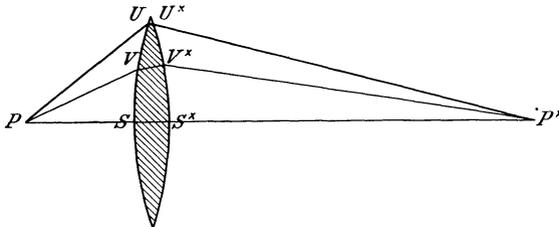


Fig. 15.

Handelt es sich um die Abbildung eines seitlich beschränkten in dem Achsenpunkt P liegenden Objektes, wie es meist beim Mikro-

skop 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.

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

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

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, welche 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, ist die sphärische Aberration an einer Fläche um so bedeutender, je größer die Differenz der Einfallswinkel und der Brechungsexponenten der betr. Medien ist. 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, welche in der Richtung der Kurve in Fig. 16 verläuft,

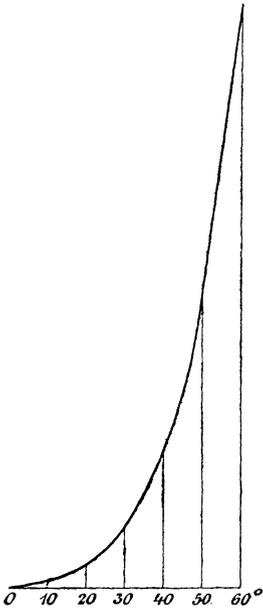


Fig. 16.

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 der von Luft (wie z. B. Wasser) zwischen Deckglas und Frontlinse wird bei diesen Objektiven die Brechung an der untersten Linsenfläche vermindert und bei System für homogene Immersion ganz aufgehoben. Systeme für homogene Immersion heißen solche, bei welchen zwischen Deckglas (siehe später) und Frontlinse eine Flüssigkeit von gleichem Brechungs-exponenten (Zedernholzöl) wie der der beiden Gläser verwendet 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. Der Grund hierfür war ihr ganzer Konstruktionstypus. Bei demselben (Fig. 17) war die durch die unterste Linse bedingte Abweichung etwas zu klein, um vorteilhaft durch die oberen korrigiert werden zu können.

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. Dieselbe 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 Variationen mit doppelten und dreifachen Linsen zu. Die unteren 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 hellere Bilder zu erzielen.

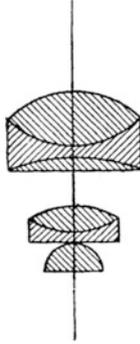


Fig. 17. Schema der AMICISchen Mohnöl-Immersionssysteme.

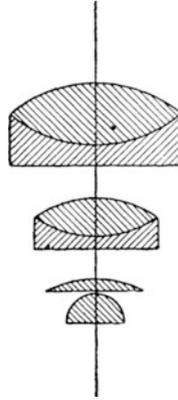


Fig. 18. Schema eines Immersionsobjektivs mit Duplexfront.

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

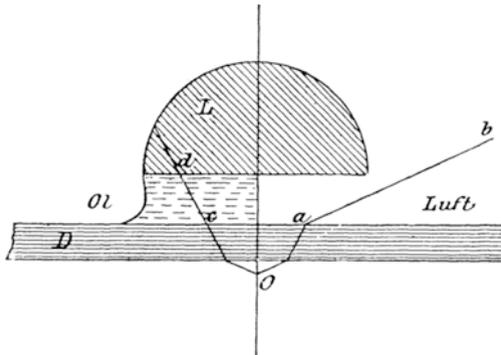


Fig. 19. Darstellung der Wirkung von Immersionsflüssigkeiten.

Tritt ein Strahl bei a in Luft, so verläuft er nach b weiter, gelangt also nicht in das Objektiv. Ist aber der Raum zwischen Linse und Deckglas mit einem Medium ausgefüllt, dessen Brechungs-exponent 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 Brechungsexponenten 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 den Brechungsexponenten des betreffenden Zwischenmediums ($a = n \cdot \sin u$; $u =$ dem halben Öffnungswinkel) wurde von ABBE die numerische Apertur genannt. Auf die Bedeutung der größeren Apertur für die mikroskopische Abbildung wurde gleichfalls zuerst von ABBE hingewiesen. Es ist hierbei weniger die größere Menge von Licht, die in das Objektiv gelangt, als die Richtung der Strahlen von Wichtigkeit.

Um dies zu verstehen, erinnere man sich, wie das Sehen überhaupt zustande kommt. Von jedem Punkt des Objekts trifft ein Strahlenkegel unser Auge, der durch die brechenden Medien des letzteren wieder in einem Punkt auf der Netzhaut vereinigt wird und so ein genaues Abbild des Objekts erzeugt. Bei den Objekten mit größeren Einzelheiten, wie sie beim Sehen mit bloßem Auge oder auch noch bei schwachen Vergrößerungen in Betracht kommen, kann dieser Strahlenkegel als geschlossen angesehen werden. Anders verhält es sich bei sehr feinen Objekten. Hier entsteht der Kegel erst durch die Beugungsspektren.

Sehr schön sieht man diese 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. 20). Daß gerade sechs Beugungsspektren entstehen, kommt daher, daß (vgl. Fig. 64) bei *Pleurosigma* drei Streifensysteme als Beugungsgitter wirken.

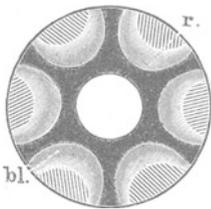


Fig. 20. $r.$ = rot, $bl.$ = blau.

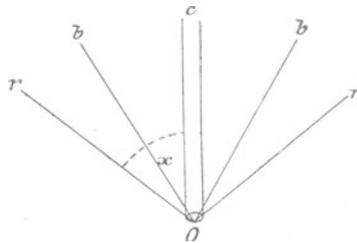


Fig. 21.

Von der Seite betrachtet, würde sich die Erscheinung etwa wie Fig. 21 darstellen. Die von O nach c gehenden Strahlen bilden keinen Kegel; ein Objektiv nun mit einer kleineren Öffnung als bb wird von den inneren Einzelheiten des Objekts nichts erkennen lassen. Erst durch die Beugungsspektren entsteht der erforderliche Strahlenkegel; da nun ein achromatisches System für alle Strahlen

gleiche Brennweite hat, werden diese im Okular und von da auf der Netzhaut des Auges wieder zu einem Punkt vereinigt. Die Größe des Winkels α 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. Andere Strahlen als die direkt vom Objekt kommenden werden natürlich zur Erzeugung des Bildes nicht benutzt; in dem angeführten Falle dienen hierzu nur die Strahlen, welche das helle Mittelbild und die sechs Beugungsspektren bilden. Je größer der beleuchtende Strahlenkegel, je weiter also 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 des Objektivs bzw. der beleuchtenden Strahlen zu benutzen. Diese soll immer nur so groß sein, wie es der Natur des Objekts entspricht. Strahlen, welche nicht zur Bilderzeugung dienen, stören nur und machen das Bild undeutlich.

Die Achromatobjektive.

Achromatobjektive nennt man solche achromatische Objektive, bei welchen der als „sekundäres Spektrum“ (vgl. oben S. 12) 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, welches, 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 verfertigten Achromaten fast vollständig. Diese feinere Farbenkorrektion erzielte man, indem man eine oder bei starken Objektiven mehrere sammelnde Linsen, welche sonst aus Kronglas bestehen, durch Linsen aus Flußspat, der sich durch seine außerordentlich geringe Dispersion auszeichnet, ersetzte. Zur Achromatisierung des Objektivs 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. Zur Verminderung des ersteren muß die Aufhebung der positiven Abweichungen in den oberen Teil des Objektivs gelegt werden, zur Verbesserung des letzteren in den unteren, d. h. die oberen und die unteren Linsen müssen je für sich allein korrigiert werden. Man wählte den ersteren Weg und erzielte so, daß, neben der besseren Aufhebung der sphärischen Aberration für verschiedene Farben, wohl die Bilder von einer Ebene des Objektivs wieder in einer Ebene liegen, also 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, welche 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 Achromate, welche in Deutschland von ZEISS in Jena, von LEITZ und SEIBERT in Wetzlar gefertigt 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 teureren Achromate, außer bei den subtilsten Untersuchungen, ersetzen können.

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, welches 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 Korrektion 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. Da hierbei weniger theoretische Fehler in Betracht kommen können, so liegt die ungenaue Zentrierung eines Objektivs nur an der mangelhaften Ausführung.

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.

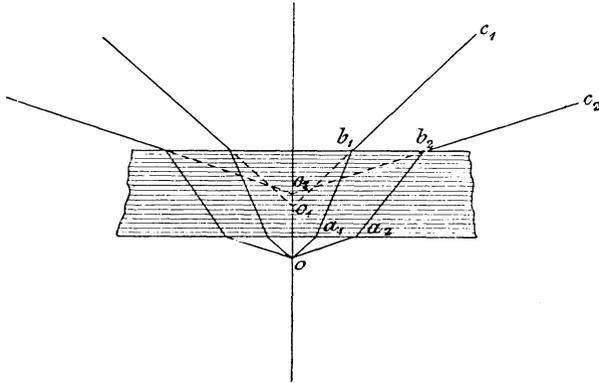


Fig. 22. Strahlengang vom Objekt durch das Deckglas.

Bei schwächeren Objektiven, welche eine große Brennweite und somit auch großen Objektabstand haben, ist die Dicke des Deckglases ohne Einfluß. Bei stärkeren Linsen darf dieselbe nicht die Größe des Objektabstandes 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 Wasserimmersionssystemen. 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 $Oa_2 b_2$ wird nach c_2 abgelenkt. Es leuchtet nun ein, daß die in das Objekt gelangenden Strahlen $b_1 c_1$ und $b_2 c_2$ nicht von O , sondern von O_1 und O_2 herzukommen scheinen und daß Strahlen, welche 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, welche 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—0,18 mm) adjustiert. Klar ist, daß die durch das Deckglas bedingte Abweichung und die absichtlich hervorgebrachte 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 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.

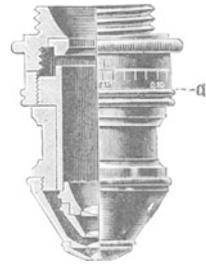


Fig. 23. Objektiv mit Korrektionsfassung.

Naturgemäß 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, darf doch das Okular in seiner Konstruktion und in seinen Wirkungen nicht vernachlässigt werden.

Das gewöhnliche oder HUYGHENSSche (sprich: Heugens) Okular

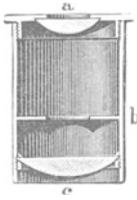


Fig. 24.
HUYGHENSches
Okular im Längs-
schnitt.

(Fig. 24) besteht aus zwei Linsen, der Augenlinse (*a*) und dem Kollektiv (*c*). Die Augenlinse ist die eigentliche Lupe (vgl. S. 8), welche 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.

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

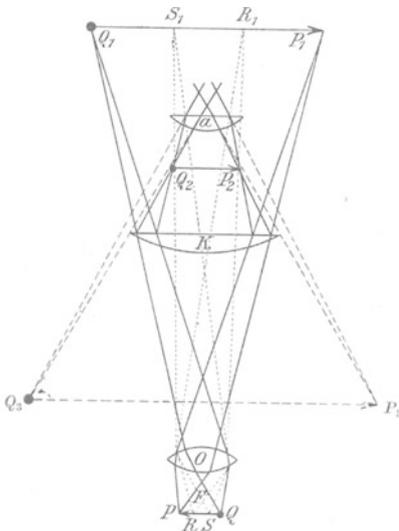


Fig. 25.

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 Kollektivs 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_3 und Q_3 zum Schnitt: es liegt also ein reelles Bild innerhalb des Okulars. Dieses Bild wird durch die Augenlinse, welche als Lupe wirkt, vergrößert. Die von der Augenlinse gebrochenen Strahlen gelangen rückwärts verlängert in den Punkten P_3 und Q_3 zum Schnitt. $P_3 Q_3$ ist das virtuelle Bild, welches 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 Achromatie des Okulars erzielen und mit Erfolg einer sonst leicht durch ungünstig gewählte Gläser auftretenden Verzerrung der Bilder beugen.

Es sind dies Eigenschaften, welche 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, welche alle auf ähnlichen Prinzipien beruhen. Man verwendet nämlich überkorrigierte Augenlinsen, welche 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, welcher 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, welche schon durch das Objekt 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, welche für den Gebrauch der Apochromatobjektive unerläßlich sind, wurden oben (S. 21) 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, zu mäßigem Preis aufgeführt.

b) Die Lupe und das „einfache Mikroskop“.

Wir sind der Lupe und ihrer Wirkung bereits oben (S. 8) 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, welche ein Objekt dem Auge direkt als virtuelles, vergrößertes Bild sichtbar macht. Der Strahlengang in ihr ist in Fig. 7 (S. 7) angegeben.

Je näher man das Auge an irgend einen 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, welcher als Sehwinkel bezeichnet wird. Je größer der Sehwinkel, um so größer das auf der Netzhaut entstehende Bild, wie aus Fig. 26 hervorgeht.

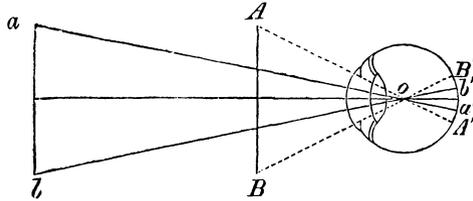


Fig. 26. Strahlengang im menschlichen Auge.

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 welchem 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 wenigsten. Man kann bei ihr nur einen kleinen Teil des Gesichtsfeldes benutzen. Vorteilhafter verwendet man Plankonvexlinsen oder „Linsen der besten Form“ (vgl. S. 14), 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 Ende 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.



Fig. 27. Zylinderlupe.



Fig. 28. BREWSTERs Lupe.



Fig. 29. CODDINGTONs Lupe.

Alle diese Lupen besitzen einen kleinen Objektastand und kleines Gesichtsfeld, man erreicht deshalb die Bildkorrektur am besten (ebenso wie beim Objektiv des zusammengesetzten Mikroskops) durch Vereinigung mehrerer Linsen. Ein solches System ist die sog. aplatische Lupe von STEINHEIL (Fig. 30), welche 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.

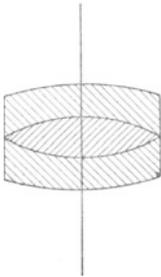


Fig. 30. STEINHEILsche Lupe.

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 Objektastandes) 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 Objektastandes wegen wird sie besonders von Ärzten bei der Untersuchung von Hautkrankheiten benutzt.

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, welche 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.

Bei dem sogenannten „Präpariermikroskop“ befindet sich die Lupe an einem Arm über dem Objektisch, welcher durch Triebwerk zum Einstellen des Objektes gehoben und gesenkt wird. Das



Fig. 31.
Dreiteilige Einschlaglupe.

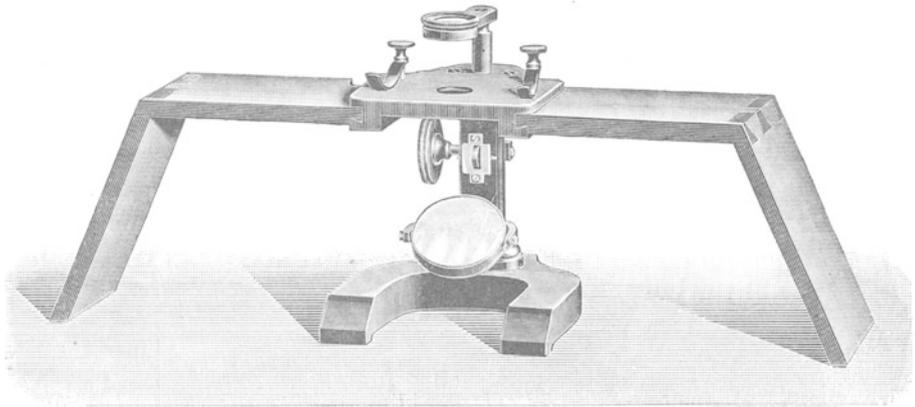


Fig. 32. Stativlupe („Präpariermikroskop“).

„Präpariermikroskop“ wird von allen Mikroskopverfertigern in ungefähr gleicher Form hergestellt. Fig. 32 zeigt ein SEIBERTSches Instrument in $\frac{1}{3}$ der natürlichen Größe.

Dieses Instrument besitzt einen Objektisch und einen Beleuchtungsspiegel. Zum Auflegen der Hände sind seitlich abnehmbare Holzstützen angebracht. Das Ganze ruht auf einem massiven Metallfuß. Der Preis desselben beträgt mit drei verschiedenen starken Triplets (nach STEINHEIL) 54 Mark. Andere „Präpariermikroskope“, z. B. solche mit einem großen Objektisch von Glas zum Durchmustern ausgedehnter Objekte fertigen LEITZ, SEIBERT, ZEISS ebenfalls. Leicht lassen sich an alle diese Instrumente Zeichenapparate usw. anbringen.

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.

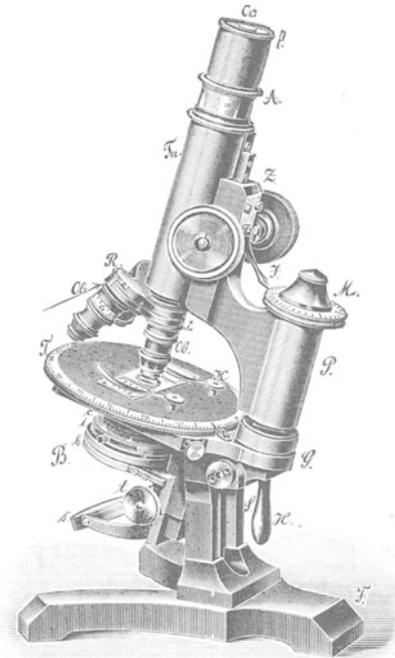
Fig. 33 mag mit den beigefügten Buchstaben und der Zeichenklärung die einzelnen Teile des Mikroskops und ihre Benennung vorführen. Das abgebildete Instrument gehört zu den größten und bestausgerüsteten und enthält somit alle gebräuchlichen Apparate.

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 welcher 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 soweit ohne Schwierigkeit möglich ist, als es das Reinigen der äußeren Linsen erfordert.



- Oc* = Okular
- Tu* = Tubus
- A* = Tubusauszug
- R* = Revolverobjektivträger
- Ob* = Objektiv
- α bis β = Tubuslänge
- Z* = Zahn und Trieb zur groben Einstellung
- M* = Mikrometerschraube für die feine Einstellung
- J* = Index für die Teilung der Mikrometerschraube
- P* = Prismenhülle
- T* = Objektisch (drehbarer)
- K* = Objektklammern
- B* = Beleuchtungsapparat nach ABBE mit den Unterabteilungen
 - c* = Kondensator
 - i* = Irisblende
 - b* = Blendenträger
 - t* = Trieb zum Heben und Senken des Kondensators
 - s* = Beleuchtungsspiegel
- G* = Gelenk zur Schiefstellung
- H* = Hebelchen hierzu, zum Fixieren in jeder Lage
- S* = Säule
- F* = Fuß

Fig. 33. Ausgerüstetes SEIBERT'sches Mikroskop mit Bezeichnung seiner Teile.

Mit dem Tubus (welcher 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 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, welche 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 welche 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, welche 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 (wie Objektivzange, Schlittenvorrichtung) finden sich bei mäßigem Preis ebenfalls in den Preislisten moderner Optiker.

Der Korrektionsfassungen zur Beseitigung des schädlichen Deckglasinflusses, welche sich von den Fassungen gewöhnlicher Objektive durch ihren drehbaren Korrektionsring unterscheiden, haben wir oben (S. 23) Erwähnung getan.

2. Die Fassung der Okulare.

Die Okulare bestehen in der Regel aus zylindrischen, vernickelten Messingröhren, in welche 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 Objektstisch. Die eine Seite des

Spiegels ist eben und wird für Untersuchungen im parallelen 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



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

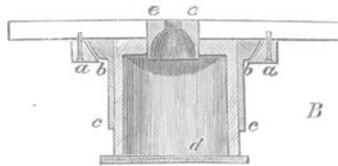


Fig. 35. Objektisch mit eingesetzter
Zylinderblende im Längsschnitt.
a a Falz für den Schlitten, *b* Schlitten,
c Hülse am Schlitten, *d* Zylinder, *e* Blende.

verschieden weiten Öffnungen (Fig. 34); jetzt sind fast allgemein die Zylinderblenden üblich. Letztere sind kurze, offene Röhren, auf deren oberes Ende man runde Scheiben mit Löchern von verschiedener Weite aufsetzt (Fig. 35). Das Ganze wird in eine federnde Messinghülse unter dem Tischloch eingeschoben.

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 Iriszylinderblende verwendet. 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 Blende ist offenbar, daß erstens ein Auswechseln der Diaphragmen unnötig, zweitens daß ein Abblenden in jeder beliebigen Abstufung möglich ist.

c) 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 ist, hier übergangen.

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.

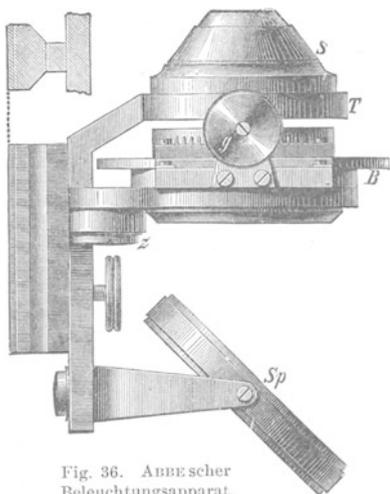


Fig. 36. ABBE'scher
Beleuchtungsapparat.

g Zahntrieb zur Drehung des Blendenträgers *B*
um den Zapfen *z*. *T* Träger für das Kondensor-
system *s*. *Sp* Spiegel.

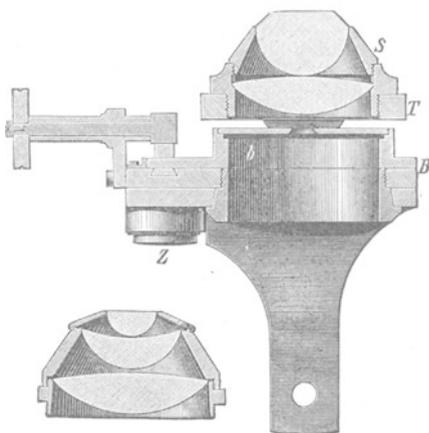


Fig. 37. Durchschnitt des in Fig. 36 dargestellten
ABBE'schen Beleuchtungsapparates

Der ABBE'sche Beleuchtungsapparat (Fig. 36, 37) besteht aus drei Teilen: dem Spiegel, der Blendvorrichtung und dem Kondensorsystem.

Der ganze Apparat wird auf ein prismenförmiges Metallstück, welches unterhalb des Objektisches fest mit diesem verbunden ist, aufgeschoben und kann durch Zahn und Trieb in der Richtung der optischen Achse bewegt, also gehoben und gesenkt werden.

Der wichtigste Teil ist das Kondensorsystem (Fig. 37 S), welches aus zwei oder drei 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 ist sehr lichtstark, er besitzt, je nachdem er aus zwei oder drei Linsen zusammengesetzt ist, eine numerische Apertur von 1,20 bzw. 1,40.

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 der letzteren 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, welche 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, welche sich auf der Grundlage des Ganzen, dem Fuß erhebt.

Für die Form der Stative, welche auf dem europäischen Kontinent gegenwärtig gefertigt 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 derselben 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 unzumutbar. 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, welche derartige Einrichtungen besitzen) bei umgelegtem Oberteil nicht nach hinten überkippt.

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

2. Die Säule.

Die Säule, welche, 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, welche 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, anderseits aber auch die Gesamthöhe des Stativs nicht unnötig vergrößert wird.

Am oberen Ende der Säule befindet sich bei größeren und mittleren Stativen ein Scharnier, welches 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.

Größere Stative 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.

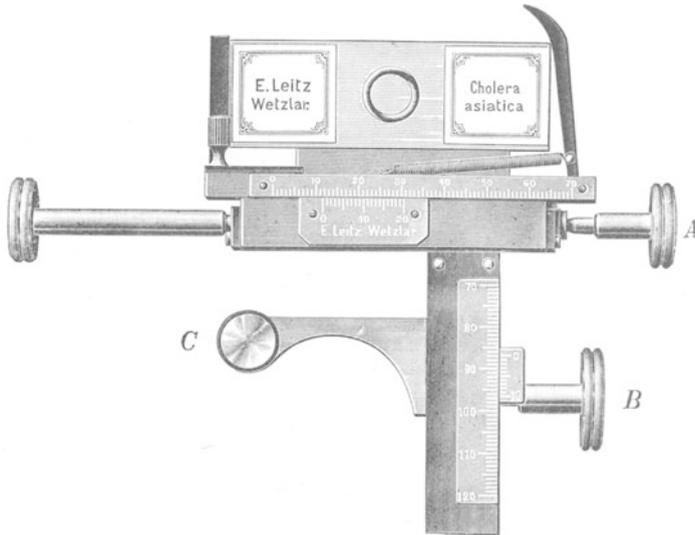


Fig. 38. Beweglicher Objektisch.

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, welche bei starker Vergrößerung meist vollständig ausreicht.

Bewegliche Objektische, welche 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 Objekt-

tisch 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, welche jedoch alle verhältnismäßig geringe Verbreitung gefunden haben. — Fig. 38 zeigt den von LEITZ und SEIBERT hergestellten beweglichen Objektisch zum Abnehmen in etwa $\frac{1}{2}$ natürlicher Größe. Der Preis desselben ist 70 M.

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 welche 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, welche 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, welche 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 günstigsten 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. 22) 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 desselben. 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. Die mannigfachen Typen dieser Mikrometerbewegung, von denen wir nur zwei erwähnen wollen, sind jetzt in der Hauptsache in die solide, sanft und gleichmäßig wirkende Konstruktion der Prismenführung übergegangen.

Alle Mikrometervorrichtungen für Mikroskope bestehen aus einer sorgfältig geschnittenen Schraube und einer entgegenwirkenden Spiralfeder. Durch Auf- und Abdrehen der Schraube (im Durchschnitt gezeichnet in Fig. 40) gleitet eine Hülse über ein genau in sie eingepaßtes Prisma. Durch diese Bewegung wird der Tubus, welcher von dem seitlich abgebogenen Arm der Hülse getragen wird, gleichmäßig und äußerst langsam gehoben und gesenkt. Das Prisma 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 parallel der optischen Achse verlaufen, wird der Tubus durch Drehen der Mikrometerschraube nur in der Richtung dieser Achse verschoben. Der Kopf der Mikrometerschraube, welcher sich in der Regel über dem Prisma befindet, ist bei größeren Stativen mit einer Teilung versehen, welche 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, welches bei geringer Dicke im Mikroskop durchsichtig erscheint, scharf einstellt und dann solange zurückschraubt, bis die obere Fläche scharf eingestellt ist. Liest man nun die Strecke, welche 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 ohne weiteres die Dicke des Objekts.

In den letzten Jahren wurde eine neue Mikrometerschraube für die größten Mikroskope konstruiert, welche vor der gewöhnlichen Prismenführung verschiedene Vorzüge hat und geeignet erscheint, die ältere Bewegung in Zukunft vielleicht ganz zu verdrängen, zumal sie auch nicht erheblich teurer ist.

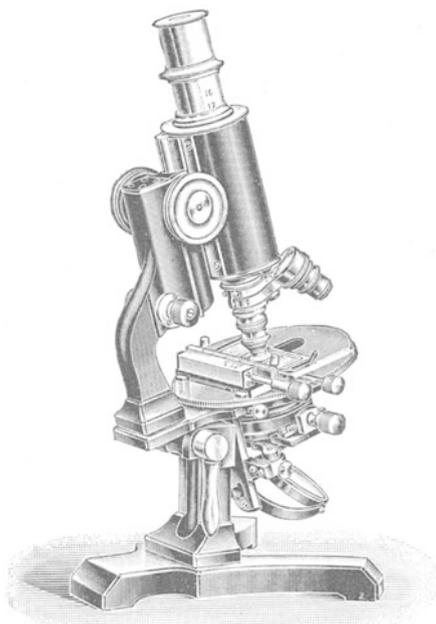


Fig. 39. Neues Stativ 1 von SEIBERT, etwa $\frac{1}{4}$ natürl. Größe.

Die Mikrometerbewegung befindet sich direkt hinter der groben Einstellung durch Zahn und Trieb und ermöglicht es durch ihre Lage, den Tubus (für Mikrophotographie, Projektion usw.) erheblich weiter zu machen, ohne daß man eine einseitige Belastung der Mikrometerbewegung und hierdurch eine frühzeitige Abnutzung befürchten muß. 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. Schließlich ist die neue Einstellung noch erheblich feiner als die alte, was für

starke Vergrößerungen zuweilen sehr bequem ist. Die Rollen 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 an.

Fig. 39 zeigt das neue Stativ 1 von SEIBERT, welches mit dieser Mikrometereinstellung ausgerüstet ist. Der Preis des Stativs mit Beleuchtungsapparat nach ABBE, Irisblende und Iriszylinderblende einschl. Mahagonischrank ist 280 M.; der der Stative 3 und 4 mit dieser Einrichtung 215 bzw. 200 M.

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. 40).

Das im Querschnitt dargestellte Mikroskop ist das Ia-Stativ von E. LEITZ-Wetzlar. Was noch an der mechanischen Einrichtung des Mikroskops interessiert, ist die im Durchschnitt dargestellte, oben (S. 39) beschriebene Mikrometereinrichtung, deren Wirkungsweise sich aus der Zeichnung erkennen läßt. 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 Öl-immersionsobjektiv (kenntlich an der Duplexfront) am Seitenarm des Revolvers, und einem Okular II.

Der für die beabsichtigte Vergrößerung ausreichende Planspiegel ist so geneigt, daß er parallel auffallende Strahlen nach dem Kondensator des Beleuchtungsapparates reflektiert.

Die halbgeöffnete Irisblende bringt ein Strahlenbündel zur

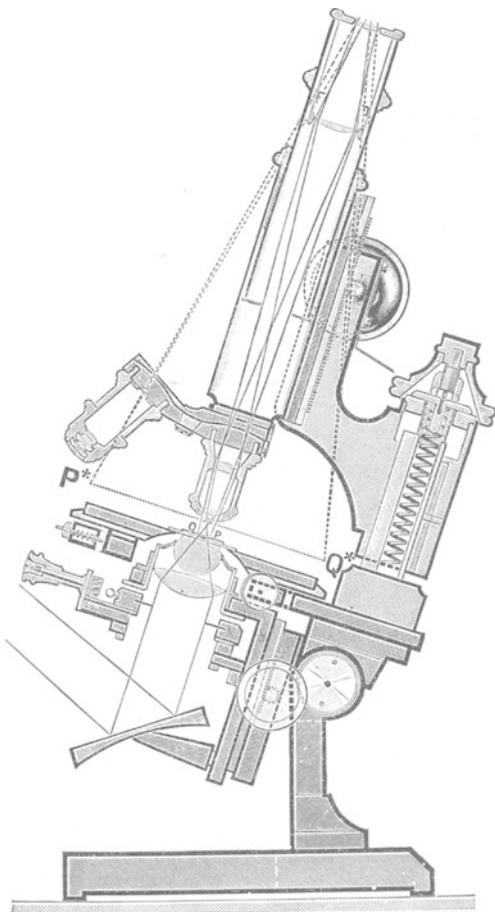


Fig. 40. Strahlengang im Mikroskop.

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, welche noch das Objektiv passieren. Sie schließen den Öffnungswinkel ein, auf dessen Größe die Helligkeit und Auflösung des Objektivs beruht. 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 würde etwa in der Höhe der Augenlinse des Okulars zum reellen Schnitt gekommen sein, wenn sie nicht in der Kollektivlinse gebrochen würde, so daß jetzt der Schnitt in die Blende des Okulars fällt. Hier entsteht das innerhalb der Brennweite der Augenlinse liegende reelle Bild, das durch die Augenlinse, die als Lupe wirkt, betrachtet wird. Das virtuelle Bild, dessen Lage umgekehrt der des Objektes ist, kommt bei P^*Q^* zustande. Wir haben es also bei dem Mikroskop mit einem umgekehrten virtuellen Bilde des Gegenstandes zu tun.

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

V. Das Polarisationsmikroskop.

Bekanntlich ist das Licht die Wellenbewegung eines hypothetischen Stoffes, des Äthers, welcher den ganzen Weltraum erfüllt und alle Körper durchdringt. 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 (etwa 300000 km in der Sekunde). Hieraus resultiert die über alle menschlichen Begriffe schnelle Schwingung der Wellen (450 bis 700 Billionen in der Sekunde).

Selbst der feinste gewöhnliche Lichtstrahl ist nicht ein einfacher Strahl mit einer bestimmten Schwingungsrichtung, sondern er setzt sich zusammen aus einer unzählbar großen Zahl von Strahlen, die nach allen Richtungen schwingen (Fig. 41).

Licht, in welchem alle Strahlen nur nach einer Richtung schwingen, nennt man polarisiert. Nur so weit kann hier auf das Wesen der Polarisation eingegangen werden, als zum Verständnis des Polarisationsmikroskops nötig ist.

Fällt ein Lichtstrahl auf eine Fläche eines durchsichtigen Mittels, z. B. Glas, so wird er teilweise in dieses eindringen und an der Oberfläche gebrochen werden, ein anderer Teil wird unter demselben Winkel, unter welchem er auffällt, reflektiert. Ist der Einfallswinkel so groß (bei Glas etwa 33 bis 44°), daß der reflektierte Strahl auf dem gebrochenen in das Glas oder dgl. eindringenden Strahl senkrecht steht, so sind beide Strahlen polarisiert. Der reflektierte Strahl schwingt senkrecht und der gebrochene parallel zu der Ebene, welche durch den einfallenden und den reflektierten Strahl gelegt werden kann. Da jedoch bei jeder Brechung das Licht in seine Grundfarben zerlegt wird, von denen die mit kürzerer Wellenlänge stärker gebrochen werden, kann der reflektierte Strahl nur auf einer Farbe senkrecht stehen, die Polarisation ist deshalb bei einer Glasplatte unvollkommen. Vollkommener wird sie, wenn eine Anzahl dünner Platten aufeinander gelegt werden. An jeder folgenden Fläche wird wieder ein Teil des durch die vorhergehenden eingedrungenen Lichts reflektiert. Hierdurch wird die gesamte Menge des reflektierten Lichts größer und die Polarisation vollkommener, jedoch niemals so, daß der häufig bei einfachen Instrumenten als Polarisator verwendete Glasplattensatz für feinere Untersuchungen ausreichend ist.

Ein besseres Mittel geben uns die doppelbrechenden Kristalle an die Hand. Am geeignetesten ist der isländische Kalkspat. Nach dem Durchgange durch ein Stück Kalkspat schwingt das Licht in zwei zueinander senkrechten Richtungen. Betrachtet man durch ein schwaches Prisma mit ganz wenig gegen einander geneigten Flächen eine kleine beleuchtete runde Öffnung, so sieht man zwei helle Kreise. Beim Drehen des Kalkspatstückes bewegt sich der eine kreisförmig um den anderen. Die Strahlen dieser beiden Öffnungen schwingen in Richtungen, welche aufeinander senkrecht stehen. Gelingt es, die der einen zu eliminieren, so hat man von der anderen vollkommen polarisiertes, d. h. nur nach einer Richtung schwingendes Licht.

Ein Mittel, die Strahlen der einen Öffnung zu entfernen, bietet das Gesetz der totalen Reflexion; dasselbe sei hier kurz erläutert.

Geht (Fig 42) ein Lichtstrahl ec aus einem dünneren in ein dichteres Medium, so wird er nach dem Brechungsgesetz dem Einfallslot dck zugebrochen und geht in der Richtung cf weiter. Umgekehrt würde der Strahl fc aus dem dichteren in das dünnere Mittel den Weg ce nehmen. Der größte Winkel, wel-

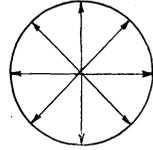


Fig. 41. Schema der Schwingungsart in nicht polarisiertem Licht.

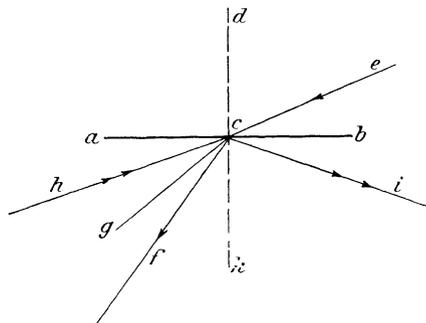


Fig. 42.

chen ein einfallender Strahl mit dem Einfallslot bilden kann, ist, wie leicht ersichtlich, ein rechter, wenn er nämlich parallel der Fläche bca einfällt. Der hierzu gehörige gebrochene Strahl sei cg . Umgekehrt ist gc dann auch der äußerste Strahl der bei c austreten kann. Jeder unter größerem Winkel auffallende wird reflektiert, z. B. hec nach ci . Es ist dies die einzige Reflexion ohne Lichtverlust, sie wird deshalb totale Reflexion genannt. Der Winkel gck heißt für das betreffende Mittel der Grenzwinkel der totalen Reflexion.

Die beiden Strahlen, in welche beim Durchgang durch ein doppelt brechendes Mittel, z. B. Kalkspat, ein gewöhnlicher Lichtstrahl zerlegt wird, bewegen sich in dem Mittel nicht mit der gleichen Geschwindigkeit fort; sie haben verschiedene Brechungsexponenten, da die Geschwindigkeit im umgekehrten Verhältnis zum Brechungsexponenten steht. Der stärker gebrochene Strahl bewegt sich also langsamer.

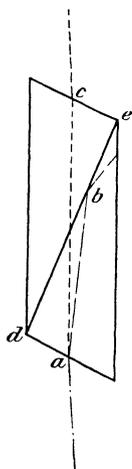


Fig. 43.

Der eine Strahl wird in jeder Richtung, wie er auch den Kristall durchsetzt, gleich stark gebrochen und deshalb der ordentliche Strahl genannt. Der andere, der außerordentliche, hat keinen konstanten Brechungsexponenten. Seine Geschwindigkeit ist bei einachsigen Kristallen in einer, bei zweiachsigen Kristallen in zwei Richtungen gleich der des ordentlichen Strahls (diese Richtungen heißen die optischen Achsen des Kristalls). In jeder anderen Richtung ist die Geschwindigkeit entweder größer oder kleiner. Am größten ist die Differenz beim Einfall des außerordentlichen Strahls senkrecht zur optischen Achse. Wenn man von dem Brechungsexponenten des außerordentlichen Strahls spricht, so meint man seinen Brechungs-

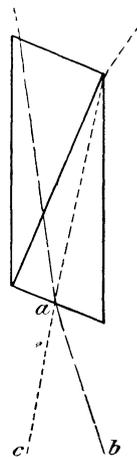


Fig. 44.

index in derjenigen Richtung, in welcher seine Geschwindigkeit am meisten von der des ordentlichen Strahls abweicht. Ist der Brechungsexponent des außerordentlichen Strahls größer als der des ordentlichen, so heißt der Kristall optisch positiv, ist er kleiner, optisch negativ. Kalkspat ist optisch negativ.

Auf Grund dieser Eigenschaften wurde von NICOL der Weg, vollkommen polarisiertes Licht zu erhalten, angegeben. Ein Spaltstück von Kalkspat, dessen Länge dreimal so groß wie eine seiner Seitenflächen ist, wird in der Richtung der optischen Achse durchschnitten. Die Endflächen ließ NICOL senkrecht zur Durchschnitfläche schleifen.

Die Schnittflächen ed (Fig. 43) werden mit Kanadabalsam wieder zusammengekittet. Ein bei a in das Prisma eintretender gewöhnlicher Lichtstrahl wird hier in zwei zueinander senkrecht schwingende geteilt. Der stärker gebrochene ordentliche Strahl hat größeren Brechungsindex als der Kanadabalsam, er trifft die Balsamschicht unter größerem Winkel als der Grenzwinkel ist, erleidet bei b totale Reflexion und wird dann von den schwarz lackierten Seitenflächen des Prismas verschluckt. Der weniger brechbare außerordentliche Strahl durchsetzt die Bal-

samschicht 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. 44) 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, 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 , welcher durch die noch benutzbaren Grenzstrahlen gebildet wird, nennt man den Polarisationswinkel, er beträgt beim NICOL'schen Prisma 27 bis 28°. Später wurden andere Prismen mit größerem Winkel konstruiert von HARTNACK-PRAZMOWSKI, GLAN-THOMPSON u. a. Die Prismen nach GLAN-THOMPSON sind die günstigsten, das Licht tritt bei ihnen senkrecht zur optischen Achse ein, die Endflächen sind senkrecht zu den Seitenflächen geschliffen, die Schnittflächen werden mit Leinöl, welches einen sehr niedrigen Brechungsindex hat, zusammengekittet.

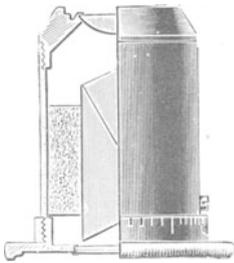


Fig. 45. Polarisator mit Kondensor.

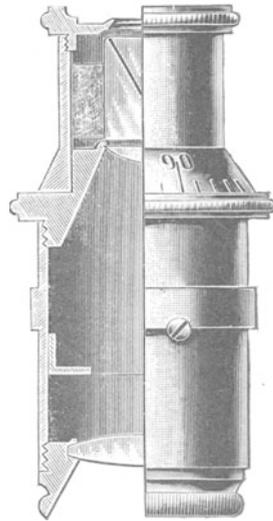


Fig. 46. Analysator des einfachen Polarisationsapparates.

Für alle polarisierenden Prismen hat man die Bezeichnung NICOL'sche Prismen oder einfach NICOL beibehalten.

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 zur Untersuchung des Pleochroismus, d. h. der Eigenschaft der Kristalle, das Licht in verschiedenen Richtungen verschieden zu absorbieren, kann das eine Prisma 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 in einzelnen Teilen polarisierend auf das Licht wirkt.

Das Prisma im Wege der beleuchtenden Strahlen heißt Polarisator (Fig. 45), das über dem Objekt befindliche Analysator (Fig. 46). Letzteres wird entweder direkt über dem Objektiv in den Tubus eingeschaltet oder es wird in einer Hülse über die Okulare gesteckt.

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 Objektisch drehbar sein, um das Objekt leicht in die richtige Lage zu den Schwingungsebenen bringen und sein Verhalten beim Drehen beobachten zu können.

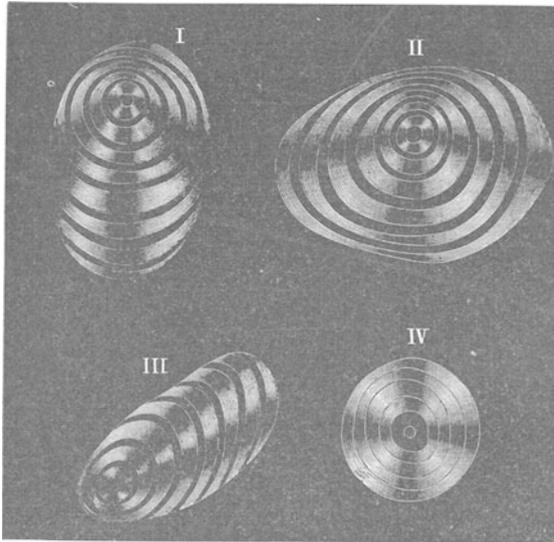


Fig. 47. Stärkemehlkörnchen, vergrößert im polarisierten Licht. Ein dunkles Kreuz durchzieht die Schichten vom Kerne aus.

Nehmen wir nun ein Objekt, welches ganz durchsichtig, weiß oder gleichmäßig gefärbt ist, das aber im Innern Einzelheiten besitzt, welche 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. 47). 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 schwarzen 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, welche den Richtungen im Objekt entsprechen. Beim Durchgehen durch den Analysator werden die beiden Strahlen wieder zu einem vereinigt.

Da nun nach obigen Erläuterungen der eine Strahl im Objekt sich langsamer bewegt als der andere, wird letzterer um eine gewisse Größe zurückbleiben. Die Farben im weißen Licht, für welche diese Größe etwa eine halbe Wellenlänge beträgt, werden im Analysator durch Interferenz ausgelöscht, es bleiben nur die anderen als Mischfarbe übrig. Deshalb erstrahlen dann diese Objekte, auch wenn sie vollständig weiß sind, in den lebhaftesten Farben, welche am intensivsten sind, wenn die Schwingungsrichtungen im Objekt einen Winkel von 45° mit den Schwingungsrichtungen der Nicols bilden. Die Farben im weißen Feld sind denen im schwarzen Feld komplementär.

Quarz und andere Körper besitzen die Eigenschaft, die Polarisationssebene zu drehen, und zwar um so mehr, je dicker die Platte ist. Innerhalb dieser Körper bewegt sich das Licht also spiralenförmig, der ordentliche und der außerordentliche Strahl ebenfalls mit verschiedenen Geschwindigkeiten. Diese Art der Polarisation nennt man Zirkularpolarisation. Wenn man eine derartige Platte zwischen die beiden Nicols bringt, kann das Feld deshalb nie dunkel werden, sondern wird farbig erscheinen. Die Farben wechseln mit dem Drehen des Analysators und hängen von der Dicke der Platte ab. Ist die Platte z. B. 3,75 mm dick, so erscheint sie im dunklen Feld grünlichgelb. Quarz kann sowohl rechts- als auch linksdrehend sein, beide Arten unterscheiden sich schon durch die Form der Kristalle. Dreht man den Analysator nach rechts herum, also in der Richtung des Uhrzeigers, so ist das Quarz rechtsdrehend, wenn die Farben in der Reihenfolge des Spektrums, rot, gelb, grün, blau, violett und wieder rot usw., wechseln; linksdrehend ist er, wenn die Farben umgekehrt aufeinanderfolgen.

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 eingeschoben oder auf die Augenlinse des Okulars gelegt. Hierbei sollen die Elastizitätsachsen der Plättchen 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. SEIBERT liefert einen solchen für 45 M. 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 größeren Teilung versehen ist.

Auch in ihren Lösungen drehen viele Substanzen die Polarisationssebenen entweder rechts oder links:

+ 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.

Das Drehungsvermögen ist für die verschiedenen Substanzen verschieden und wächst mit der Konzentration der Lösung. Man benutzt deshalb das Polari-

sationsmikroskop zur Bestimmung des Zuckers in seinen Lösungen, auch des Harnzuckers im diabetischen Harn. Zur genauen Messung ist hierbei am Analysator ein feiner Kreis, geteilt in einzelne Grade, mit Nonius erforderlich. Zur Messung der Drehung bedient man sich der von BERTRAND angegebenen Quarzplatte (Fig. 48). Dieselbe besteht aus vier Teilen von je 2,5 mm Dicke.

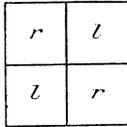


Fig. 48.

Zwei gegenüberliegende Teile sind rechts-, die anderen beiden linksdrehend. Mit Hilfe dieser Platte kann man bei einiger Übung noch Drehungen der Polarisations Ebenen von 0,1 Grad messen. Die Lösungen werden in ein 200 mm langes Glasrohr gefüllt. SEIBERT liefert den Polarisationsapparat mit feinem Teilkreis für 60 M., das Glasrohr mit BERTRANDScher Quarzplatte in entsprechender Fassung für 25 M.

Die Untersuchung auf Zucker geschieht in folgender Weise:

Man entfernt von dem Polarisator den Kondensator und von dem Analysator das Kollektiv und zieht den Tubus vollständig aus. An das obere Ende des letzteren wird die Hülse des Polarisationsapparates, welche den Nonius trägt, angeklemt, nachdem man in den Analysator an Stelle des Kollektivs die vierteilige Quarzplatte eingeschraubt hat. Sodann dreht man den Analysator solange, bis die vier Felder der Quarzplatte genau gleiche Farben zeigen und liest die Stellung an der Teilung ab. Nun wird das Analysatorokular aus dem Tubus gehoben, während der Nonius festgeklemmt bleibt, der Tubus selbst aus seiner Führung genommen und das Glasrohr mit der Flüssigkeit von unten eingeschraubt. Dreht man nun von neuem den Analysator solange, bis die vier Felder der Quarzplatte wieder gleich gefärbt erscheinen, so gibt die Differenz der Einstellungen am Teilkreis die Menge des Zuckergehaltes an. Bei Harnzuckerlösung entspricht ein Grad der Teilung einem Prozent Zucker. Für andere Zuckerarten ist eine kleine Umrechnung nötig.

Ist sonach der Polarisationsapparat 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 welchen der Wechsel zwischen gewöhnlichem und polarisiertem Licht sehr erleichtert ist.

Um die notwendigen Messungen zu ermöglichen, müssen am Mikroskop die Polarisations Ebenen der Nicols genau bestimmt sein und die beiden Fäden der Kreuze in den Okularen mit diesen Ebenen zusammenfallen. Näheres über diese Instrumente findet sich in den betr. Fachschriften, z. B. E. WEINSCHENK „Anleitung zum Gebrauch des Polarisationsmikroskops“.

In den Katalogen verschiedener optischer Firmen finden wir Polarisationsmikroskope, die mit allen wünschenswerten Nebenapparaten und Bequemlichkeiten ausgestattet sind; daneben werden auch verhältnismäßig einfache und billige Instrumente geliefert. Die Firma W. & H. SEIBERT stellt, außer den großen Modellen, ein sehr empfehlenswertes, einfacheres Polarisationsmikroskop her, welches mit Polarisator, drehbarem Analysator mit Teilung und drehbarem Objektisch mit Graduierung versehen ist. Der Polarisator kann durch eine Schraubvorrichtung bequem gehoben und gesenkt werden, er besitzt zum Beobachten

der Achsenbilder einen Kondensor. Das Stativ hat Zahn und Trieb zur groben Einstellung und Mikrometerschraube zur feinen, es kostet mit den Objektiven Nr. *O* und *III* und den Okularen 2 (mit Fadenkreuz) und 4 mit Mikrometer in poliertem Mahagonikasten 170 M.

VI. Nebenapparate und Aufbewahrungskasten.

1. Zeichenapparate.

Für das Nachzeichnen der Objekte ist eine ganze Anzahl von Hilfsmitteln konstruiert worden, welche 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 ABBESche 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 gebracht werden kann, daß ein Nachfahren der Konturen mit dem Stift ohne

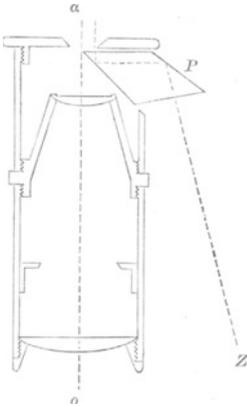


Fig. 49.



Fig. 50. Zeichenokular von LEITZ.

weiteres möglich ist. Die Art, wie dies geschieht, wird durch Fig. 49 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 Preis dieses Zeichenokulars in Etui beträgt 20 M.

Der **ABBESCHE** Zeichenapparat besteht aus zwei rechtwinkligen Prismen, deren Hypotenusenflächen aneinander gekittet sind. Die eine dieser Flächen hat Spiegelbelag, welcher in der Mitte zu einer kleinen, runden Öffnung weggekratzt ist. Dieses Doppelpisma 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 zu etwa 33 M. einschließlich Etui geliefert.

Der **OBERHÄUSER**sche Zeichenapparat ist ein rechtwinklig abgeregnetes Okular mit zwei Prismen, einem größeren in 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 **OBERHÄUSER**sche 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 **OBERHÄUSER**schen und dem neueren **ABBE**schen nicht erforderlich.

Der Preis des **OBERHÄUSER**schen Apparates ist dem des **ABBE**schen etwa gleich.

Von den kleineren Zeichenapparaten wollen wir nur den **SEIBERT**schen erwähnen; derselbe besteht aus einem offenen Gehäuse, welches 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.

Der Preis dieses Apparates, einschließlich Etui, beträgt 18 M.

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. 51) an Stelle des Präparats auf den Objektisch 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 welches eine Skala entweder eingeritzt oder photographiert ist, bestehenden Mikrometers (Fig. 51). 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 welcher 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.

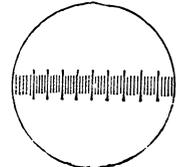


Fig. 51.
Okularmikrometer.

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, welche 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).

Bewegliche Okularmikrometer, welche 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. 50) zu Messungen mit Hilfe des Zeichenapparats.

3. Mikroskopkasten.

Alle Mikroskope werden derartig in polierte Mahagonischränke eingestellt, daß sie staubsicher aufbewahrt werden können. Die Schränke sind verschließbar und so abgemessen, daß das Instrument stets gebrauchsfertig in ihnen aufbewahrt werden kann. Aus letzterem Grunde hauptsächlich haben die Schränke

seit einer Anzahl von Jahren die früher üblichen Kasten, in welche das Mikroskop erst nach Abschrauben der Objektive usw. eingelegt werden konnte, fast allgemein verdrängt.

4. Mikroskopierlampe.

Als beste Lampe hat sich seit einigen Jahren die von ARTHUR MEYER angegebene und von SEIBERT verfertigte Mikroskopierlampe für Gaslicht (Fig. 52) bewährt. Die Strahlen einer Glühlampe werden durch einen Parabolspiegel *P* annähernd parallel auf

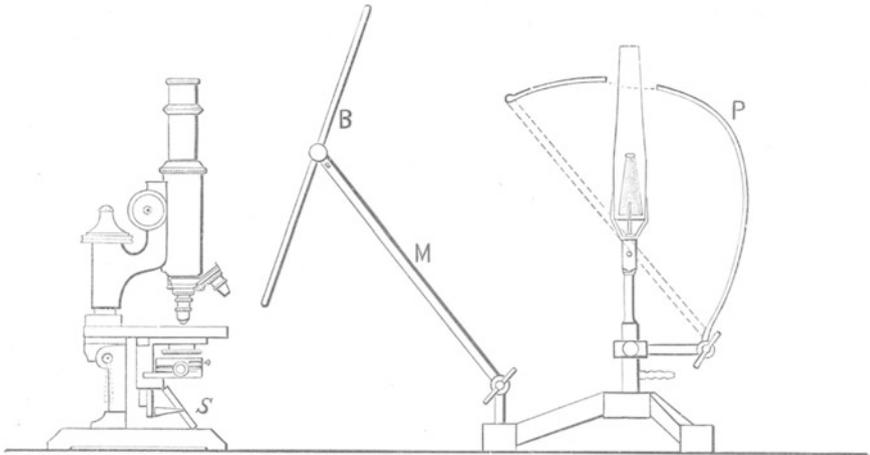


Fig. 52. Mikroskopierlampe nach ARTHUR MEYER (etwa $\frac{1}{6}$ natürl. Größe).

eine matte Scheibe *M* geworfen. Hierdurch entsteht eine helle gleichmäßige Beleuchtung, welche dem von einer weißen Wolke ausgehenden Licht sehr ähnlich ist. Ein Schirm *B* schützt die Augen und den Objektstisch gegen direkt auffallendes Licht. Preis 40 Mark.

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 mikrographischen Objektiven überbrückt hat.

Wer die verschiedenen mikrographischen 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, DRUMMOND'sches 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

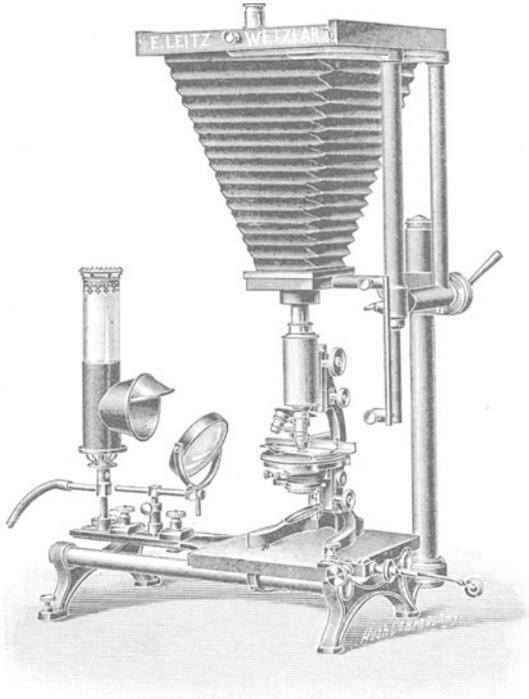


Fig. 53. Mikrographischer Apparat in aufrechter Stellung.

mikrographischen Apparates, welcher eine vielseitige Benutzung zuläßt. Fig. 53 zeigt seine Aufstellung bei vertikaler, Fig. 54 bei horizontaler Stellung des Mikroskops; in letzterem Fall ist mit dem längeren Balg auszug 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

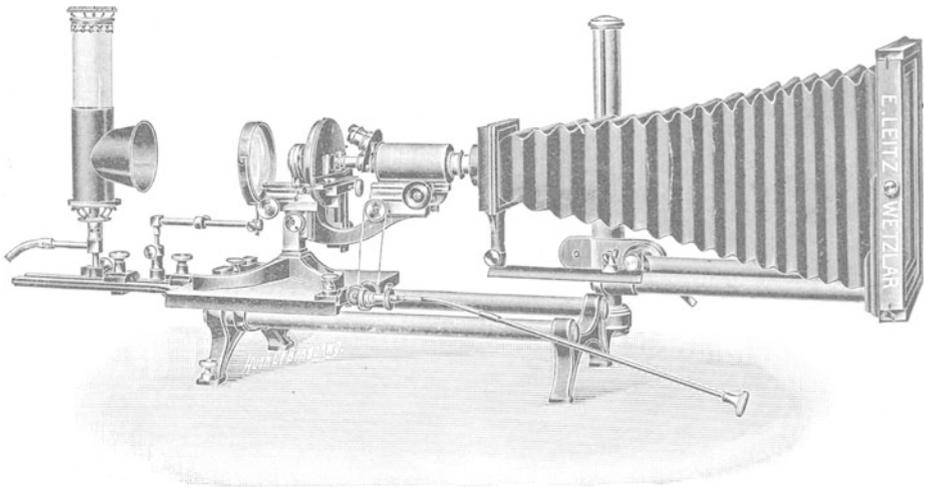


Fig. 54. Mikrophotographischer Apparat in horizontaler Stellung.

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. Eine möglichst intensive und gleichmäßige Beleuchtung des Gesichtsfeldes findet statt, wenn das Bild der Lichtquelle in der Objektebene entworfen 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 Lichtquelle darf selbst nicht zur Abbildung

kommen; der Lichtkegel des Kondensors darf weder zu breit sein, weil dann leicht eine Unschärfe eintritt, aber auch nicht zu schmal, weil dann Beugungsbilder zu befürchten sind. Die Hebung der Kontraste im Bilde geschieht wieder durch Lichtfilter; hier sind es kleine runde grüne und gelbe Glasscheiben, welche auf die Irisblende gelegt werden. Die regelmäßige Verwendung der Farbenfilter und die Erzielung eines fast monochromatischen Lichts läßt die bessere Farbkorrektur des 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. Von den Okularen kommen die Nummern 0—IV und die schwächeren Kompensations-Okulare zur Verwendung. Die erste orientierende Einstellung des Objektes geschieht durch die Mattscheibe, die scharfe Einstellung aber mittels einer Lupe auf durchsichtiger Scheibe.

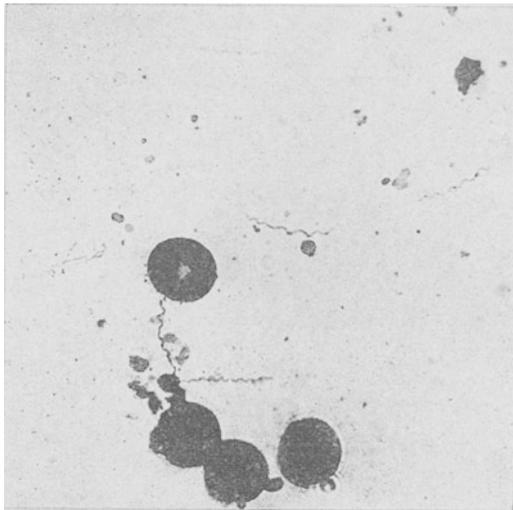


Fig. 55. Mikrophotogramm des Syphilis-Erregers (*Spirochaete pallida*).

Unsere Figur 55 der *Spirochaete pallida*, des Erregers der Syphilis (die feinen schraubenförmigen Fäden stellen ihn dar) ist mit dem Apparat hergestellt. Verwendet ist Öl-Immersion $\frac{1}{12}$ und Kompensationsokular 6; die Vergrößerung beträgt 1200.

Zur Aufnahme ausgedehnter Präparate bei schwacher Vergrößerung werden die Mikrosommare von 24—120 mm Brennweite unmittelbar an den unteren Kamerahals geschraubt und das Präparat an den Ring, der an der Fußplatte des photographischen Apparats festgeklemmt wird, befestigt. Auch Stereoskopaufnahmen können mit dieser Einrichtung hergestellt werden.

Der mikrophotographische Apparat kostet mit optischer Bank, Auerlampe, Beleuchtungslinse, zwei Kassetten für Platten von der Größe 24×24 cm mit

Einlagen von 13×18 , 9×12 cm oder 18×18 , 13×13 , 9×9 cm und einer Einstellupe 220 Mark.

Wer sich mit der Mikrophotographie näher beschäftigen will, sei auf die Lehrbücher über Mikrophotographie von NEUHAUSS 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 ca. $0,6 \mu$. 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 ein 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, welche der gewünschten Wellenlänge entspricht und hinreichend monochromatisch ist, wie es die nur bezüglich der sphärischen, aber nicht der chromatischen Aberration korrigierten Objektive, welche hierbei benutzt werden, erfordern. Sämtliche optischen Bestandteile, die Kondensoren, die Objektive, Okulare, ferner Objektträger und Deckgläser sind aus Material hergestellt, welches 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 Platte wiederzugeben vermag, 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. Das Ultra-Mikroskop.

Fast gleichzeitig wurde von HELMHOLTZ und von ABBE die Tatsache gefunden, daß Gegenstände, welche kleiner sind als die halben Wellenlängen der Lichtstrahlen, nicht mehr gesehen werden können. Nehmen wir an, daß die kürzesten noch für Vergrößerungen im Mikroskop brauchbaren Lichtwellen $0,4 \mu$ Wellenlänge haben, so kann also ein Gegenstand von einer $0,2 \mu$ betragenden Ausdehnung nicht mehr gesehen werden.

Dies ist jedoch nur mit einiger Einschränkung richtig. In einem dunklen Zimmer, in welches Licht durch eine kleine Öffnung des Fensterladens einfällt, sehen wir Staubpartikel in dem Lichtbündel aufleuchten, die bei normaler Beleuchtung nicht wahrgenommen werden können. Ebenso werden in mikroskopischer

schen Präparaten durch Färbung stark kontrastierende kleinste Teile auch dann wahrgenommen, wenn sie unterhalb der Grenze der Abbildungsfähigkeit liegen.

Hier handelt es sich um Kontrastwirkungen. Nur die Anwesenheit derartig kleinster Objekte wird uns bewußt; über ihre Ausdehnung und Gestalt dagegen erfahren wir nichts.

In unserer Figur 20 (oben, Seite 19) wurde gezeigt, in welcher Weise das mikroskopische Bild durch Vereinigung des hellen Mittelbildes und der Beugungsbilder zu stande kommt. Wird nun dafür gesorgt, daß nur die Beugungsbilder zur Bilderzeugung verwendet, das Mittelbild aber ausgeschaltet wird, so entsteht eine Beleuchtung, welche die Objekte auf dunklem Feld zeigt. Wird gleichzeitig durch Verwendung sehr starker Lichtquellen für strahlende Beleuchtung kleinster Teilchen gesorgt, so heben sich diese auf dem dunklen Feld ab und können wahrgenommen werden.

Durch die 1903 von SIEDENTOPF und SIGMONDY geschaffene und „Ultra-mikroskop“ genannte Einrichtung wird dies dadurch erreicht, daß (vgl. Fig. 56) ein sehr heller Lichtkegel seitlich in das zu betrachtende Präparat kommt und die darin befindlichen Objekte bestrahlt, während er selbst nicht in den Bildraum gelangt. Dies wird in der Weise erzielt, daß die Achse des Lichtkegels senkrecht zur optischen Achse steht. Die durch das Licht getroffenen Objekte leuchten in dem Bildfeld, das aber selbst dunkel bleibt, grell auf.

Ein nach diesem Prinzip gebauter Apparat von E. LEITZ-Wetzlar, der an jedem größeren Mikroskop angebracht werden kann, ist in Fig. 57 abgebildet. Der von dem Lichtkrater einer Bogenlampe ausgehende Lichtkegel fällt durch eine Blende und wird mittels einer Beleuchtungslinse auf einen schmalen verstellbaren Spalt geleitet. Durch einen kleinen Kondensator wird ein schmales Lichtbündel im Objektpunkt konzentriert und durch Zahn und Trieb genau eingestellt. Die richtige Einstellung des Lichtes ist ein Haupterfordernis für ein gutes Funktionieren des Apparates. Hierzu dienen die Regulierungsschrauben der Bogenlampe, die Stellschrauben der Fußplatte, welche das Mikroskop trägt, und die Zentrierschrauben, mit welchen die ganze optische Bank sowohl in horizontaler wie in vertikaler Richtung verschoben werden kann. Zur Untersuchung von Flüssigkeiten dient eine eigene kleine Kammer, durch welche dieselben geleitet werden.

Eine mit Teilung versehene und in einem Winkel von 90° drehbare Spaltvorrichtung gestattet die Vornahme von Messungen im Lichtkegel, dessen Breite und Höhe sich durch die gegebene Öffnung des Spaltes bestimmen läßt. Aus der mit Hilfe dieser Meßvorrichtung vorgenommenen Berechnung hat sich ergeben, daß, wie oben ausgeführt, noch Teilchen sichtbar werden, welche weit unter der Grenze der gewöhnlichen mikroskopischen Beobachtung liegen. Die Berechnung der Größe z. B. von Goldteilchen im Rubinglas ergab einen Wert von ca. $0,005 \mu$.

Die Beugungserscheinungen aber, welche das primäre Bild begleiten (man vergleiche unsere Fig. 58, in welcher die Beugungslinien überall mit den Körpern

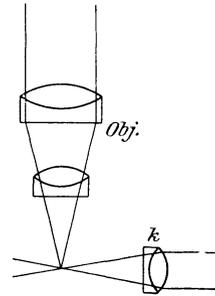


Fig. 56. Strahlengang im Ultra-Mikroskop.

der schraubenförmigen Spirochaete parallel verlaufen und diese unförmlich dick erscheinen lassen, mit der Fig. 55, welche das gleiche Präparat ohne Beugungserscheinungen wiedergibt, tun der Qualität desselben wesentlich Abbruch.

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.

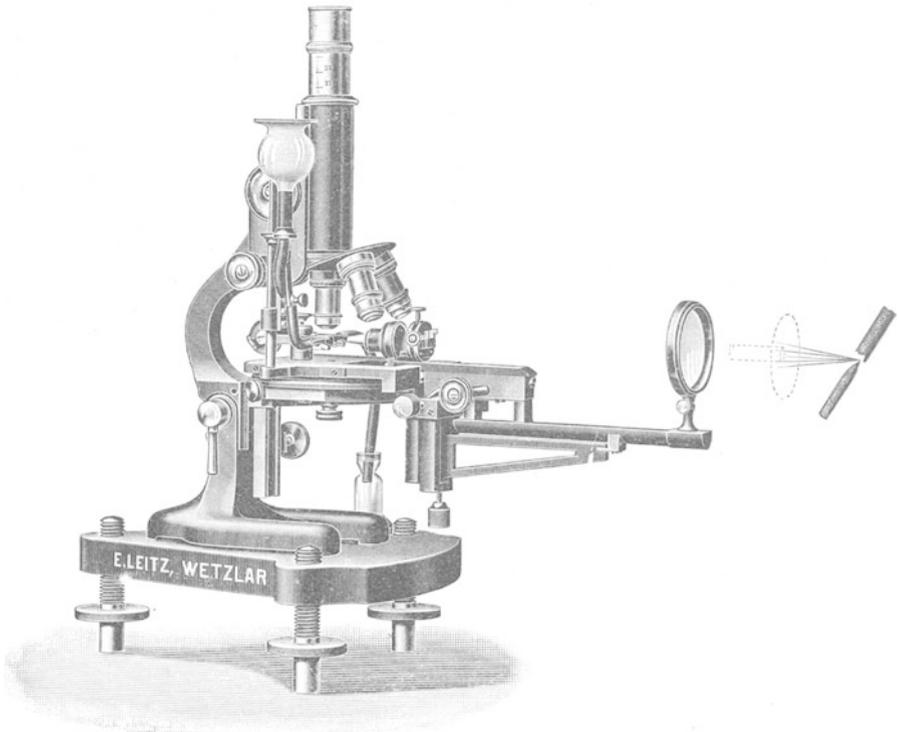


Fig. 57. Das Ultra-Mikroskop.

Die Forschung mit dem Ultramikroskop regte auch an zur Verbesserung der bisherigen Einrichtungen für Dunkelfeldbeleuchtung mittels Zentralblende. Es galt, auch für das Ölimmersionssystem eine brauchbare Dunkelfeldbeleuchtung zu schaffen. LEITZ in Wetzlar hat eine solche in der Weise konstruiert, daß dem schmalen zentralen Beleuchtungsbündel durch eine auf die hintere Linse des Objektivs gesetzte Stempelblende der Zutritt zum Gesichtsfeld, das deswegen dunkel bleibt, abgeschnitten wird. Figur 58 stellt ein bei dieser Beleuchtung mit der Ölimmersion aufgenommenes Präparat dar. Das Photogramm zeigt die hellglänzende, gewundene, sonst nicht leicht sichtbare *Spirochaete*

pallida mit ihren Diffraktionssäumen. Noch viel kleinere Partikelchen, welche sonst unsichtbar bleiben, sind bei dieser Beleuchtung zur Erscheinung gebracht worden.



Fig. 58. Der Syphilis-Erreger (*Spirochaete pallida*) bei Dunkelfeldbeleuchtung. Dasselbe Präparat, welches in Fig. 55 bei durchfallender Beleuchtung dargestellt ist.

Der Preis eines LEITZschen Ultramikroskopes beträgt 275 Mark, der einer Dunkelfeldbeleuchtung für Ölimmersion 70 Mark.

Bezüglich aller auf „ultramikroskopischem“ Wege gewonnener Angaben, welche Strukturverhältnisse (z. B. der Zellmembranen, des Protoplasmas usw.) betreffen, ist zunächst noch große Skepsis geboten.

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 reklamhafte 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 nachzustellen. Wer dagegen nur zu einem bestimmten Zweck ein Mikroskop braucht, spart besser am Stativ als an der optischen Ausrüstung.

Von der Firma, welcher 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, welche 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. Es sind dies bei LEITZ die Instrumente mit den Stativen C, Ia und IIb und bei SEIBERT 2, 3, 4, 5 und 7.

Wer ein reich ausgestattetes und zugleich doch verhältnismäßig billiges Mikroskop sich anschaffen will, nehme Stativ C von LEITZ (Fig. 59) 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 $\frac{1}{1000}$ 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, Zylinderblende und Kondensor lassen sich auswechseln.

Das Instrument kostet mit Revolver für drei Objektive, den Objektiven 2, 4 und 6 und Ölimmersion $\frac{1}{12}$ — num. Ap. 1,30 — und den Okularen I, III, V — Vergrößerung 33—1300 — in Mahagonischrank 415 Mark.

Das Stativ Ia von LEITZ von gleicher Größe, das die ältere Mikrometerschraube besitzt, kostet mit der gleichen optischen Ausrüstung 395 Mark.

Diesen Instrumenten entspricht das Stativ 3 von SEIBERT (Fig. 61).

Das eigentliche Arbeitsmikroskop des Praktikers ist aber das im SEIBERTschen Katalog mit Nr. 5 A bezeichnete, von uns in Fig. 60 abgebildete Instrument.

Auf einem schwarz emaillierten Fuß erhebt sich eine kräftige, runde Säule, an welcher das Gelenk zum Umlegen angebracht ist. Der Objektstisch ist von solcher Größe, daß Objektträger jeder üblichen Ausdehnung sicher aufgelegt werden können. Die grobe Einstellung geschieht durch Zahn und Trieb, die feine durch die Mikrometerschraube mit Prismenführung. Der Tubus hat Auszug mit Millimeterteilung. Der Kondensor des Beleuchtungsapparats ist gleich dem des großen ABBEschen Apparats und kann leicht mit der beigegebenen Diaphragmenblendung vertauscht werden. Dem Instrument ist ein Revolver für drei Objektive angefügt. Wählt man hierzu die achromatischen Trockenobjektive Nr. II und V und die homogene Ölimmersion $\frac{1}{12}$, ferner die Okulare 1 und 3, so erzielt man Vergrößerungen von 71 bis 1220.

Das Mikroskop ist mit allem Zubehör in einem polierten, soliden Mahagonischrank mit Handhabe und Schloß untergebracht und kostet 300 Mark. (Der Preis des Stativs allein, ohne Objektive, Okular und Revolver ist 112 Mark.)

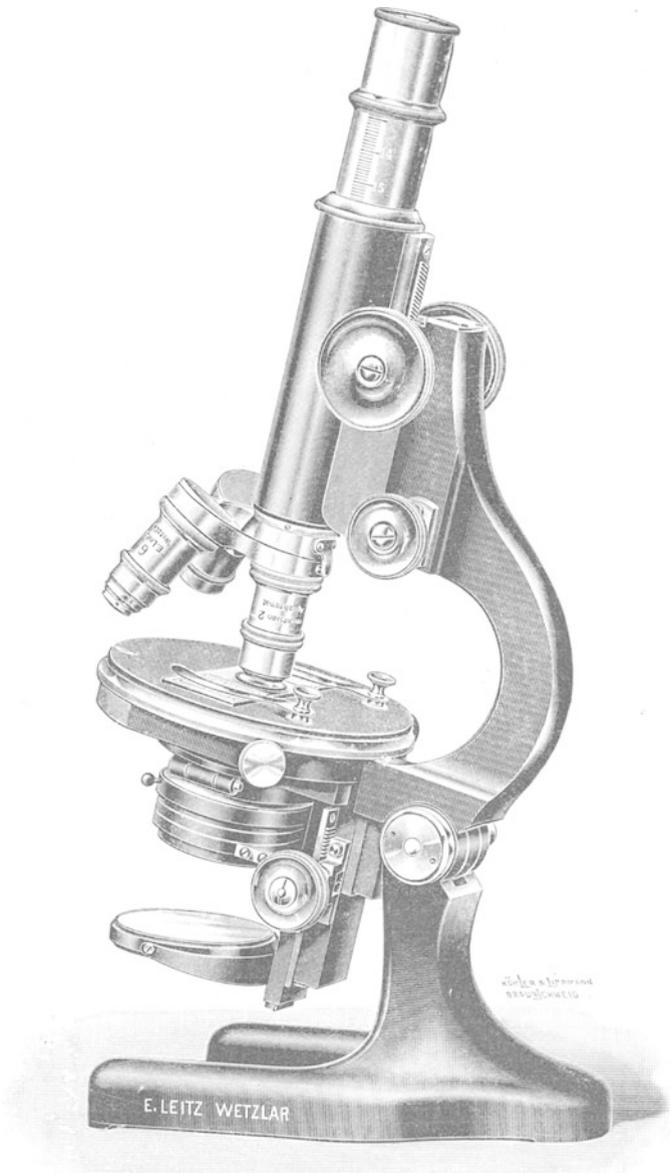


Fig. 59. Neucus Stativ C von E. LEITZ, $\frac{1}{2}$ der nat. Größe.

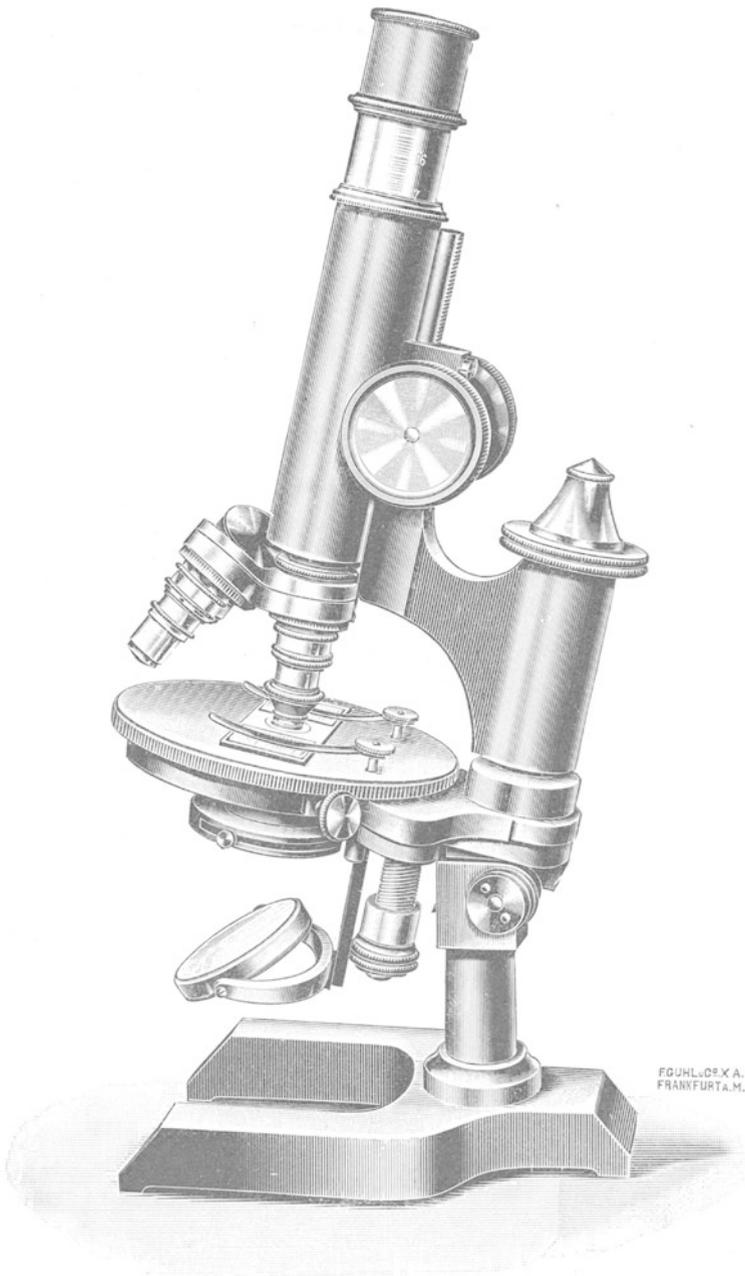


Fig. 60. Empfehlenswertes Arbeitsmikroskop (W. & H. SEIBERT, Stativ 5 A, etwa $\frac{1}{2}$ der nat. Größe

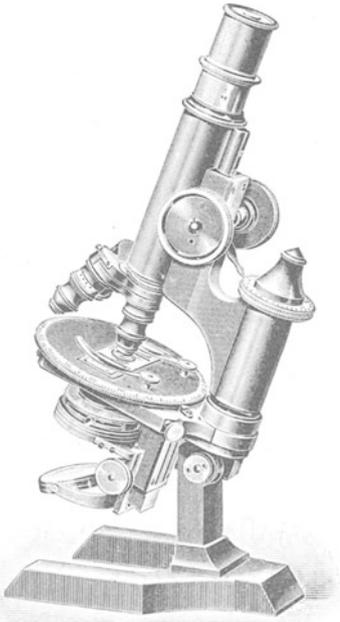


Fig. 61. Mikroskop von W. & H. SEIBERT.
Stativ 3 (etwa $\frac{1}{4}$ der nat. Größe)

Das diesem Mikroskop entsprechende LEITZsche Stativ IIb mit der gleichen groben und feinen Einstellung und Triebbewegung des Kondensors kostet mit dem dreifachen Revolver, den Objektiven 3, 6, Ölimmersion $\frac{1}{12}$ und den Okularen II und V — Vergrößerung 70 bis 1300 — in Mahagonischrank 260 Mark.

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

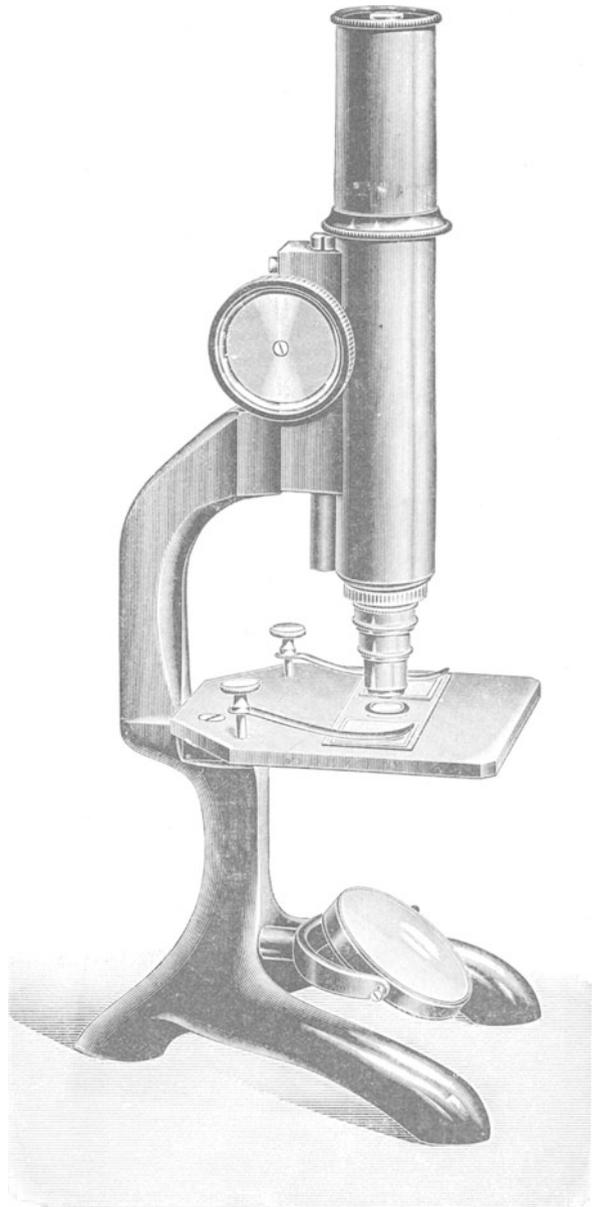


Fig. 62. Trichinenmikroskop von W. & H. SEIBERT.
($\frac{1}{2}$ der nat. Größe).

Für die Trichinenschau eignet sich namentlich das einfache Stativ 8 (Fig. 62) mit besonders großem Objektstisch und sorgfältig gearbeitetem Zahn- und Triebwerk für die Einstellung (komplett für 52 Mark).

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, welcher im Juli und August fliegt. Als Testobjekte sind besonders geeignet die Schüppchen von den Flügeln des Weibchens.

Dieselben haben (vgl. Fig. 63) feine Längsstreifen, welche bei etwa 40facher Vergrößerung schon gut gesehen werden müssen; ihre Entfernung beträgt ungefähr 2μ . Bei etwa 150facher Vergrößerung und zentraler Beleuchtung treten zwischen den Längs-

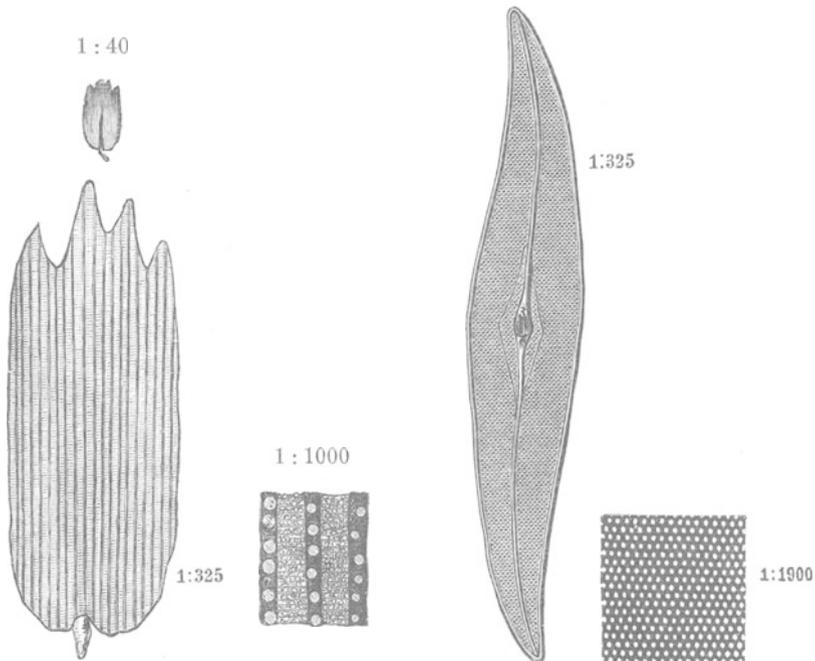


Fig. 63. Flügelschuppe von *Epinephele Janira*.

Fig. 64. *Pleurosigma angulatum*.

linien 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, welche man davon in manchen Büchern findet.

2. *Pleurosigma angulatum* (Fig. 64); Testobjekt für Ver-

größerungen 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 Apochromatobjektive 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. 65) 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.

An trocken liegenden (von Luft umgebenen) Objekten sieht man nur an den Stellen der Schale Zeichnung, welche das Deckglas berühren. Dies erklärt sich

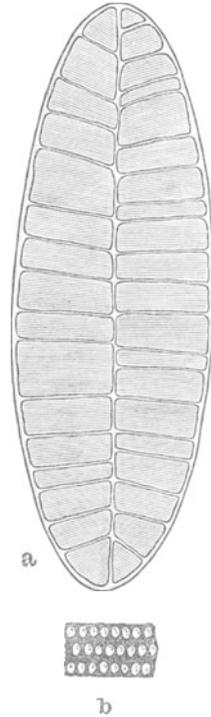


Fig. 65. *Surirella gemma*.
a $\frac{1}{350}$, b $\frac{1}{1900}$.

folgendermaßen: Da die Längsstreifen bzw. die Perlen in der Querrichtung näher zusammenstehen, wie die Wellenlänge des Lichts ist, müßte nach der Gleichung

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

$\sin \alpha$ größer als 1 werden, was nicht möglich ist, d. h. die Beugungsbilder, 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. 66a. Ist die Vergrößerung am Rande stärker, so erhält das Bild die in Fig. 66b dargestellte Form; ist sie schwächer, so erscheint das Mikrometer wie in Fig. 66c. — Die Ursache dieses Fehlers ist mangelhafte Konstruktion sowohl des Objektivs, als auch des Okulars.

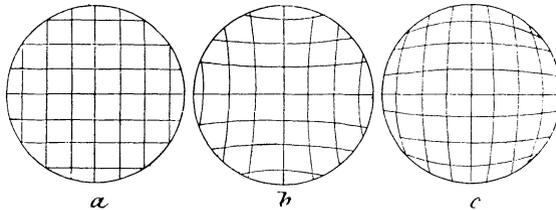


Fig. 66.

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 und kann als nicht vorhanden gelten.

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 Tieferschrauben 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 Überkorrektion 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 Überkorrektion 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 berußten 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 Apochromatsysteme 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, alle 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 ABBS'schen 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

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

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 Linsenkombination 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 welchen Schwefelwasserstoff-Entwicklung stattfindet (chemische Laboratorien), sind keine geeigneten Aufbewahrungsstellen für Mikroskope, da Bleigehalt der Linsen und Metallteile der Stative 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 Werkstatt, 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 Werkstatt, 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 Quarzsplitterchen enthält, welche 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 festrocknet. Hierbei verfährt man in der Weise, daß man zunächst mit Fließpapier die Flüssigkeit abtupft und dann mit benzingetränktem 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 vordem 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.

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. 72) 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 Unterarme 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 Objektisches 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, Fensterkreuzen 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, welche auf den Beleuchtungsapparat des Mikroskops gelegt wird, oder durch eine Schicht Kupfersulfatlösung 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 Objekt 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 Haupterfordernis 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 Objektisch 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 (*Epinephele 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. 9, Fig. 8). 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 welcher 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, welche 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. der dioptrische Apparat desselben soll so eingestellt sein, 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 Akkomodationsmuskeln (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 öfters 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, welches sich dem offenen, beobachtenden Auge mitteilt. Nur im ersten Anfang stören die Bilder, welche 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 MEIBOM'schen Drüsen. Diese „mouches volantes“ geben keine Ursache für 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, welche 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 (*Epinephele janira*) der Reihe nach mit immer stärkeren Vergrößerungen betrachtet und versucht, alle S. 66 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 schwächeren 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 ist 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, welche 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 abgeschliffen*).

Abgeschliffene Kanten kommen in erster Linie den zur Reinigung der Objektträger verwendeten Tüchern zu gut. 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

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

gegenwärtig die quadratischen Formen gekauft. Ihre Größe variiert zwischen 10 und 24 qmm; für fast alle Zwecke genügend sind die handlichen 18 qmm messenden Deckgläschen, welche 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. 23) 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, welche es ermöglichen, Präparate übereinander zu legen, ohne daß die Deckgläser und Objekte zerdrückt werden. Je eines dieser Kartonstücke wird rechts und links vom Präparat aufgeklebt; diese Schutzleisten dienen zugleich als Etiketten, auf welche 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.

Streichriemen. — Um seine Messer stets in gutem Zustand zu erhalten, ist ein Streichriemen nötig, und zwar kauft man sich vorteilhaft den vierkantigen ZIMMERSchen chinesischen Streichriemen Nr. 1*), 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.

*) Zu beziehen von C. ZIMMER, Berlin W., Taubenstraße 39.

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.

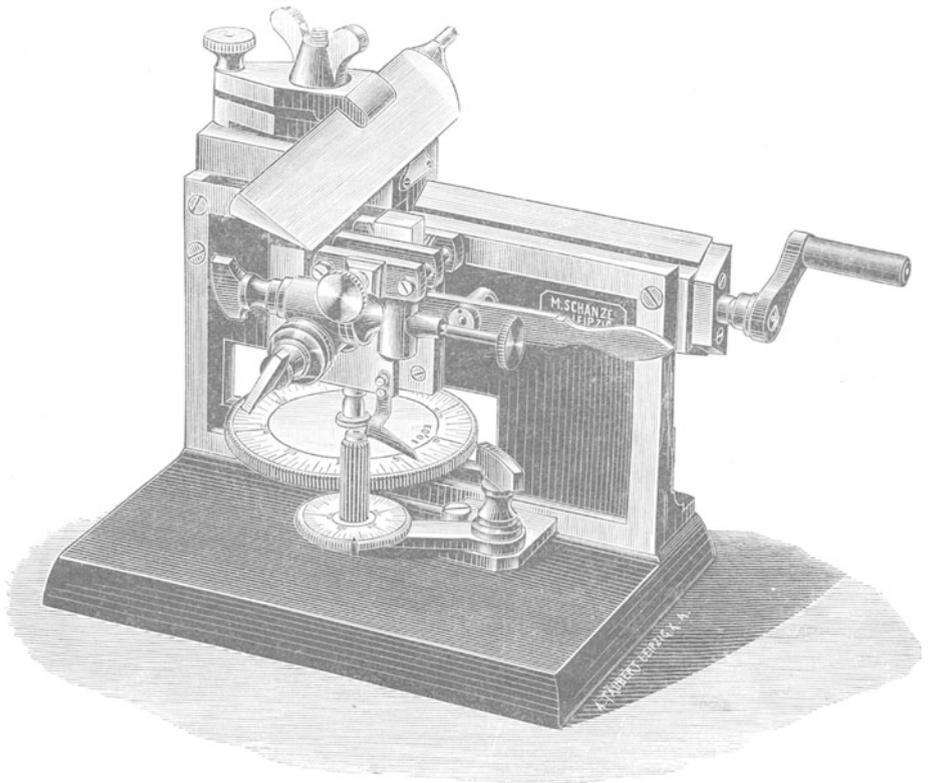


Fig. 67. Mikrotom von M. SCHANZE, Modell C.

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 Zustand 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.

Chlorcalciumlösung. — Für viele zarte, wasserhaltige Objekte ein zweckmäßiges Einschlußmittel. Wird hergestellt: Chlorcalcium 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 *Aacetum pyrolignosum rectificatum* der Apotheken.

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

Kanadabalsam. — Das Universalmittel zum Einschluß wasserfreier Präparate. Man verwende in Xylol oder Chloroform gelösten Kanadabalsam; die Lösung in Terpentinöl, welche vielfach empfohlen wird, hat meist den Nachteil, daß sie zu



Fig. 68. Glas für
Kanadabalsam.
(Nach ZIMMERMANN.)
6*

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. 68) 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, welcher 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 Terpentin oder Chloroform.

d) Reagenzien.

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

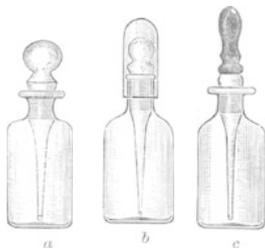


Fig. 69. Flaschen für Reagenzien und Farbstoffe.

Alle nicht zähflüssigen Reagenzien werden am zweckmäßigsten in den in Fig. 69 dargestellten Flaschen aufbewahrt. Diesen Gefäßen ist eigen, daß ihr eingeschliffrer Stöpsel direkt in einen Fortsatz ausläuft, welcher den gewöhnlich zur Entnahme der Reagenzien benutzten Glasstab ersetzt. Dadurch wird die bei raschem Arbeiten nicht eben seltene Verunreinigung der Reagen-

zien vermieden und Zeit gewonnen. — Fig. 69 *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.

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

Aufhellungsmittel.

Auch die Aufhellungsmittel können in zwei Hauptgruppen geordnet werden: die einen sind stark lichtbrechende Flüssigkeiten, welche die Objekte selbst nicht angreifen, sondern nur physikalisch aufhellen sollen; die andern dagegen sind chemisch scharf wirkende Substanzen, welche 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. 83, 96). — 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. 83, 96). — Ein besonders wirksames Aufhellungsmittel stellt der Kanadabalsam dar, weil sein Brechungsexponent noch beträchtlich höher ist als der des Glyzerins. Die Art und Weise, in welcher 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 Brechungsexponent 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, welche 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, welches insbesondere zwischen Hals und Glasstöpsel der Flasche sich in Menge festsetzt und den Stöpsel bald unlösbar einkittet. Um dies zu vermeiden, überziehe man die Verschlußstelle 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, Samenteile 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 zusammengegossen, in fest verschlossener Flasche einen Tag stehen gelassen und dann sorgfältig vom Bodensatz abgegossen. — Das Reagens muß vor Licht geschützt aufbewahrt werden.

Chloralhydrat. — Die Anwendung des allermeist empfohlenen Chloralhydrats (konz. wässrige Lösung) zum Aufhellen gefärbter Objektive 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, welche er löst.

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

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

Dies 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, welche 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, welche in der Weise angewandt wird, daß man den Schnitt erst mit der oben angegebenen Lösung von Jod-Jodkalium tränkt und dann verdünnte Schwefelsäure (2 H₂SO₄ konzent., 1 H₂O) 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, welche 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.

Phloroglucin-Salzsäure. — Reagens auf Holzsubstanz. Um mit Lignin imprägnierte Membranen nachzuweisen, wird eine konzentrierte alkoholische Lösung von Phloroglucin gleichzeitig mit zehnpromzentiger 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, welche durch die Säure nicht oder nicht wesentlich angegriffen werden, während alle anderen pflanzlichen Membranen zerstört werden. — **b. verdünnte:** Reagens auf Kalksalze (außer Gips), welche durch Schwefelsäure in Gips übergeführt werden. Dieser ist durch seine 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 welchen die Tusche besteht, vor sich her. Es entstehen dadurch im sonst dunklen Gesichtsfeld wasserhelle Stellen, welche 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 meine 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 aufgezählt.

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 Uhrschälchen ein- bis zweimal darin aufkocht.

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

Hämatoxylin. — Dieser Farbstoff eignet sich für fast alle Zwecke, welche 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 (konzentr. wässrige Lösung) zugefügt, 3 bis 4 Tage an der Luft stehen gelassen, filtriert, 100 Glycerin 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.

Karbolfuchsin nach ZIEHL. — Ein besonders in der Bakteriologie fast universal verwendbares, höchst intensives Tinktionsmittel, welches 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 Trockenpräparats.

Unter einem Trockenpräparat verstehen wir ein Präparat von Objekten, welche nicht in irgend eine Einschlußmasse eingelegt werden, sondern dauernd von Luft umgeben sind. Derart prä-

pariert 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. 81), 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, welche 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 Hollunders (*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 Hollundermarkstückchen und schneiden von oben her mit dem Messer so weit ein, daß wir das Blattstück einschieben können. Beim Einschieben müssen wir überlegen, in welcher Richtung die Schnitte geführt werden sollen. Wollen wir Querschnitte normaler Art haben, so orientieren wir das Blatt derartig, daß seine Mittelrippe, welche wir beim Aufrollen leicht erkennen, in der Längsachse des Hollundermarkstückchens, 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 Hollundermarkstückchen 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 Hollundermarkstückchens 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 Hollundermark und mit ihm vom zu präparierenden Blatt ab. — Das oft sehr lästige Brechen des Hollundermarks 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 Objektivträger 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 Schmitte 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 Objektivträger und Deckglas vollständig aus, ohne über den Rand des letzteren hervorzutreten. 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 Untersuchungspräparats.

Indem auf das oben (S. 74 bis 79) 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 Einschlusßflüssigkeit häufig Luftbläschen, welche man nicht als mikroskopische Objekte ansehen darf. Dieselben (vgl. Fig. 70) 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. 70. Vergrößerte Luftbläschen.

Dies Aussehen kommt daher, daß die Lichtstrahlen, welche 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, welcher 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



Fig. 71. Querschnitt durch das Teeblatt. Vergr. 250:1.

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 Linearvergröße-

rung 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. 71) 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 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 nicht mit genügend scharfem Messer gemacht werden.

3. Ein weiterer Fehler, welcher sich häufig findet, kennzeichnet sich dadurch, daß die Zellenwände (insbesondere die zähen äußersten)

lappig zerrissene Ränder aufweisen. Abgesehen vom stumpfen 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, welche 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 Einzellemente zu erkennen, besonders wenn diese langgestreckter Natur sind. Solcher langgestreckter Zellen haben wir in unserem Objekt recht typische, nämlich die großen Röhren, welche 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 (wenn nicht mit größter Behutsamkeit vorgegangen wird) die Präparate schädigendes Verfahren, welches 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.

Glyzerinpräparate.

Flüssiges Glycerin. — Das nach der oben (S. 91) gegebenen Anweisung hergestellte Untersuchungspräparat (wie überhaupt alle Glyzerinpräparate) kann sehr einfach dadurch in ein Dauerpräparat verwandelt werden, daß 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 Festhaften 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. 84) ein und legt längs des ganzen Deckglasrandes einen dünnen, schmalen Lackring, welcher sowohl auf die Oberfläche des Deckglases wie auf den Objektträger 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, welche 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, welcher wieder auf Deckglas und Objektträger übergreift. Dieser zweite Abschluß macht dann das Dauerpräparat fertig.

In vollkommen gleicher Weise verfährt man, wenn irgend eine andere Flüssigkeit (z. B. Chlorcalciumlösung) 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 Auf tupfen des Wachses 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 Glyzerin 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 welchem 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 Glyzerin 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 Ver rücken 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 unzuweckmäßig, denn bei einem solchen Austrocknen würden die Zellen mit ihren Inhaltskörpern derartig unregelmäßig zusammenschrumpfen, daß schließlich an den Schnitten gar nichts mehr zu sehen wäre. Man muß deshalb zur Entwässerung solcher Objekte einen anderen, langwierigeren aber sicheren Weg einschlagen. Zunächst kommen die Schnitte in sehr stark verdünnten Alkohol (25 $\frac{0}{0}$), bleiben in diesem etwa 1 Stunde und werden dann stufenweise (immer mit einstündigen Stationen in den einzelnen Flüssigkeiten) in 60 $\frac{0}{0}$, 80 $\frac{0}{0}$, 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 (Fig. 72) bewirkt. Die Einrichtung dieses Apparats, welchen jeder sich selbst leicht herstellen kann,*) ist sehr einfach. Er besteht aus einer großen Flasche, in welcher sich absoluter Alkohol befindet; eine am Boden liegende Schicht geglühten Kupfersulfats erhält den Alkohol andauernd wasserfrei. In diesen wird eine unten mit durchlässiger Membran (feinem, stark gelemtem Papier) verschlossene Röhre eingesenkt, welche 50 $\frac{0}{0}$ Alkohol enthält; schließlich taucht in diese Röhre eine etwas engere, gleichfalls mit Papierboden versehene ein, in welche das zu entwässernde Objekt in 10 $\frac{0}{0}$ 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

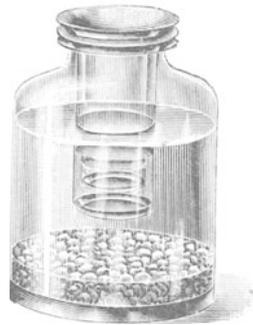


Fig. 72. Entwässerungsgefäß nach F. E. SCHULZE. (Nach ZIMMERMANN.)

*) Auch von Warmbrunn, Quilitz & Co. in Berlin NW. 40, Haidestr. 55—57, (Preis klein 2,75 M., groß 4,50 M.) zu beziehen.

fertig. Stets seien dann aber die aus dem absoluten Alkohol kommenden Objekte noch in Xylolalkohol und erst aus diesem in Xylol gebracht.

Außerordentlich viel einfacher ist die Anfertigung der Kanadabalsampräparate, wenn es sich um Objekte handelt, welche 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 irgend einen 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 bakteriologische 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, welche 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, welche porös sind (z. B. Kreide, Knochen usw.) und welche 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 aufge kitteten 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, welches mit feingeschlammtem Trippel

ingerieben 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.

Mikroskopische Objekte.



A. Allgemeine Vorbemerkungen über die Einteilung der Objekte.

I. Anorganische Objekte.

Wer ein unbekanntes Objekt unter dem Mikroskop sieht, wird kaum jemals über die Frage im Zweifel sein, ob es dem anorganischen oder dem organischen Naturreich zuzurechnen ist. Das starke Lichtbrechungsvermögen oder die vollständige Lichtundurchlässigkeit der anorganischen Körper, ihre unregelmäßigen, von meist scharfen Kanten begrenzten Flächen, kurz ihr deutlich sichtbarer Splittercharakter oder aber die vollendete Regelmäßigkeit ihrer Kristalle bildenden Formen lassen sie leicht von den organischen Körpern unterscheiden.

II. Anorganische organisierte Objekte.

Ein Mittelglied zwischen den anorganischen und den organischen Körpern bilden die organisierten anorganischen Bestandteile, welche bei vielen Untersuchungen unter dem Mikroskop erscheinen. Unter solchen verstehen wir anorganische Verbindungen, welche von lebenden Wesen als Skelettbestandteile ausgeschieden worden sind. Dabei ist es gleichgültig, ob die Skelette im Innern des weichen Tier- und Pflanzenkörpers liegen (also ob sie z. B. bei den Wirbeltieren als innere Stütze [Knochenskelett] das Gestell sind, welches die weichen Teile trägt), oder ob sie als Panzer die Oberfläche überziehen. Dieser letztere Fall ist besonders bei den niedrigen Tieren und den Pflanzen, welche Kalk- oder Kieselschalen besitzen, häufig. Derartige organisierte, aus anorganischer Materie bestehende Teile sind stets in organische Sub-

stanzen (z. B. die Zellhaut) eingelagert, indem sie diese infiltrieren. Deshalb schmiegen sie sich allen Einzelheiten der organischen Grundsubstanz genau an und stellen, wenn letztere auf irgend eine Weise entfernt wird, dauerhafte genaue Abbilder derselben dar.

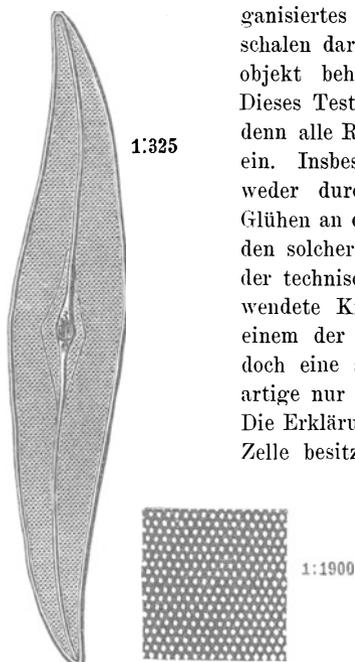


Fig. 73. *Pleurosigma angulatum*.

Eines der bekanntesten Beispiele für derartig organisiertes anorganisches Material stellen die Diatomeenschalen dar. In Fig. 73 ist das (S. 66) bereits als Testobjekt behandelte *Pleurosigma angulatum* dargestellt. Dieses Testobjekt besteht aus einer Quarz-(Kiesel-)Schale, denn alle Reaktionen der Kieselsäure treten bei demselben ein. Insbesondere sieht man dies daraus, daß die Schale weder durch konzentrierte Schwefelsäure noch durch Glühen an der Luft irgendwie verändert wird; aus Milliarden solcher Diatomeenschalen verschiedener Arten besteht der technisch (zum Polieren, für Dynamitfabrikation) verwendete Kieselguhr. — Obgleich nun diese Schale aus einem der resistentesten Mineralstoffe besteht, zeigt sie doch eine allerfeinste regelmäßige Zeichnung, wie derartige nur bei organischen Objekten sonst vorkommen. Die Erklärung dafür wurde soeben angedeutet: Die lebende Zelle besitzt eine aus organischer Masse gebildete Mem-

bran und in dieser, allen ihren Zeichnungen usw. entsprechend, wird in Wasser gelöste Kieselsäure als feste Opalkörnchen niedergeschlagen. — Genau das gleiche ist auch bei der Einlagerung von Kalk in die Knochen der Wirbeltiere der Fall. Dementsprechend ist hier das anorganische Material gewissermaßen in organische Form gegossen, d. h. organisiert.

Derartige in organisierter Form auftretende anorganische Verbindungen werden unter dem Mikroskop leicht durch eine einfache Reaktion erkannt. Da hauptsächlich Kieselsäure und Kalkkarbonat hier in Frage kommen, genügt es, einen Tropfen konzentrierter Schwefelsäure dem Präparat zufließen zu lassen (während man die Einwirkung durch das Mikroskop betrachtet); tritt keinerlei Veränderung ein, so hat man es mit in organische Form gebrachter Kieselsäure zu tun; erfolgt dagegen ein Aufbrausen (Bildung von Kohlensäureblasen) und zugleich ein Anschließen langer, feiner Nadeln (CaSO_4), so war der betreffende Körper mit Kalk infiltriert.

III. Organische Objekte.

Bei denjenigen Objekten, welche unter dem Mikroskop infolge ihres durchscheinenden, aus Zellen gebildeten Baues oder (und dies wird sehr häufig der Fall sein) aus ihrer ganzen, von den anorganischen Körpern abweichenden Erscheinungsform als organische Objekte erkannt werden, ist eine Prüfung in dieser Richtung allermeist vollkommen unnötig. Sollte eine solche aber doch einmal in Frage kommen, so wird jedes organische Objekt durch die folgenden drei Reaktionen (oder bzw. durch nur eine derselben) erkannt:

1. Mit sehr verschwindenden Ausnahmen werden organische Körper durch konzentrierte Schwefelsäure erst geschwärzt, dann zerstört.

2. An der Luft geglüht, verbrennen alle organischen Körper und es bleiben von ihnen nur die Aschenbestandteile übrig.

3. Bei Anwendung von Jod werden alle organischen Körper entweder gelb bzw. braungelb gefärbt oder sie verändern ihre Farben in charakteristischer Weise (z. B. Stärke wird blau).

Haben wir ein Objekt als den beiden organischen Naturreichen zuzuteilen erkannt, so fragt sich nun, ob dasselbe ins Tier- oder ins Pflanzenreich zu rechnen ist.

Diese Frage ist schwierig und in manchen Fällen mit Sicherheit gar nicht zu entscheiden, wenn es sich um gewisse sehr niedrig stehende, einzellige Formen handelt.

Die Zelle. — Für das Verständnis der aus dem Tier- und Pflanzenreich stammenden mikroskopischen Objekte ist die Bekanntschaft mit der Zelle ein vornehmliches Erfordernis:

Das Wort „Zelle“ kommt von „Cella“ und bedeutet Kämmerchen. Als „Kämmerchen“ wurde die Zelle zuerst bezeichnet, weil sie als von Wänden rings umschlossenes Gebild von SCHLEIDEN im Anfang der dreißiger Jahre des vorigen Jahrhunderts bei den höheren Pflanzen entdeckt wurde und weil die Körper derselben bei mikroskopischer Betrachtung eben (wie die Waben der Bienen) aus lauter einzelnen Kämmerchen bestehen. Kurz nach SCHLEIDENS großer Entdeckung wurde durch SCHWANN nachgewiesen, daß auch der Körper der höheren Tiere aus solchen Zellen besteht. Im Anfang legte man auf die abschließenden Wände das Hauptgewicht; durch MAX SCHULTZE wurde 1861 erkannt, daß die Wände Nebensache, der aus einer zähflüssigen, mit Körnchen durchsetzten Masse bestehende Inhalt die Hauptsache an der Zelle sei.

Diese zähe Masse nennt man das Protoplasma (auch abgekürzt Plasma) und versteht darunter lebendes Eiweiß. Das Protoplasma ist der Sitz der fundamentalsten Lebensäußerung, nämlich der Bewegung.

Hat eine Zelle feste Membranhülle, so liegt wenigstens ein Teil des Protoplasmas dieser im Innern als geschlossener Wandbelag an und wird Primordialschlauch genannt.

Nicht alle in der Zelle befindlichen Teile des lebendigen Eiweißes sind zähflüssig und bewegungsfähig, sondern es gibt auch festere, geformte Teile, welchen besondere Tätigkeiten obliegen. Am allgemeinsten in der Zelle verbreitet ist der Zellkern, ein rundliches (oder besonders bei den niedersten Tieren sehr verschiedenartig gestaltetes) Gebilde, welchem die wichtigsten Funktionen zugeschrieben werden.

Das Vorhandensein des Zellkerns ist für alle pflanzlichen und tierischen lebenden Zellen, soweit dieselben ihrer Größe wegen leichter untersuchbar sind, festgestellt worden. Nur über die Zellkerne von wenigen kleinsten Zellen (besonders der Bakterien) ist man sich immer noch im Unklaren.

Abgesehen von Protoplasma und Zellkern findet man an den ihrer Größe wegen genauer untersuchbaren Zellen außerordentlich häufig noch andere Teile, von denen besonders die umschließende Membran und mit wässriger Flüssigkeit (Zellsaft) erfüllte Löcher im Protoplasma, die Vakuolen, sehr allgemein verbreitet und deshalb bemerkenswert sind. Da diese beiden Zellbestandteile aber doch sehr vielen Zellen fehlen, sind sie für die Begriffsbestimmung des Wesens der Zelle nicht notwendig.

Die Membran (oder Zellhaut) fehlt nämlich der größten Zahl der als Infusionstierchen bekannten niedrigsten, einzelligen Tiere wie auch vielen niedrigsten Pflanzen während des größten Teils ihrer Lebensdauer; auch die Fortpflanzungszellen aller Tiere und Pflanzen besitzen keine Zellhaut.

Die Vakuolen (der Zellsaft) gehen z. B. allen jugendlichen, im Teilungsstadium befindlichen Pflanzenzellen sowie den Samenzellen der Gewächse ab.

Dem entsprechend gehört zum Wesen der Zelle, daß dieselbe aus Protoplasma und (mit den oben gemachten Einschränkungen gesagt) Zellkern besteht.

1. Dem Protistenreich angehörige Objekte.

Wenn wir diese Definition der Zelle als lebendiges Protoplasma mit Zellkern richtig verstehen, können wir keinen Augenblick darüber im Zweifel sein, daß bei denjenigen Wesen, welche als eine einzige, im primitivsten Zustand befindliche (also nur aus Proto-

plasma und Zellkern bestehende) Zelle in Erscheinung treten, gar nicht gesagt werden kann, ob sie dem Pflanzen- oder Tierreich zuzurechnen sind. Denn dieselben stellen den Typus der Pflanzenzelle so gut wie der Tierzelle dar.

Es ist nur ein uns durch die Tatsache, daß wir alle mit bloßem Auge sichtbaren belebten Wesen leicht in Pflanzen und Tiere unterscheiden können, von Jugend auf gewöhnter Gedankengang, daß wir alles Lebende in Tier oder Pflanze sondern wollen. Erst das Mikroskop, welches wir in die Hand bekommen, wenn die Hauptbegriffe in unserem Kopf bereits unauslöschlich fest eingepreßt sind, lehrt uns, daß es eine große Klasse von Organismen gibt, welche nur Lebewesen, nicht Tier und nicht Pflanze sind. Diese Klasse wurde von HAECKEL als Protistenreich zusammengefaßt; der Name soll besagen, daß dieser Klasse die einfachsten und deshalb nach dem Entwicklungsgesetz ursprünglichsten, zuerst dagewesenen Formen zugerechnet werden. Aus dem Protistenreich sind wie aus einer zwei gleichstarke Stämme in die Höhe treibenden Wurzel Tier- und Pflanzenreich entstanden.



Fig. 74. Spermatozoon von *Polypodium vulgare* (nach STRASBURGER).



Fig. 75. Schwärmspore von *Cladophora glomerata*.



Fig. 76. *Chlamydomonas pulvisculus*.

Dies erkennt man am klarsten daran, daß auch bei hoch entwickelten Pflanzen (z. B. bei den Farnkräutern) gewisse Lebensstadien (nämlich das als männliche Fortpflanzungszelle) durchaus tierartig sind. Das in Fig. 74 dargestellte Spermatozoon von *Polypodium vulgare* besitzt in seiner lebhaften Eigenbeweglichkeit den Hauptcharakter, welchen wir gewöhnlich den Tieren zuschreiben.

Bei niedriger organisierten, aber doch zweifellos der Pflanzenwelt zuzurechnenden Wesen (insbesondere bei sehr vielen Algen) kennen wir nicht nur der geschlechtlichen Fortpflanzung, sondern auch einer ungeschlechtlichen Vermehrung dienende Zellen, welche durchaus tierartig sind, d. h. das Vermögen lebhaftester Eigenbewegung zeigen. In Fig. 75 ist eine derartige Schwärmspore einer echten Alge, nämlich von *Cladophora glomerata* dargestellt. Fig. 76 zeigt ein dem Protistenreich angehöriges, selbständiges, niemals zu einer Alge werdendes Wesen, den *Chlamydomonas pulvisculus*. Beide Objekte sehen sich derart ähnlich, sind auch in jeder Beziehung, was Wesen und Bau betrifft, so gleich gestaltet, daß sie

nicht leicht zu unterscheiden sind. Sogar ein roter Punkt, welcher als Augpunkt (Stigma) bezeichnet wird und welcher weder allen Algenschwärmersporen noch allen Flagellaten (zu diesen gehört *Chlamydomonas*) eigen ist, kommt beiden Objekten gleichmäßig zu. — Der Unterschied zwischen beiden ist eigentlich nur der, daß die Schwärmspore aus einer unzweifelhaften Pflanze entsprungen ist (vgl. Fig. 77) und wieder eine solche Pflanze wird, während der *Chlamydomonas* von einer ihm gleichgestalteten Zelle stammt und nur ebenso aussehende hervorbringt.

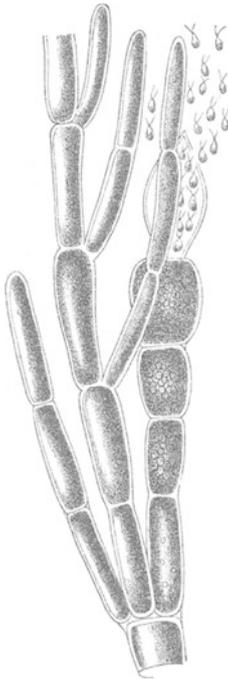


Fig. 77. Bildung der Schwärmsporen von *Cladophora glomerata*. (Nach HANSGIRG.)

Obgleich aus unseren Ausführungen hervorgeht, daß die Protisten weder Tiere noch Pflanzen sind, ist es doch praktisch, die zu dieser Klasse gehörigen Organismen (mit dem Bewußtsein, damit eine der natürlichen Verwandtschaft nicht völlig entsprechende Einteilung zu schaffen) in der Weise aufzuteilen, daß man die einen dem Tier-, die anderen dem Pflanzenreich zuweist. Dies kann natürlich nur in der Weise geschehen, daß man die Entwicklungsreihen der Tiere und der Pflanzen in das Protistenreich zurückverfolgt. Ein Beispiel wird zeigen, wie dies zu verstehen ist: Auch die Bakterien gehören zu den Protisten und sind teilweise mit langen, der Bewegung dienenden Fortsätzen ausgestattet (vgl. Fig. 307), welche wie jene von *Chlamydomonas* beschaffen sind und Geißeln genannt werden. Da nun von diesen Bakterien über unbewegliche Formen derselben eine ununterbrochene Entwicklungsreihe nach den höheren Pilzen hin konstruiert werden kann, so rechnet man praktisch die Bakterien zu den Pilzen. Bei derartigen, der Übersichtlichkeit wegen vorgenommenen Einteilungen wird die Protistenklasse vorteilhaft in der Weise zerlegt, daß man andauernd bewegliche, mit Kieselschale und braunem Farbstoff versehene Zellen (Diatomeen) sowie andauernd bewegliche, zylindrische oder korkzieherartig gekrümmte, mit fester Membran versehene (Spaltpilze, Spaltalgen) zu den Pflanzen; alle anderen während ihrer Hauptlebensperiode mit Eigenbewegung versehene Zellen (auch die Myxomyceten [Schleimpilze]) aber zu den Tieren rechnet.

2. Dem Pflanzenreich angehörige Objekte.

Abgesehen von den eben bezeichneten, nur konventionellerweise den Pflanzen zugerechneten Lebensformen ist es im übrigen bei einem mikroskopischen Objekt kaum jemals zweifelhaft, ob dasselbe zum Pflanzen- oder zum Tierreich gehört. Insbesondere wird man jeden unter dem Mikroskop erscheinenden Körper mit deutlichem Zellenbau, dessen feste Membranen beim Zubringen von Chlorzink-Jod sich bläuen oder mit Phloroglucin-Salzsäure sich röten, ohne weiteres Bedenken ins Pflanzenreich verweisen. Bestehen die Zellumgrenzungen dagegen aus Eiweißstoffen, so sind derartige Zellen in den allermeisten Fällen tierische.

Je nachdem nun Pflanzen nur aus Zellen aufgebaut sind oder außerdem auch noch Verschmelzungsprodukte von Zellen (welche der Saftleitung dienen und große Röhren darstellen), die sogenannten Gefäße enthalten, unterscheidet man Zellenpflanzen (*plantae cellulares*) und Gefäßpflanzen (*plantae vasculares*). Zu den ersteren gehören die Algen, Pilze, Moose, kurz die niederen Kryptogamen; man faßt diese Gewächse wohl auch als „niedere Gewächse“ zusammen. Zu den Gefäßpflanzen gehören die Farne usw. (die höheren Kryptogamen) sowie die uns umgebenden großen Pflanzen, die Phanerogamen.

Die einfachsten Pflanzen bestehen nur aus einer einzigen Zelle; diese werden als einzellige Pflanzen bezeichnet. Bei der durch Teilung zustande kommenden Zellvermehrung kann die Teilung in einer Richtung des Raumes stattfinden, dann entstehen Zellfäden; bei in zwei Richtungen erfolgender Teilung entstehen Zellflächen; tritt die Teilung nach drei Richtungen ein, so resultieren Zellkörper.

Die Zellen, welche, unter sich fest im Zusammenhang stehend, die Zellkörper hervorbringen, bilden Gewebe (Zellgewebe).

a) Objekte von höheren (Gefäß-) Pflanzen.

Alle höheren Pflanzen bestehen aus Zellgeweben, und zwar werden diese Gewebe von Zellen sehr verschiedener Gestalt gebildet. Im allgemeinen kann man sagen, daß diejenigen Zellen und Gewebe, welche der Festigkeit der Pflanze dienen (welche also z. B. das Holz zusammensetzen), sowie die, welche der Leitung von Nährsäften dienen (z. B. die Gefäße), langgestreckt sind. Ein wesentlich aus langgestreckten Zellen gebildetes Gewebe wird Prosenchym genannt.

Dagegen bestehen die nicht den bezeichneten Funktionen dienenden Gewebe, also z. B. die zur Aufspeicherung von Nährstoffen bestimmten (erwähnt seien die Stärke führenden Gewebe der Knollen, der Samen usw.) aus nach allen Richtungen ungefähr gleich langen Zellen. Solches Gewebe wird als Parenchym bezeichnet.

In sehr vielen Pflanzenteilen liegen nun Parenchym und Prosenchym in regelmäßig und häufig sehr charakteristisch ausgebildeter Weise zusammen. Eine Erkennung der von höheren Pflanzen stammenden Objekte ist also vielfach auch in der Richtung möglich, daß man mit Hilfe des Mikroskops bestimmen kann, welcher Pflanze und welchem Teil derselben das betreffende Objekt entstammt. Derartige Untersuchungen haben natürlich unter Umständen die allergrößte praktische Bedeutung.

Dabei ist zu bemerken, daß beim Schneiden eines für die mikroskopische Schau bestimmten Objekts über die Ausbildung der Gewebe nur dann ein richtiges Urteil gewonnen werden kann, wenn man jeden Pflanzenteil in zwei aufeinander senkrechten Richtungen durchschneidet und sowohl Quer- wie Längsschnittpräparate anfertigt. Denn es leuchtet ein, daß auch langgestreckte Zellen kreisrund aussehen, wenn ihr runder Innenraum nur senkrecht auf die Längsrichtung durchschnitten zur Schau gelangt. Durch Kombination der durch richtig geführte Längs- und Querschnitte gelieferten Bilder erkennt man erst den wahren inneren anatomischen) Bau eines Pflanzenteils.

Im allgemeinen sind die morphologischen Einheiten des Körpers der höheren Pflanze, nämlich Wurzel, Stamm und Blatt auch anatomisch derart differenziert, daß sie sich ohne große Schwierigkeit selbst aus kleinen Proben erkennen lassen. Für die mikroskopischen Zwecke seien diesen Einheiten noch die Haare und die Samen der Pflanzen beigezählt.

Die wesentlichen Kennzeichen dieser Pflanzenteile seien hier erläutert.

Wurzeln.

Eine normal ausgebildete Wurzel dient hauptsächlich zwei Zwecken, nämlich der Pflanze aus dem Boden Wasser und darin gelöste mineralische Nahrungsstoffe zuzuführen, und zweitens die Pflanze im Boden an ihrem Standort zu befestigen.

Dem entsprechend sind Wurzeln stets von den langgestreckten und weite Innenräume aufweisenden Röhren durchzogen, welche der Leitung der Nahrungsstoffe dienen. Derartige Röhren sind nun in zweierlei Art und Ausbildung vergesellschaftet, nämlich solche, welche der Leitung wässerigen Saftes dienen (die Gefäße im

engeren Sinne) und andere, welche für die Leitung der Eiweißstoffe bestimmt sind; letztere heißen (weil sie häufig siebartig durchbrochene Querwände haben) Siebröhren.

Zwischen Gefäßen und Siebröhren besteht der fundamentale Unterschied, daß erstere verholzt sind (daß also ihre Wände sich mit Phloroglucin-Salzsäure rot färben), letztere dagegen niemals. Ein aus Gefäßen und Siebröhren als wesentlichsten Bestandteilen zusammengesetztes Gewebebündel heißt Gefäßbündel.

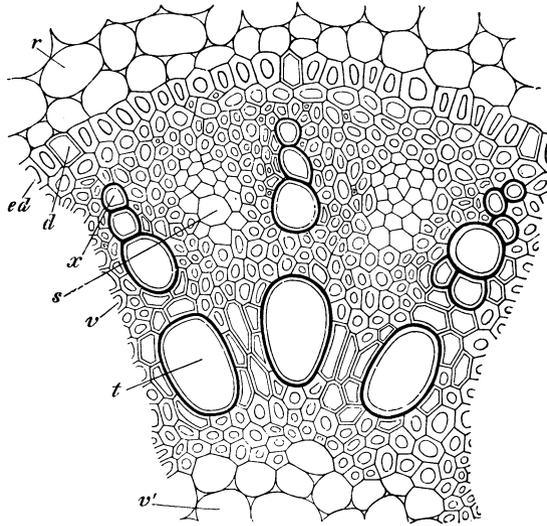


Fig. 78. Stück eines Querschnittes durch das radiale Gefäßbündel der Sarsaparillwurzel (*Smilax spec.*). *x* die Erstlingstracheen; *t* die getüpfelten Tracheen; *s* Siebröhren; *v* das verholzte Verbindungsgewebe; *v'* das innere Verbindungsgewebe; *ed* Endodermis mit den Durchlaßzellen *d*; *r* Rinde. Vergr. $\frac{300}{1}$. (Nach SACHS.)

Diese verholzten Gefäße samt besondern, gleichfalls verholzten, langgestreckt faserartigen Elementen, welche sich durch sehr enge Innenhöhlen (Lumen) auszeichnen und als Sklerenchymfasern bezeichnet werden, dienen nun auch noch der Festigung der Pflanzenkörper, hier speziell der Wurzel.

Wir können die eine Pflanze im Boden festhaltenden Wurzeln am besten mit einer Anzahl von Tauern vergleichen, welche ausgespannt sind, um einen Flaggenmast aufrecht zu halten. Der Wind rüttelt an der Pflanze; die ganze von ihm ausgeübte Kraft wirkt als Zugspannung auf die Wurzeln. Bekanntlich benutzen wir Taue, um im praktischen Leben Zug auszuüben: daraus geht hervor, daß sie für Ertragung der Zugspannung gut konstruiert sein müssen. Dies wird in der Weise bewirkt, daß Taue aus einer Anzahl von Einzelementen zusammengesetzt werden. Betrachten wir nun die stärksten für Zugspannung

vorhandenen Taue, nämlich Kabel, so sehen wir, daß ihr Inneres von dem stärksten Draht eingenommen wird, daß dagegen darum herum schwächere Elemente liegen. Genau ebenso gut und in der gleichen Weise sind die Wurzeln für die Zugspannung konstruiert.

Alle jüngeren Wurzeln zeichnen sich dadurch aus, daß die hauptsächlich durch Zugspannung mechanisch in Anspruch genommenen (die mit Phloroglucin-Salzsäure sich rot färbenden, dickwandigen) Elemente möglichst weit nach innen gelagert sind und als sternartige Strahlen weniger starke, aber doch immer noch sehr kräftige Zellelemente nach außen vorschicken. Man nennt derartig gebaute Gefäßbündel radiäre; allen jüngeren Wurzeln kommen deutlich erkennbare radiäre Gefäßbündel zu.

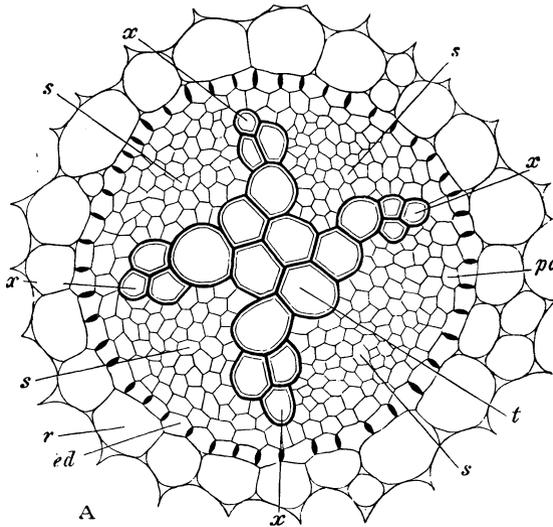


Fig. 79. Querschnitt durch das radiäre Gefäßbündel in der Wurzel von *Ranunculus repens*. *x* die vier Xylembündel; *t* die innersten jüngsten Tracheen; *s* die vier Phloëmbündel; *pc* Pericambium; *ed* Endodermis; *r* Rinde. Vergr. $300\times$. (Nach SACHS.)

Nehmen wir, um gleich das schönste Beispiel dafür zu haben, eine dünne Sarsaparillewurzel (von *Smilax medica*), präparieren sie genau wie oben (S. 92) für das Teeblatt angegeben, machen einen dünnen Querschnitt und legen ihn unters Mikroskop, so sehen wir (vgl. Fig. 78), daß die Holzelemente, nach außen hin immer kleiner werdend wie die Strahlen eines Sterns, den soeben gebrauchten Vergleich mit einem Kabel durchaus rechtfertigen. Derartige aus sehr vielen (6—300) Speichen zusammengesetzte Wurzelgefäßbündel kommen den monocotylen Pflanzen zu.

Bei den dicotylen Pflanzen dagegen sind allermeist viel weniger Strahlen vorhanden. Bei dem in Fig. 79 dargestellten Querschnitt durch die Wurzel des Hahnenfuß sind es z. B. nur vier.

An diesem „radiären“ Bau wird man selbst kleinste Wurzelfragmente, wenn sie nur noch nicht zu alt sind, leicht erkennen. Dagegen kommt dieser Bau den unterirdischen Stengeln, welche als Rhizome bezeichnet werden, nicht zu.

Eine Droge von durchaus wurzelartigem Aussehen ist z. B. das Rhizoma Galangae, der Wurzelstock von *Alpinia officinarum* (Fig. 80). Trotzdem zeigt der dargestellte Querschnitt ohne weiteres, daß man es nicht mit einer echten Wurzel zu tun hat.

Dieser strahlenförmige, die Wurzeln unzweideutig charakterisierende Bau der Gefäßbündel geht aber verloren, wenn dieselben in die Dicke wachsen, was durch Bildung neuen Holzes geschieht. Eine ältere, verholzte Wurzel kann durch die Anatomie ihres Holzes nicht mehr ohne weiteres als Wurzel erkannt werden; insbesondere kann, wie dies in der Praxis manchmal vorkommt, von stark zerkleinertem Holz nicht mit Sicherheit gesagt werden, ob es von einer Wurzel oder von einem Stammorgan herrührt.

Dagegen gibt es, wenn man (auch nur kleine) Teile einer älteren Wurzel vor sich hat, folgende drei Möglichkeiten, auch hier noch den Wurzelcharakter zu bestimmen:

1. Es pflegen an solchen größeren Wurzelteilen da und dort noch kleinere Wurzelfasern zu hängen, welche dann den oben geschilderten charakteristischen Bau aufweisen.

2. Allermeist gelingt es, auch bei klein zerschnittenen Wurzeln Stellen aufzufinden, wo Verzweigungen auftreten.

Werden solche Stellen in Längsschnitten betrachtet (oft genügt die Lupe dazu), so sieht man (vgl. Fig. 81) bei Wurzeln, daß die Wurzel-

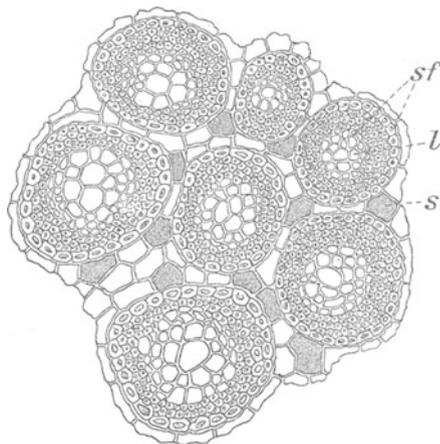


Fig. 80. Rhizoma Galangae. Teil eines Querschnittes durch den äußersten Teil des Zentralzylinders. Vergr. $\frac{115}{1}$. — *sf* Sklerenchymfasernumfassung der Leitbündel; *l* Leitbündel; *s* Sekretzellen.

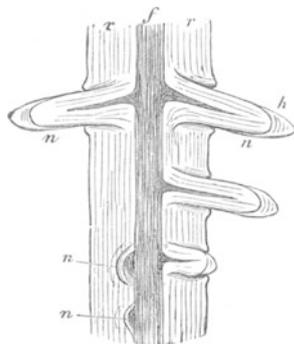


Fig. 81. Bildung von Wurzelzweigen an einer stärkeren Wurzel. *r* Rinde, *f* Zentralstrang aus langgestreckten Elementen, *n* Wurzelauszweigungen, *h* Wurzelhaube. Schematisch, nach SACHS.

zweige tief im Innern der größeren Wurzel entstehen bzw. an den aus den langen, verholzten Elementen bestehenden Zentralzylinder sich ansetzen, während die Auszweigungen der Stämme oberflächlich entstehen.

3. Besonders bei nicht stark verholzten Wurzeln sieht man auch an zerkleinertem Untersuchungsmaterial sehr häufig, daß die Rinde in unregelmäßiger Weise eingebuchtet ist bzw. Querfaltungen aufweist.

Dies hat in einer mit der Funktion der Wurzel zusammenhängenden Erscheinung seine Ursache. Jede Wurzel verkürzt sich nach einiger Zeit, um dadurch die Pflanze fester im Boden zu verankern. Diese sekundäre Verkürzung äußert sich natürlich am klarsten an den weicheren Teilen der Rinde, welche dadurch vielfach gestaucht und buchtig bzw. ringförmig eingefaltet werden.

Stammorgane.

Bei allen als Stammorgane zu erkennenden Objekten muß man unterscheiden zwischen normalen Stammorganen (welche allermeist oberirdisch sind und die Funktion haben, die der Ernährung dienenden Blätter in geeigneter Lage dem Licht auszusetzen) und zwischen metamorphosierten Stammorganen (insbesondere den unterirdischen, als Nahrungsspeicher-Organen dienenden). Diese werden im Gegensatz zu den normalen Stämmen als Rhizome bezeichnet.

Normale Stammorgane.

Gleich den Wurzeln haben die normalen, oberirdischen Stammorgane in erster Linie der Saftleitung zu dienen; zugleich müssen sie auch mechanischen Inangriffnahmen (insbesondere der durch Luftströmungen hervorgerufenen Biegung) gewachsen sein. Die Anordnung der Gewebe im normalen Stamm wird also sowohl der Saftleitung wie der Biegefestigkeit entsprechen müssen. Zugleich ist bei jungen, grünen Stammorganen regelmäßig die Notwendigkeit vorhanden, daß die Gewebe behufs Atmung und Assimilation mit der Atmosphäre in direkte Verbindung treten. Diese wird durch die weiter unten, bei Behandlung der Blätter zu beschreibenden Spaltöffnungen hergestellt.

Daraus ergibt sich leicht die Unterscheidung normaler Stammorgane von der Wurzel einerseits, von den Blättern andererseits.

Der Funktion der Saftleitung entsprechend führt jeder Stamm ein großes Quantum verholzter, langgestreckter Elemente, welche in dieser Massenhaftigkeit dem Blatte abgehen. Diese Elemente (gewöhnlich zu dem, was wir „Holz“ nennen, zusammengeschlossen)

sind ganz besonders bei den „Holzgewächsen“ auch dem Laien erkennbar, doch finden sie sich auch (wenngleich nicht in solcher Menge) bei den krautigen Stämmen. Und zwar bilden sie entweder (abgesehen von den etwas abweichend aussehenden jüngsten Teilen der Nadelhölzer- und Dicotylenstämme) bei diesen Pflanzengruppen einen geschlossenen Holzzylinder, welcher im Laufe der Jahre durch regelmäßig erfolgenden Zuwachs ein geringeltes Aussehen annimmt (Jahresringe bildet, Fig. 82) oder aber sie

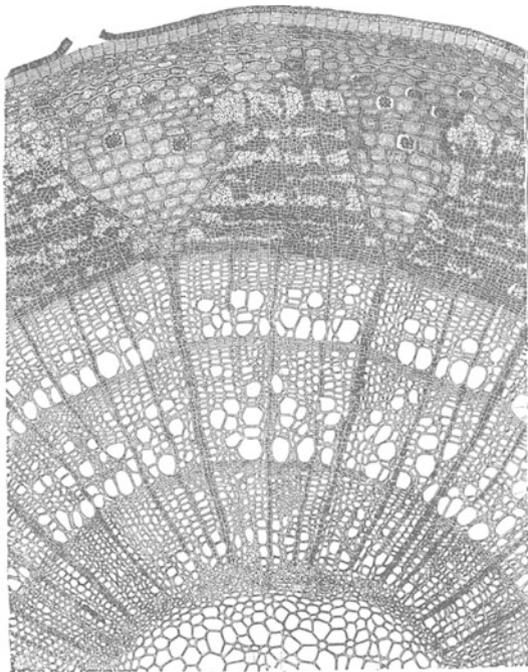


Fig. 82. Querschnitt durch einen dreijährigen Lindenweig. (Nach KNY.)

liegen scheinbar regellos, auf dem Querschnitt bei Lupenbetrachtung als zerstreute Punkte erscheinend; letzteres Vorkommen ist für die Stammorgane der Monocotylen charakteristisch (vgl. Fig. 83).

Hat man es nun mit einem stark verholzten Objekt oder mit Teilen desselben zu tun, so läßt sich auf den ersten Blick nur bei einer der Klasse der Monocotylen angehörigen Abstammungspflanze sagen, ob es ein Stamm- oder ein Wurzelteil ist. Beim Holz der Dicotylen kann das Objekt auch ein Teil der Wurzel sein. In diesem Fall vergleiche man das oben über Wurzelorgane Ausgeführte.

Als weitere Unterscheidungen wird man verwenden können das häufige Vorkommen von Haaren auf krautigen Stammorganen, während solche (abgesehen von den sofort abfallenden „Wurzelhaaren“) den Wurzeln nicht eigen sind; ferner insbesondere das den Wurzeln fehlende Vorhandensein von Blattnarben oder Blattansätzen, sowie die an die äußeren (nicht wie bei den Wurzeln an die innersten) Gewebe ansetzenden Verzweigungen.

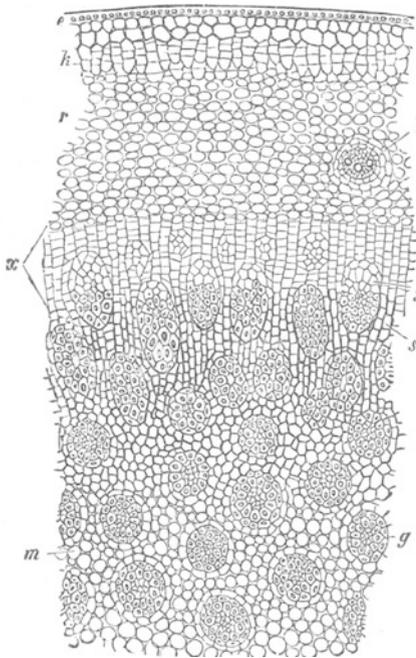


Fig. 83. Stück des Stammquerschnittes einer *Dracaena*. e Epidermis, k Kork, r primäre Rinde mit einem Blattspurstrang b; x das Teilungsgewebe; g Gefäßbündel; st das neugebildete, m das ältere Grundgewebe. (Nach SACHS.)

Liegen dagegen Teile eines unverholzten (krautartigen) Stammorgans vor, so ist die Unterscheidung gegenüber den Wurzeln sehr leicht; in diesem Fall könnte eher eine Verwechslung mit Blattorganen vorkommen. Bei den Wurzeln sind nämlich Spaltöffnungen (siehe unten) so selten, daß ihr Vorkommen praktischerweise gar nicht in Rechnung gestellt zu werden braucht; dagegen weist die Oberhaut (Epidermis) krautiger Stengel allermeist sehr viele Spaltöffnungen auf. Dies Merkmal, sowie der oben geschilderte charakteristische Bau der Wurzelgefäßbündel (in

Gegensatz zu den im Kreis angeordneten Bündeln der krautigen Dicotylenstämme) läßt jedes derartige Stammorgan leicht von einem Wurzelteil unterscheiden.

Metamorphosierte, unterirdische Stammorgane.

Da die Funktion der Fortleitung von Nahrungsstoffen gegenüber der Aufspeicherung derselben zurücktritt, wird das Prosenchym in Speicherorganen mehr oder weniger unterdrückt und an seine Stelle tritt Parenchym. Die Reservestoffspeicher der Pflanze sind fast ausnahmslos dadurch charakterisiert, daß sie hauptsächlich aus unverholztem (nicht mit Phloroglucin-Salzsäure sich rot färbendem) Gewebe gebildet sind.

Ferner sind sie unverkennbar bezeichnet durch die fast stets

in ihnen lagernden Reservenährstoffe selbst. In den allermeisten Fällen ist dies Stärke, welche leicht durch die Jodreaktion erkannt wird; seltener finden sich andere Kohlehydrate (wie Zuckerarten, Inulin, Pflanzenschleim), fettes Öl oder Eiweißstoffe.

Alle diese Nahrungsstoffe kommen zwar auch in anderen Pflanzenteilen als den hier in Betracht kommenden Speicherorganen vor; insbesondere sind sie den Samen eigen, weil ja auch im Samen der jungen Pflanze für ihre Entwicklung Nährstoffe reichlich mitgegeben werden müssen. Aber die Samen und ihre Teile werden wir leicht von den übrigen unterscheiden lernen und in anderen Pflanzenteilen enthaltene Nährstoffe (z. B. Stärke) sind entweder nicht so massenhaft vorhanden, daß man diese Teile als Speicherorgane ansehen könnte, oder aber sie sind (hauptsächlich durch prosenchymatischen Bau) an sich schon genügend charakterisiert.

Eine klare anatomische Unterscheidung von als Stammorgane oder als Wurzelorgane anzusehenden unterirdischen Speicherorganen (Stamm- und Wurzelknollen) ist in vielen Fällen (z. B. bei der Kartoffelknolle, dem Salep usw.) nicht möglich. Anders verhält es sich aber, wenn der Stamm- bzw. Wurzelcharakter noch nicht vollkommen verwischt ist. So wird man z. B. die Rhizome der Zingiberaceen (Ingwer, Curcuma, Galgant [Fig. 80] usw.) leicht aus ihrer Gefäßbündelanordnung als monocotyle Stämme erkennen können.

Blätter.

Mit größter Leichtigkeit sind allermeist die Blätter an ihrem anatomischen Bau zu erkennen. Auch dies ist eine Folge ihrer physiologischen Aufgabe. Die Blätter haben wesentlich Nahrungsstoffe zu bereiten, nicht fortzuleiten: deswegen bestehen sie hauptsächlich aus Parenchym. Die Bereitung der Nahrungsstoffe (Kohlehydrate), indem unter der Einwirkung des Lichtes die Kohlensäure in Kohlenstoff und Sauerstoff sich spaltet, wird bewirkt durch die grün gefärbten Körner in den Parenchymzellen (Chlorophyllkörner). Um das Chlorophyll dem Licht zweckmäßig darzubieten, muß es in einer dünnen, leicht zu durchleuchtenden Zellschicht vorhanden sein. Daraus folgt, daß der dünne („blattartige“) Bau des Blattes zweckentsprechend und bezeichnend ist. Bekanntlich kommt nun das Sonnenlicht von oben, nicht aus der Erde: deswegen sind die allermeisten Blätter so gebaut, daß sie deutlich differenzierte Ober- und Unterseiten erkennen lassen. Derartig gebaute Organe nennt man dorsiventral gebildet. Im Gegensatz dazu sind fast alle Stengel ringsum gleichmäßig (radiär) gebaut.

Aus der Atmungs- und Assimilationstätigkeit der Blätter folgt ferner, daß sie der Luft (also dem Sauerstoff und der Kohlensäure)

möglichst freien Zutritt zu den Zellen gewähren müssen. Dies wird durch die keinem von einer höheren Pflanze stammenden Blatt fehlenden Spaltöffnungen (Stomata) erreicht.

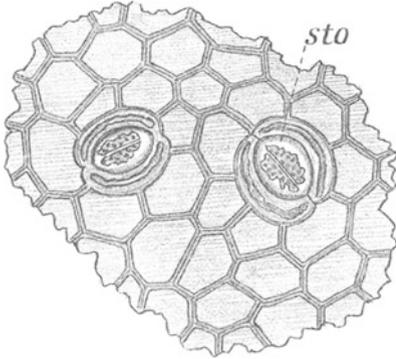


Fig. 84. Folia Uvae Ursi. Oberflächenschnitt von der Unterseite. Vergr. $\frac{350}{1}$. — sto Spaltöffnung.

Nehmen wir ein beliebiges Blatt, z. B. dasjenige von *Arctostaphylos uva ursi* und betrachten von der Unterseite gemachte Flächenschnitte, so erscheint das in Fig. 84 dargestellte Bild. Zwischen den geradwandigen Epidermiszellen liegen sehr auffallende elliptische Figuren, welche bei genauerer Betrachtung deutlich zwei halbmondförmige, einen Spalt zwischen sich freilassende Zellen erkennen lassen. Diese Figuren sind die in Flächenansicht gesehenen Spaltöffnungen; ihre halbmondförmigen Zellen heißen Schließzellen.

Auch auf dem Querschnitt des Blattes muß man natürlich die Spaltöffnungen sehen können, wenn auch in ganz anderer Gestalt. Betrachten wir unsern früher bereits gemachten Querschnitt des Teeblattes (Seite 94, Fig. 71) genau, so finden wir in der Epidermis der Unterseite eine von besonders gearteten Zellen (den Schließzellen) umgebene Lücke. Dies ist wieder der Spalt der Spaltöffnung. Auch auf Querschnitten sind also die Stomata leicht (wenn auch nicht so auf den ersten Blick wie an Flächenansichten) zu erkennen.

Zugleich lehrt uns dieser Querschnitt aber auch noch die bereits oben erwähnte Dorsiventralität des Blattes genauer erkennen. Wir sehen, daß zwar die Zellen der Oberseitenepidermis ungefähr ebenso gestaltet sind wie diejenigen der Unterseite, aber an die Oberseite schließen sich etwas langgestreckte, palissadenartig festgefügte Zellen nach innen an, die Palissadenzellen, während der unteren Epidermis rundliche Zellelemente anliegen. Die Mitte und Unterseite des Blattes wird vom Schwammparenchym eingenommen, einem Gewebe, welches der Luftzirkulation wegen mit großen Lufträumen versehen ist und welches zugleich in einzelnen Zellen große Drusen von Calciumoxalat enthält. Als Stütze des Blattes sind beim Tee große, zahnwurzelförmige, verholzte Zellen vorhanden, welche als Spikularzellen bezeichnet werden. In der Palissadenzellschicht liegen die meisten Chlorophylkörner; es ist bei fast allen Blättern Regel, daß die Oberseite dunkler grün gefärbt ist als die Unterseite.

Obleich nun nicht alle Blätter genau so gebaut sind wie das Teeblatt, veranschaulicht dies doch den Typus des Blattes in recht guter Weise, und man wird, selbst bei kleinsten Fragmenten, an Spaltöffnungen und (allermeist dorsiventralem) plattgedrücktem Bau Blätter leicht erkennen. Ferner kommen Haargebilde den Blättern besonders häufig zu.

Abweichend von diesem Bau sind die nicht der Ernährung dienenden Blumenblätter, Staubblätter und Fruchtblätter, kurz die Blütenteile beschaffen. Aber bei den eigentlichen Blumenblättern tritt die flachgedrückte Anlage (wenn auch meist keine Dorsiventralität vorhanden) so deutlich in Erscheinung, und diese Organe sind so zart, daß sie nicht verkannt werden können.

Darauf hingewiesen sei, daß besonders an Blütenteilen außerordentlich häufig die Zellen der Oberhaut papillenartig vorgewölbt sind. Durch diese Eigenschaft wird das sammetartige Aussehen vieler schön gefärbter Blütenteile bewirkt. Ein sehr ausgesprochenes Beispiel solcher Papillenbildung stellt das in Fig. 85 dargestellte Narbenende des Safran mit keuligen oder das Fig. 215 gezeichnete Blumenblatt der Rose mit kegelförmigen Papillen dar.



Fig. 85. Rand des Safrannarben (*Crocus sativus*) mit keuligen Papillen. Vergr. $300\times$.

Haare.

Obgleich keine morphologische Einheit, welche im gleichen Atem mit Wurzel, Stamm und Blatt genannt werden könnte, sind die Haare doch anatomisch, für die mikroskopische Betrachtung, so wichtige Pflanzenorgane, daß sie besonders behandelt werden müssen.

Das Haar ist stets eine Ausstülpung einer Epidermiszelle. So vielgestaltig nun die Haare sind (sie können ein- oder mehrzellig sein, können Zellfäden, Zellflächen oder Zellkörper darstellen), stets sind sie dann ohne weiteres erkennbar, wenn auch nur eines derselben im Zusammenhang mit dem größeren Pflanzenkörper vorliegt. Doch auch lose Haare sind teils an ihrer charakteristischen Gestalt, teils an einigen chemischen Reaktionen leicht erkennbar. Verwechselt können sie (abgesehen von tierischen Fasern, welche sich mit 10% Kalilauge gekocht auflösen, was die Pflanzenhaare nicht tun) nur werden mit aus dem Gewebeverband herausgerissenen Sklerenchymfasern. Aber diese färben sich, ihrer Verholzung wegen, mit Phloroglucin-Salzsäure rot, was die Haare nie tun. Ferner sind die Haare (im Gegensatz zu diesen Fasern) fast immer mit einem feinen Häutchen überzogen, welches über allen Epidermisgebilden

liegt und gegen konzentrierte Schwefelsäure äußerst resistent ist. Dies Häutchen wird Cuticula genannt. Man sieht es bei Anwendung der Sudanfärbung (vgl. S. 89): dieser Farbstoff tingiert es tief orange, während die übrigen Teile der Zellwände fast farblos bleiben.

Samen.

Eine der häufigsten Aufgaben des praktischen Mikroskopikers besteht in der Untersuchung zerkleinerter Samen der verschiedensten Pflanzen. Ob ein unter dem Mikroskop liegendes Objekt einem Samen entstammt, wird im allgemeinen leicht erkannt werden. Bereits oben (S. 119) wurde darauf hingewiesen, daß die Samen Stätten sind, welche von der Pflanze mit sehr reichlichen Reservennährstoffen ausgestattet werden. Insbesondere Fragmente, welche sehr reichlich fettes Öl enthalten, gehören stets zu Früchten oder Samen. Ferner ist ein den Samen eigentümliches Reservennährmittel das Aleuron; dasselbe besteht aus Körnern, welche dichtgedrängt ganze Zellen, bei den Grassamen als Kleberzellen bekannt, anzufüllen pflegen. Dies Aleuron ist als konzentriertes (wasserarmes) unbelebtes Eiweiß zu betrachten. Es wird durch Wasser teilweise gelöst, jedenfalls desorganisiert und muß deshalb in Alkohol untersucht werden; mit Jod wird es gelbbraun gefärbt und daran, sowie eben an der dichten Anhäufung in den Zellen und der körnigen Struktur ist es leicht zu erkennen. Ferner kommt Stärke in den Samen außerordentlich häufig massenhaft vor (das Mehl ist Samenstärke aus den Getreidekörnern).

In besonders schöner Weise sind die stickstoffhaltigen (Kleber) und stickstofffreien (Stärke) Reservennährstoffe in den Grassamen voneinander geschieden und auf den ersten Blick zu unterscheiden. In Fig. 86 sieht man, daß die untersten Zellschichten (welche sich nach innen noch weiter fortsetzen und die Hauptmasse des Samens bilden) mit großen Körnern, den Stärkekörnern, angefüllt sind. Dagegen zeichnet sich die darüber belegene Zellschicht durch ihren sehr feinkörnigen, dunklen Inhalt aus. Setzen wir dem Schnitt Jod zu, so färben sich die inneren Schichten tiefblau, die mit dem dunklen Inhalt erfüllte dagegen braungelb; daraus sieht man, daß wirklich die großen Körner Stärke, die kleinen aber Eiweißkörperchen sind.

An dem Schnitt Fig. 86 fällt ferner auf, daß um die Speicherewebe der Reservennahrung herum sehr starke und leere Zellen liegen. Dies Moment muß gleichfalls beachtet werden; es kommt allen Samen zu, wenn die betreffende Zellumhüllung auch sehr verschieden gestaltet sein kann.

Hat man außer den bezeichneten Reservennahrungsstoffen, welche in allermeist dünnwandigen Parenchymzellen liegen, auch noch ganze oder zerbrochene, sehr starkwandige, öfters verholzte, zudem mehr oder weniger parenchymatische Zellen in einem als Präparat

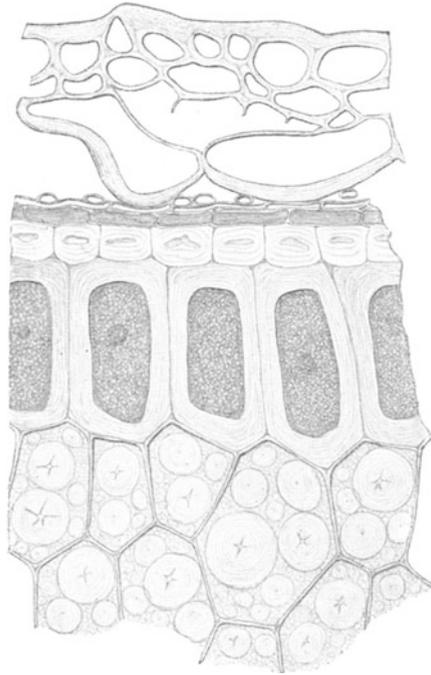


Fig. 86. Querschnitt durch die äußeren Partien des Roggenkorns. — Vergr. $\frac{280}{1}$.

behandelten Pulver, so stammt dies in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle von Samen her. — Dabei ist natürlich zu bemerken, daß es sich um reine, nicht durch Beimengungen verfälschte Pulver handeln muß.

Bei den Mahlprodukten der Getreidesamen sind diese dickwandigen, von der Samenumhüllung stammenden Elemente als „Kleienbestandteile“ bekannt.

b) Objekte von niederen (Zellen-) Pflanzen.

Wie oben gesagt, unterscheiden sich die Zellenpflanzen von den Gefäßpflanzen durch den Mangel der Gefäße. Aber nicht nur in dieser Beziehung, sondern überhaupt sind sie einfacher organisiert als die höheren Pflanzen. Insbesondere kommen bei den

niederen Pflanzen sehr vielfach solche vor, welche nur aus einer einzigen Zelle bestehen. Die Zellenpflanzen werden in Moose, Alge und Pilze unterschieden.

Laubmoose.

Bei den Laubmoosen (und dem größten Teil der Lebermoose) sehen wir fast immer noch eine Differenzierung der Pflanze in ein Stämmchen und in Blätter vor uns. Kommen in mikroskopischen Objekten Moosteile zur Schau, so stellen dieselben allermeist Blätter

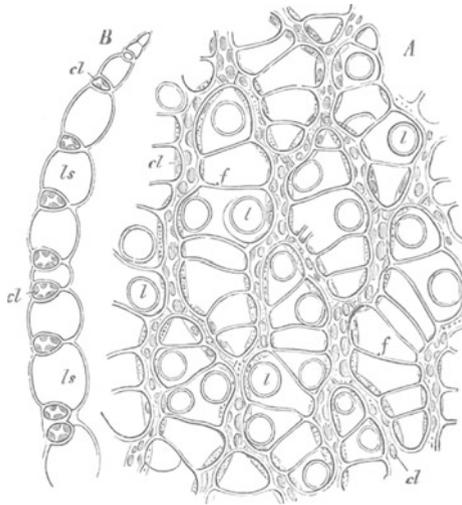


Fig. 87. Torfmoos (*Sphagnum acutifolium*). A Blattstück von der Fläche, B im Durchschnitt gesehen; *cl* schlauchförmige chlorophyllführende Zellen, *ls* große leere Zellen mit den Löchern *l* und den spiralgigen Verdickungen *f*. (Nach SACHS.)

oder Blattfragmente dar, und gerade diese Organe der Moose sind auf den ersten Blick zu erkennen. Während bei allen höheren Pflanzen (mit für die Praxis gar nicht in Betracht kommenden, äußerst seltenen Ausnahmen) die Blätter auf dem Querschnitt mehrere Lagen von Zellen erkennen lassen, jedenfalls auch eine deutliche Epidermis besitzen, sind die Moosblätter fast stets ihrer größten Ausdehnung nach aus einer einzigen Zell-Lage gebildet, besitzen jedenfalls keine eigentliche Epidermis.

Sehr verschieden sind in der Klasse der Moose die Blätter der gewöhnlichen Moose und diejenigen der Torfmoose gebaut. Während jene, wie gesagt, abgesehen von der sehr häufig fehlenden Mittelrippe aus einer einzigen Fläche gleichartiger Zellen gebildet werden und diese Zellen alle in der Weise gleich-

gestaltet sind, daß sie mit grünen (Chlorophyll-) Körnern versehen sind, finden wir bei den Torfmoosen (Fig. 87) in jedem Blattfragment zweierlei grundverschiedene Zellen, nämlich lange, bandförmige, mit grünem Farbstoff versehene, und dazwischen liegend und von den ersteren wie von Rahmen eingefast farblose, mit spiraliger Membranverdickung versehene und große Löcher aufweisende Zellen. Dieser Bau ist so charakteristisch, daß das Torfmoosblatt (z. B. in Torfstreu, Torfmull, mit solchem behandelten Fäkalien usw.) auf den ersten Blick erkannt werden kann.

Algen.

Die allermeisten Algen des süßen Wassers sind mit Chlorophyll grün gefärbt; dagegen hat die Überzahl der Meeresalgen entweder rote oder braune Farbe. Die roten Algen werden als Rhodophyceen, die braunen Meeresalgen als Phaeophyceen zusammengefaßt. Diese beiden Algenklassen haben für den Anfänger in der Mikroskopie geringeres Interesse als die überall im süßen Wasser vorkommenden und in jeder beliebigen aus einem offenen Gewässer entnommenen Wasserprobe leicht zu beobachtenden grünen Algen. Außer diesen grünen Algen (von manchen als Chlorophyceen zusammengefaßt) gibt es im Süßwasser (wie auch im Meer) noch zwei verschiedene Klassen gleichfalls durch ihren Farbstoff ausgezeichneter Algen. Dies sind die blaugrünen Cyanophyceen und die mit einem besonderen braunen Farbstoff gefärbten Diatomeen (auch Bacillariaceen genannt).

Letztere mit ihrer Kieselschale sind uns bereits mehrfach (z. B. als mikroskopische Testobjekte) begegnet. An diesem Kieselpanzer, sowie an dem braunen Farbstoff im Innern der Zellen werden die Diatomeen leicht erkannt (vgl. auch Fig. 318).

Die blaugrünen Algen, die Cyanophyceen, treten fast ausnahmslos als einfachste Pflanzen auf, d. h. sie bestehen aus Einzelzellen oder Zellfäden, seltener aus Zellflächen (vgl. Fig. 321).

Ob eine Alge zu dieser oder zur nächsten Gruppe gehört, wird gewöhnlich ohne weiteres aus ihrer Färbung erkannt, und zwar ist das den Chlorophyceen eigene Grün ein gelbliches und wird im Farbenkasten des Malers als Saftgrün bezeichnet.

Die Chlorophyceen sind meist Zellfäden, doch kommen vielfach auch Einzelzellen vor; Zellkörper sind in dieser Algenklasse sehr selten (vgl. Fig. 320).

Alle in einem Wassertropfen befindlichen grünen Zellen oder Zellfäden kann man unbesorgt für Algen erklären, wenn sie keine Eigenbewegung aufweisen.

Pilze.

Sehr viel größere Bedeutung für die Praxis haben die Pilze. Dieselben sind noch viel allgemeiner verbreitet als die Algen, da sie gleichmäßig Wasser und Land bewohnen, während nur wenige Algenarten auf trockenem Standort vorkommen.

Der fundamentale Unterschied zwischen Algen und Pilzen besteht darin, daß erstere mit (grünem oder andersartigem) assimilierendem Farbstoff versehen sind, letztere dagegen nicht. Als „Assimilation“ wird (vgl. S. 119) die unter dem Einfluß des Lichts stattfindende Zerlegung der Luftkohensäure in Kohlenstoff und Sauerstoff bezeichnet, wobei der Kohlenstoff durch Anlagerung von Wasser zu Kohlehydraten umgestaltet wird. Die Kohlehydrate werden (wie die durch weitere Anlagerung von Stickstoff an dieselben entstehenden Eiweißstoffe und wie die durch Oxydation der Kohlehydrate gebildeten fetten Öle) als „plastische, aufgebaute“ Nährstoffe bezeichnet. Die Bildung derartiger Nährstoffe ist also an einen assimilierenden Farbstoff, gewöhnlich an Chlorophyll, gebunden.

Da, wie wir eben gesehen haben, die Pilze sich durch den Mangel assimilierenden Farbstoffs auszeichnen, sind ihre Körper oder Zellen unter dem Mikroskop besonders an ihrer Farblosigkeit leicht zu erkennen.

Von dieser Regel, daß die Pilze des assimilierenden Farbstoffs entbehren, machen auch die deutlich und öfters sehr auffallend gefärbten höheren Pilze keine Ausnahme. Obgleich es reichlich grün gefärbte Pilze gibt [z. B. mehrere Täubling- (*Russula*-) Arten, *Agaricus odoratus*, der gemeine Pinselschimmel (*Penicillium crustaceum*)], ist dies Grün doch kein Chlorophyll, sondern ein inaktiver Farbstoff. Gleichfalls darf das Rot [z. B. des Fliegenpilzes (*Amanita muscaria*), des Speiteufels (*Russula emetica*) usw.] mancher Pilze nicht mit dem assimilierenden roten Farbstoff der roten Algen zusammengeworfen werden.

Aus dem Mangel des assimilierenden Farbstoffs bei den Pilzen kann ein sehr wichtiger Schluß auf ihre Lebensweise gezogen werden. Da die Pilze sich nicht selbst aus Kohensäure plastische Substanz aufbauen können, da sie derselben aber doch für ihr Leben ebenso gut bedürfen wie alle anderen Organismen, so müssen sie durch grüne Pflanzen aufgebaute Nahrung irgendwoher beziehen.

In dieser Beziehung sind also die Pilze genau in der gleichen Lage wie die ganze Tierwelt, welche auch direkt oder indirekt sich von den grünen Pflanzen, d. h. von den durch das Chlorophyll derselben erzeugten Nahrungssubstanzen ernährt.

Die von den höheren Pflanzen bereiteten Nährstoffe können nun entweder in der Form von den Pilzen aufgenommen werden, daß letztere das von den grünen Pflanzen freiwillig abgeworfene Material aufzehren. Dies ist z. B. beim Fliegenpilz der Fall, welcher von dem vermodernden Laub der Wälder sich er-

hält. Derartiges aus faulenden Substanzen seinen Unterhalt gewinnendes Leben wird Saprophytismus genannt; die allermeisten Pilze sind Saprophyten.

Um die saprophytische Ernährung zu einer recht ausgiebigen zu gestalten, sind die Pilze vielfach mit der Eigenschaft ausgestattet, chemische Atomkomplexe zu zertrümmern, um aus denselben heraus für das Leben besonders wichtige Elemente oder Atomgruppen (z. B. Sauerstoff für die Atmung) oder bei der Zertrümmerung freiwerdende Energie zu erlangen. Diese Kraft, welche ganz besonders in den untersten Pilzklassen sehr weit und in sehr vielen Modifikationen verbreitet ist, wird als Gärungsvermögen (zymotische Kraft) der Pilze bezeichnet. Wir benutzen derartig wirkende Pilze (die Gärungserreger) vielfach, besonders zur Herstellung alkoholischer Getränke (Alkoholgärung, besonders der Hefepilze), aber auch zur Darstellung des Essigs (Essiggärung der Essigsäurebakterien) usw. — Im Grunde genommen stellt auch jede Fäulnis einen Gärungsprozeß dar; die Pilze umfassen deswegen auch die ganze Masse der (allermeist den Bakterien zuzurechnenden) Fäulniserreger.

In anderer Weise kann das plastische Nährmaterial von den Pilzen aber auch noch gewonnen werden, nämlich indem diese Pflanzenklasse sich auf lebenden anderen Pflanzen oder Tieren ansiedelt und nun die Nahrungsstoffe direkt den lebenden Körpern entnimmt. Dieser Ernährungsvorgang wird Parasitismus genannt; sehr viele Pilze sind Parasiten.

Es ist bei parasitisch lebenden Organismen eine sehr gewöhnliche Erscheinung, daß sie durch die Entziehung der Nahrungsstoffe die Nährpflanzen oder Nährtiere direkt schädigen. Deshalb sind die Pilze in sehr vielen Fällen die Erreger von Tier- und Pflanzenkrankheiten. Die meisten Tierkrankheiten werden (wie auch die Überzahl der menschlichen Seuchen) durch Bakterien veranlaßt; die Pflanzenkrankheiten dagegen haben meist schimmelartig aussehende, höhere Pilze als Ursache.

Als Pilze wird man, wie aus unseren Ausführungen hervorgeht, alle farblosen Zellenpflanzen ansprechen; insbesondere ist es bei größeren Pilzkörpern, aber auch bei feinen, farblosen, dünnwandigen Fäden, welche sich in mikroskopischen Objekten befinden, sowie bei farblosen, stäbchen- oder kugelförmigen, sehr kleinen ($1-5\ \mu$) Einzelzellen niemals zweifelhaft, daß sie der Pilzklasse zuzurechnen sind.

Die Erkennung der einzelnen Unterabteilungen der Pilze macht für gewöhnlich keine Schwierigkeit, besonders wenn man außer den unter dem Mikroskop sichtbaren Merkmalen auch noch den Ort, von welchem man den betreffenden Pilz genommen hat, bzw. das Substrat, auf welchem er gewachsen ist, mit in Betracht zieht.

Außerordentlich kleine, kugelförmige oder stäbchen-, bzw. schraubenartige Zellen oder Fäden, an deren Membran man keine doppelten Konturen unterscheiden kann und bei welchen keine echte Verzweigung vorliegt, rechnet man zu den Schizomyceten (Spaltpilzen, Bakterien).

Gleichfalls sehr kleine (nicht größer als die Bakterien), zu Fäden geordnete Zellen gehören zu den Streptotrichaceen, wenn die Fäden echte Astbildung aufweisen. Nach diesem Merkmal sind manche Krankheitserreger (z. B. der Tuberkulose, des Aussatzes, der Diphtherie, der Aktinomykose) von den Bakterien, zu welchen sie manchmal noch gerechnet werden, streng zu sondern.

Einzelne oder in kleinen Verbänden liegende, aus gärenden Flüssigkeiten, Schmutzwasser (doch auch aus krankhaften Sekreten des Körpers von Tieren und Pflanzen) stammende eiförmige Zellen gehören fast stets zu den Saccharomyceten (Hefepilzen), wenn sie Sprossung aufweisen. Diese Sprossung erkennt man daran, daß an den betreffenden Zellen kleinere, rundliche Ausstülpungen hängen (welche später zu großen Zellen heranwachsen).

In Wasser (besonders Schmutzwasser und an im Wasser faulenden kleinen Tierchen) lebende fadenförmige Pilze gehören zu den Oomyceten, wenn die Fäden keine Querscheidewände aufweisen. Die bekanntesten Oomyceten sind *Saprolegnia* und *Achlya* ohne regelmäßige Einschnürungen der Fäden, *Leptomitus* mit solchen.

Auf faulenden oder modernden Substanzen an der Luft lebende und aus freien Fäden bestehende („schimmelartige“) Pilzbildungen werden vom Laien als „Schimmelpilze“ bezeichnet. Diese Schimmelformen stellen aber keine einheitliche Klasse dar, sondern können Formen der verschiedenartigsten Pilze sein. Meist wird man keinen Fehler begehen, wenn man solche Formen dann zu den Zygomyceten rechnet, wenn ihre Fäden keine Querscheidewände besitzen; sind solche dagegen vorhanden, so pflegen diese Schimmelarten zu den „Fungi imperfecti“ zu gehören und stellen dann allermeist besondere Generationen („Conidienformen“) der zu den höhern Pilzen gehörigen Ascomyceten dar.

In lebenden Pflanzen sich findende und schmarotzende Pilzfäden gehören zu den Peronosporeen, wenn sie keine Querscheidewände aufweisen. Sind solche dagegen vorhanden, so werden im allgemeinen die rost- oder brandroten oder braunen Pusteln, welche Pflanzenkrankheiten bewirken, zu den Rostpilzen, den Uredineen, zu rechnen sein; die Pilze aber, welche ein schwarzes Sporenpulver in den befallenden Pflanzengeweben erzeugen, sind Brandpilze, Ustilagineen.

Diejenigen Pilze, welche größere Fruchtkörper bilden und welche der Laie hauptsächlich unter dieser Bezeichnung kennt, werden je nach der Erzeugung ihrer Sporen eingeteilt in Basidiomyceten und Ascomyceten. Bei den ersteren werden die Sporen äußerlich gebildet, und zwar auf spitzenförmigen Vorragungen

bestimmter Zellen (der Basidien) abgeschnürt (vgl. Fig. 247, 248); bei den letzteren haben besondere schlauchförmige Zellen (die Asci) die Funktion, in ihrem Innern die Sporen zu bilden (vgl. Fig. 241). — Ein Querschnitt durch die sporentragende Region des Fruchtkörpers lehrt, diese Verhältnisse leicht zu unterscheiden.

Im allgemeinen wird man aber gar keine mikroskopische Untersuchung brauchen, sondern alle großen Pilze, welche auf der Unterseite ihres Hutes Lamellen (strahlenartig geordnete Blätter), feine Löcher oder Stacheln aufweisen, zu den Basidiomyceten rechnen, die morchelartig aussehenden und die „Schlüsselchen“, sowie die an Pflanzenteilen auftretenden schwärzlichen, fast lederartig oder kohlrig gebauten kleinen, meist punktförmigen Pilzchen dagegen zu den Ascomyceten.

3. Dem Tierreich angehörige Objekte.

Objekte von höheren Tieren sind nach Möglichkeit frisch zu untersuchen, da Fäulnis oder Eintrocknung verhältnismäßig rasch ihre Erkennung unmöglich macht. 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 ‰), welche 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 $33\frac{1}{3}$ ‰ Lösung dient sie zur Isolierung glatter Muskelfasern. Kann man animalische Objekte aus äußeren Gründen nicht alsbald untersuchen, so empfiehlt sich Konservierung, welche 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 Kohlensäuregefrieremikrotom. Die Kohlensäure wird aus dem Behälter durch ein Metallrohr in die Gefrierkammer des Mikrotoms geleitet und das Gewebstück 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. krebserdächtigen 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, welches 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 % Höllensteinlösung sichtbar. Die Zellen dieses Deckgewebes haben je nach Sitz und Funktion recht verschiedene Form; die kugelige 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. 88) finden wir an der ganzen Körperoberfläche sowie in den von außen leicht zugänglichen Körperausführungsgängen: 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 zylinderförmigen, 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

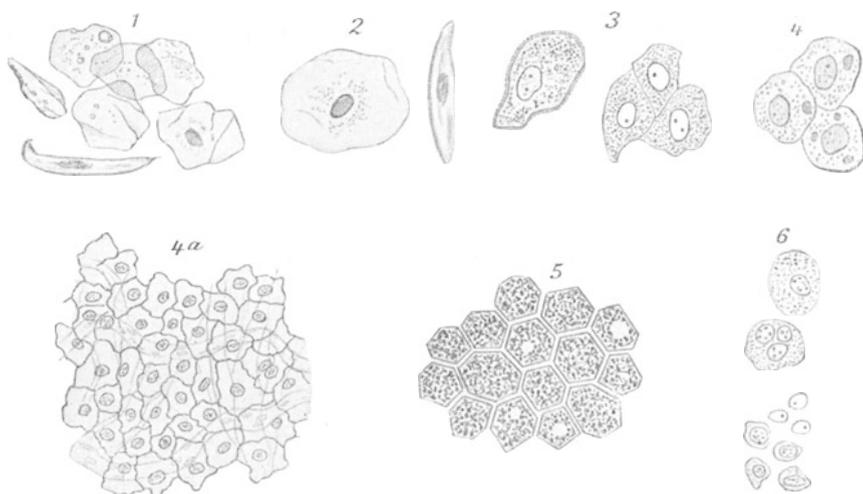


Fig. 88. Epithelformen. 1. Verhorntes Epithel der Körperoberfläche, mit dem Messer abgeschabt. 2. desgl., aus der Mundhöhle (im Innern der einen Zelle Kokken). 3. Schleimhautepithelien aus tieferer Schicht, links mit Stachelsaum, rechts im natürlichen Zusammenhang. 4. Epithel- (Endothel-) zellen der serösen Häute. 4a. Endothel der Bauchhöhle im Zusammenhange, gefärbt. 5. Netzhautepithel mit reichlichem Pigment. 6. Drüsenepithelien (Brustdrüse).

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 (10⁰%) 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 Fäulnisbakterien beigemischt zu sein.

Als Varietäten der Plattenepithelien (Fig. 88) 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 welchem 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 ausgetragenen Neugeborenen kann man noch ohne Reagenzien erkennen, wie sich der Nagel aus kernhaltigen Zellen zusam-

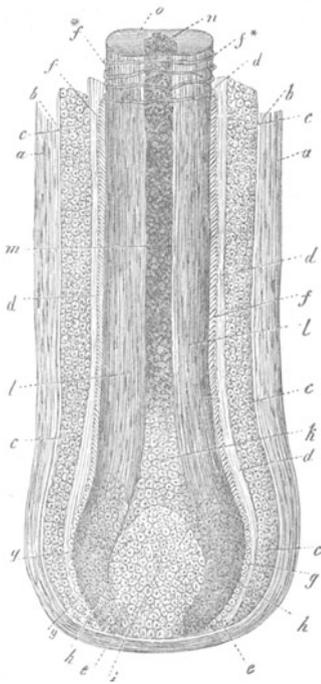


Fig. 89. Haarwurzel und Haarbalg des Menschen: *a* der bindegewebige Balg, *b* dessen glashelle Innenschicht, *c* die äußere, *d* die innere Wurzelscheide, *e* Übergang der äußeren Scheide in den Haarknopf, *f* Oberhäutchen des Haars (bei *f** in Form von Querfasern), *g* der untere Teil desselben, *h* 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.)

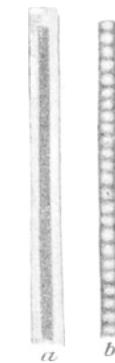


Fig. 90. *a* Hundehaar, *b* Kaninchenhaar. (Nach STRASSMANN.)

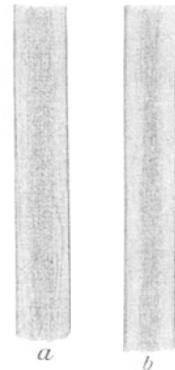


Fig. 91. Menschliches Haar: *a* Barthaar, *b* Schaft. (Nach STRASSMANN.)

mensetzt. Beim Erwachsenen ist dies nur bei Behandlung mit Kalilauge möglich.

Haare (Fig. 89—93) 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 dieser oder jener Körpergegend oder von diesem oder jenem Tier handelt. Das Haar außerhalb der Haut besteht im wesentlichen aus Rindensubstanz mit Cuticula und Mark. Innerhalb der-

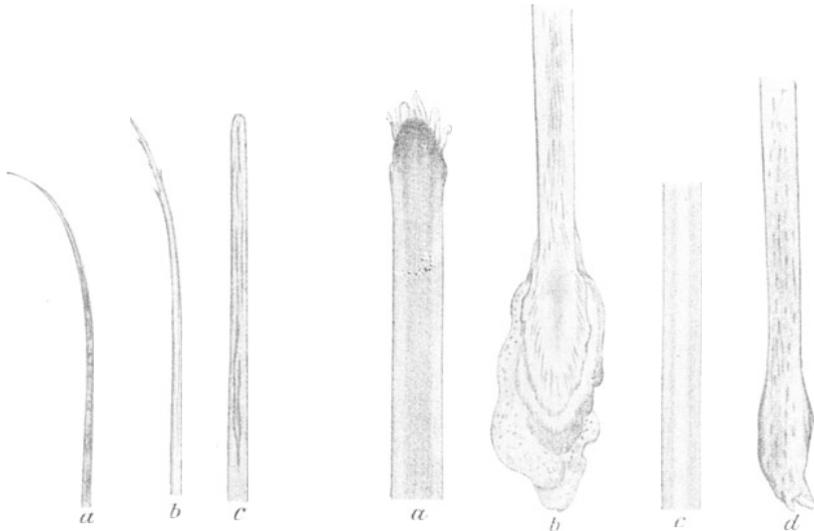


Fig. 92. Menschliche Haare, Spitzen: *a* Lanugo (Wollhaar); *b* Barthaarspitze; *c* Ende eines männlichen Schamhaars. (Nach STRASSMANN.)

Fig. 93. Menschliche Haare. *a* Spitze eines geschnittenen weiblichen Kopfhairs; *b* Wurzel eines ausgerissenen Kopfhairs; *c* Schaft eines weiblichen Kopfhairs; *d* Wurzel eines ausgefallenen Kopfhairs. (Nach STRASSMANN.)

selben 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 ein 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 gerichtsärztlich wichtige Unterschied zwischen Menschenhaar und Tierhaar läßt sich wie folgt zusammenfassen:

Mensch:

Rand glatt, weil die Cuticula-
zellen kleiner.

Rindensubstanz breiter als
Marksubstanz, die manchmal
unterbrochen, manchmal gar nicht
erkennbar ist.

Die Zellen der Marksubstanz
sind nur schwer als einzelne Ge-
bilde erkennbar.

Keine schroffen Farbenüber-
gänge.

Tier:

Rand gezahnt, weil die Zellen
abstehen; sie sind durch dünne
Salpetersäure sichtbar zu machen.

Rindensubstanz schmaler als
Marksubstanz.

Die Zellen der Marksubstanz
sind deutlich erkennbar.

Unvermittelte Farbenüber-
gänge.

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 Rindensubstanz, 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 durchtrennt oder nach längerer Reibung abgerundet. Indes sind alle diese Dinge individuell so verschieden, daß nur viele und sorgfältige vergleichende Untersuchungen ein einwandfreies Ergebnis haben können.

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, welche das Sekret der großen Körperdrüsen (Pankreas, Leber) zum Darm hinführen, in der Luftröhre, 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, welche immer der Lichtung des Kanals zugekehrt ist, besitzt in manchen Organen einen doppelt konturierten Stäbchensaum (Fig. 94), 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 Luftröhre, in der Gebärmutter, tragen die Zylinderzellen auf einem viel schmälern Basalsaum feinste Härchen,

Flimmerepithelien (*c*). Im Zylinderepithel der Darmschleimhaut begegnet man gelegentlich auch den sogenannten Becherzellen (*d*); in ihnen ist der basale Teil der Zelle von einer glasig-schleimigen Flüssigkeit erfüllt, dadurch stärker aufgetrieben. Der Basalsaum scheint ihnen zu fehlen. — Das Fußende der Zylinderepithelien läuft in eine mehr oder weniger scharfe, manchmal umgebogene Spitze aus. Ihr Zellleib, welcher 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. 88) 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

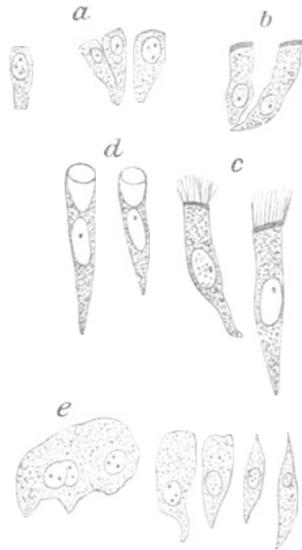


Fig. 94. *a* Zylinderepithel, *b* desgl. mit einfachem Saum, *c* desgl. mit Flimmersaum (Trachea), *d* desgl. Becherzellen von der Oberfläche der Dünndarmzellen, *e* Harnblasenepithelien von zylindrischer und spindliger Form.

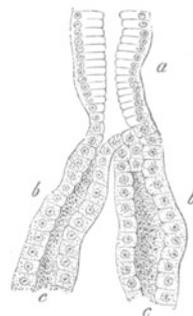


Fig. 95. Schlauchförmige (tubulöse) Drüse. *b*—*c* sezernierender Teil m. kubischem, niedrigem Epithel, *a* Ausführungsgang mit hohem Zylinderepithel. (Nach FREY.)

diese 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, welches in manchen Organen, z. B. in der

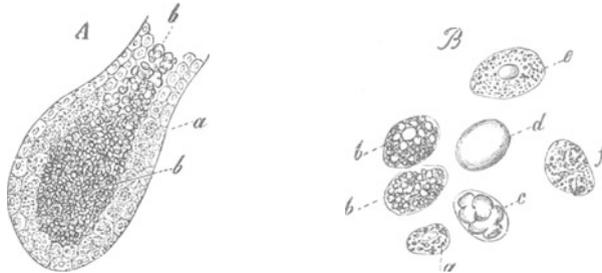


Fig. 96. *A* Das Bläschen einer Talgdrüse. *a* die der Wand anliegenden Drüsenzellen, *b* die abgestoßenen, den Hohlraum erfüllenden fetthaltigen. *B* Die Zellen in stärkerer Vergrößerung: *a* kleine, der Wand angehörige, fettärmere, *b* große, mit Fett reichlicher erfüllte, *c* Zelle mit zusammengetretenen größeren, *d* eine solche mit einem einzigen Fetttropfen, *e*, *f* Zellen, deren Fett teilweise ausgetreten ist. (Nach FREY.)

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 sezernierenden Zellen haben meist rundliche oder seitlich geradlinige Gestalt. Sie ordnen sich entweder in Schlauchform (tubulöse Drüsen, Fig. 95) 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 niedrigere 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 Interzellularsubstanz gegenüber den einzelnen Zellen. Aber das ist ein Merkmal, welches 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 Bindesubstanz, 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

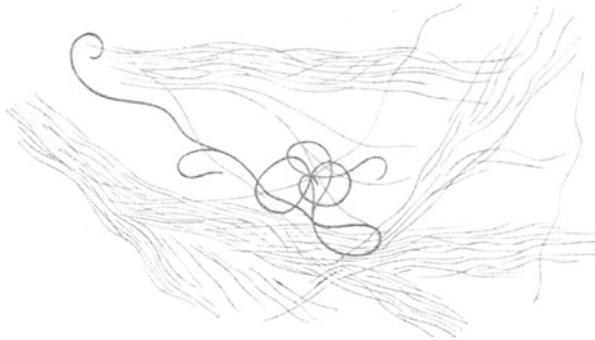


Fig. 97. Bindegewebsfasern, die zarten leimgebende, die starken elastische Fasern.

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, welche 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. 97). Der spiralige, wellige Ver-

lauf 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, auf, d. h. sie werden ganz durchsichtig, homogen; in noch höherem Grade bewirkt das stark verdünnte Kalilauge (1—2^o/_o). Elastische Fasern bleiben unverändert. Bei Sputumuntersuchungen ist das von Wichtigkeit: die Lauge zerstört alles andere; nur die etwa vorhandenen elastischen Fasern, welche auf Zerstörung von Lungengewebe hinweisen, bleiben erhalten. Sie behalten auch Eosinfärbung bei Behandlung mit 40^o/_o 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, welche 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 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. 99) findet man stets Fettkristalle, z. B. im Speck. Es sind sternförmige Drusen.

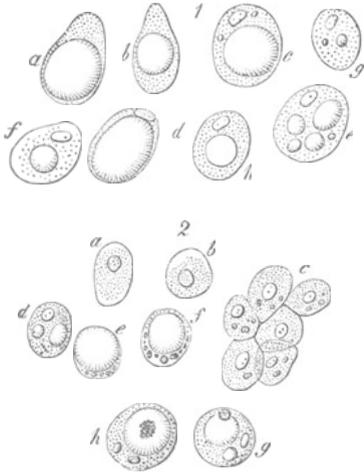


Fig. 98. Fettzellen in den verschiedensten Stadien der Entwicklung. Die große Fettkugel (1, a, b, d) ist in anderen Zellen (f, c, g) in mehrere kleine zerfallen. In 2 veranschaulicht e, f, g die exzentrische Lage des Zellkernes. (Nach FREY.)

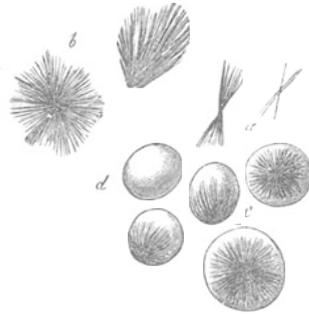


Fig. 99. Mit Kristallen versehene Fettzellen des Menschen. a Margarinsäure-nadeln, b größere Gruppen, c die Zellen selbst mit derartigen Gruppierungen im Innern, d eine gewöhnliche kristallfreie Fettzelle, ganz von Fett erfüllt. (Nach FREY.)

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 frisch-entbundener Frauen sind ebenfalls fettig degenerierte, mit Fettkügelchen strotzend angefüllte Drüsenzellen, die Milchkügelchen (vgl. Fig. 354) solche, in denen die Fettkügelchen zusammengeflossen sind.

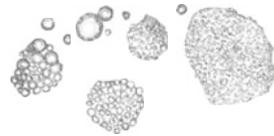


Fig. 100. Fettig degenerierte Drüsenepithelien der Brustdrüse. Colostrumkörperchen neben ausgebildeten Milchkügelchen oben links.

Enthält das Brustdrüsensekret mikroskopisch noch Colostrumkörperchen (Fig. 100), so läßt sich der Schluß ziehen, daß die Entbindung noch nicht länger als 1—2 Tage her ist.

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 Foetus unter der Haut an Stelle des späteren Panniculus adiposus (Unterhautfett). Seine Zwischensubstanz besteht aus Mucin, welches durch Essigsäure in körnigen Fäden ausgefällt wird. Im Überschuß der Säure ist es unlöslich. Der Schleim liegt in einem



Fig. 101. Schleimgewebe der Nabelschnur. 1. Zellen; 2. Zwischensubstanz; 3. Bindegewebsbündel, meist schräg; 4. querdurchschnitten. (Nach Stöhr.) Vergr. 240.

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.

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 bläschenförmigem 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. Mikro-

skopisch läßt sich Knorpelgewebe in dünnen Flachschnitten ungefärbt sehr gut untersuchen; die gewöhnlichen Kernfärbemittel (z. B. Hämotoxylin) heben indes die Struktur und besonders die

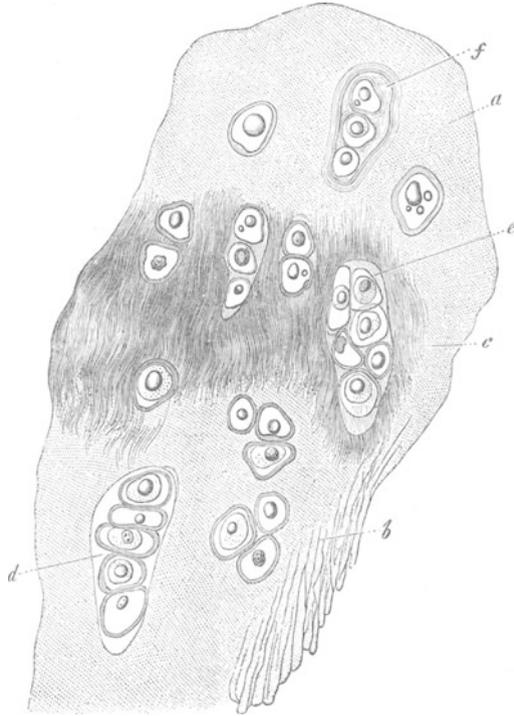


Fig. 102. Rippenknorpel eines älteren Mannes. *a* Homogene, *b* balkenförmig zerklüftete, *c* faserige Zwischensubstanz, *d*, *e* zahlreiche Zellen in einer Höhle, deren Kapsel bei *f* stark verdickt. (Nach FREY.)

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 vorauf-

gegangener Erweichung durch Säuren, welche die erhärtenden Mineralbestandteile entfernen.

Vor der Entkalkung muß das Gewebe in kleinen Stücken mit Alkohol oder MÜLLERScher Flüssigkeit*) 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.

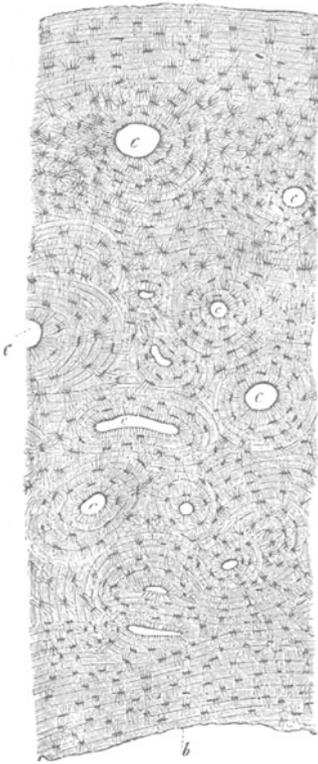


Fig. 103. Durchschnitt durch kompakte Knochensubstanz. *a, b* Randlamellen, um *c*, die HAVERSschen Kanäle, konzentrische Lamellen, in allen das kleine Kanalsystem der spinnenartigen, sog. Knochenkörperchen. (Nach FREY.)

In der Praxis ist das selten nötig, deshalb sei knapp hervorgehoben, daß man spongiöse (schwammige) und kompakte Knochensubstanz unterscheidet. 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.

*) Vgl. S. 129.

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.

c) Muskelgewebe.

Muskelgewebe ist ein weiches langfaseriges Gewebe, welches 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,

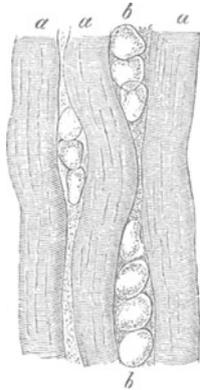


Fig. 104. Fettzellendurchwachsener menschlicher Muskel, a Muskelbündel, b Reihen der Fettzellen. (Nach FREY.)



Fig. 105. Glatte Muskelfasern. (Nach STÖHR.) Vergr. 240.

der Gefäße, der Harnaussührungsgänge, der Eileiter, am mächtigsten aber entwickelt in der Gebärmutter und in der Vorsteherdrüse.

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 33prozentiger Kalilauge behandelt. Schwer ist die Unterscheidung nur von Bindegewebe mit großen Spindelzellen. Auf Querschnitten erscheint auch die glatte Muskelfaser mit ihrem Kern als Rundzelle.

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

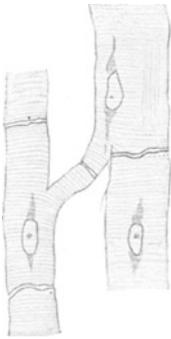


Fig. 106. Zwei Herzfasern mit Anastomose und Pigment oberhalb und unterhalb der Kerne.

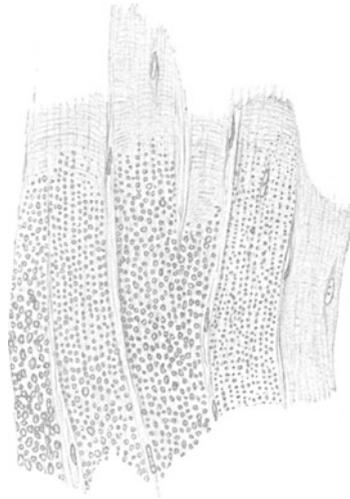


Fig. 107. Fettig degenerierter Herzmuskel. (Nach RIBBERT.) Vergr. 400. Die einzelnen Muskelfasern zeigen verschiedene Grade der Entartung. Feine in deutlichen Längsreihen gestellte und größere mehr oder weniger unregelmäßig gelagerte Tröpfchen. Frisches Präparat.

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 (Sarcolemm). Innerhalb der Muskelfaser liegen die Muskelfibrillen, auf den Querschnitten als sogen. 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 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. 104; 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. 107).

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. 140 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 vorbereitet zum Zupfen und das Zupfpräparat mit Hämatoxylin färbt. Sie sind erkennbar an dem großen, fein gekörnten, meist pigmentierten Zelleibe, der einen

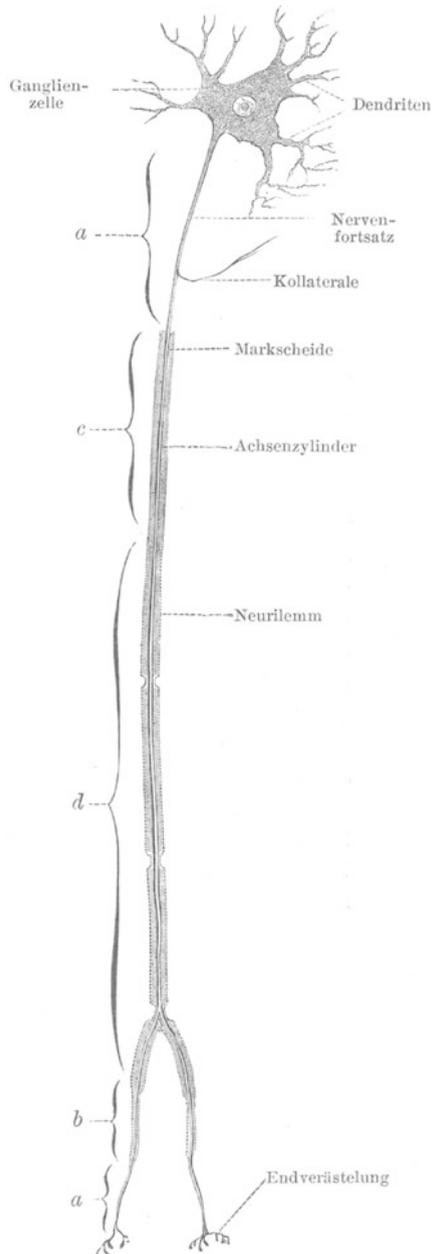


Fig. 108. Schematische Darstellung eines Neuron. (Nach Stöhr.) *a* nackter Nervenfortsatz, *b* vom Neurilemm bekleidet, *c* von der Markscheide umgeben, *d* von beiden Hüllen überzogen.

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 frischstem 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, welche 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 namentlich 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. RANVIERSche 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.

B. Praktisch wichtige, auf mikroskopische Weise zu untersuchende Objekte.

I. Objekte aus dem Pflanzenreiche.

1. Höhere (Gefäß-) Pflanzen.

a) Von Samen und Früchten stammende Objekte.*)

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, welche größtenteils sehr charakteristisch ist, sowie durch die Untersuchung der Kleienbestandteile bestimmbar.

Das Stärkekorn. — Alle Stärkekörner werden im Innern von 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. 109) dann fast wasserhelle, lichtbrechende elliptische Körner im Gesichtsfeld, an denen mehrere Beobachtungen zu machen sind.

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

1. Diese Stärkekörner sind nicht homogen, sondern wir unterscheiden an jedem deutlich einen (bei der Kartoffelstärke nicht im Zentrum gelegenen) Mittelpunkt, welcher weniger dicht ist als die umgebende Masse des Kornes 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 sie zeigt (bei der Kartoffelstärke besonders schön sichtbar) hellere und dunklere Streifen, welche von einer Schichtung des Kornes, d. h. von übereinanderliegenden, wasserreicheren und wasserärmeren Stärkelagen herühren.

3. Wenn wir die Stärkekörner in polarisiertem Licht betrachten (Fig. 47 auf Seite 46), so zeigen sie bei gekreuzten Nicols vier dunkle, vom Kern ausgehende Streifen. Dies beweist, daß die Körner doppeltbrechend sind, und hat als Ursache, 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 in einer andersartigen, die Gestalt des Kornes 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.

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, welche Jodwasserstoff oder Jodkalium enthalten, keine reine blaue, sondern eine violettbraune Farbe ergeben; ebenso ist wichtig, daß das Blau bei starkem Jodzusatz momentan in ein tiefes Blauschwarz übergeht.

Kartoffelstärke. (Fig. 109.) — Die Stärkekörnchen der Kartoffel, welche wir eben genauer betrachtet haben, sind durch die bedeutende Größe (die großen 70—100 μ), durch den deutlichen Kern und die exzentrische, sehr deutliche

Schichtung, ihre meist unregelmäßige, entweder an einem Ende schmälere (keilförmige) oder drei- bis viereckige Gestalt unzweifelhaft charakterisiert. Aber außer diesen großen, ausgewachsenen Körnern enthält die Kartoffel stets auch noch kleinere, runde Körner, welche kaum von den Stärkekörnern des Roggens oder Weizens unterschieden werden können. Man halte sich deswegen bei der Diagnose stets an die großen Körner, welche bei jeder Kartoffelstärke enthaltenden Proben erkennbar sind.



Fig. 109. Kartoffelstärke. — Vergr. $315\times$.

Die Kartoffelstärke wird mehrfach dem Mehl zugesetzt; meist ist der Zusatz ein nur geringer ($2-3\%$); angeblich dient diese Fälschung dazu, die Backfähigkeit des Mehls zu erhöhen. Insbesondere soll sie den Zweck haben, das aus dergestalt gemischtem Mehl gebackene Brot länger feucht („frisch“) zu erhalten. Aller Zusatz von Kartoffelstärke zu Mehl ist unstatthaft. — Viel häufiger kommt es allerdings vor, daß das „Kartoffelmehl“ nur zum geringsten Teil aus Kartoffelstärke, größtenteils aus Zerealienmehl besteht. Diese Nachahmung wird durch das Mikroskop sehr leicht erkannt.

Bedeutung hat die Verwendung der Kartoffelstärke ferner zur Tapioka-Fabrikation. Als Sago oder Tapioka werden halbverkleisterte Fabrikate bezeichnet, welche aus den verschiedensten Stärkearten hergestellt werden; die echte Tapioka hat als Material das Mehl von *Manihot utilissima* (siehe Fig. 139), welches 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. 110.) — 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 wahr-

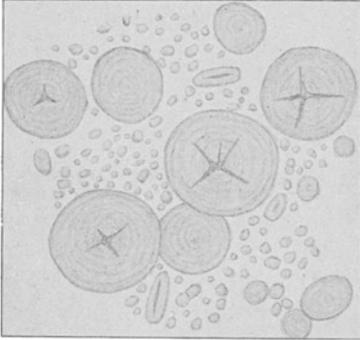


Fig. 110. Roggenstärke. — Vergr. $\frac{280}{1}$.

nehmbare) 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, welche 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.

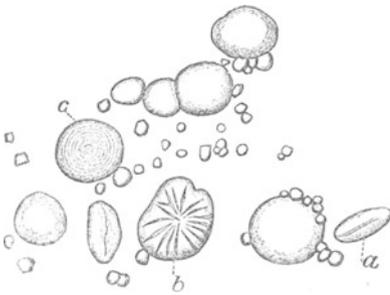


Fig. 111. Weizenstärke. Vergr. $\frac{280}{1}$. Bei *a* Korn in der Seitenaussicht; *b* gequetschtes Korn; *c* Korn mit sichtbarer Schichtung.

Weizenmehl. (Fig. 111.) — 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, welche allein bei der Untersuchung beachtenswert sind, zeigen nur in Ausnahmefällen schwache Schichtung; auch kommt bei ihnen nur sehr selten die vom Zentrum aus-

gehende spaltenförmige Zerklüftung vor, welche bei der Roggenstärke sehr häufig ist. Die großen Körner sind bis 0,04 mm breit.

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. 110 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, welche 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 Unterschlebung 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.

3. Man nimmt 2 g Mehl, rührt dasselbe mit etwas Wasser zu einem Brei und gibt während des Umrührens 200 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 Salz etwas auf, bringt den Tropfen auf einen Objektträger, bedeckt mit Deckglas und betrachtet ihn nun unter dem Mikroskop.

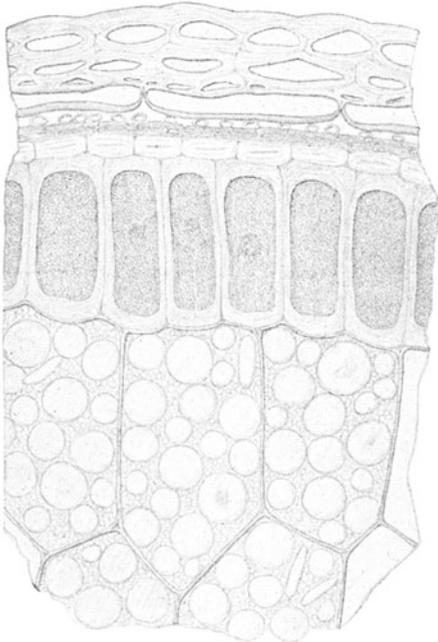


Fig. 112. Querschnitt durch die äußeren Partien des Weizenkorns. — Vergr. $\frac{280}{1}$.

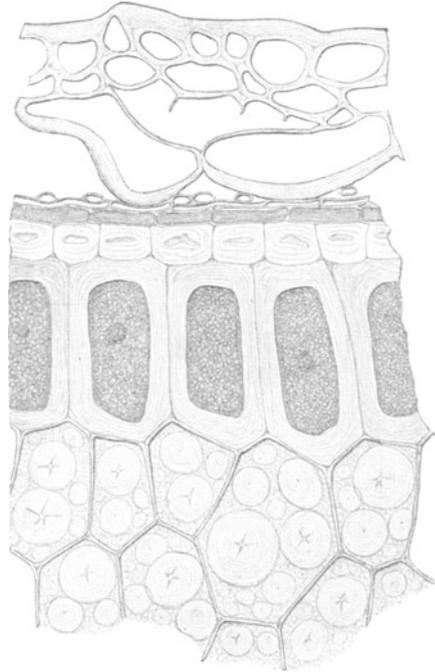


Fig. 113. Querschnitt durch die äußeren Partien des Roggenkorns. — Vergr. $\frac{280}{1}$.

In diesem Präparat, welchem 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 verwerten, müssen wir uns mit der Anatomie der Getreidekörner genauer vertraut machen.

Wenn wir ein Getreidekorn (Weizen Fig. 112, Roggen Fig. 113) 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, welche mit Jod sich gelbbraun färbenden Inhalt haben und als Kleberzellen bekannt sind.

Gehen wir nun weiter nach außen, so folgen drei Zellschichten, welche allermeist nur wenig deutlich sind und auch für die Diagnose nicht in Betracht kommen; dies ist die nur Andeutungen von Zellhöhlungen zeigende hyaline Schicht, die wenig differenzierte 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.

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 Mehlinter-suchung 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.



Fig. 114. Spelzenbestandteile des Roggens. *a* Epidermis, *b* Längszellen, *c* Querzellen, *d* Schlauchzellen. — Vergr. $\frac{100}{1}$.

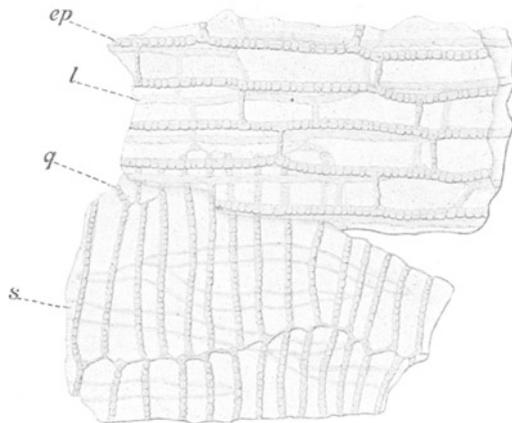


Fig. 115. Spelzenbestandteile des Weizens. *ep* Epidermis, *l* Längszellen, *q* Querzellen, *s* Schlauchzellen. — Vergr. $\frac{100}{1}$.

Die dritte dagegen (die Querszellenschicht) besteht aus in der Querrichtung des Kornes gestreckten Zellen (vgl. Fig. 114).

Auch beim Weizen (Fig. 115) 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 Quersellen, 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. 114 und Fig. 115 dar. Dabei ist zu beachten, daß die Längszellen des Weizens meist ebenso lang sind wie die Quersellen, während beim Roggen die Längszellen allermeist viel länger sind als die Quersellen. Ferner, und auf dies Merkmal ist das größte Gewicht zu legen, sind die Zellwände der Quersellen dort, wo sie aneinander stoßen (also die kurzen Seiten dieser Zellen), wie Fig. 114 deutlich zeigt, besonders stark verdickt und tragen keine Tüpfel, während beim Weizen diese Wände (vgl. Fig. 115) nicht besonders verdickt sind.

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

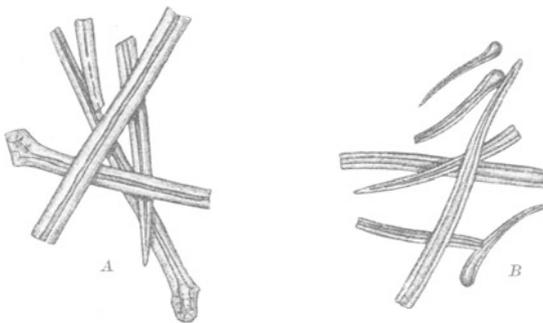


Fig. 116. Haare: A vom Weizen, B vom Roggen. — Vergr. $125\times$.

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

förmige 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. 116 A). Beim Roggen dagegen (Fig. 116 B) sind die Wände der Haare (wieder etwa in der Haarmitte gemessen) deutlich und meist sehr beträchtlich viel schmäler 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 welchem 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 weiltumigere, 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. 111 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 Keimungsprozeß; 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. 117). 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 Kornes vordringen, während die Lösungsspalten dies tun, ja häufig direkt die Oberfläche des Stärkekorns zerklüften.

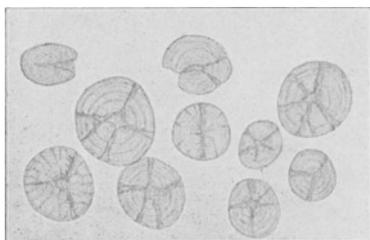


Fig. 117. Stärkekörner von ausgewachsenem Roggen. — Vergr. $\frac{250}{1}$.

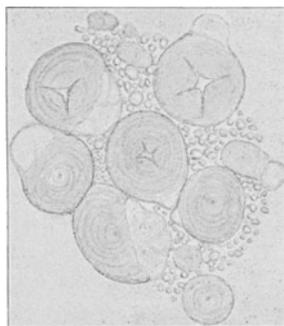


Fig. 118. Stärkekörner von verdorbenem Schoberroggen. — Vergr. $\frac{280}{1}$.

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. 118). 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, welche 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 Kristallierschale, 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 welchem man die Mehlprobe aufbewahrt, mit der Lupe leicht kenntliche, oft netzartig anastomosierende linienförmige Spuren.

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.

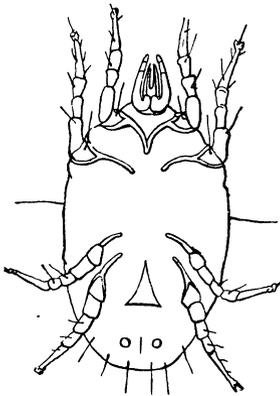


Fig. 119. Mehlmilbe. Stark vergrößert. (Nach MAURIZIO.)

Die gemeine Mehlmilbe (*Acarus farinae*, Fig. 119) 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 gesundheitsschädlich, aber durch dumpfigen Geruch bei starker Vermehrung der Tiere widerlich süßlichen Geruch verdorben.

Vermottetes Mehl ist durch die Anwesenheit von Larven, Gespinnst 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 sehr 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 (man kann auch die S. 107 angegebenen Prüfungen auf Mineralsubstanzen unter dem Mikroskop noch ausführen), so läßt man zunächst die mikroskopische Untersuchung und beginnt die Bestimmung der Aschenbestandteile. Auch ist die Anwendung der Chloroformprobe empfehlenswert, welche 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 kohlenaurer Kalk, Gips und Schwespat zu nennen. Besonders bemerkt sei, daß mineralische braune Körner, welche 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, welcher vielfach, um die Backfähigkeit zu erhöhen („amerikanisches Backpulver“) beigesetzt 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. — 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, welches 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. 120 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 Mutter-

korns (es ist die Ursache der besonders im Mittelalter in furchtbarster Weise aufgetretenen Kriebelkrankheit [Antoniusfeuer])

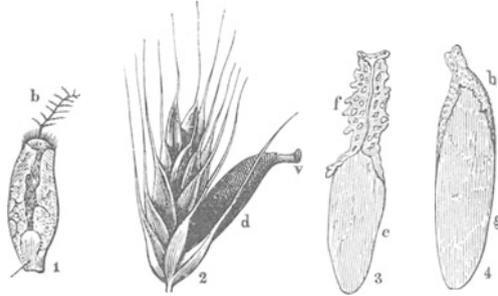


Fig. 120. Mutterkornpilz im zweiten Entwicklungsstadium. 1. Roggenfrucht von Hyphen des Mutterkornpilzes durchsetzt (Vertikaldurchschnitt, $1\frac{1}{2}$ fache Linearvergrößerung). *b* Narbe der Grasblüte. 2. Ähren teil des Roggens mit einem Mutterkorn (Sklerotiumstroma). Natürliche Größe. 3. Vertikaldurchschnitt (vierfache Linearvergrößerung) des sterilen Fruchtlagers oder Sklerotiumstroma (e). 4. Dasselbe mehr entwickelt. *g* Sklerotium, *b* Sphaerialager, Vertikaldurchschnitt ($1\frac{1}{2}$ fache Linearvergrößerung).

ist auch eine kleine Beimischung von Mutterkorn zum Mehl gefährlich. In Mengen von $0,2\%$ ab kann es gesundheitsschädlich

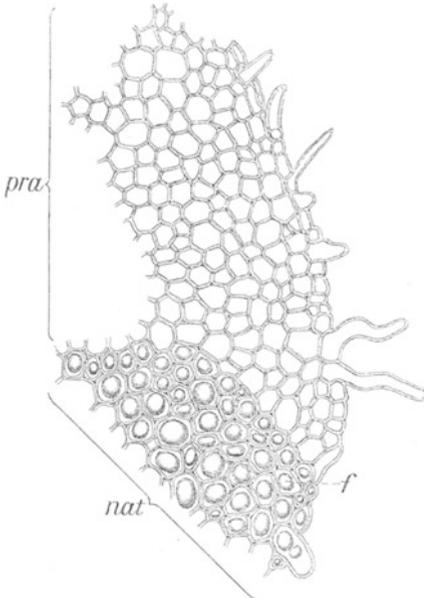


Fig. 121. Mutterkorn. Schnitt durch die Randpartie des Sklerotium. Vergr. $\frac{368}{1}$. — *nat* Gewebe mit Fettinhalt; *pra* Fetttropfen durch Chlorhydrat entfernt; *f* Fetttropfen.

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. 152) 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 licht-

brechender Kügelchen. Nimmt man stärkere Vergrößerung, so sieht man (Fig. 121, *f*), daß diese Kügelchen Öltröpfchen sind, welche 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. 121, *pra*). Als Öl werden, außer durch die Löslichkeit in Äther, die Tröpfchen durch die Alkannareaktion (vgl. S. 89) erkannt. — Auch zum direkten Nachweis des Mutterkorns im Mehl ist die Alkannareaktion verwendbar. Trägt man ein kleines Mehlquantum in die Farbstofflösung ein, läßt 6 Stunden stehen und mikroskopiert dann, so heben sich die tief dunkelroten Mutterkornfragmente sehr typisch von den ungefärbten Stärkekörnern und den gelbten Spelzenbestandteilen ab.

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

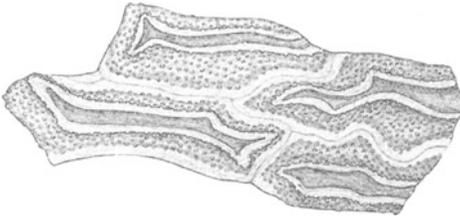


Fig. 122. Epidermis der Kornrade; die Spitzen der Zellen sind abgeschnitten. — Vergr. $100\frac{0}{1}$.



Fig. 123. Stärkekörper der Kornrade. — Vergr. $250\frac{0}{1}$.

Sehr leicht kenntlich sind die Stückchen der Samenschale, welche beim Lösungsverfahren des Mehls als braune Körnchen oft schon dem unbewaffneten Auge sichtbar werden. Unter dem Mikroskop erscheinen sie (Fig. 122) 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. 123) 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 in 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 Schnarotzerpilze, welche 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 vor dem Mahlprozeß ausgeschieden.

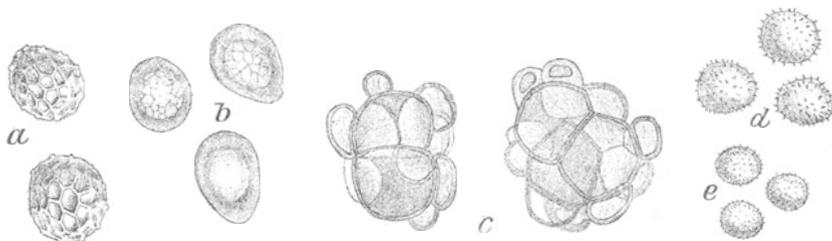


Fig. 124. Sporen von Getreidebrandpilzen. a *Tilletia tritici*; b *Tilletia laevis*; c *Urocystis occulta*; d *Ustilago Maydis*; e *Ustilago hordei*. — Vergr. $650\times$.

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

Tilletia tritici (Schmierbrand, Fig. 124, 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. 124, b) hat kugelige, elliptische, eiförmige, nicht selten auch unregelmäßig längliche oder eckige Sporen, welche (die länglichen) bis $0,028$ mm lang werden. Die Sporen sehen hellbraun aus und haben kein Maschennetz.

Urocystis occulta (Fig. 124, c) ist daran leicht kenntlich, daß um die lebende Spore stets ein Mantel abgestorbener Sporenzellen herum liegt, daß also keine Einzelsporen sondern Knäuel zur Anschauung gelangen.

Ustilago hordei (Fig. 124, e Flugbrand oder Rußbrand) hat kugelige oder längliche, öfters gleichfalls unregelmäßig eckige, glatte oder undeutlich punktierte, gelblich olivenbraune Sporen, die meist 0,0045—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. 125. Stärkekörner der Linse. Vergr. $\frac{280}{1}$.

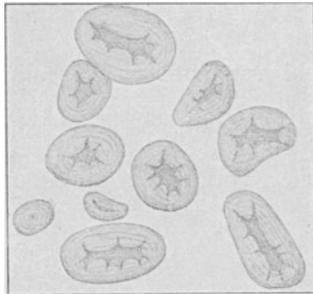


Fig. 126. Stärkekörner der Erbse. Vergr. $\frac{280}{1}$.

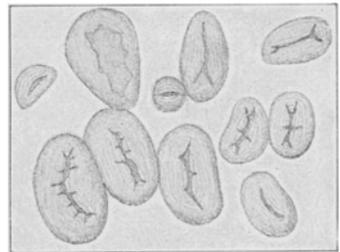


Fig. 127. Stärkekörner der Bohne. Vergr. $\frac{280}{1}$.

Leguminosenmehl. — Gleich dem Kartoffelmehl (vgl. S. 149) 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, welche vermählen sich sowohl durch ihre besonderen Stärkekörner wie durch den auffallenden Bau der Samenschale verraten. Die Stärkekörner der Leguminosen, welche in Betracht kommen können (Erbse, Bohne, Linse, Wicke), sind alle so gleichmäßig gestaltet, daß ihre Unterscheidung nur schwer möglich ist. Allen kommt gemeinsam (Fig. 125—127) eine dickgedrungene Gestalt und ganz besonders ein starker Spalt im Innern zu, von welchem aus kurze, breite Spalten nach der Peripherie des Stärkekorns ausstrahlen.

Die Leguminosenstärkekörner werden bei aufmerksamer Be-

trachtung 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, welche 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.

Andere Verfälschungen. — Grobe Mehlsorten, insbesondere Futtermehl, wurden ferner durch Preßkuchenmehl von *Arachis hypogaea* sowie durch Steinnußmehl und Sägespäne in seltenen Fällen verfälscht gefunden. Die Erkennung dieser Verfälschungsmittel wird unten (S. 188, 182, 184) behandelt.

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. 128). Die Großkörner sind gestaltet wie die

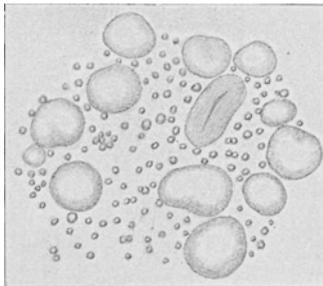


Fig. 128. Gerstenmehl. — Vergr. $\frac{280}{1}$.

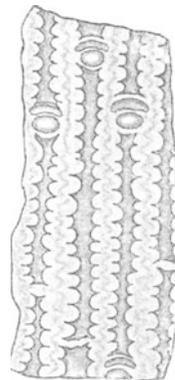


Fig. 129. Epidermis der Gerstenspelze, Flächenansicht. — Vergr. $\frac{280}{1}$.

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 finden sich in jedem Gerstenmehl die nach der (S. 151) angegebenen Methode im Bodensatz der verzuckerten Mehlproben zu suchenden Spelzenteile. Diese zeichnen sich (Fig. 129) durch die dicken, sehr stark gewellten Zellen ihrer Epidermis unverkennbar aus. Da sie verkieselt sind, werden sie beim Veraschen nicht unkenntlich und häufig vorteilhaft in der weißgebrannten Asche des Satzes gesucht.

Hafer. — Die Stärkekörner des Hafers bieten einen ganz andern 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.

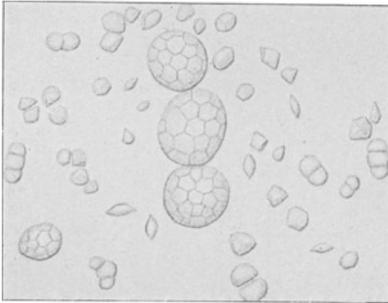


Fig. 130. Hafermehl. — Vergr. $\frac{280}{1}$.



Fig. 131. Epidermis der Haferspelze, Flächenansicht. — Vergr. $\frac{280}{1}$.

Im Hafermehl unterscheiden wir unter dem Mikroskop (vgl. Fig. 130) auf den ersten Blick sehr große und sehr kleine Körner. Die großen, welche 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. 131) vorhanden, welche 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.

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. 132). — 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, welche durch Zertrümmerung der großen zusammengesetzten entstehen) dem Reis fehlen, zweitens besonders charakteristisch daran, daß die 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.

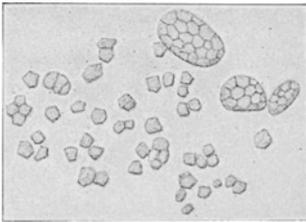


Fig. 132. Reismehl. — Vergr. $\frac{280}{1}$.

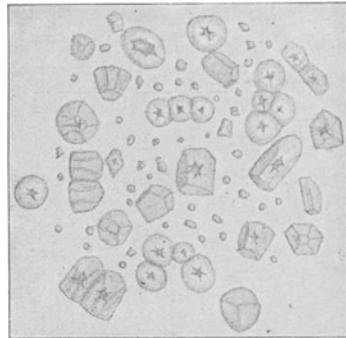


Fig. 133. Maismehl. — Vergr. $\frac{280}{1}$.

Mais (Fig. 133). — 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.

Hirse (Fig. 134). — 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.

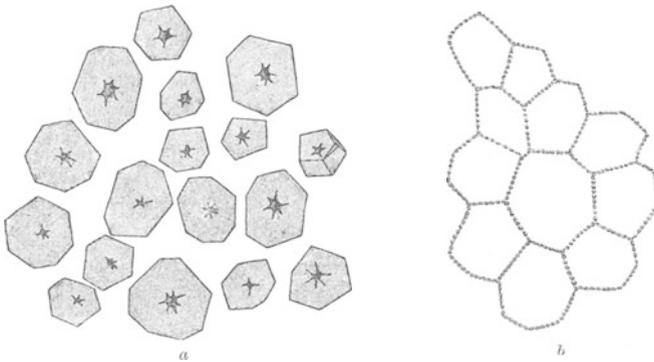


Fig. 134. Hirse (*Andropogon Sorghum*). *a* Stärkekörner; *b* gegerltes Netz zwischen den Stärkekörnern. — Vergr. $500/1$.

Die Stärke aller Hirsesorten (Fig. 134, *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. 173).

Ein wesentlicher Unterschied gegenüber allen anderen Zerealien besteht darin, daß die Hirsestärke einem gegerlten Netz von Eiweißstoffen eingelagert ist. Man suche in den Mahlprodukten größere Stärkeklumpen, welche reichlich vorhanden sind, und lasse, ohne zu erwärmen, verdünnte Kalilauge zufließen. Dann wird das in Fig. 134, *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. 173.

Buchweizen (Fig. 135). — Im Buchweizenmehl (von *Fagopyrum esculentum* und *F. tataricum* stammend) sieht man zunächst massenhaft große Stärkekümpen, welche den aus lauter aneinander-

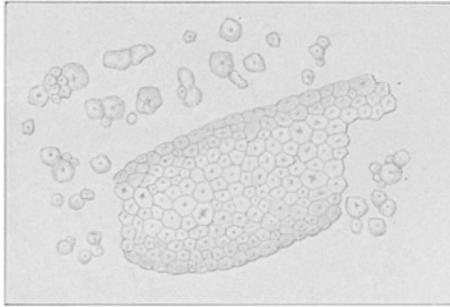


Fig. 135. Buchweizenmehl. — Vergr. $\frac{280}{1}$.

gepreßten polyedrischen Körnchen gebildeten Inhalt von Endospermzellen darstellen. Außerdem wird das Mehl von den Konstituenten dieser Klumpen gebildet.

Die Einzelkörnchen sind stets eckig und sehr klein. Buchweizenmehl gleicht daher sehr dem Reismehl, unterscheidet sich aber durch die Größe der Körner (Durchmesser der Einzelkörner 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, welche bereits oben (S. 148) als Studienobjekt für Stärkekörner im allgemeinen behandelt wurde, kommen im Handel noch eine Anzahl anderer, ausländischer Stärkesorten vor, welche Knollen- und Stammorganen von Pflanzen entstammen.

Arrowroot. — Im Handel wird hauptsächlich das Westindische Arrowroot (Fig. 136) geführt, welches 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 Schich-

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



Fig. 136. Marantastärke. — Vergr. $\frac{280}{1}$.



Fig. 137. Curcumastärke. Vergr. $\frac{280}{1}$.

Ostindisches Arrowroot (Fig. 137). — 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, welches 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.

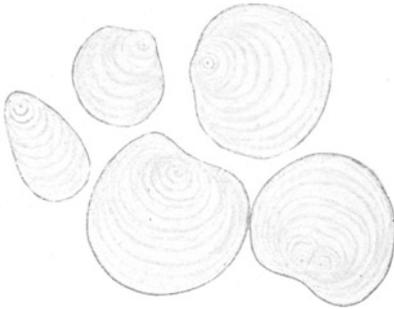


Fig. 138. Cannastärke. Vergr. $200/1$.

Queensland - Arrowroot (Fig. 138). — Stärke aus den Rhizomen mehrerer *Canna*-Arten, ausgezeichnet durch die Größe (50 bis 130μ) der Körner sowie durch deren Gestalt. Cannastärke ist unverkennbar. Die flachen Körner sind sehr stark und sehr deutlich exzentrisch geschichtet; öfters kommen Exemplare vor, welche zwei Kerne enthalten.

Brasilianisches Arrowroot (Fig. 139). — Stammt von *Manihot utilissima* her. In der Knolle der Stammfpflanze sind fast alle Stärkekörner aus zwei bis sieben un-



Fig. 139. Manihotstärke. Vergr. $280/1$.

gefähr gleich großen Körnern zusammengesetzt, welche 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, welche alle un-

gefähr gleich groß (0,018—0,023 mm), wird die *Manihot*-Stärke unschwer erkannt. Auch in der echten Tapioca, welche aus der Stärke von *Manihot utilissima* hergestellt wird (vgl. oben S. 149), ist trotz der partiellen Verkleisterung der Charakter der *Manihot*-Stärke noch deutlich erkennbar.



Fig. 140. Sago. — Vergr. $280/1$.

Sago (Fig. 140). — Aller echte Sago stellt verkleistertes Stärkemehl aus Stämmen von Palmen (hauptsächlich *Sagus Rumphii* und *Borassus flabelliformis*) und Cycadaceen (*Cycas*- und *Zamia*-Arten) dar. Da die Palmenstärke 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. 151) und untersucht den Bodensatz. Dabei wird man bei echtem Palmensago Gewebereste sowie drusen-, nadelförmige 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. 217):

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. 140):

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.

172 B. Praktisch wichtige, auf mikroskopische Weise zu untersuchende Objekte.

- a) Große Körner mit stark exzentrischer Schichtung oder mit stark exzentrisch liegendem Kern (Schichtungszentrum).
1. Schichtung meist undeutlich; Schichtungszentrum durch einen \vee -förmigen Spalt markiert (Fig. 136): Westind. Arrowroot (*Maranta*).
 2. Schichtung deutlich; Schichtungszentrum in der Regel ohne den bezeichneten Spalt.
 - a) Viele große Körner über 75μ breit.
 - * Nur wenige Körner messen bis 100μ (Fig. 109):
Kartoffel (*Solanum tuberosum*).
 - ** Viele Körner messen über 100μ (Fig. 138):
Queensland-Arrowroot (*Canna*).
 - β) Große Körner $50-70 \mu$ messend.
 - * Kern liegt in dem spitzen Ende der Stärkekörner (Fig. 137):
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. 110): Roggen (*Secale*).
 - β) Schichtung der Großkörner nicht oder undeutlich sichtbar; Spalten meist fehlend.
 - * Großkörner bis 40μ breit; im veraschten Präparat keine welligen Epidermiszellen (Fig. 111): Weizen (*Triticum*).
 - ** Großkörner bis 35μ breit; im veraschten Präparat charakteristische, verkieselte Epidermiszellen (Fig. 128, 129):
Gerste (*Hordeum*).
 2. Die größten Körner werden mit den kleinsten durch allmähliche Übergänge verbunden.
 - a) Viele Körner über 30μ groß; reichliche Körner mit vielen Spalten.
 - * Größte Körner bis 40μ (Fig. 125, 126): Erbse (*Pisum*),
Linse (*Lens*).
 - ** Größte Körner bis 60μ (Fig. 127): Bohne (*Phaseolus*).
 - *** Größte Körner bis 70μ : Saubohne (*Vicia Faba*).
 - β) Körner höchstens 30μ 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. 148):
Eiche (*Quercus*).
 - §§ Körner sehr ungleich, viele spitz (Fig. 149):
Kastanie (*Castanea*).

II. Die größeren Körner sind entweder zusammengesetzt oder zeigen im Umriss eine bis mehrere gerade 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 geperltes Netz von Eiweißstoffen zurück.

α) Stärkekörner messen bis $30\ \mu$ (Fig. 134): Mohrrhirse (*Sorghum*).

β) Stärkekörner messen unter $20\ \mu$.

* Im Mahlprodukt sind gerunzelte Spelzenreste vorhanden:

Kolbenhirse (*Setaria italica*).

** Im Mahlprodukt nur glatte Spelzenreste:

Rispenhirse (*Panicum miliaceum*).

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

α) Körner mindestens $15\ \mu$, maximal bis $35\ \mu$ groß (Fig. 133):

Mais (*Zea Mays*).

β) Körner maximal $15\ \mu$ groß.

* Kern der Körner nie deutlich.

§ Körner $2-10\ \mu$ groß (Fig. 132):

Reis (*Oryza*).

§§ Körner $10-15\ \mu$ groß (Fig. 130):

Hafer (*Avena*).

** Körner bilden große Klumpen; Kern wenigstens an den größeren deutlich (Fig. 135):

Buchweizen (*Fagopyrum*).

b) An jedem Stärkekorn deutlich gewölbte Flächen sichtbar.

1. Körner bis $30\ \mu$ groß, Zahl der ebenen Flächen 1—3, sehr selten mehr; Schichtung nicht wahrnehmbar (Fig. 139):

Brasilian. Arrowroot (*Manihot utilissima*).

2. Körner bis $50\ \mu$ groß; Zahl der ebenen Flächen allermeist über 3; Schichtung meist deutlich:

Batatenstärke (*Batatas edulis*).

Kaffee.

Die mikroskopische Untersuchung hat nur beim gemahlene 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 wohlbekannt 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, welche 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 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, bettet 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 Uhrschälchen 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 Kaffee müssen aus einem Gewebe gebildet sein, welches (vgl. Fig. 141) starke, auffallend knotenartig verdickte Wände aufweist. Bei Zellen, welche 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 Öltropfen.



Fig. 141. Endosperm des Kaffee. — Vergr. $\frac{250}{1}$.

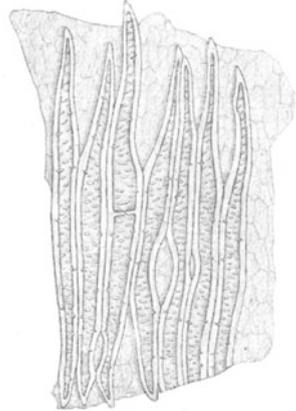


Fig. 142. Steinzellen mit Resten der Samenschale des Kaffee. — Vergr. $\frac{125}{1}$.

Das Gewebe der Samenhaut (Fig. 142), welche natürlich nur in vereinzelt Fragmenten vorliegen kann, ist durch sehr charakteristische, langgestreckte, hier und da mit stumpfen, kurzen Auswüchsen versehene Zellen gekennzeichnet. Diese Zellen besitzen meist schief gestellte 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.

Surrogate des Kaffees.

Sakka-Kaffee. — Die getrockneten, gerösteten und gemahlene Schalen der Kaffee Frucht, welche aber weder Koffein noch die dem Kaffee eigenen Röstprodukte enthalten und deshalb im Wert keines der anderen Surrogate übertreffen.

Sakka-Kaffee wird erkannt an der Epidermis (Fig. 143, a), welche 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 wirr durcheinander gelagerten Fasern (Fig. 143, *b*) gebildete Endocarp ein besonders wichtiges Merkmal dieses Surrogats.

Zichorienkaffee. — Dieses Kaffeesurrogat wird hergestellt aus den gerösteten, zu Pulver vermahlenden, bis 50⁰/₀ 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 welche 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.

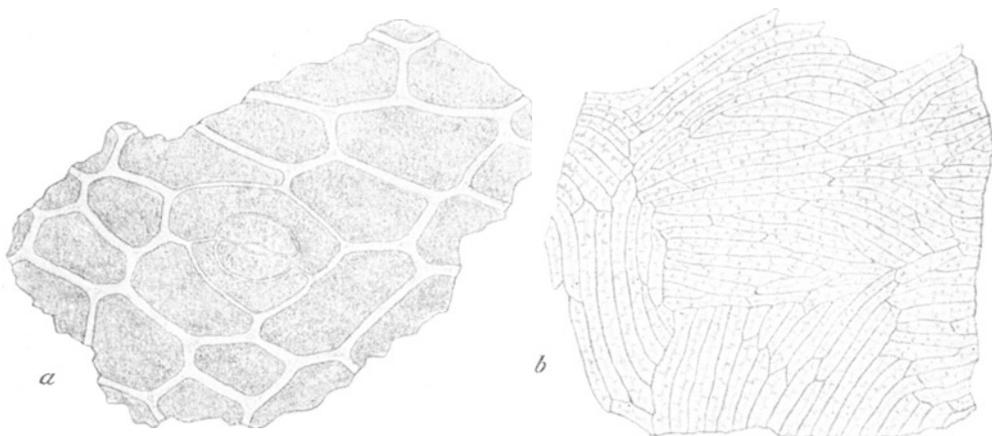


Fig. 143. Sakka-Kaffee. *a* Epidermis mit Spaltöffnung (Vergr. 280/₁). *b* Sklerenchymfasern des Endocarp (Vergr. 75/₁).

Soll Zichorienpulver nachgewiesen werden, so verwendet man mit Eau de Javelle gebleichte (siehe S. 174) Proben und achtet auf folgende Merkmale: 1. In der dicken Rinde der Zichorienwurzel sind reichlich Milchsaftschläuche vorhanden, welche auch im Untersuchungsobjekt aufzusuchen sind. Diese Schläuche (Fig. 144) 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 Zichorienkaffee sind die Holzzellen (Tracheiden), welche auch in kleinsten Fragmenten deutlich beobachtbar und charakteristisch sind. Man

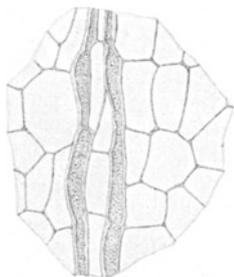


Fig. 144. Milchsaftschläuche der Zichorie.
Vergr. $\frac{125}{1}$.

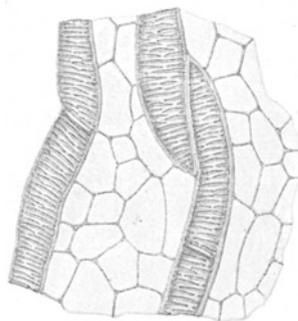


Fig. 145. Gefäße der Zichorie.
Vergr. $\frac{125}{1}$.

achte (Fig. 145) 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 außerordentlich 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 Gefäßelemente (Tracheiden und Tracheen) durchaus zurücktreten, während sie bei der Zichorie (und Löwenzahnwurzel) reichlich vorhanden sind.

Hat man Zichorienkaffee, in welchem geröstete Rübenwurzeln nachgewiesen werden sollen, so bleicht man das Präparat mit Eau de Javelle und sucht dann nach Gewebepartikeln, welche keine Milchsaftschläuche 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 Untersuchung des Feigenkaffees hat große praktische Bedeutung, da er häufig mit minderwertigen Kaffeesurrogaten verfälscht wird. Der Feigenkaffee (Fig. 146) besitzt wie die Zichorie Milchsaftschläuche, dagegen nur wenige Tracheen bzw. Tracheiden; überdies sind letztere häufig mit schön spiraliger 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, welche 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

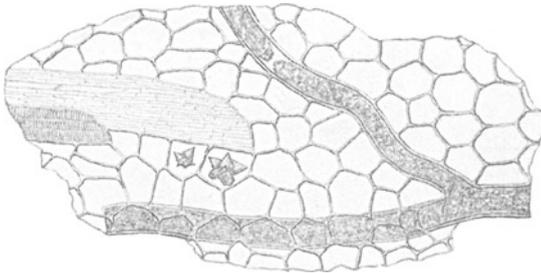


Fig. 146. Längsschnitt durch das Fruchtfleisch der Feige.
Vergr. $\frac{250}{1}$.

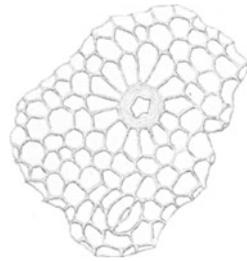


Fig. 147. Epidermis der Feige mit Haaransatz und Spaltöffnung.
Vergr. $\frac{250}{1}$.

wurden, aber selbst in Fragmenten noch ohne weiteres erkennbar sind. Ihre Samenschale besteht aus Steinzellen, welche 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 Cystolithen von Calciumkarbonat versehene Haare. Auch die Ansatzstellen der abgefallenen Haare in der Epidermis (Fig. 147) 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. 176), Rüben (S. 177), Birnen (S. 183), Weinbeeren (S. 184), Carobe (S. 180), Lupinen (S. 181) und andere Hülsenfrüchte (S. 180) sowie Zerealienstärke (S. 180).

Eichelkaffee. — Dies Kaffeesurrogat begegnet man unter seinem richtigen Namen sowie in verschiedenen Nährpräparaten. Eichelkaffee besteht aus den gerösteten und gemahleneu Cotyledonen verschiedener *Quercus*-Arten. In der Hauptmasse besteht er aus den Stärkekörnchen und Stärkekumpen (Fig. 148), welche 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 Reaktion tritt besonders schön bei Stärkekörner-Kumpen 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. 180), Hülsenfrüchten (S. 180), Birnen (S. 183) und Rübenwurzeln (S. 177) verfälscht.

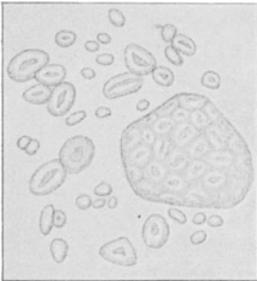


Fig. 148. Stärke des Eichelkaffee.
Vergr. $\frac{250}{1}$.

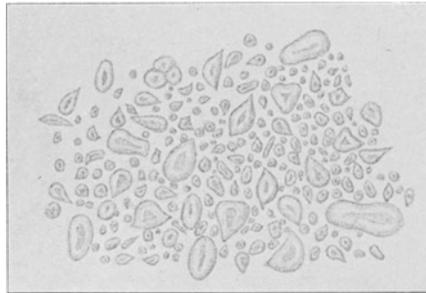


Fig. 149. Stärke der Edelkastanie.
Vergr. $\frac{375}{1}$.

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. 149) sich durch die außerordentlich verschiedene Größe der Stärkekörner sowie durch deren variable Gestaltung auszeichnet. Insbesondere charakteristisch sind massenhaft vorkommende Körner, welche 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 Stärkereichtums dieser Samen sehr leicht; die Unterscheidung wird nach den oben (150—166) gegebenen Anweisungen ausgeführt.

Carobkaffee. — 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, welche zur Erkennung des Carob-

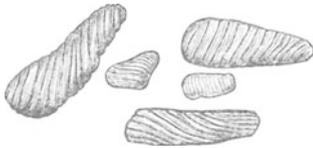


Fig. 150. Inhaltssäcke des Carobkaffees. — Vergr. $120\times$.

kaffees 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, spiralig oder quer gefalteten Sack enthalten (Fig. 150). Nimmt man etwas ungebleichtes Carob-

pulver unters Mikroskop, so erscheinen diese Säcke als große, hell kaffeebraune Schollen, an denen die Streifung meist sofort und sehr deutlich sichtbar ist. Ist der Carobkaffee nicht oder nur schwach geröstet, so nehmen diese Säcke bei Zusatz von Kalilauge eine violette Farbe an, welche 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 Leguminosen-

samen, wenn Anwesenheit von Aleuron und Struktur der Stärkekörner auf sie hinweist (vgl. oben, S. 163), 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 Schalen-schicht, deren Zellen einzeln oder meist garbenförmig zusammengelagert im Präparat (Fig. 151) 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

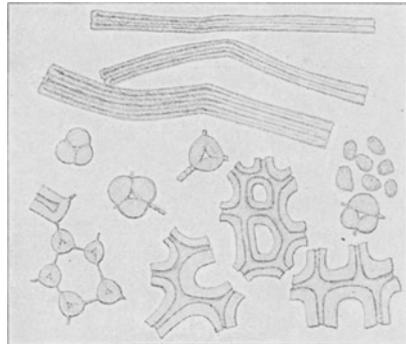


Fig. 151. Elemente des Lupinenkaffees.
Vergr. $100\times$.

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, welche mit Jod behandelt eine tiefbraune Färbung annehmen. Ferner sind die Parenchymzellen der Cotyledonen bei der Lupine dadurch charakterisiert, daß ihre Wände vielfach große, breite Interzellularräume führen, welche als Kanäle zwischen den Zellwänden liegen. Endlich suche man nach Fragmenten, in welchen drei dünne Zellwände

zusammenstoßen. Durch Verdickung der Membranen in den körperlichen Ecken entstehen bei dem Lupinensamen höchst charakteristische runde Figuren, welche 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. 152) Endospermzellen mit großen Tüpfeln, welche aber (im

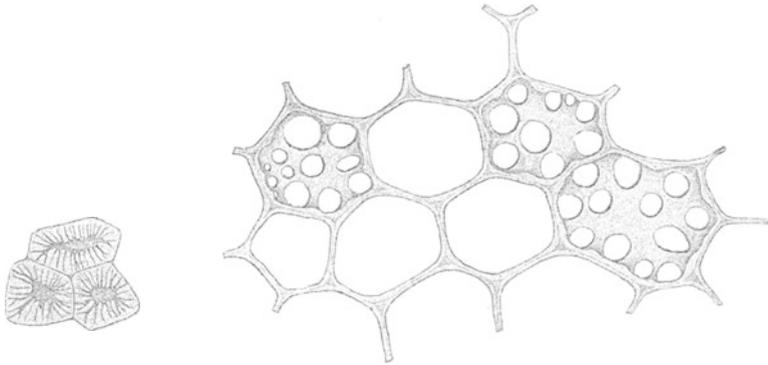


Fig. 152. Palmkernkuchen. Links Steinzellen der Samenschale, rechts Zellen des Endosperm.
Vergr. $\frac{250}{1}$.

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 (*Phytelephas macrocarpa*) zu Knöpfen abfallende Mehl wurde öfters als Verfälschungsmittel des Kaffeepulvers verwendet. Abgesehen von den äußeren Gewebeschichten der Steinnuß, welche viel seltener zu Gesicht kommen, sind im Steinnußmehl in größter Menge die auf den ersten Blick kenntlichen Endospermzellen vorhanden. Diese (Fig. 153) 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, welche von den Körpern aus-

gehen, sind die dünnen Poren, welche behufs gegenseitiger Kommunikation der Zellen die dicken Wände durchsetzen. Dies Bild ist zur Erkennung der Steinnußfragmente ohne weiteres geeignet.

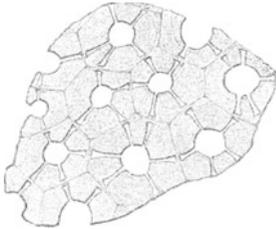


Fig. 153. Querschnitt durch das Endosperm der Steinnuß. — Vergr. $\frac{250}{1}$.

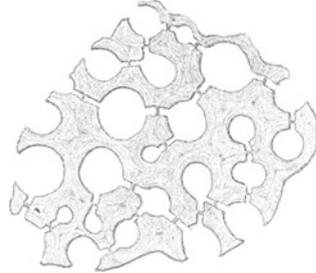


Fig. 154. Querschnitt durch das Endosperm der Dattel. — Vergr. $\frac{250}{1}$.

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. 154) besteht aus sehr dickwandigen Zellen; von demjenigen der Steinnuß unterscheidet es sich aber leicht durch die größern 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.

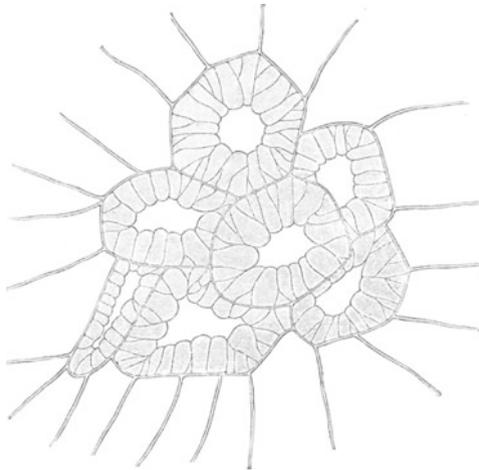


Fig. 155. Steinzellgruppe aus dem Fruchtfleisch der Birne. — Vergr. $\frac{100}{1}$. (Nach STRASBURGER.)

Dörrobst. — Besonders häufig wird Dörrobst zur Verfälschung des Feigenkaffees verwendet, und zwar kommen allermeist ge-

stoßene, angeröstete Birnen in Betracht. Soll ein Feigenkaffee-
pulver auf einen Zusatz von Dörrobst untersucht werden, so achte
man in erster Linie auf Steinzellgruppen (Fig. 155), welche 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 Parenchym-
gewebe der Obstsorten keine Milchsafschläuche und keine Kristall-
drüsen vorkommen, während beide bei der Feige massenhaft vor-
handen sind und auch in kleinen Fragmenten zur Anschauung
gelangen.

Traubenkerne. — Gemahlene Traubenkerne wurden ebenfalls
als Kaffeeverfälschung gefunden. Sie sind (Fig. 156), abgesehen
von den etwas langgezogenen, mit sehr vielen feinen
Tüpfeln versehenen Stein-
zellen, besonders leicht kennt-
lich durch die im Parenchym
reichlich vorhandenen Raphi-
denzellen.

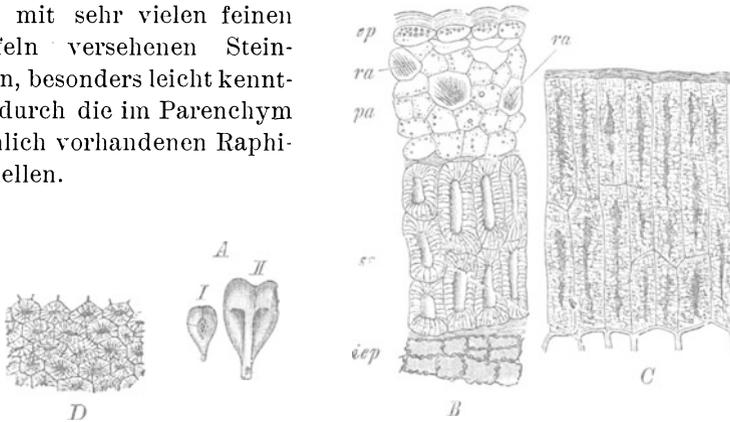


Fig. 156. Traubenkerne. A Kerne I. Vorderansicht (natürl. Gr.). II. Rückenansicht ($\frac{2}{1}$). B Quer-
schnitt der Kernschale (*ep* Oberhaut, *pa* Parenchym mit Raphiden *ra*, *sc* Steinzellschicht, *iep* innere
Oberhaut, umgelegt). C Steinzellschicht der Malagatraube. D dieselbe in der Aufsicht.
(Nach HANAUSEK.)

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 den höherwertigen Jamaika- und Portorikokaffees ähnlich zu
machen. Bei rohem Kaffee erkennt man die Behandlung mit Säge-
spänen 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 (Libriformfasern) 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, welche für anorganische Körper (vgl. S. 105) charakteristisch sind. Der weitere Nachweis, sowie die Mengenbestimmung fällt in das Gebiet der chemischen Analyse.

Kaffeesatz. — 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 Cotyledonen des Kakaobaumes (*Theobroma Cacao*) hergestellt, welche von großen, aus dünnwandigem Parenchym bestehenden, tief zerklüfteten Gewebemassen gebildet werden. Sie sind mit einer feinen Epidermis überkleidet (Fig. 157), aus welcher ganz besonders bemerkenswerte Haargebilde entspringen. Dieselben („MITSCHERLICHsche Körper-



Fig. 157. Epidermis der Kakao-Cotyledonen mit zwei Haaren (MITSCHERLICHschen Körperchen). — Vergr. $125/\mu$.

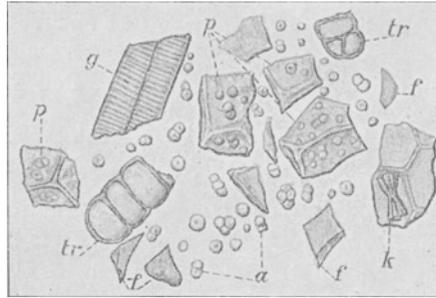


Fig. 158. Kakaopulver. *p* Parenchym; *g* Tracheiden; *tr* Haare; *a* Stärkekörnchen; *f* Farbstoffsplitter; *k* Theobrominkristalle. — Vergr. $375/\mu$.

chen“) 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 Cotyledonen gebildet. Dieses ist vollgepfropft mit Fett (Kakaobutter) und enthält auch sehr kleine (4—12 μ) 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.

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. 158) 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 aufgehell, wobei auf die Lösung des Farbstoffs zu achten ist.

Verfälschungen des Kakaopulvers. — Kakao wird hauptsächlich durch Mehlzusatz verfälscht. Auf die großen Stärkekörner der Zerealien ist zu achten. Auch die kleine Eichelstärke (vgl. S. 179, Fig. 148) ist immer noch wesentlich größer (bis $30\ \mu$) als die Kakaostärke (bis $12\ \mu$) 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 Kakaocotyledonen sind mit (als Kakaotee bekannten) holzig-pergamentartigen Samenschalen bedeckt, welche zwar eine geringe Menge von Theobromin ($0,75\%$), aber kein Aroma enthalten.

Kakaoschalen weisen zwei Merkmale auf, welche 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 verreise 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, welche von dem zähen, aufquellenden Schleim gebildet werden. Zu einem andern Präparat füge man Phloroglucinlösung und Salzsäure. Die verholzten Elemente färben sich damit ziegelrot. — Beim Eintreten beider Reaktionen ist die Verfälschung mit Kakaoschalen 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 (50⁰/₀ 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—35⁰) 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. 186) macht. Außer den Elementen des Kakaosamens dürfen sich nur finden Reste der Gewürze, wenn die Schokolade nicht mit Vanillin oder Perubalsam 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 Mehlsatz, 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. 186);

diese werden wie im Kakaopulver 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. 159) wird nämlich von drei Zellschichten gebildet, deren oberste aus pflasterartig festgefügtten, rotbraunen Zellen mit dicht



Fig. 159. Epidermis der Samenschale der Erdnuß. — Vergr. $\frac{250}{1}$.

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 Santelholzpulver 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 Aschengehalt bis 9% steigen kann, ohne daß absichtlich Mineralsubstanzen als Verfälschungsmittel angewendet wurden.

Kolanuß.

Der Aufschwung des kolonialen Interesses in Deutschland hat mehreren Kolapräparaten, welche in neuerer Zeit in den Handel gebracht wurden, Aufnahme verschafft.

Die Droge besteht ursprünglich aus den großen Cotyledonen von *Cola acuminata*, welche in getrocknetem Zustand 0,8—2,41% Koffein und Theobromin enthalten; zur Untersuchung gelangt dieselbe in sehr zerkleinertem Zustand.

Die Fragmente bestehen (Fig. 160) 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, welche 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 Grenz- wände mit starker Vergrößerung betrachtet. In solchen Präparaten treten häufig lange Koffeinnadeln, meist in Büschel angeordnet, entgegen.

Pfeffer.

Pfeffer, die Beerenfrucht des in Ostindien heimischen Kletter- strauches *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

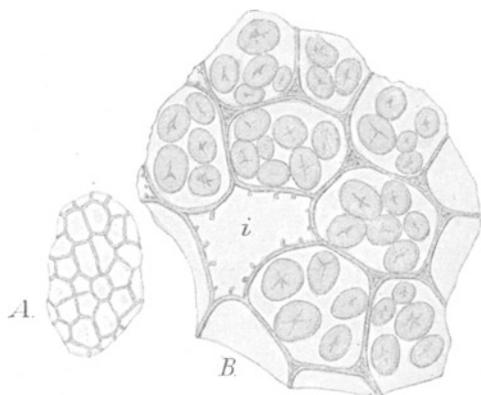


Fig. 160. Schnitte durch die Kolanuß. A. Epidermis; B. Parenchym der Cotyledonen; *i* Interzellularraum. — Vergr. $\frac{250}{1}$.

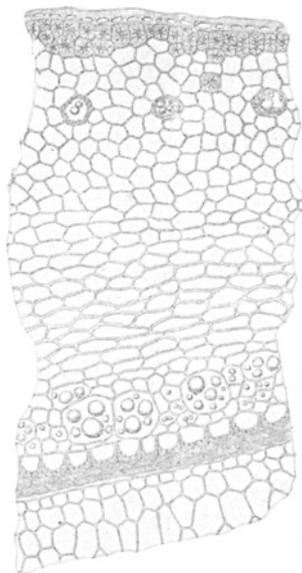


Fig. 161. Querschnitt durch den schwarzen Pfeffer. — Vergr. $\frac{160}{1}$.

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, welche im Pfefferpulver vorkommen dürfen, orientiert man sich leicht aus dem Querschnitt (Fig. 161). Man sieht, daß die Frucht eine Epidermis besitzt, unter welcher 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 Inhaltstoff und enthalten gelbe Harzklümpchen.

Für die Untersuchung des Pfeffers eignet sich Chloralhydrat als Aufhellungsmittel besser als Eau de Javelle. In reinem Pfefferpulver, welches 24 Stunden lang in Chloralhydrat gelegen hat, unterscheidet man leicht Elemente, welche 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, welches andere als die beschriebenen Zell- bzw. Gewebeteile enthält, ist verfälscht. Große Schwierigkeit kann es allerdings bereiten, die Art der Verfälschung zu bestimmen, da bereits die seltsamsten Dinge darin gefunden wurden. Im folgenden werden die häufiger vorkommenden Verfälschungen beschrieben.

Pfefferspindeln. — Die Pfefferfrüchte sitzen dicht gedrängt in ährigen Fruchtständen, deren Achsen (Fruchtspindeln) oft massenhaft in der nicht ausgelesenen Rohware vorkommen. Werden diese

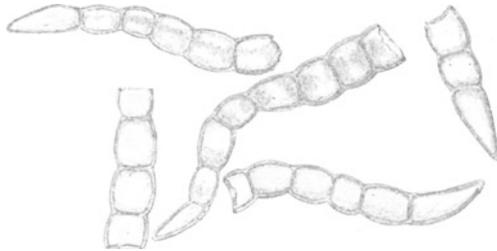


Fig. 162. Haare der Pfefferspindel. — Vergr. $150/1$.

mit gepulvert, so erscheinen im Gewürz viele Bastfasern und bis $30\ \mu$ weite Gefäße sowie insbesondere höchst charakteristische, aus einreihigen kurzen Zellen gebildete Haare (Fig. 162).

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, welche hochrote Öltröpfchen enthalten (vgl. S. 198), 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, welche 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. 148 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. 153) geschilderten charakteristischen Bau der Getreidesamenschalen und zugleich mit gelbem, bei Jodzusatze sich tiefer bräunendem Inhalt erfüllte dickwandige Zellen (Kleberzellen), so ist die Fälschung mit Kleie nachgewiesen.

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, welche 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 große Bündel mit Phloroglucin-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, welche von konzentrierter Schwefelsäure nicht angegriffen werden. Dies sind Korkzellen. Hat man den Verdacht geschöpft, daß eine Verfälschung des Pfeffers mit Baumrinde vorliegt, so läßt man konzentrierte Schwefelsäure zwölf Stunden lang auf das Präparat einwirken und wäscht es dann mit reichlichem Wasser aus. Sind nach dieser Frist tafelförmige oder isodiametrische, noch unversehrte Zellen vorhanden, so ist die Fälschung nachgewiesen.

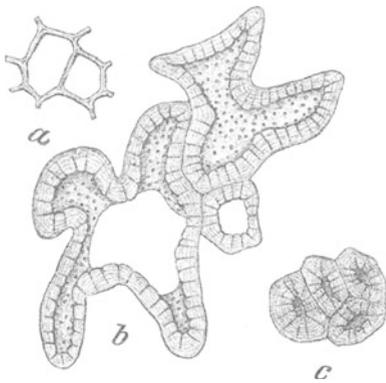


Fig. 163. Elemente der Nußschalen: *a* von der innersten, *b* von der mittleren, *c* von der äußersten Schicht. — Vergr. $\frac{250}{1}$.

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, welche 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. 163) durch. Alle Steinzellgruppen, welche in organischer Verbindung mit dünnwandigem Parenchymgewebe stehen, gehören der Nußschale nicht an, ebenso Steinzellen, welche 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 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. 182, Fig. 152) und der Kokospalme (*Cocos nucifera*, Fig. 164) 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. 89); ferner sind die großen, teils dunkel-undurchsichtigen, teils glashellen Schollen im Präparat höchst verdächtig. Um zur Sicherheit zu gelangen, extrahiere man das Fett eines kleinen Quantum 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. 141, S. 175) 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. 188), so auch zu der des Pfeffers wird die Erdnuß (*Arachis hypogaea*) verwendet. Das oben angegebene Merkmal der säge- oder kammartig verdickten Samenhautzellwände (Fig. 159) läßt die Preßrückstände der *Arachis* leicht erkennen.

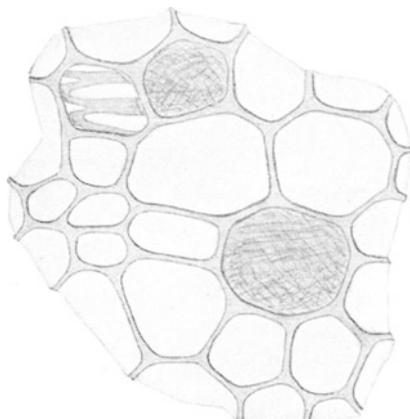


Fig. 164. Endosperm der Kokosnuß; zwei Zellen mit Fettsäurenadeln. — Vergr. $\frac{250}{1}$.

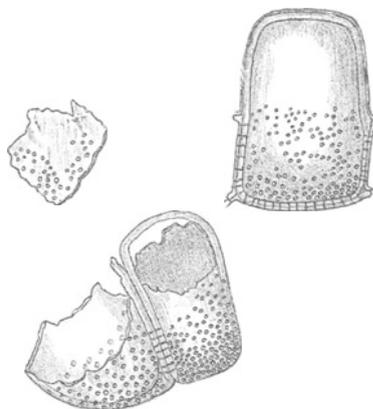


Fig. 165. Mandel-Preßkuchen. Braune, dickwandige Epidermiszellen. — Vergr. $\frac{106}{1}$.

Mandel-Preßkuchen. — Die Preßrückstände, welche bei der Gewinnung des Mandelöls bleiben, sind stets und leicht an den großen, unter dem Mikroskop gelb oder gelbbraun aussehenden, stark getüpfelten Epidermiszellen (Fig. 165) 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 Rapssamen enthalten größere Mengen von Pflanzenschleim, welcher mittels der Tuschreaktion nachgewiesen wird. Man verfährt dabei in der oben (S. 89) angegebenen Weise. Überall, wo ein Stückchen der Samenoberhaut von Lein oder Raps liegt, entsteht nach wenigen Minuten ein durchsichtiger Fleck, welcher durch das Zurückdrängen der Tuscheflitterchen durch den aufquellenden Pflanzenschleim gebildet wird. Hat man auf diese Weise die Anwesenheit des einen der beiden Verfälschungsmittel erkannt, so ist nun die Unterscheidung derselben nicht schwer. Die leichtesten kenntlichen Elemente der Leinkuchen sind in Fig. 167 dargestellt. Es sind dies viereckige Plättchen, erfüllt mit dunkelbraunem Farb-

stoffinhalt (*pig*) sowie in Bündeln liegende Faserzellen (*f*), welche von sehr feinen und durchsichtigen Querzellen (*q*) gekreuzt werden.

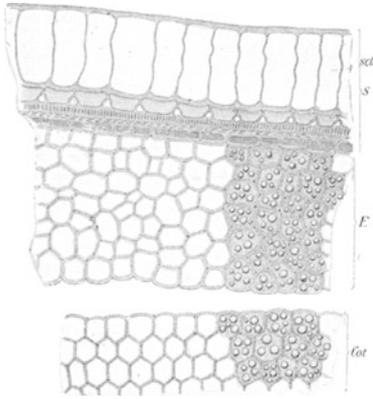


Fig. 166. Querschnitt durch den Leinsamen. *S* Samenschale; *E* Endosperm; *Cot* Cotyledonargewebe; *sch* Schleimepidermis. — Vergr. $\frac{125}{1}$.

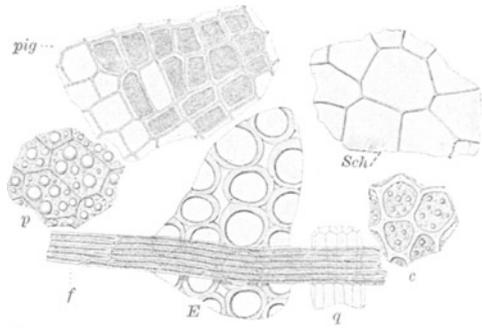


Fig. 167. Elemente des Leinpreßkuchens in der Flächenansicht. *pig* Pigmentschicht; *Sch* Schleimepidermis; *p* Embryonalgewebe; *f* Faserschicht; *c* Endosperm; *E* Ringzellen. — Vergr. $\frac{190}{1}$.

Derartige Elemente fehlen dem Rapskuchen vollständig. Dort sind (vgl. Fig. 168) 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.

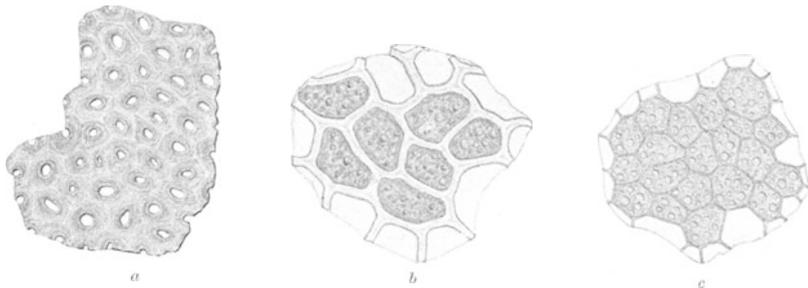


Fig. 168. Elemente des Raps-Preßkuchens in der Flächenansicht. *a* Palissadenschicht; *b* Kleberschicht; *c* Embryonalgewebe. — Vergr. $\frac{250}{1}$.

Schließlich sei noch auf einen Unterschied hingewiesen, welcher es erlaubt, die beiden Verfälschungen bei einiger Übung sehr leicht zu erkennen. Sowohl bei Raps wie bei Lein kommen rein weiße Gewebefetzen vor (Fig. 167 p; 168 c), welche 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 Zellfetzen sofort schön gelb, wenn sie zum Raps gehören, bleiben dagegen farblos, wenn sie vom Lein stammen.

Sonnenblumensamen. — Preßkuchen, welche 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, welche stets zu zweien dicht nebeneinander entspringen, sowie durch Epidermiszellen, welche 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 0/0, weißer nicht über 4 0/0 Asche liefern.

Piment.

Als Piment oder Nelkenpfeffer (Fig. 169, 170) 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 runzlige) Außenfläche, vierzähligen Kelchrand auf dem Scheitel und besonders (was beim Durchschneiden sofort sichtbar wird) durch die von einer Scheidewand durchzogene, gedoppelte Höhlung im Innern.

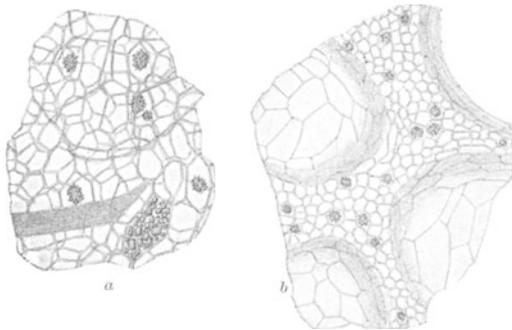


Fig. 169. Gewebe des Piment. a Scheidewand der Frucht; b Parenchym der Fruchtschale mit Ölräumen. — Vergr. 100/1.

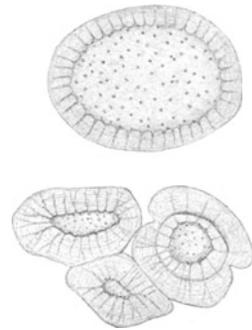


Fig. 170. Steinzellen des Piment. Vergr. 100/1.

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 Frag-

mente 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, welche sich auf der Epidermis der Frucht befanden. Diese Härchen sind sehr charakteristisch, aber nur spärlich vorhanden. 2. Der voluminöseste Bestandteil sind große Steinzellen (Fig. 170). Sie stammen aus der Fruchtschale; ihre Membran ist verschieden stark verdickt; die Porenkanäle, welche 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. 169 b) zu sein, welche deutlich gewölbt sind und eine zellartige Netzzeichnung aufweisen: die Wände der großen Ölräume, welche das ätherische Öl der Pimentfrucht enthalten. Bei Betrachtung in Wasser sind diese Gewebestücke tief braun. 4. Gleichfalls braun oder rotbraun sind zartwandige Zellen, welche sowohl aus dem Fruchtfleisch wie aus der Scheidewand der Fruchthöhle stammen. Mehrfach sind diese Zellen fast ganz erfüllt mit trümmerartigen Einzelkristallen von Kalkoxalat (Fig. 169 a). 5. In Wasserpräparaten können besonders bei Jodzusatze die reichlich vorhandenen, sehr kleinen Stärkekörner nicht übersehen werden. 6. Sehr auffällig sind ferner die Tropfen des grünlich gefärbten ätherischen Öls, welche sich reichlich im Präparat vorfinden. 7. Endlich enthält das Pimentpulver auffällig massenhaft kleine Kristalldrüsen von Calciumoxalat.

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. 182). Diese Fälschung ist sehr leicht zu entdecken. Auch die Nelkenstiele enthalten reichlich dickwandige Zellelemente, welche 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 Verfälschung des Pimentpulvers mit Holz- und Rindenbestandteilen verschiedenster Herkunft hinweist und solche leicht erkennen läßt.

Paprika.

Das beißend scharfe Gewürz, welches 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) Öltröpfchen in den äußern Schichten des Fruchtfleisches bedingt. Diese Öltröpfchen sind das beste Erkennungsmittel für die allermeisten Gewebepartikel, welche bei der mikroskopischen Untersuchung von

Paprikapulver begegnen. Es gibt zwar auch nicht tiefrote, ja sogar grüne Sorten von Paprika, welche nicht weniger scharf schmecken als die roten. Als Pulver kommen diese Sorten im Kleinhandel aber kaum 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 aufmerksamerem Suchen stets gefunden. Das hervorstechendste Merkmal des Pulvers

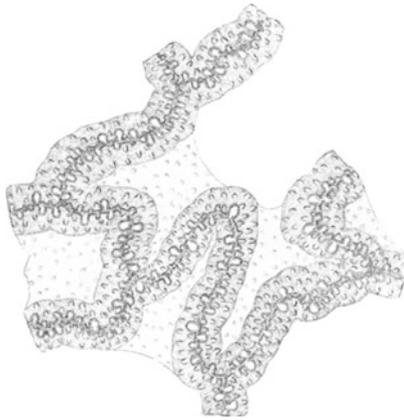


Fig. 171. Gekrüszellen der Paprikasamenschale.
Vergr. 100₁.

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.

Ferner ist als negatives Merkmal beachtenswert, daß größere Partien von Gefäßbündeln und andern 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 Fruchstiels zeigen); endlich sind die Stärkekörner der Paprikafrucht nur in recht geringer Zahl vorhanden und außerordentlich klein. Alle Stärke, welche deutliche große Körner darstellt und welche in einiger Menge vorhanden ist, deutet auf Verfälschung.

Ganz besonders charakteristisch aber sind die Fragmente der Samenschale von *Capsicum*. Dieselben stellen (vgl. Fig. 171) derbwandige Fetzen von ganz eigentümlicher Struktur dar. An dem gekrümmten Aussehen, welches 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 (welchem zweckmäßig einige Tropfen Ammoniakflüssigkeit zugesetzt sind); darauf fertigt man Präparate und durchmustert dieselben zunächst ohne Zusatz einer Reagens.

Alle Gewebeteile, welche rote oder gelbe Punkte (Öltropfen) enthalten, sowie farblose dünnwandige Parenchymfetzen sind ebensowenig zu beanstanden wie die als Fragmente der Samenschale erkannten Gekrümmzellen. 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, welche braun gefärbt sind, den Verdacht erregen, daß eine Fälschung vorliegt, da die Paprikafrucht 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, Rindenmehl, 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, welche 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, welche 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, welches für Arzneizwecke (Senfumschläge usw.) bestimmt ist oder welches 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 Besseriana* (Sareptasenf) und *Brassica nigra* (schwarzer Senf) dar. Je nach den verschiedenen gebräuchlichen Fabrikationsweisen wird der geschälte oder ungeschälte, der durch Auspressen seines Öls größtenteils entledigte oder der ölhaltige Samen gemahlen. Dementsprechend kann Qualität und mikroskopisches Bild verschiedener Senfmehle sehr variabel sein.

Bekanntlich ist die scharf schmeckende Verbindung, welche 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, welches 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 beigemengt 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, welche die Erkennung ermöglichen.

Die Anatomie der Senfschalen erhellt aus Fig. 172. Zu oberst liegen als Epidermis (*schl*) große farblose und glänzende Zellen. Die Haupteigentümlichkeit derselben besteht darin, daß aus der Membran entstandener Schleim die ganzen Zellen ausfüllt. Legt

man trockenes Senfpulver in der S. 194 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. 172 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 die Außenwände und die übrige Hälfte der Seitenwände unverdickt blieben. Diese Palissadenzellen sind bei schwarzem und Sareptasenf dunkel-

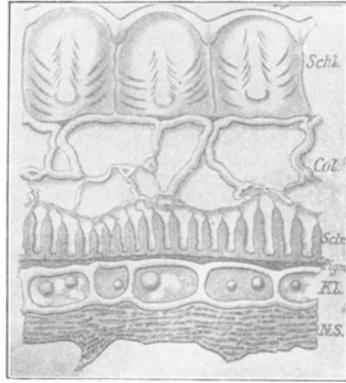


Fig. 172. Weißer Senf. Querschnitt durch die äußeren Partien des Samens. *Schl.* Schleimepidermis; *Col.* Collenchymschicht; *Scl.* Palissadenschicht; *Pigm.* Pigmentschicht; *Kl.* Aleuronschicht; *NS.* Endosperm. — Vergr. $\frac{250}{1}$. (Nach ROSEN.)

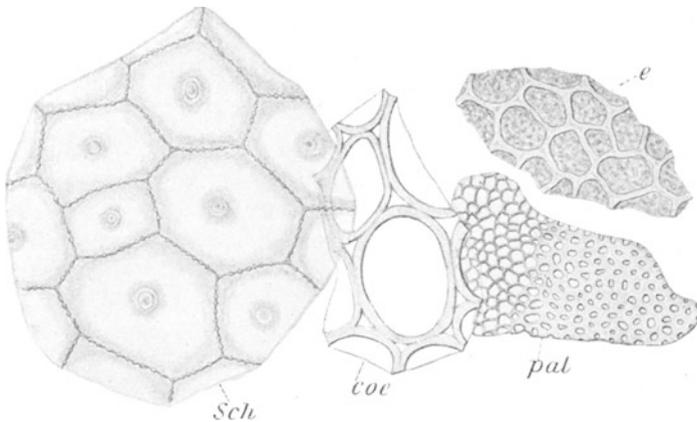


Fig. 173. Gewebe des weißen Senf in der Flächenansicht. *Sch.* Schleimepidermis; *col.* Collenchymschicht; *e.* Embryonalgewebe; *pal.* Palissadenschicht. — Vergr. $\frac{250}{1}$.

rotbraun, beim weißen Senf dagegen fast ungefärbt. Die intensive Färbung dieser Schicht (sowie der darunter liegenden), welche

das verschiedene Aussehen der dunklen Samen von *Brassica nigra* und *B. Besseriiana* sowie die helle Farbe der Körner der *Sinapis alba* erklärt, bietet das beste Merkmal für die Unterscheidung der Sorten.

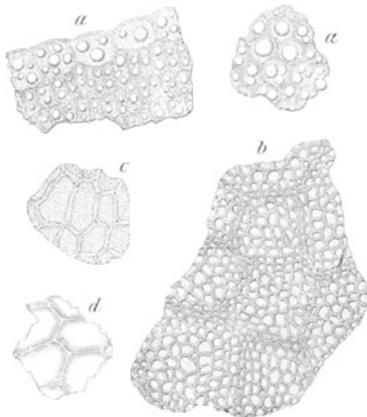


Fig. 174. Gewebe des schwarzen Senf.
 a Embryonalgewebe; b Palissadenschicht;
 c Aleuronschicht; d Schleimepidermis.
 Vergr. $200 \times$.

In Fig. 173, 174 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.

Einzig die nicht eben selten als Verfälschung des Senfpulvers verwendet

den 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. 195, Fig. 166, 167) 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 Samenmantel (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. Dieser besteht aus Kalk und rührt von dem Gebrauch her, die Kerne vor dem Export zu kalken. 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. 175, *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, welche 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, welche kleine Würfel oder Oktaëder 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.

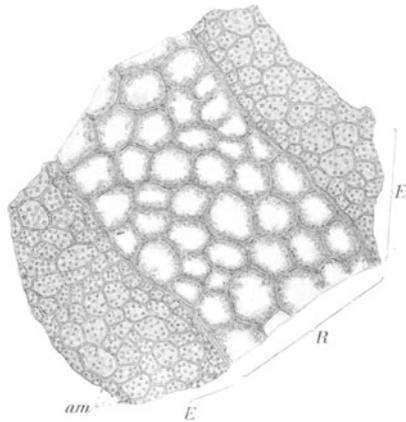


Fig. 175. Schnitt durch die Muskatnuß. *E* Endosperm; *R* Ruminationsgewebe; *am* Stärkekörner. Vergr. $\frac{60}{1}$.

Um den Muskatnußzusatz zur Schokolade nachzuweisen, verwendet man (vgl. S. 187) den Rückstand, welcher 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 Kakao-
bohnen 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.

Macis, Muskatblüte. — Der Arillus 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.



Fig. 176. Muskatnuß mit Macis.
(Nach MÖLLER)



Fig. 177. Bombay-Muskatnuß mit Arillus.
(Nach MÖLLER.)

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 Arilluszweige des Bombay-Macis nach oben schmaler und wurm-

förmig gestaltet sind, sich auch nach der Spitze zu einer Kappe verflechten (vgl. Fig. 176, 177). 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 Unterscheidung 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, welche 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

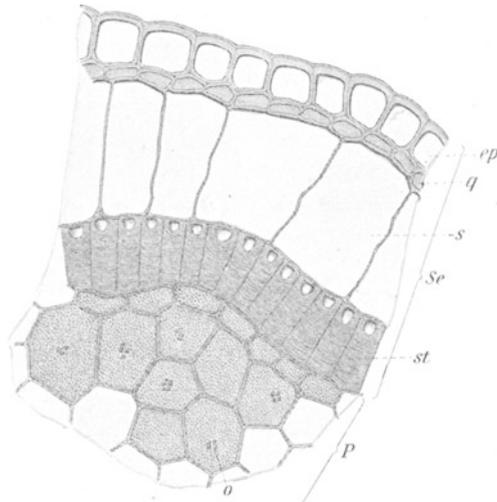


Fig. 178. Querschnitt durch den äußersten Teil des Kardamomensamens. *ep* Epidermis; *q* Querzellenschicht; *s* Sekretzellen; *st* Steinzellen; *P* Perisperm; *o* Kalkoxalatkrystalle; *Se* Samenschale. Vergr. $\frac{110}{1}$.

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. 154, Fig. 116, B) aus. Ferner sei beachtet, daß aus den Figuren, welche 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-Kardamomen 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, welche 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 Calciumoxalat vorkommen. Ferner wird der Hauptteil guten Pulvers von den Geweben der Samen gebildet, in welchen hornartig festgepreßt teils Aleuron und fettes Öl, teils außerordentlich kleine, aber zu großen Klumpen zusammengeballte Stärkeköerner 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.

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, welche 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, welche 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 monocotyle 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.

3. Schließlich bilden die 0,4 mm langen und 0,3 mm breiten fast schwarzen Samen (Fig. 179) ein sehr wichtiges diagnostisches Merkmal. Diese erscheinen unter dem Mikroskop als vollkommen undifferenzierte Körner, füt 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.



Fig. 179.
Same der
Vanille.
Vergr. $\frac{25}{1}$.

Eine Unterscheidung der echten Vanille in dem Zustand, in welchem 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 dieses 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.

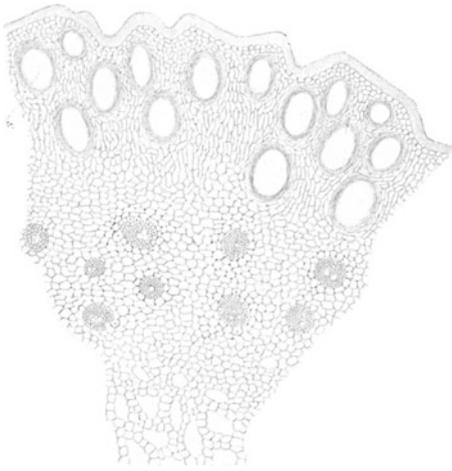


Fig. 180. Querschnitt durch den äußeren Teil des „Stieles“ der Gewürznelke. s Sekretbehälter. Vergr. $\frac{60}{1}$.

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

Receptaculum desselben; die vier derben Zipfel am obren Ende des „Stiels“ stellen Kelchblätter dar; die kugelige Kuppe wird gebildet durch vier Blumenblätter, welche eine große Zahl von Staubgefäßen und den Griffel umschließen.

Der Bau des die Hauptmasse der Droge ausmachenden Stiels wird durch Fig. 180 erläutert. Die Mitte wird eingenommen durch ein 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 eingetrockneten Öl versehenen Ölräumen; die Oberfläche selbst wird von einer lederigen, nach außen sehr dickwandigen Epidermis gebildet. Die Kelchblätter bestehen aus Parenchym, welches 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, welche 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.



Fig. 181. Nelkenstiel in natürl. Größe.

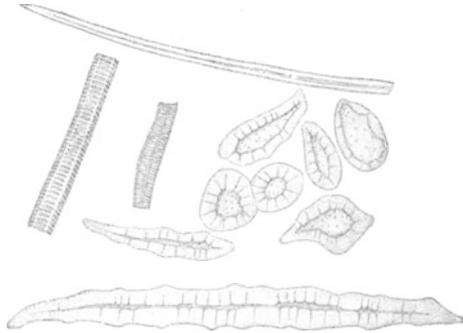


Fig. 182. Verholzte Elemente des Nelkenstielpulvers. Vergr. 170 $\frac{1}{1}$.

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 *Festucae Caryophyllorum*). Es sind dies (vgl. Fig. 181) die Blütenstandsteile, von welchen 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. 182), 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. 191—196. Auch Piment (vgl. S. 196) 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, welcher 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 Filtrerrückstand 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. 229); 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 Verfälschungen 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 Aschëbestimmung (Safran bis 4,5 %) nachzuweisen.

Insektenpulver.

Mehrere *Chrysanthemum*-Arten (*Compositae*) liefern Blütenköpfchen, welche in getrocknetem und gemahlenem Zustand imstande sind, Insekten zu töten. In hervorragender 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 dalmatinische, die der zweiten das kaukasische („persische“) Insektenpulver.

Die mikroskopische Untersuchung des Insektenpulvers ist ziemlich leicht zu bewirken, da eine ganze Anzahl von leicht kenntlichen Elementen vorhanden sind, welche es charakterisieren (vgl. Fig. 183, 184).

Das Präparat wird mit Wasser hergestellt, da die Teile ge-

nügend 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.

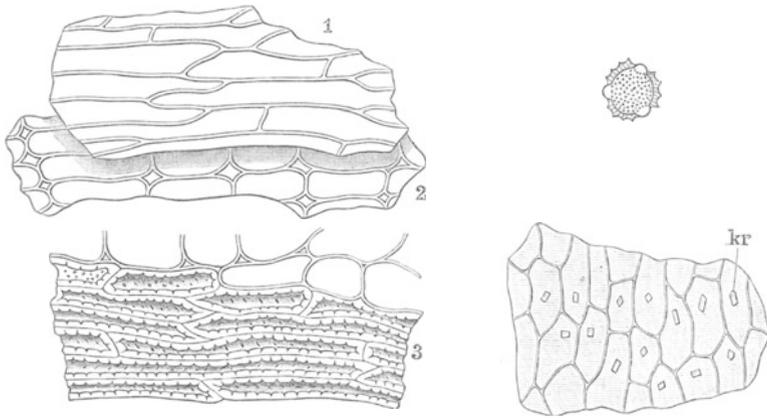


Fig. 183. Längsschnitt durch ein äußeres Hüllkelchblatt von *Chrysanthemum cinerariifolium*. Links: 1 Epidermis, 2 unverdickte Mittelschicht, 3 Sklerenchymschicht. Rechts oben: Pollenkorn, unten: Stück eines Blumenblattes mit Kristallen (kr) von Kalkoxalat. (Nach TSCHIRCH und OESTERLE.)

Ein ferneres Erkennungszeichen bieten die „zweiarmigen“ Haare, welche 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, welche 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, welche 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.

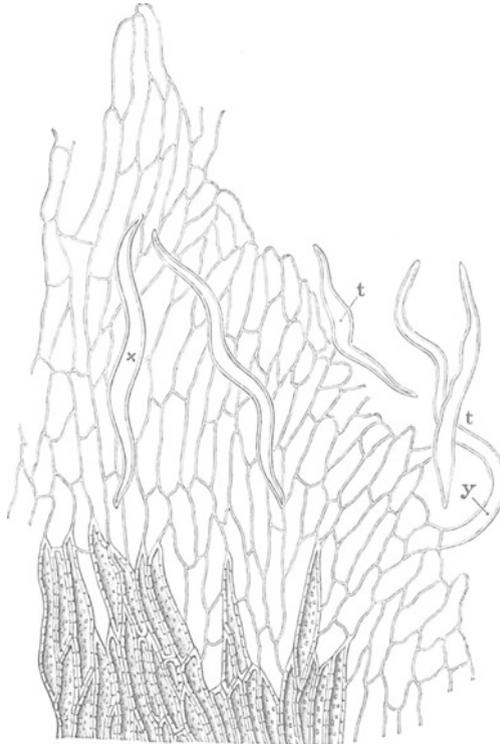


Fig. 184. Flächenansicht des Randes eines inneren Hüllkelchblattes von *Chrysanthemum cinerariifolium*. *t*, *x* zweiarmige Haare, *y* einfaches Haar. (Nach TSCHIRCH und OESTERLE.)

Bei der Untersuchung merke man, daß dickwandige Zellen des Insektenpulvers stets nur einfache, ganz feine Poren aufweisen und höchstens zehnmal so lang als 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. 229) 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 (insbeson-

dere von *Chr. corymbosum*) hin. Fragmente mit gelben Öltröpfen werden leicht als die nicht selten beigemengten Reste von *Calendula*-Blüten erkannt.

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. 92) die anatomischen Eigentümlichkeiten des Teeblattes kennen gelernt. Dieselben bieten so ausgezeichnete Erkennungsmerkmale für den Teestrauch, daß die Untersuchung dieses Genußmittels eine der leichtesten ist, welche in der Praxis gefordert werden.



Fig. 185. Querschnitt durch das Teeblatt. Vergr. $\frac{250}{1}$.

Als charakteristisch für die Teeblätter sind in erster Linie die Spikularzellen (Sklerenchymzellen) zu nennen, welche das ganze Blatt von einer zur andern Epidermis durchsetzen und sehr dickwandige, in seltener und bezeichnender Weise ausgebildete, knorrigere Zellen (Fig. 185, 186) 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 sicher-

sten in und bei der Mittelrippe, zu finden.

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. 187).

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 andern auch die in Fig. 186 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

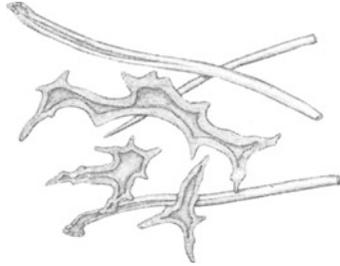


Fig. 186. Spikularzellen und Haare des Teeblattes. — Vergr. $\frac{125}{1}$.

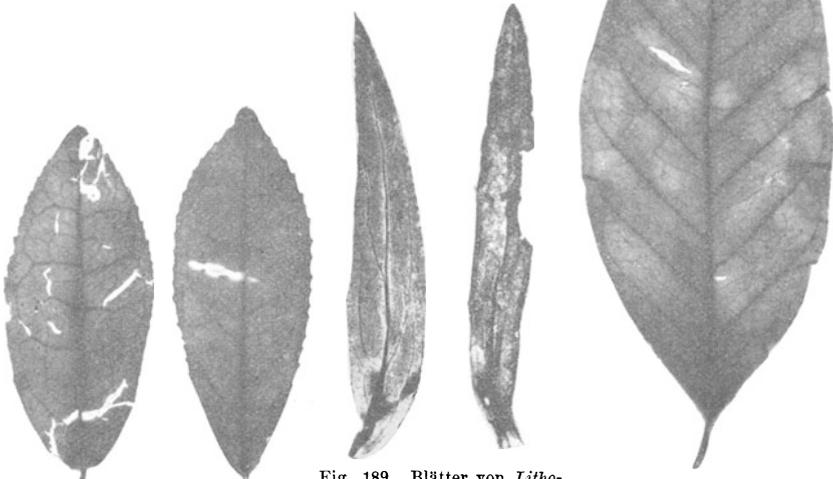


Fig. 187. Chinesischer Tee (*Thea sinensis*).

Fig. 189. Blätter von *Lithospermum officinale*. (Figur links nach MÜLLER.)

Fig. 188. Kaffeeblatt (*Coffea arabica*).



Fig. 190. Weidenröschen (*Epilobium angustifolium*).



Fig. 191. Blatt von *Epilobium hirsutum*.



Fig. 192. Weidenblatt (*Salix alba*).

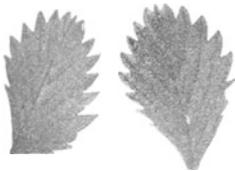


Fig. 193. Teilblättchen der Erdbeere (*Fragaria vesca*).



Fig. 194. Schlehe (*Prunus spinosa*).



Fig. 196. Esche; Teilblatt (*Fraxinus excelsior*).

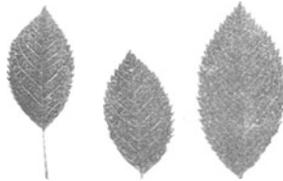


Fig. 197. Rosenblätter; Teilblätter.



Fig. 195. Kirschblatt (*Prunus avium*).

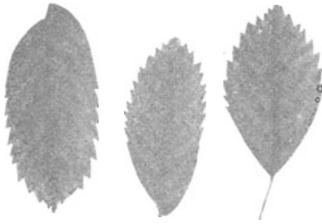


Fig. 198. Eberesche; Teilblätter
(*Sorbus aucuparia*).



Fig. 199. Maulbeerbaum
(*Morus alba*).



Fig. 200. Spierstaude (*Spiraea
ulmaria*); Teilblatt.



Fig. 201. Eschen-Ahorn (*Acer
negundo*); Teilblättchen.

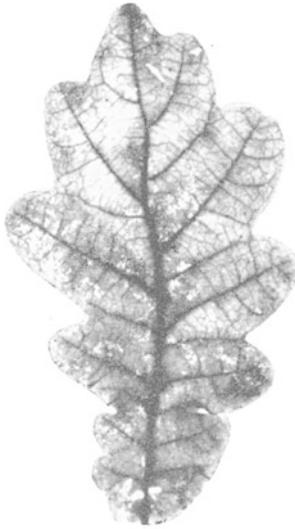


Fig. 202. Eichenblatt
(*Quercus pedunculata*).



Fig. 203. Heidelbeere
(*Vaccinium Myrtillus*).

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. Anato-

mische 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 187—203 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 Blatt-drogen als Matesurrogate bezeichnet werden.



Fig. 204. Querschnitt durch ein Mateblatt (*Ilex paraguariensis*). — Vergr. $190/1$.

Mate ist anatomisch charakterisiert (Fig. 204) durch zweischichtige oder wenigstens an einzelnen Stellen durch verschleimte Membranen scheinbar zweischichtige Epidermis der Oberseite und breitgezogenes, meist sehr große Interzellularen aufweisendes Schwammparenchym. 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 Blatt-

unterseite vorkommenden) Spaltöffnungen sind größer als die Epidermiszellen.

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 wird 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. 205).

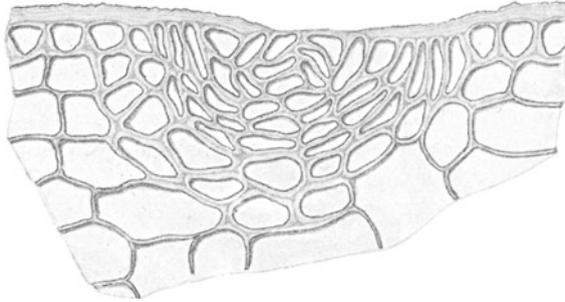


Fig. 205. Querschnitt durch einen Korkwarzenpunkt des giftigen Mateblattes (*Ilex amara*).
Vergr. $\frac{280}{1}$.

Sind solche Punkte an den Fragmenten der Droge nicht sichtbar, so ist sie unverdächtig; finden sich dieselben aber, so liegt *I. amara* vor, wenn die Blattepidermis einschichtig und in ihrer Dicke gleich oder breiter als das langgestreckte Palissadengewebe 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, welche denen des Tees (vgl. Fig. 186) 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, welche 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 Merk-

male 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. 206) sieht man nun bei durchfallendem Licht dunkle (fast schwarze) Punkte oder bei stärkerer Vergrößerung Zellen, welche mit Kristallsand (kleinsten Kriställchen) von Kalkoxalat dicht erfüllt sind. Diese Kristallsandzellen, welche in keinem vom Tabak gemachten Präparat fehlen, sind eines der vorzüglichsten Erkennungsmittel desselben.

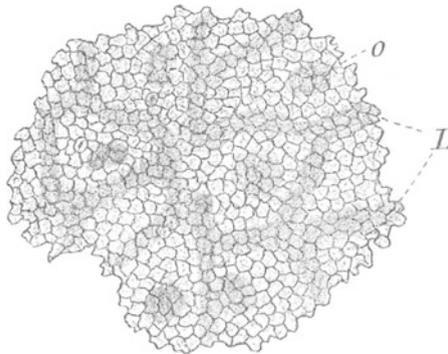


Fig. 206. Tabaksblatt. Gebleichtes Blattstückchen. *L* Leitbündel; *o* Kristallsandzellen.
Vergr. $\frac{115}{1}$.

Nachdem man nun das Licht genügend abgeblendet, durchmustere 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 Tabaksblatt 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, welche der Epidermis aufsitzen (Fig. 207). Man unterscheidet leicht zwei verschiedene Haupttypen von Haaren am Tabaksblatt, nämlich solche mit deutlich abgesetztem, mehrzelligem Kopf (Drüsenhaare) und gewöhnliche, nicht sezernierende Haare.

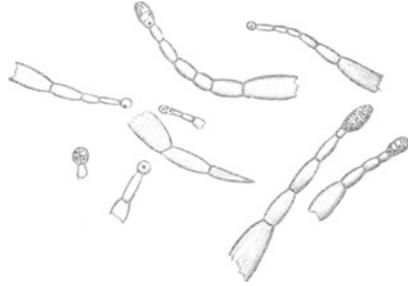


Fig. 207. Haare des Tabaksblattes. — Vergr. $\frac{60}{1}$.

Die Drüsenhaare des Tabaks (von welchen 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, ölarartigem Inhalt erfüllten ellipsoidischen, mehrzelligem 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 Calciumoxalat (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 sind durch Bundesratsbeschluß eine ganze Anzahl von Surrogaten des Tabaks und von Zusätzen zu den Fabrikaten erlaubt, welche bestimmt sind, den Geschmack des Produkts zu beeinflussen. Am deutlichsten tritt das Parfüm bei den als Cincinnati und Shag bezeichneten geschnittenen Rauchtobaken hervor, welche 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 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.

Alle andern Surrogate und Parfüms, insbesondere auch das häufig gebrauchte Waldmeisterkraut, Kartoffelkraut sowie Lavendelblüten, sind Fälschungen.

Eibischblätter (Fig. 208, 209). — Schon durch beiderseitige, dichte, angedrückt-sammetartige, graue Behaarung sind die Blätter

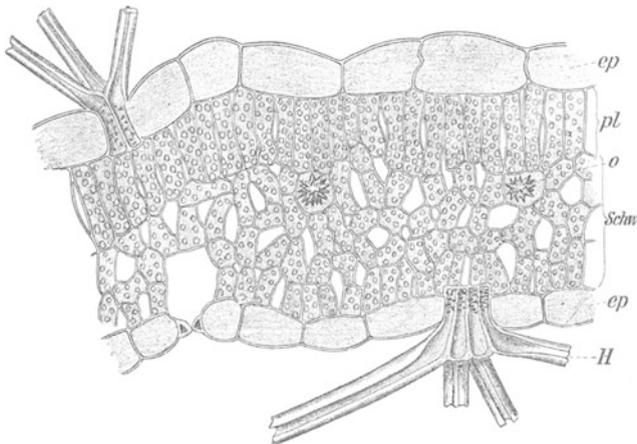


Fig. 208. Querschnitt durch das Eibischblatt. *ep* Epidermis; *pl* Palisadenparenchym; *o* Kalkoxalatdrüse; *Schw* Schwammparenchym; *H* Büschelhaar. — Vergr. $260/1$.

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. 208), während die Haarschäfte dann sich weit auseinander spreizen. Dadurch entstehen auf der Flächenansicht (Fig. 209) ganz regelmäßige, sternartige Figuren. Außer diesen Büschelhaaren kommen noch mehrzellige, farblose oder gelbliche, fast ungestielte Drüsenhaare vor. Im Blattgewebe sind reichlich Kristalldrüsen von Kalkoxalat vorhanden. Ferner ist das Blatt

ausgezeichnet durch reiche Mengen von Pflanzenschleim, welcher vermittelt der S. 89 beschriebenen Tuschereaktion leicht nachgewiesen wird.

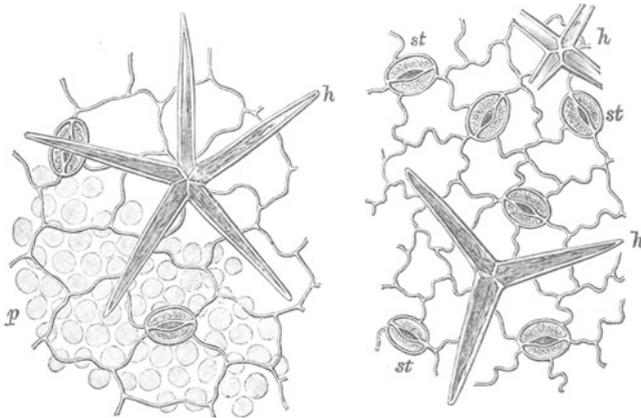


Fig. 209. Epidermis des Eibischblattes, *A* der Blattober-, *B* der Blattunterseite; *h* Büschel- (Stern-Haare, *p* durchscheinende Palissadenzellen, *st* Spaltöffnungen. (Nach VOGL.)

Wegerichblätter (Fig. 210). — In Betracht kommen vorzüglich die Blätter von *Plantago major* und *P. media*, weniger diejenigen

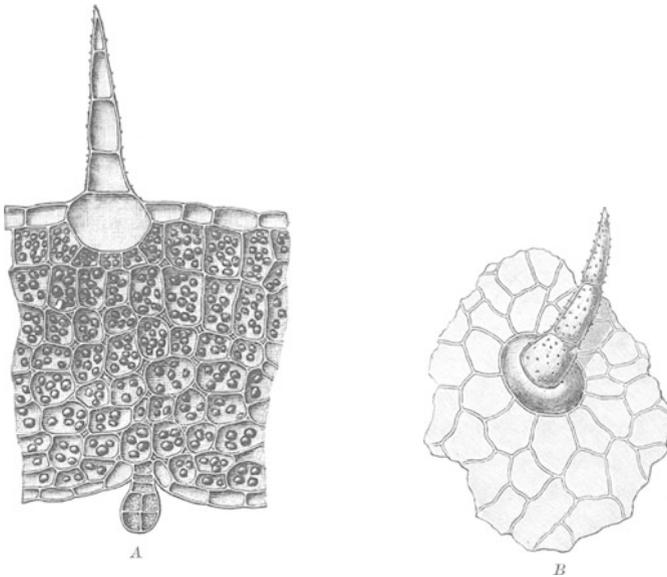


Fig. 210. Blatt des großen Wegerich (*Plantago major*). *A* Querschnitt, *B* Stück der Oberhaut mit Haar. — Vergr. $\frac{200}{1}$.

von *P. 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 Lupenbetrachtung darauf, daß bei Wegerichblättern nur die Haupt- und die von ihnen abzweigenden Nerven ersten Grades deutlich vorspringend sichtbar sind, während vom feineren Nervennetz nichts bemerkbar ist.

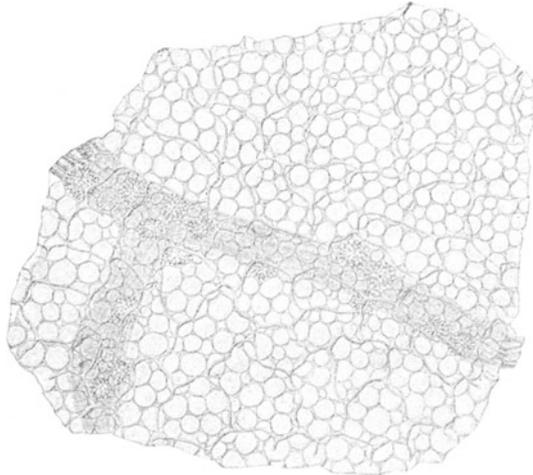


Fig. 211. Flächenansicht der Oberseite eines gebleichten Weichselblattes (*Prunus cerasus*).
Vergr. $\times 50/1$.

Ferner bieten die anatomischen Querschnitts- und Flächenbilder ein recht charakteristisches Aussehen. Am Querschnitt (Fig. 210, A) sieht man, daß ein ausgeprägtes Palissadengewebe nicht vorhanden ist, sondern daß die gesamten Zellen des Mesophylls ungefähr gleich groß sind; die kleinen Nerven, welche der Querschnitt zeigt, liegen als vollkommen kreisförmige Gebilde im Mesophyll eingeschlossen. Besonders 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 dreieckartig 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, welche hier besonders

reichlich vorkommen, ist an als Tabaksurrogat dienenden Blättern nicht mehr erkennbar.

Kirsch- und Weichselblätter (*Prunus avium* und *P. cerasus*, Fig. 195, 211). — 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 Blatt- rand geachtet, welcher auf jedem Zahn ein höchst charakteristisches, aus vielen fächerförmig angeordneten Zellen bestehendes, großes Drüsen- gebilde trägt.

Vanillewurzelkraut (*Liatris odoratissima*, Fig. 212). — Höchst be- zeichnend für diesen durch Cumarin- reichum hervorragenden Parfümzu- satz sind sehr reichlich vorhandene Drüsenhaargebilde, welche tief ver- senkt ihren Ursprung nehmen, sich als dicke, keulenförmige Zellreihe auf oder über die Oberfläche der Epi- dermis erheben und in ihrem oberen Teil häufig derart umgebogen sind, daß dieser flach auf der Epidermis liegt. — Im Flächenbild (gebleichtes Blatt) sehen diese Drüsenhaare kur- zen und dicken Würmern ähnlich, welche aus Grübchen in der Epidermis herauschauen.

Huflattichblätter (*Tussilago farfara*, Fig. 213). — Huflattich- blätter sind auf ihrer Unterseite mit einem dichten Filz überzogen, welcher aus sehr langen Haaren besteht, deren jedes einer Hunde- peitsche ähnlich sieht. Ein dünnwandiger, dicker, mehrzelliger Stiel trägt einen unregelmäßig gebogenen dickerwandigen aber schmalen, sehr langen, einzelligen Endteil.

Nesselblätter (*Urtica dioica*, *U. urens*, Fig. 214). — 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 Cystolithe, welche diese Blätter aufs leichteste erkennen lassen. Dies sind Konkre- mente von Calciumcarbonat, welche ellipsoidische oder kurz walzen- förmige (von oben gesehen runde) Gebilde in Epidermiszellen dar-

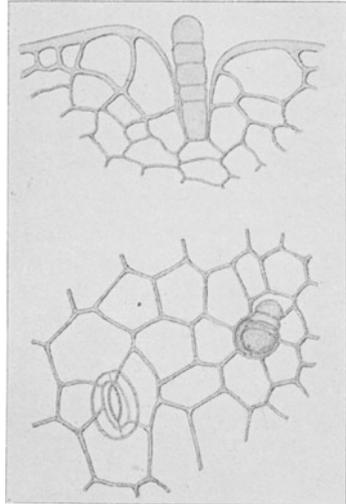


Fig. 212. Vanillewurzelkraut. Oben Quer- schnitt einer Haaransatzstelle; unten Flächenansicht der Epidermis der Blatt- unterseite mit Haar und Spaltöffnung. — Vergr. $\frac{100}{1}$.

stellen. Sie sind an jedem gebleichten Blattfragment sofort sichtbar; daß es sich um Ablagerungen von kohlen saurem Kalk handelt,

erkennt man leicht daran, daß beim Hinzufügen von Schwefelsäure sich unter starker Gasentwicklung Gipsnadeln bilden.

Rosenblätter (*Rosa centifolia*, Fig. 215). — Die sehr zarten Blumenblätter der Rose werden daran erkannt, daß die

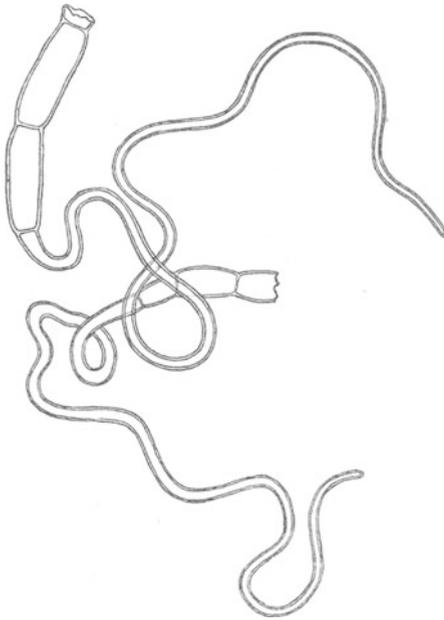


Fig. 213. Hufblattchenblätter. Haare von der Blattunterseite. — Vergr. $\frac{110}{1}$.

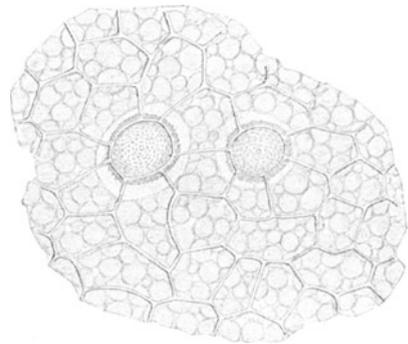


Fig. 214. Flächenansicht eines gebleichten Nesselblattes (*Urtica dioica*) mit zwei Cystolithen. — Vergr. $\frac{250}{1}$.

Epidermis der Unterseite aus Zellen mit welligen Wandungen und angesetzten, ins Lumen hineingehenden Fortsätzen besteht, während die

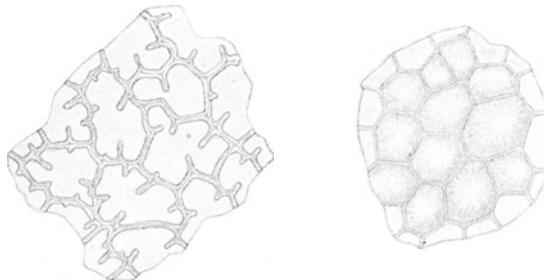


Fig. 215. Flächenansicht des Blumenblattes der Rose; links Unter-, rechts Oberseite. — Vergr. $\frac{250}{1}$.

Epidermiszellen der Oberseite gradwandig und papillös (kegelförmig erhaben) sind. Bei scharfer Einstellung erkennt man auf der Oberseite feinste Striche (Kutikularleisten), welche von der Umfangswand nach der Spitze jedes Kegels zu verlaufen, diesen aber nicht erreichen.

Steinkleeblüten (*Melilotus*, hauptsächlich *officinalis* und *altissimus*, Fig. 216). — Diese Blüten sind noch so weit intakt, daß 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*).

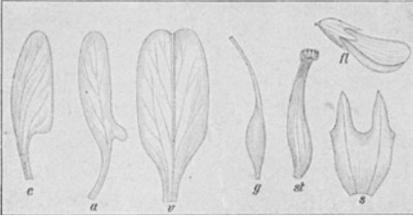


Fig. 216. Lupebild der Steinkleeblüte. *v* ganze Blüte; *c* Schißen; *a* Flügel; *v* Fahne; *g* Fruchtknoten; *st* Staubgefäße; *s* Teil der Kelchröhre. Schwach vergrößert.

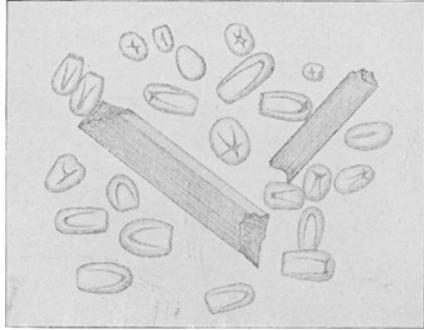


Fig. 217. Veilchenwurzelpulver. Stärkekörner und beiderseits abgebrochene Kalkoxalatkristalle. Vergr. $\frac{250}{1}$.

Veilchenwurzelpulver (*Iris germanica*, *florentina* und *pallida*, Fig. 217). — Das Pulver der *Iris*-Rhizome ist leicht kenntlich an

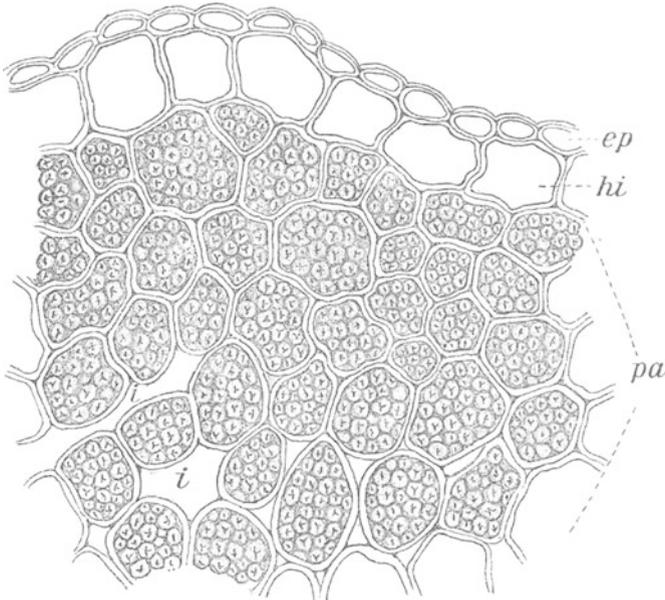


Fig. 218. Baldrianwurzel. Querschnitt durch den äußersten Teil einer jungen Wurzel. *ep* Epidermis; *hi* sekretführendes Hypoderm; *pa* stärkeführendes Rindenparenchym; *i* Interzellularräume. Vergr. $\frac{85}{1}$.

den großen, balkenförmigen (meist zerbrochenen) Kristallen von Kalkoxalat und an den Stärkekörnern, welche im typischen Bild langgestreckt, an einem Ende gerundet, am andern abgestutzt sind und meist zwei hufeisenförmig angeordnete Spalten aufweisen.

Baldrianwurzel (*Valeriana officinalis*, Fig. 218). — Kennlich daran, daß sich unter der kleinzelligen Epidermis ein sehr großzelliges Hypoderm findet. Das nach innen folgende Rindenparenchym ist mit Stärke erfüllt.

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, welche beim Tabak alle in ein Drüsenköpfchen ausgehen, enden beim Kartoffelkraut in einfache Spitzen; bei genauer Betrachtung sieht man, daß fast alle Haare gekörnt sind, während beim Tabak nur schwache Längslinien der untersten Zellen vor-

kommen; der Blattrand des Kartoffelkrauts ist mit höchst bezeichnenden, kurz kegelförmigen, zahnartigen Trichomen besetzt.



Fig. 219. Unterseite eines gebleichten Waldmeisterblattes mit zwei Raphidenbündeln. — Vergr. $125/1$.

Waldmeisterkraut (*Asperula odorata*, Fig. 219). — Ganz unverkennbar 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 gelagerten 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. 220) erkannt. Diese Körner sind relativ groß (0,02—0,04 mm lang) und geschichtet. Dabei läuft

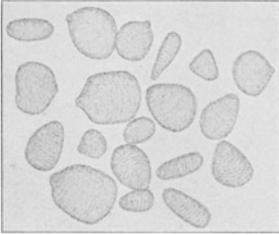


Fig. 220. Stärkekörner des Ingwer. — Vergr. $\frac{200}{1}$.

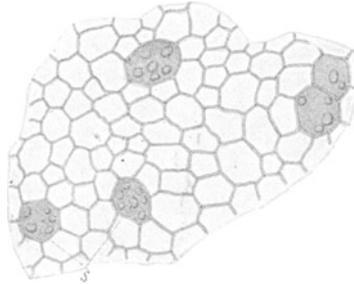


Fig. 221. Parenchym des Ingwer nach Entfernung der Stärke. *s* Sekretzellen. — Vergr. $\frac{70}{1}$.

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. 220 darstellt, sind von der Seite gesehene Körner. — Echte Ingwerstärke darf (von oben gesehen) nur unbedeutend länger als breit sein.

Außer diesem charakteristischen Bestandteil des Pulvers finden sich normalerweise darin noch mit braunen Harzklumpen erfüllte Zellen (Ölzellen, Fig. 221), 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 Curcumapulver. Die Stärkekörner weder der Zerealien noch der Eichel können mit denen des Ingwers verwechselt werden. Curcuma verrät sich durch die Anwesenheit gelber Partikel, welche mit Kleisterballen erfüllt sind. Die Reste von Raps und Lein (vgl. S. 194) 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 Curcumapulver 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 Stammpflanzen dieser Sorten sind wir noch sehr ungenügend unterrichtet. 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 irgend welche 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. 222) 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 $60\ \mu$ lang und $35\ \mu$ breit bei Zimtkassie, ebenso lang, aber nur bis $30\ \mu$ breit bei Ceylonzimt) dickwandige Sklerenchymfasern und Steinzellen, welche meist nur einseitig nach innen verdickte Wände aufweisen.

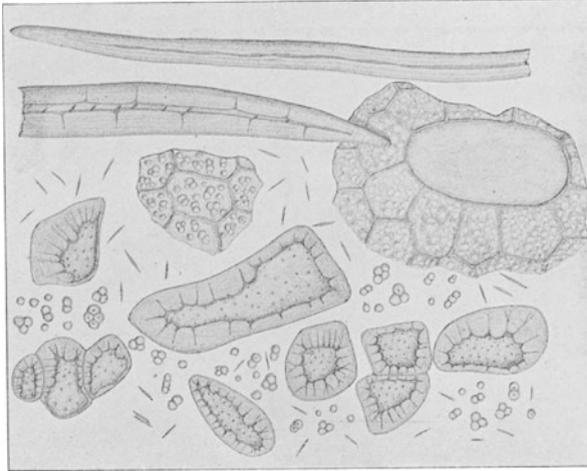


Fig. 222. Elemente des Zimtpulvers. — Vergr. $100\times$.

Die Stärke wird in einem Wasserpräparat untersucht, alles andere an Präparaten, welche 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. 191—196) 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, welche als „Gefäße“ bekannt sind. Findet man im Zimtpulver Röhren mit starker Tüpfelung, insbesondere Wandstücke, welche 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 irgend welcher Art wird durch große Sklerenchymfasern, welche 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 Dicotylen- und Nadelholzstamm lassen sich in drei Richtungen beliebig viele Schnitte anfertigen, wie sie in Fig. 223 dargestellt sind, nämlich: 1. Schnitte, welche genau senkrecht zur Achse den Stamm durchsetzen und die Holzteile desselben quer durchschneiden (Querschnitte); 2. Schnitte, welche durch die Achse des Stammes und seine Radialen gehen, welche also das Holz längs schneiden und Peripherie mit Achse verbinden (Radialschnitte); 3. Längsschnitte senkrecht auf die Radialen, also in tangentialer Richtung (Tangentialschnitte). Jeder dieser Schnitte, welche als Normalschnitte bezeichnet werden, liefert ein besonderes Bild von der Holzstruktur. Zusammen genügen sie zur vollkommenen Feststellung derselben.

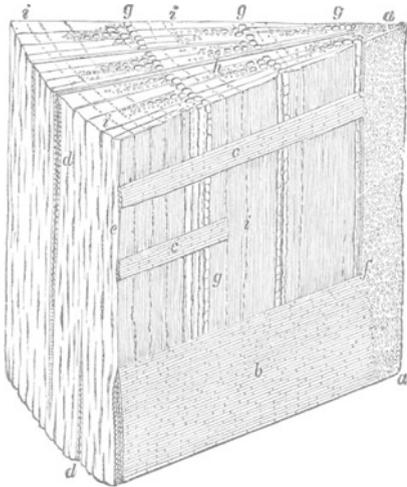


Fig. 223. Schematische Darstellung eines keilförmigen Ausschnittes aus einem Laubholz. (Nach HARTIG.)

Trennungslinie Herbstholz und Frühjahrholz aneinander stoßen, ist ein Jahresring. Ferner zeigt der Querschnitt am übersichtlichsten die Verteilung der Einzelelemente 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 Librifasern [dickwandige, langgestreckt spitz zulaufende, mit schiefen feinen Spaltenporen versehene Zellen] oder Holzparenchym [dünnwandige Parenchymzellen mit lebendem Inhalt] darstellen). Ferner aber legt

Wie aus der Fig. 223 hervorgeht, zeigt der Querschnitt zunächst am deutlichsten die Jahresringe *i*, welche 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

dieser Längsschnitt die Markstrahlen („Spiegel“; Fig. 223*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, welche 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 ccm gewöhnlicher, konzentrierter Salpetersäure, fügt einige Körnchen chloresaures 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.

Bei der Betrachtung unterscheidet man nun (z. B. im Lindenholz, welches 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. Librifasern: Dickwandige, mit schief gestellten, 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, welche 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 (Coniferen und Dicotylen) ist bekannt, daß den Nadelhölzern die Gefäße fehlen, den Laubhölzern dagegen reichlich zukommen. Ferner sind die Tracheiden, welche mit Holzparenchym allein das Nadelholz bilden, in ganz besonders charakteristischer

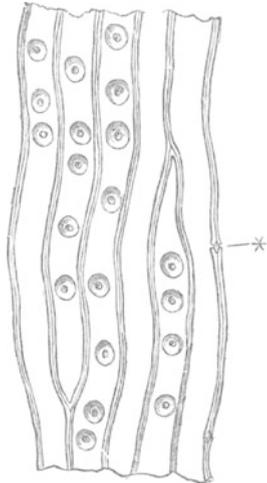


Fig. 224. Nadelholztracheiden mit Hoftüpfeln. Bei * ein Hoftüpfel durchschnitten. — Vergr. $100\times$. (Nach HARTIG.)

Weise mit großen Hoftüpfeln versehen, welche (vgl. Fig. 224) aus zwei genau konzentrischen Kreisen gebildet zu sein scheinen.

I. Nadelhölzer: nur aus Tracheiden und Holzparenchym*) gebildet; Gefäße und Holzfasern fehlen.

A. Tracheiden mit schraubenförmiger Membranverdickung (Längsschnitt):**
Eibe (Taxus).

B. Tracheiden ohne Schraubenbänder (Längsschnitt).

1. Mit Harzgängen im Holz (Querschnitt).

a) Marktstrahlen oben und unten eingefaßt von Zellen, deren Wände zackig verdickt sind (rad. Längsschnitt). *Kiefer (Pinus).*

b) Markstrahlen ohne Einfassung von zackig verdickten Zellen.

α) „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).*

2. Ohne Harzgänge im Holze: *Tanne (Abies).*

II. Laubhölzer: im Holz finden sich Gefäße.

A. Im (mazerierten) Holz fehlen die Tracheiden: dasselbe besteht nur aus Holzparenchym, Ersatzfasern, Libriformfasern und Gefäßen.

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: *Olbaum (Olea).*

B. Im (mazerierten) Holz sind Tracheiden leicht auffindbar.

a) Ersatzfasern und Libriformfasern fehlen (maz. Präparat).

α) Gefäßquerwände nur mit einfachen Löchern.

* Gefäße und Tracheiden mit Spiralen: *Weißdorn (Crataegus).*

** Gefäße mit, Tracheiden ohne Spiralen: *Birnbaum (Pirus).*

β) Gefäßquerwände mit leiterförmigen Perforationen.

* Perforationen 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).

*) Letzteres fehlt bei *Taxus*.

***) Die in Klammern gesetzten Bezeichnungen (Längsschnitt, tangent. Längsschnitt, rad. Längsschnitt, Querschnitt, maz. Präparat) bezeichnen die Art des Präparats, an welchem die betr. Beobachtung zu machen ist.

1. Libriformfasern gefächert: *Pfaffenköppchen (Evonymus)*.
2. Libriformfasern einfach.
- a) Libriformfasern einfach getüpfelt (maz. Präparat): *Ahorn (Acer)*.
- β) Libriformfasern mit behöften 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 (tangent. 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: *Kirschbaum (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: *Weide (Salix), Pappel (Populus)*.*)
- 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)*:

*) Weiden- und Pappelholz ist anatomisch nicht mit Sicherheit unterscheidbar.

β) Große getüpfelte und kleine spiralig verdickte Gefäße vorhanden (mazeriertes Präparat).

* Gefäße einzeln oder nur in ganz kleinen Gruppen (Querschnitt):
Akazie (Robinia).

** Gefäße allermeist in Gruppen, selten einzeln: *Ulme (Ulmus).*

Mikroskopische Unterscheidung der pflanzlichen Gespinnstfasern.

Behufs Erkennung und Untersuchung der Gespinnstfasern in einem Gewebe vermittelt 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, welche 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 ist bis

1,40 m lang, während die Einzelzelle des die Faser bildenden Zellbündels nur selten die Länge von 40 mm 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, welche 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. 225) stellen bandartig 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 gekreuzten 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.*)

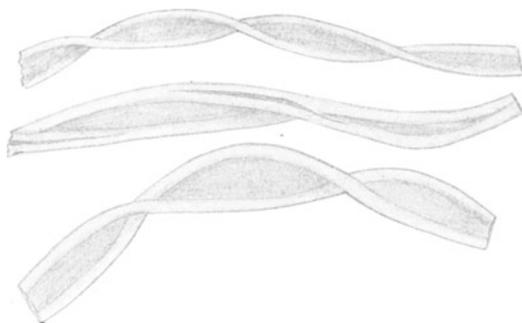


Fig. 225. Baumwollfasern mit den charakteristischen Drehungen. — Vergr. $\frac{300}{1}$.

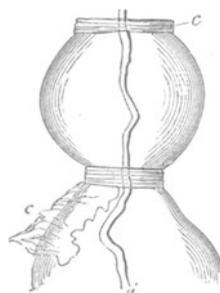


Fig. 226. Baumwollfaser, mit Kupferoxydammoniak behandelt. c Cuticula. (Nach WIESNER.)

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. 226) finden sich tiefe Einschnürungen, welche durch gefaltete Gürtel

*) 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 (ZIMMERMANN). — Beschränkt haltbar.

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 Cuticula, welche die ganze Faser überzieht und im Reagens unlöslich ist, gebildet.

Eine Cuticula 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.

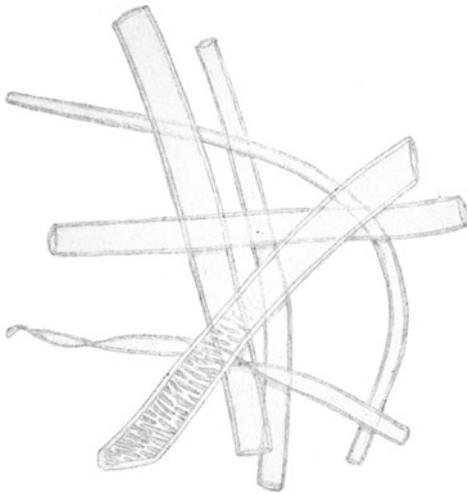


Fig. 227. Kapok. — Vergr. $250\times$.

Man erkennt alle Sorten von Kapok (Fig. 227) 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, welcher bei 120 facher Vergrößerung wie eine schmale Linie er-

scheint. Die Leinenfaser läuft in eine schmale Spitze aus. Je nach der Art der Bearbeitung und der Behandlung ist sie glatt oder rauh. Handgespinnst hat gemeiniglich ein glatteres Aussehen als Maschinengarn, da die Faser bei der Bearbeitung vielfach geknickt wird und auch Längsrisse (vgl. Fig. 228) erhält. In Kupferoxydammoniak quillt sie in der Baumwolle sehr ähnlicher Weise, doch sind keine Cuticulareste dabei sichtbar.

Für die in der Praxis hochwichtige und dabei schwierige Unterscheidung von Hanf sind die Querschnitte der Fasern von großer Bedeutung. Sie zeigen (Fig. 228, *q*) die Bastzellen des Flachs als von geraden Linien umgrenzte Polygone.

Fügt man zu derartigen Schnitten Jod-Schwefelsäure,*) so färben sie sich (abgesehen von der als gelber Punkt sichtbaren Mittelhöhle) vollständig 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, welches 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

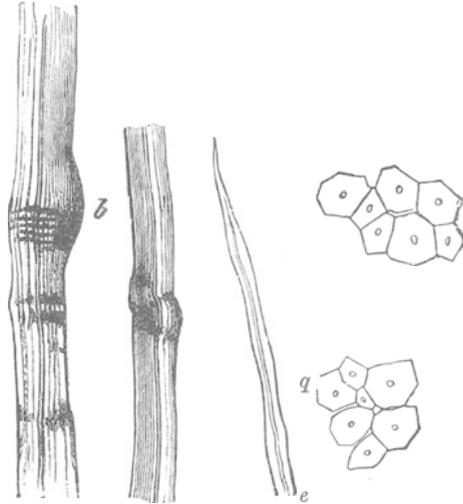


Fig. 228. Flachs. Bastzellen mit Verschiebungen und Ausbauchungen (*b*), *e* Ende einer Zelle, *q* Querschnitt von Flachsfasern. (Nach BERTHOLD.)

*) 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.

das nur strichförmige des Flachses: es nimmt etwa $\frac{1}{3}$ der Zellbreite ein (Fig. 229).

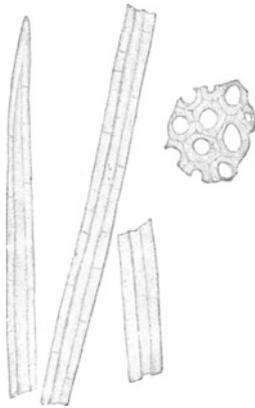


Fig. 229. Bastfaserzellen des Hanf, rechts im Querschnitt. — Vergr. $\frac{250}{1}$.

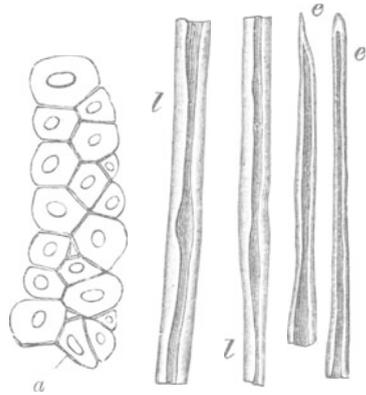


Fig. 230. Jute. a Querschnitt einer Faser, l Bastzellen mit Lumenverengungen, e Endstücke von Bastzellen. (Nach BERTHOLD.)

Jute. — Bastfasern verschiedener Arten von *Corchorus* (*Tiliaceae*). Die Jutefaser hat die merkwürdige, ihre mikroskopische Erkennung vorzüglich erleichternde Eigentümlichkeit, daß die Weite des Zentralkanals (Zelllumens) eine sehr verschiedene ist (vgl. Fig. 230). 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, welcher von *Böhmeria 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.



Fig. 231. Querschnitt durch eine Ramiéfaser. (Nach BERTHOLD.)

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, zusammengedrückte Querschnitt der Ramié (Fig. 231) ist durchaus verschieden von dem des Hanfs und Flachses.

Andere pflanzliche Textilfasern. — Eine genaue Besprechung der übrigen Pflanzenfasern wird durch den folgenden Bestimmungsschlüssel, in welchen auch die bereits behandelten eingefügt sind, unnötig.

Übersichtstabelle der wichtigeren pflanzlichen Textilfasern.

In diese Tabelle sind diejenigen Textilfasern aufgenommen, welche (vgl. S. 380) 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.

- B. Fasern mit einfachem oder mehrfachem Lumen (Innenraum), mit Spitzen; natürliche Fasern.

- I. Durch Behandlung mit Kupferoxydammoniak oder mit Sudanglyzerin ist eine Cuticula nachweisbar (Pflanzenhaare); niemals mehrere Zellen zu einer Faser zusammengekittet.

a) Haarbasis mit netzförmiger Membranverdickung; Zellen nicht oder kaum gedreht: *Kapok, Silk-Cotton (Ceiba, Eriodendron, Bombax).*

b) Ohne Membranverdickungen; gedrehte Fasern:

Baumwolle (Gossypium).

- II. Zellen ohne Cuticula (Sklerenchymfasern); stets mehrere oder viele Zellen zu einer Faser zusammengekittet.

a) Wenigstens die dicken Fasern (mit Kalilauge mazerieren!) enthalten (Spiral-)Gefäße (Fasern von monocotylen Pflanzen).

1. Veraschte Fasern zeigen sehr auffällige rundliche Kieselkörper:

Manilahanf (Musa).

2. Kieselkörper fehlen.

α) In der Asche finden sich reichlich klumpenartige, nicht kristallische Körner von (aus Calciumoxalat entstandenen) Calciumoxyd:

Padang (Pandanus utilis).

β) In der Asche keine oder deutlich kristallische Calciumoxydkörner.

* Fasern enthalten stets Parenchymzellen mit großen, prismatischen Kalkoxalatkristallen:

Sisalhanf (Agave). Mauritiushanf (Fourcroya).

** Fasern enthalten keine größeren Kristalle; in anhängendem Parenchym höchstens Raphiden.

§ Maximaldurchmesser*) der Zellen 8—19, meist 13 μ:

Neuseeländischer Flachs (Phormium).

§§ Maximaldurchmesser der Zellen 27—42 μ:

Pitã, Karoã (Bromelia).

*) Maximaldurchmesser (Maximalbreite) ist die Breite der dicksten Stellen der Sklerenchymfasern.

b) Alle Fasern ohne Gefäße (Fasern von dikotylen Pflanzen).

1. Lumen der Zellen sich nicht auffällig verengend und erweiternd.

a) Querschnitt der Zellen polygonal oder rundlich.

* Kupferoxydammoniak löst die Fasern momentan:

Yercum-Fibre (Calotropis gigantea).

** Kupferoxydammoniak löst allmählich oder nicht.

§ Lumen eng, strichförmig, stets schmaler als $\frac{1}{3}$ der Zellbreite.

× Maximaldurchmesser der Zellen 12—26, meist 15 bis 17 μ : *Flachs (Linum usitatissimum).*

×× Maximaldurchmesser der Zellen 20—35, meist 25 bis 30 μ : *Nessel (Urtica dioica).*

§§ Lumen weiter ($\frac{1}{3}$ der Zellbreite oder mehr).

× Zellquerschnitt mit Jodschwefelsäure blau oder grünlich gefärbt; Enden der Zellen nicht halbkugelig; Maximaldurchmesser 15—28 μ : *Hanf (Cannabis).*

×× Zellquerschnitt mit Jodschwefelsäure kupferrot; Enden der Zellen halbkugelig; Maximaldurchmesser 20—42 μ : *Sunn (Crotalaria juncea).*

β) Querschnitte der Faserzellen unregelmäßig, zusammengedrückt: *Ramié (Böhmeria).*

2. Lumen der Zellen sich im Verlauf derselben Bastzelle wechselnd auffällig verengend und erweiternd.

a) Die Außenkontur der Zellen geht mit der Innenkontur parallel; die Bastzellen zeigen auf ihrer Außenseite Einbuchtungen 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, welche je einen Kalkoxalatkristall einschließen:

Rai-bhendá (Abelmoschus).

Untersuchung von Papier.

Zur Beurteilung der Güte von Papiersorten ist die Bestimmung der Fasern, aus welchen 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. 237—240 und S. 372—376 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. 232). — 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 eingerissen, oft quergestutzt, fast stets in die Einzelfasern aufgelöst sind. Auch das Markstrahlgewebe (vgl. S. 233) 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. 224, 232) die Verwendung von Nadelholz als Ausgangsmaterial an.

Besonders wichtig für die Papieruntersuchung ist die S. 88 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 Objekträger 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, be-

deckt 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.



Fig. 232. Holzschliffpartikel von Nadelholz.
(Nach HERZBERG.)

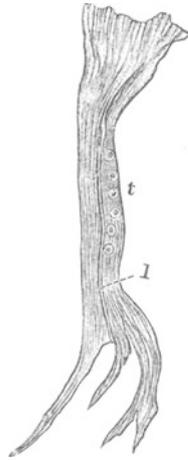


Fig. 233. Zellulosefaser aus Papier, beiderseits abgequetscht. Bei *t* eine Tüpfelreihe
l Lumen. — Vergr. $\frac{780}{1}$.

Zellulose (Fig. 233). — Dieser wichtigste Papierstoff besteht aus durch chemisches Verfahren (z. B. Kochen mit Calciumsulfid) 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 welcher einzelne Partien die Rotfärbung, wenn auch in schwacher Weise, doch noch geben.

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, welche dieses zusammensetzen, führen spaltenförmige Tüpfel.

Strohzellulose (Fig. 234). — Wie Holz wird auch Stroh vielerorts als Rohmaterial für die Zellosedarstellung 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. 234, *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

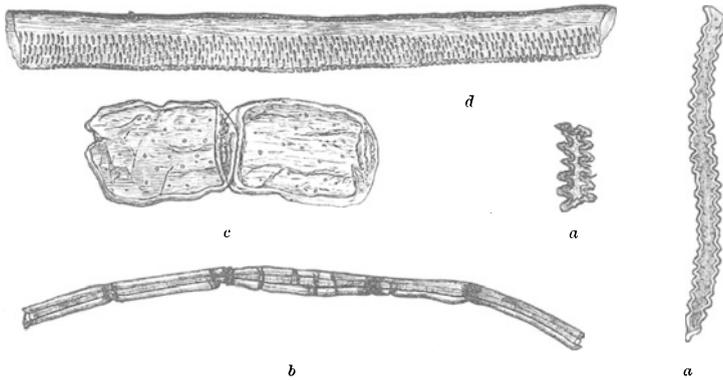


Fig. 234. Elemente der Strohzellulose. *a* Epidermiszelle, *b* Sklerenchymfaser, *c* Parenchym, *d* Gefäßstück. (Nach HERZBERG.)

von Sklerenchymfasern gebildet, deren Wände von Strecke zu Strecke oft fast bis zum Verschwinden des Lumens verdickt sind (Fig. 234, *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 Halfzellulose abgeht.

Halfzellulose (Alfazellulose, Fig. 235). — Der auch Esparto genannte Rohstoff für diese Zellulose wird von den stielartig runden Blättern der Graminee *Stipa tenacissima*, welche besonders in Südspanien und Mauretanien häufig ist, gebildet. Halfzellulose ist in jeder Beziehung der Strohzellulose durchaus ähnlich; weder die Epi-

dermis- noch die Bastfaserzellen (Fig. 235 *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*), welche in keinem Espartopapier vermißt werden.

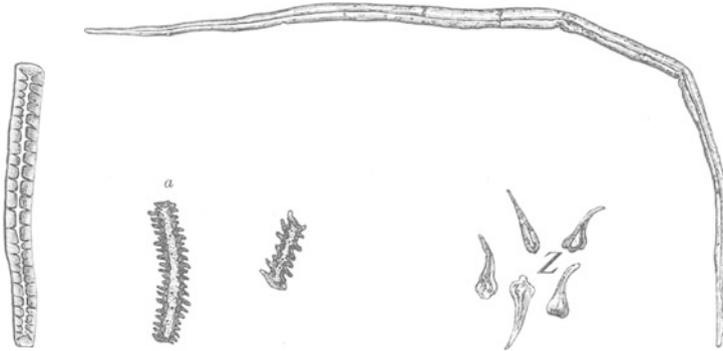


Fig. 235. Elemente der Halfzellulose. *a* Epidermiszellen, *b* Sklerenchymfaser, *z* Haare.
(Nach HERZBERG.)

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 Gefäßröhren: *Nadelholzzellulose.*
 - b) Mit Gefäßröhren: *Laubholzzellulose.*
 - II. Mit wellig berandeten Grasepidermiszellen.
 - a) Mit dünnwandigen Parenchymzellen, ohne Krallenhaare: *Strohzellulose.*
 - b) Ohne dünnwandige Parenchymzellen, mit Krallenhaaren: *Halfzellulose.*
- C. Bei Zusatz von 5% Jod-Jodkaliumlösung violett-rötlich oder bräunlich gefärbt.
 - I. Bandförmige, gedrehte Fasern: *Baumwolle.*
 - II. Zylindrische, nicht gedrehte 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, welche 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 welchen Deckgläser und Objektträger geputzt werden, bleiben sehr häufig Fasern im Präparat. Leinenfasern werden oben S. 238, Baumwollfasern S. 237 beschrieben.

Lycopodium (Fig. 236). — Die auch als „Hexenmehl“ bekannten Sporen von *Lycopodium clavatum* stellen ein außerordentlich leicht bewegliches, hellgelbes Pulver dar, welches massenhaft in den Staub der Apotheken übergeht. Die von drei ebenen (*a*) und einer gekrümmten Fläche (*b, c*) begrenzten Körner sind von eleganten Netzmaschen überzogen. Beigemengte Lycopodium-Sporen machen die Herkunft eines mikroskopischen Objekts aus einer Apotheke wahrscheinlich.

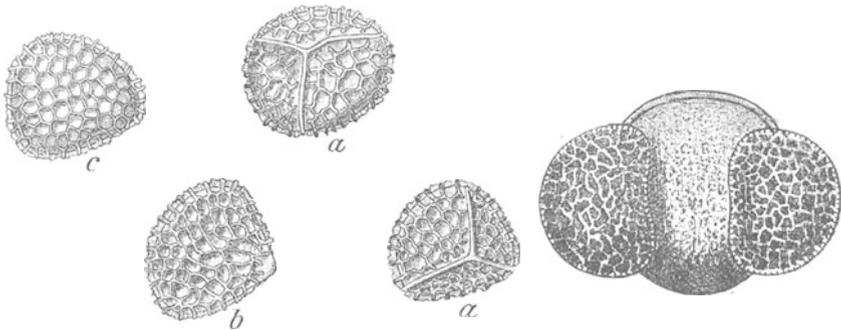


Fig. 236. *Lycopodium*. — Vergr. $\frac{566}{1}$.

Fig. 237. *Pinus*-Pollen. — Vergr. $\frac{568}{1}$.

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. 237) an ihren zwei Flugsäcken, welche dem eigentlichen Pollenkorn anhängen, sofort erkennbar.

Gleicherweise häufig sind zur Zeit der Getreide- und Wiesenblüte an vielen Orten die Pollenkörner der Gramineen (Fig. 238)

im Staub. Sie sind unverkennbar charakterisiert durch ihre völlig glatte, kugel- oder eiförmige Gestalt und eine einzige sehr kleine, runde Austrittsstelle für den Pollenschlauch. Die Pollenkörner haben

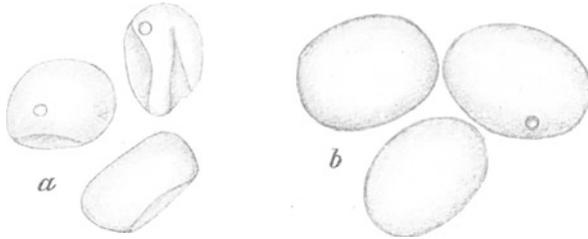


Fig. 238. Pollen des Roggens (*Secale cereale*). a Pollenkörner trocken, geschrumpft; b in verd. Schwefelsäure. — Vergr. $300/1$.

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. 239). — Die jungen Blätter der Platane (*Platanus orientalis*) sind mit einer dichten Lage von Kandelaberhaaren überdeckt, welche bei der weiteren Entwicklung abgestoßen

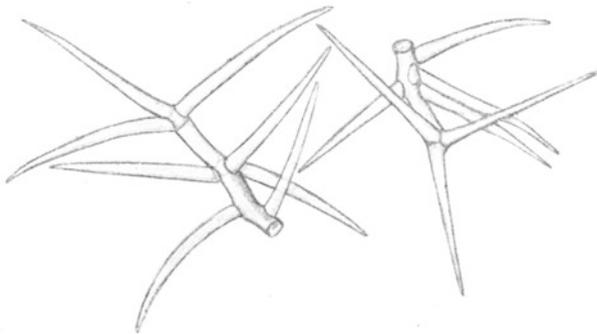


Fig. 239. Platanenhaare (*Platanus orientalis*). — Vergr. $125/1$.

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, welche 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), welche eine wechselnde Zahl (meist vier) großer Sporen enthalten. Diese Sporen sind dicht mit feinen Stacheln besetzt; bei *T. melanosporum* (Fig. 240 c) sind die Sporen tief umbrä- (fast schwarz-) braun, bei *T. brumale* (Fig. 240 d) kaffeebraun. Ob die verschiedene Größe der Sporen beider Arten, welche 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. 240 a,). — 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 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,

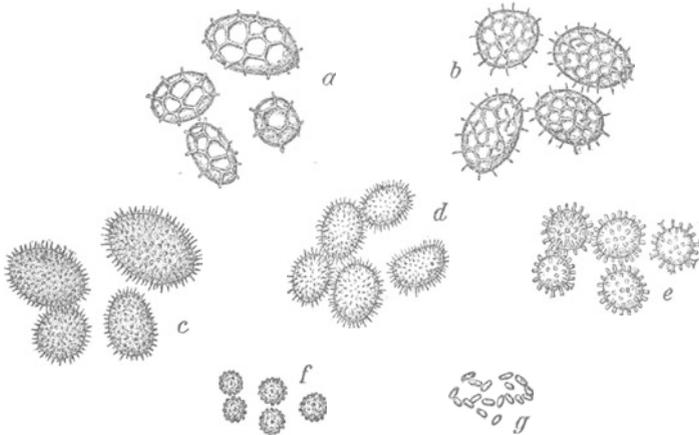


Fig. 240. Sporen der Trüffelarten und ihrer Verwechselungen und Verfälschungen. a *Tuber aestivum*; b *T. mesentericum*; c *T. melanosporum*; d *T. brumale*; e *Choeromyces gibbosus*; f *Scleroderma vulgare*; g *Rhizopogon virens*. — Vergr. ³⁷⁵/₁.

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. 240 e). — Mit *Tuber* nächst verwandt, auch durch das von dichtstehenden, braunen, gewundenen Adern durchzogene Innere ähnlich, aber ohne weiteres durch die mit Stäbchen 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. 240 f). — Der überall häufige Hartbovist ist systematisch mit den Trüffeln gar nicht verwandt, sondern gehört zu den Hymenoceten (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. 240 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 Unterschiebung mit Wahrscheinlichkeit erkannt. Gewißheit gibt ein mikroskopischer Querschnitt (Fig. 241), welcher das Hymenium des Discomyceten als palissadenartige Zellschicht mit eingestreuten, im Innern Sporen führenden Schläuchen zeigt.

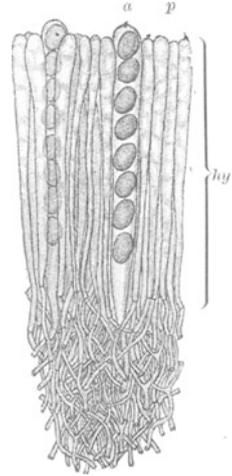


Fig. 241. Querschnitt durch das Hymenium der Frühlingsmorchel (*Gyromitra esculenta*). *a* Ascus mit Sporen; *p* Paraphysen; *hy* Hymenium. Vergr. $\frac{250}{1}$.

Hauschwammuntersuchungen.

Allergrößte Bedeutung für den praktischen Mikroskopiker hat die Diagnose des Hauschwamms 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 *Gloeophyllum sepiarium* 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, welche 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

Mycelien. Sind die Mycelien 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, welche die Botanik kennt.

Immerhin vereinfacht sich die Sache sehr, wenn wir sie nur vom Standpunkt des praktischen Bedürfnisses nach den Unterschieden des Hausschwamms (*Merulius lacrymans*) einerseits, von allen übrigen in Gebäuden vorkommenden Holzpilzen andererseits betrachten.

Diese Unterscheidung aber muß aus folgenden Gründen streng durchgeführt werden:

Der Hausschwamm ist der einzige Pilz, welcher in gut gebauten, nicht feuchten Häusern durch Zerstörung des Holzwerks direkt gefährdend 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 (vielleicht verursacht durch die Fähigkeit, reichlich Wasser durch Spaltung der Cellulose 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 Ausrottung 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 Baufälligkeits 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, welcher in allen Fällen, wo das Holzwerk nicht durch Hausschwamm, sondern durch einen andern Pilz zermorscht 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.

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 unfruchtbare Mycel zu finden, so genügt es, die Diagnose zu stellen, ob Hausschwamm vorhanden ist oder nicht. Die sichere Erkennung der andern Holzpilze muß auf Kulturen behufs Erzielung der Fruchtkörper begründet werden und zur richtigen Bestimmung der seltenen nicht zum Hausschwamm gehörigen Arten, auch wenn sie in Fruchtkörpern vorliegen, ist öfters langjähriges und spezielles Studium der Hymenomyceten erforderlich.

Die wichtigsten in Häusern auftretenden holzerstörenden Pilze sind folgende:

Merulius lacrymans, Hausschwamm (Fig. 242, 243). — Fruchtkörper ziemlich dick, fleischig-lederartig, naß, meist pfannkuchenförmig, erst weiß, dann von der Mitte aus braungelb werdend. Hymenium (Sporen-tragende Schicht) auf der Oberfläche, stumpfe Falten bildend, welche 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, in einer mit 1% Ammoniumphosphat versetzten Malzextraktlösung bei 25° keimend.

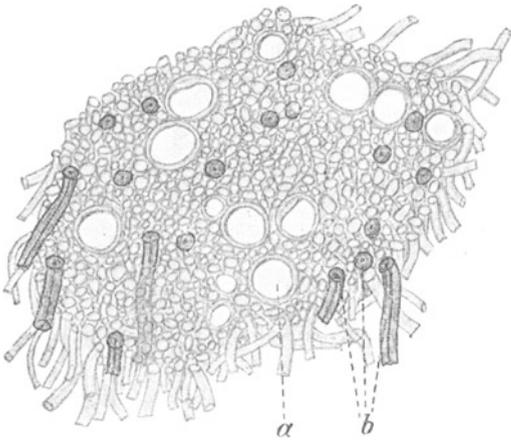


Fig. 242. Querschnitt durch einen Mycelstrang des Hausschwamms, mit Jod behandelt; a gefäßartige Hyphen; b sklerenchymfaserartige Zellen. Vergr. $375/1$.

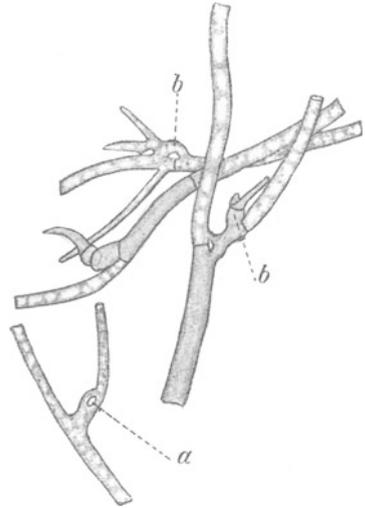


Fig. 243. Junge in Luft gewachsene Hyphen des Hausschwamms; a einfache Schnallenbildung; b ausgesproßte Schnallen. — Vergr. $280/1$.

Mycel sehr verschieden gestaltet, weiß oder oft (stellenweise) gelb oder rötlich. Mycelstränge in ausgetrocknetem Zustand zerbrechlich. Geruch frisch ziemlich stark, champignonähnlich; faulende Fruchtkörper pestilenzialisch stinkend.

Diagnose im Mycelzustand: 1) Die Mycelstränge (Fig. 242)

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 Mycels zeigen vielfach auswachsende Schnallenverbindungen der Zellen (Fig. 243). — 3) Jede Zelle des Hausschwamm-Mycels führt viele kleine Zellkerne.

Hat man es nicht mit an der Untersuchungsstelle vorliegendem frischen Mycel zu tun, so erzielt man die nötigen Proben von Mycelsträngen und Mycelien 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 Mycelien kommen dann nach wenigen Tagen schimmelartig hervor. Mycelstränge erhält man, indem man solche Holzstücke unter der Glasglocke dicht in Holzwolle verpackt und feucht hält. Zur Untersuchung taugliche Stränge brauchen 3—4 Wochen zum Wachstum.

Neuestens veröffentlichte FALCK Ergebnisse seiner Untersuchungen mit Hausschwammmycelien, welche die Diagnose noch komplizierter gestalten, als sie im Vorhergehenden dargestellt wurde.

Es sollen nämlich zwei verschiedene, zwar nicht morphologisch, aber physiologisch stark differente *Merulius*-Spezies in dem *M. lacrymans* der bisherigen Autoren zusammengefaßt sein. Diese Arten werden als *M. domesticus* und *M. silvester* unterschieden.

Nur der erstere bewirke die charakteristischen Schädigungen, während *M. silvester* nicht schädlicher sein soll als die unten aufgeführten *Polyporus*-Arten.

Unterschieden können diese „Arten“ nur durch Kulturen bei verschiedenen, konstanten Temperaturen werden. FALCK'S Anweisung dazu ist folgende:

Man kultiviert (im Thermostaten!) bei 22° und überzeugt sich von der Wachstumsfähigkeit des zu prüfenden Myceliums. Eine andere Kultur stellt man zugleich in einen Thermostaten von 27° und beobachtet, ob das Wachstum hier in der gleichen Art erfolgt wie bei 22° oder ob es unterbleibt. Findet bei 22° üppiges Wachstum statt, während es bei 27° offensichtlich zurückbleibt oder völlig unterbleibt, so liege, falls es sich (vgl. oben) überhaupt um ein *Merulius*-Mycel handelt, der echte Hausschwamm vor. — Diese Angaben erfordern noch ausgedehnte Nachprüfungen, bevor die Bedeutung der beiden unterschiedenen Rassen für die Praxis und besonders bevor ihre Konstanz als festgestellt angesehen werden kann.

Hausschwamm ist nicht giftig. Direkte Gesundheitsschädigungen durch ihn sind nicht bekannt. Belästigend wirken faulende Fruchtkörper durch ihren Gestank und das Mycel dadurch, daß es Zimmer feucht macht.

Polyporus medulla panis (Fig. 244—246). — Fruchtkörper dem Substrat anliegend, dauernd weiß, ziemlich trocken lederartig, ausgebreitet. Hymenium aus feinen, gleichgroßen, dichtstehenden Röhrenchen (Fig. 244) gebildet (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.

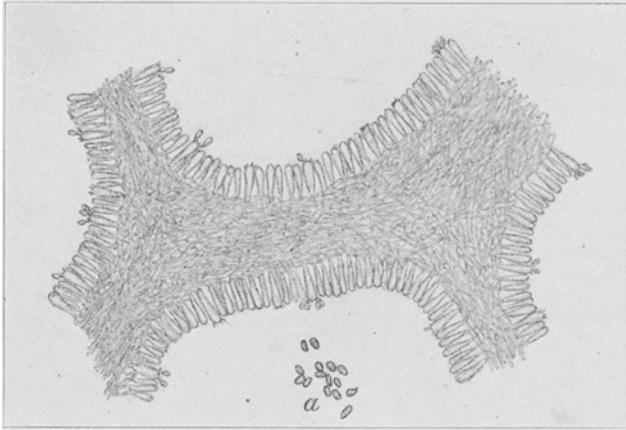


Fig. 244. *Polyporus medulla panis*. Querschnitt durch das Hymenium. *a* Reife Sporen. — Vergr. $280\times$.

Mycel verschieden gestaltet, doch meist mit etwas flockigem Habitus, dauernd weiß. Mycelstränge oft sehr dick, auch ausgetrocknet zäh und elastisch. Geruch sehr schwach.

Diagnose im Mycelzustand: 1) Die Mycelstränge (Fig. 245) zeigen in dem von dünnen Hyphen gebildeten Grundgewebe nur Röhren, aber keine dickwandigen Fasern. 2) An jungen Hyphen (Fig. 246) sind auswachsende Schnallenverbindungen der Zellen sehr selten. 3) Jede Zelle hat nur zwei Zellkerne.

Mycelstränge dieses Pilzes finden sich bei den Untersuchungen an Ort und Stelle fast stets vor; junge Mycelien werden wie beim Hausschwamm gewonnen, sie kommen aber später als dort aus den Holzstücken heraus und sind niedriger, dem Substrat mehr 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.

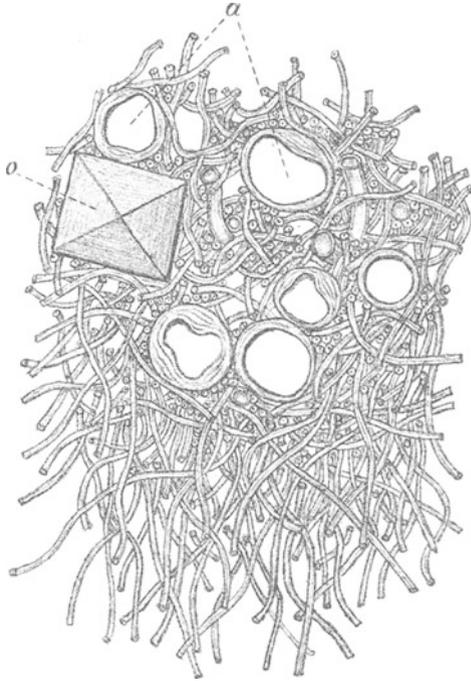


Fig. 245. Querschnitt durch einen Mycelstrang von *Polyporus medulla panis*. o Oxalatkristall; a gefäßartige Hyphen. — Vergr. $\frac{375}{1}$.

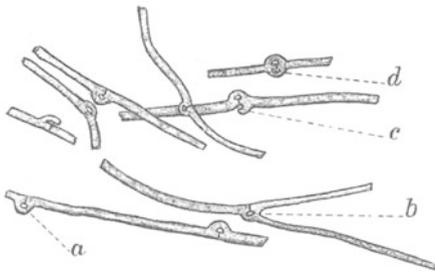


Fig. 246. *Polyporus medulla panis*. Junge Hyphen. a mit vollständiger, b mit ausgesproßter, c mit unvollständiger, d mit doppelter Schnallenbildung. Vergr. $\frac{250}{1}$.

Hymenium aus öfters etwas ungleichgroßen, dichtstehenden, ziemlich groben Röhrechen 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.

Mycel zarter, aber von dem der vorigen Art nicht immer sicher unterscheidbar. Mycelstränge gewöhnlich wesentlich dünner,

selten mehr als Stricknadeldicke erreichend, auch ausgetrocknet zäh und elastisch.

Diagnose im Mycelzustand: 1) Die Mycelstränge zeigen die Eigenschaften der vorigen Art. 2) An jungen Hyphen habe ich auswachsende Schnallenverbindungen noch nie angetroffen. 3) Jede Zelle hat nur zwei Zellkerne.

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 abgehend, 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 nur einmal vor Jahren in einem Eiskeller gefunden und mir über das Wachstum des Mycels keine Notizen gemacht.

Gloeophyllum sepiarium. — Fruchtkörper ohrmuschelförmig vom Substrat abgehend, 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.

Mycel 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 Mycels ohne weiteres sowohl vom Hausschwamm wie von den oben genannten *Polyporus*-Arten verschieden. Er ist ein oft vorkommender Holzzerstörer, aber auf Fichtenholz beschränkt. Infizierte Holzstücke lassen in der Kultur die Fruchtkörper sehr leicht hervorsprossen.

Coprinus radians. — Fruchtkörper zartfleischig, aus dünnem Stiel und schirmförmigem Hut bestehend, 2—4 cm breit, nach der Reife in schwarze Tinte zerfließend, stets aus dem besonders an Kellerdecken nicht seltenen, wergartigen gelbbraunen oder rotgelben, oberflächlich liegenden Mycel entspringend. Dies Mycel läßt sich in großen, tuchartigen Fetzen von den Kellerwänden abreißen, es ist durch seine Farbe sehr leicht kenntlich. — *Coprinus radians* greift das Holz nur unbeträchtlich 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. Mycel stets auch in Form von schwärzlich berindeten, innen weißen Strängen (Rhizomorpha), welche sich vielfach verzweigen, auftretend.

Die Gestalt von Rhizomorpha und Pilz ist unverkennbar. Der Hallimasch ist besonders dort gefährlich, wo auf den gewachsenen, mit Mycel 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, welche unter Lichtabschluß in Häusern vorzukommen pflegt, ohne weiteres kenntliche, meist rotbraune, geweihartig verzweigte, derbe Gebilde, welche nur selten Hutreste tragen. Mycel weiß, strangartig, seltener flächenförmig ausgebreitet. Lamellen der Hüte mit gesägter Schneide.

Auch dieser Pilz ist meist auf die Kieferndielung von Kellern und Erdgeschossen beschränkt; er kommt nicht häufig vor, kann aber starke Holzzerstörungen anrichten. Kennlich ist er am leichtesten durch seinen 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; er fruktifiziert beinahe immer, deswegen ist eine Beschreibung des (weißen) Mycels hier unnötig. Doch sei bemerkt, daß dies vollauf charakterisiert ist durch neben den dünnen Hyphen sich findende dickere Röhren, deren Scheidewände sehr elegante Schnallenverbindungen in Mehrzahl (3—6) aufweisen. Sterile Mycelien schreiten, unter der Glasglocke feucht gehalten, nach kurzer Zeit (2—3 Wochen) zur Bildung der Fruchtkörper. Das Holzwerk greift dieser Pilz nur unbedeutend 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 absol. Alkohol, um sie zu härten.

a) Schwere Vergiftungen Gesunder mit ungünstigem Ausgang sind nur mit wenigen Pilzen der deutschen Flora möglich: dies sind Morcheln, welche ein durch Trocknen oder Abkochen und Abgießen des Wassers (was man niemals versäumen sollte!) rasch verschwindendes Gift enthalten, Knollenblätterpilz und Fliegenpilz.

b) Nierenleidende können durch den Genuß in frischem Zustand scharf pfefferig brennend schmeckender Reizker und Täublinge (z. B. *Lactaria tor-*

minosa, *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, welche sich vom Pfifferling (*Canth. cibarius*) durch schwächeren Habitus, dunklere Färbung und stärker vortretende, sehr regelmäßig dichotome Lamellen unterscheidet, ist offenbar keine homogene Art. Formen, welche 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 Knollenblätterpilzes (*Amanita bulbosa*) wirkliche Bedeutung, da auf seinen Genuß fast alle jedes Jahr wiederkehrenden Pilzvergiftungen zurückzuführen sind, während Morchelvergiftungen (*Gyromitra*, *Morchella*) sehr selten sind und solche mit dem allgemein als giftig bekannten, leicht kenntlichen Fliegenpilz (*Amanita muscaria*) kaum vorkommen.

Die *Amanita bulbosa* (mit ihren Unterarten *A. verna* und *A. viridis*) ist deswegen höchst gefährlich, weil sie stets 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. 247) eine deutlich bogig von der Mittellinie nach außen gehende Anordnung der Hyphen vorhanden ist, während beim Champignon (Fig. 248) die gesamte Mittelschicht der Lamellen aus geraden, nicht bogig verlaufenden breiten Hyphen sich zusammensetzt, an welche nach außen, unter dem Hymenium, noch eine kleinzellige Gewebeschicht sich anschließt.

Die Schnitte, welche 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 Knollenblätterpilzes 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 Milchsäftschläuche, so hat man es mit einem Täubling (*Russula*) zu tun; sind Milchzellen (stets reichlich) vorhanden, so stammt das Fragment von einem Reizker (*Lactaria*).



Fig. 247. Querschnitt durch die Lamelle des Knollenblätterpilzes. — Vergr. $\frac{250}{1}$.



Fig. 248. Querschnitt durch eine Lamelle des Champignons. — Vergr. $\frac{250}{1}$.

Morcheln werden nach der oben (S. 251, Fig. 241) gegebenen Anweisung leicht erkannt; auch die Diagnose auf *Sclerotinia* (oben, S. 250, Fig. 240 f.) ist nach der Sporengestalt dieses Pilzes leicht zu stellen.

b) Die gewöhnlichsten Schimmelpilze.

Als „Schimmelpilze“ bezeichnet man im allgemeinen Sprachgebrauch alle diejenigen Pilze, die als lockere, weiche Rasen ein Nährsubstrat bedecken. Sie finden sich überall ein, wo tote pflanzliche Substanz feucht lagert und sind wesentlich an dem Vorgang der Zerstörung derselben beteiligt. Unter besonderen Umständen können einige auch als Parasiten auftreten, wie *Penicillium*, *Botrytis* und *Fusarium*. Botanisch gehören sie zu verschiedenen Klassen des Pilzsystems.

Gemeinsam ist allen „Schimmelpilzen“, daß man sie nicht ohne weiteres unter das Mikroskop bringen darf, weil bei jeder Berührung ihre Sporen abfallen, ihre Fäden zerstört und ihr Aussehen verändert wird, sondern daß man sie direkt auf ihrem Nährsubstrat der Beobachtung unterwerfen muß. Dies geschieht zweckmäßig, indem man einen Objektträger durch Hitze sterilisiert, darauf einen Tropfen Nährlösung oder flüssig gemachter, mit Bierwürze oder Pflaumenabsud versetzter, sterilisierter Gelatine bringt, erkalten läßt und nun Sporen des zu untersuchenden Schimmelpilzes auf das so gewonnene durchsichtige, erstarrte Nährsubstrat aufträgt; in vielen Fällen genügt es auch, wenn man einen Tropfen Nährlösung mit Sporen besät. Legt man solche Aussaaten in einer feuchten Kammer aus, oder stellt man sie im hängenden Tropfen über einen hohlgeschliffenen Objektträger her, so kann man auf diese Weise die Schimmelpilze direkt unter dem Mikroskop von der Sporenkeimung bis zur Sporenreife beobachten. 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 fortswimmt 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.

Charakteristisch für die Mucoraceen ist es, daß ihre Sporen in einer kugeligen Blase eingeschlossen sind und daß ihre Mycelfäden keine Scheidewände haben. Die übrigen Arten besitzen frei entstehende Konidien und Mycelfäden mit reichlichen Scheidewänden.

Mucor Mucedo. Eine der verbreitetsten Arten, insbesondere auf Mist wachsend und bis mehrere Zentimeter hohe, schlaffe, seidenglänzende Rasen bildend. Die Sporangienträger dieser Art sind nicht verzweigt; die Köpfchen sind in reifem Zustand schwarz. Besonders 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. 249). Dieser Köpfchenschimmel bildet auf Nahrungsmitteln aller Art, insbesondere aber auf Milch ausgebreitete, schneeweiße Rasen; er ist leicht daran zu erkennen, daß das Hauptstämmchen (Fruchtträger), welches an seiner Spitze das große kugelförmige Sporangium trägt, eine Anzahl kurzer Seitenzweige treibt, die alle ebenfalls mit (kleineren) kugeligen Sporangien enden. Glukose und Rohrzuckerlösung zersetzt dieser Pilz unter Alkoholbildung.

Mucor stolonifer (Fig. 251). Sehr leicht kenntlich ist diese Art daran, daß bei ihr immer ein Büschel von Sporangienträgern

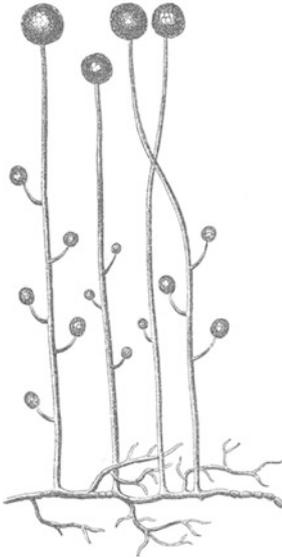


Fig. 249. *Mucor racemosus*. — Vergr. $100/1$.

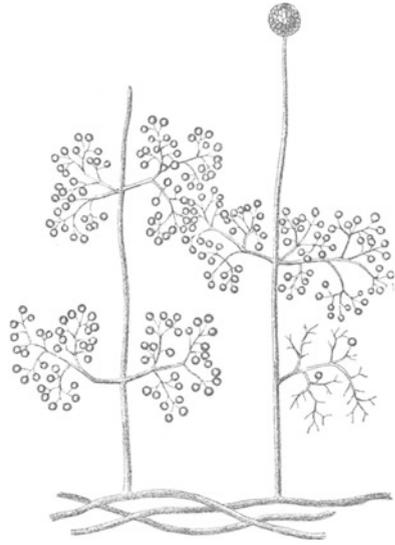


Fig. 250. *Thamnidium elegans*. — Vergr. $100/1$.

zusammensteht und daß die Pflanze darunter ein Bündel bräunlicher, wurzelartiger Fasern ins Substrat sendet. Sporangien durch

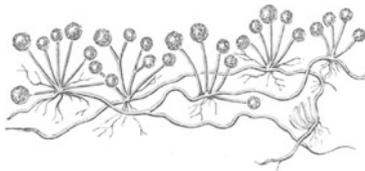


Fig. 251. *Mucor stolonifer*. — Vergr. $100/1$.

reichlich eingelagerte Calciumoxalat-Kristalle schwarz erscheinend; Sporen unregelmäßig eckig, 10 bis 15μ im Durchmesser, mit leistenförmigen Verdickungen. Er findet sich häufig auf faulenden Pflanzenresten, ist aber auch in stande weichere Früchte, wie Birnen und

Tomaten, zur Fäulnis zu bringen.

Thamnidium elegans (Fig. 250). Ein weißer Köpfcenschimmel, welcher auf Brot und anderen Nahrungsmitteln sich besonders gern einfindet und dadurch charakterisiert ist, daß der Hauptsporangienträger (meist quirlig gestellte) Seitenzweige treibt, welche eine große Masse kleiner Sporangien (Nebensporangien) erzeugen, die jedoch nur eine oder wenige Sporen enthalten.

Aspergillus herbariorum (Fig. 252). 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 Peritheecien, die man besonders leicht erhalten kann, wenn man ein aufgeschnittenes Weißbrot befeuchtet, mit Konidien impft und dann wieder zusammenklappt. Sie enthalten Ascosporen von 5—7 μ Dicke und 8—10 μ Länge.

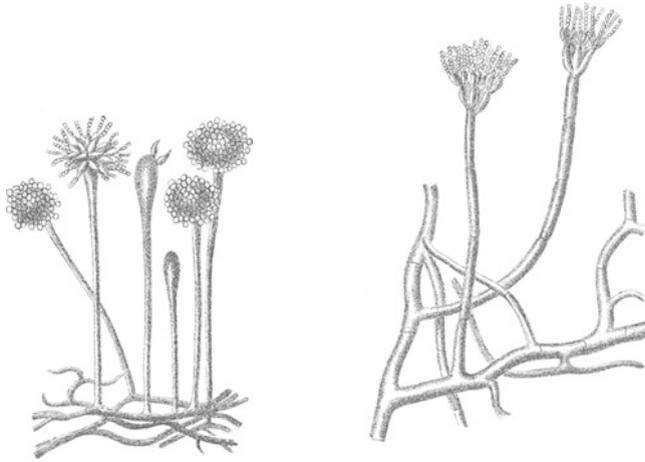


Fig. 252. *Aspergillus herbariorum*. — Vergr. $100\times$. Fig. 253. *Penicillium crustaceum*. — Vergr. $100\times$.

Penicillium crustaceum (Fig. 253). 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, kurzzyllindrischen Sterigmen. Die Konidien sind rundlich, mit einem Durchmesser von ca. 3 μ . 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 μ lange und 4—4,5 μ 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 „Edelpilze“ bezeichnet werden.

Penicillium brevicaulis (Fig. 254). 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 den Substrat weiß bis bräunlich. Die Konidien sind gelblich, rund oder birnförmig mit einer deutlichen Verdickung an der Abschnürungsstelle, ihre Größe beträgt

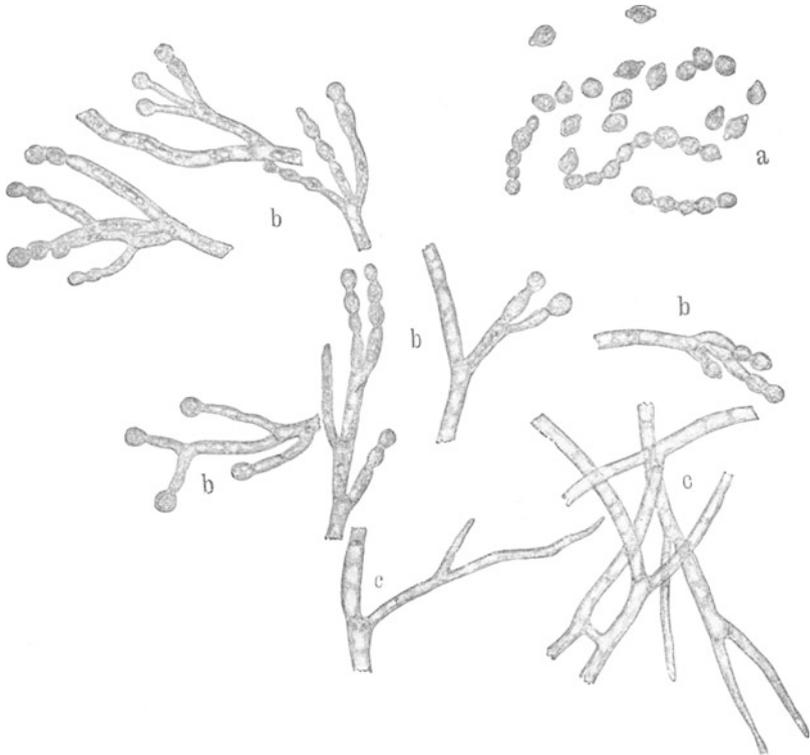


Fig. 254. *Penicillium brevicaulis*. a Sporen, teilweise in Ketten; b fertiles Mycel; c steriles Mycel. Vergr. $250\times$.

etwa $6,5\ \mu$ im Durchmesser oder $6,0\ \mu \times 10\ \mu$ nach Breite und Länge. Auf Nährböden, die Arsen in irgend einer Form enthalten, entwickelt der Pilz einen intensiven knoblauchähnlichen Geruch (Arsenwasserstoff). Um diesen deutlich hervorzubringen, genügt bei metallischem Arsen ein Zusatz von $0,0001\ \text{g}$, bei Arsenverbindungen gelingt noch der Nachweis von $0,000001\ \text{g}$. 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. 255). Kleine graue, bei der Sporenreife bald mehr mausgraue, bald braungraue oder graugelbe Rasen, auf modernden 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 Fruchtträger. 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.

Oospora lactis (Fig. 256). 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, schnee-

weiße Räschen; sie entwickelt keine eigentlichen Fruchtträger, sondern ihre Fäden bzw. die Zweige derselben zerfallen dadurch in Sporenketten, daß die einzelnen Zellen zerfallen sich zu Sporen umbilden und sich von dem Verband der Fäden leicht ablösen.

Von dieser Art gibt es viele Varietäten, die sich besonders durch biologische Eigentümlichkeiten unterscheiden. Davon sind einige wichtig, weil sie dem Camembert- und dem Brie-Käse ihren eigenartigen Geschmack verleihen.

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 Zusammenhang 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*,

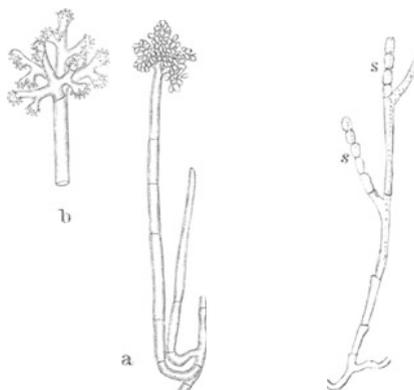


Fig. 255. *Botrytis cinerea*. a $100 \times$,
b oberer Teil von a, mit abgefallenen Sporen. — Vergr. $200 \times$.
(Nach DE BARY.)

Fig. 256. *Oospora lactis*. s In Sporenketten umgewandelte Zweige. Vergr. $200 \times$.

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 sterile Kartoffelscheiben und mit einer Nährlösung getränktes Filtrierpapier, sowie sterilisierte Teile der kranken Pflanze selbst gute Dienste. 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. 257).

Die Bakterienfäule der Kartoffel und die mit ihr im Zusammenhange stehende „Schwarzbeinigkeit“ der Kartoffelstauden gehört zu den Pflanzenkrankheiten, die fast überall leicht zur Untersuchung zu beschaffen sind. Das Charakteristische der Krankheit ist folgendes:



Fig. 257. Bakterienfäulnis der Kartoffel. Vergr. $250\times$.

Im Juli oder August sieht man auf 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 entstehen-

den Zwischenräume sind von lebhaft beweglichen Bakterien erfüllt. Außer dem Stengelgrunde sind die unterirdischen Stengelteile und auch oft die Knollen erkrankt. Gegen den Herbst hin nimmt die Knollenfäulnis zu 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 schrumpfen und so kommt das Bild der Fig. 257 zustande. Auf diesem sieht man einige Kartoffelzellen, die durch Bakterien voneinander gelöst sind. Die Stärkekörner sind unverseht, aber die Zellwände geschrumpft. 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).

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.

Als Erreger dieser Krankheit können verschiedene Bakterien auftreten, von denen bisher nur *Bacillus phytophthorus* Appel näher untersucht ist.

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 dickschaligen Sorten meist widerstandsfähiger sind als die dünnchaligen, so hilft auch oft ein in dieser Richtung durchgeführter Sortenwechsel.

Bakterienbrand der Kirschbäume (Fig. 258).

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 nur 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 Zer-

störung der jungen Phloënteile und ihrer Umgebung entstehen. 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. 258).

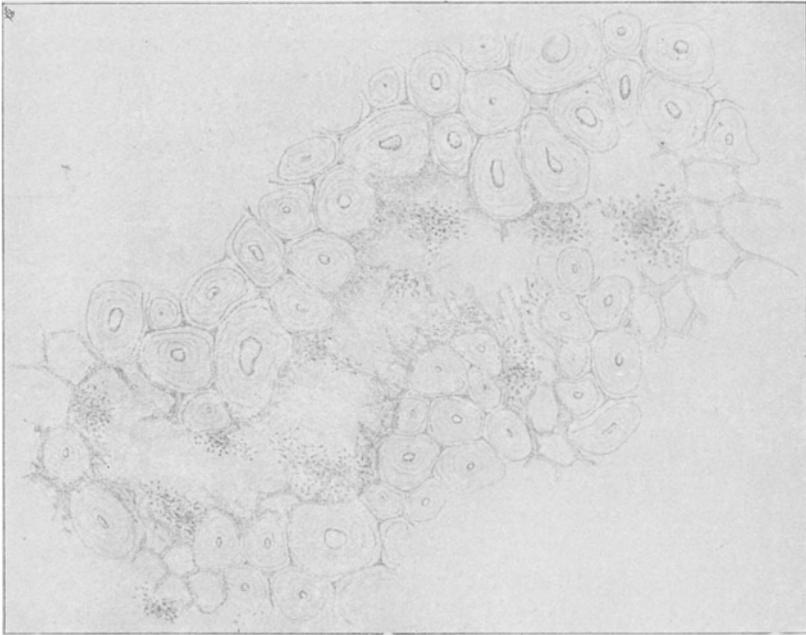


Fig. 258. Bakterienbrand der Kirschbäume. (Nach ADERHOLD und RUHLAND.) Vergr. $800/1$.

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 Kirschbäume 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 zuweilen 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.

Kohlhernie (Fig. 259, 260).

Sämtliche Arten der Gattung *Brassica* sowie eine Anzahl von andern Cruciferen leiden oft an kugel- oder knollenförmigen Wurzelanschwellungen, welche durch einen Schleimpilz, *Plasmodiophora Brassicae*, hervorgebracht werden. Untersucht man einen feinen Schnitt durch eine solche Anschwellung bei starker



Fig. 259. Von der Kohlhernie befallene Rübe.



Fig. 260. Sporen von *Plasmodiophora Brassicae*. (Nach WORONIN.) Vergr. $400\times$.

Vergrößerung, so findet man viele Zellen, welche durch ihre Größe auffällig sind, dicht mit kleinsten, stark lichtbrechenden Kügelchen erfüllt. Dies sind die Sporen der *Plasmodiophora*. Durch WORONINS Untersuchungen 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, welche 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.

Weißer Rost der Cruciferen (Fig. 261).

Der weiße Rost der Cruciferen wird hervorgerufen durch *Cystopus candidus*. Auf den verschiedensten Kruziferen 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

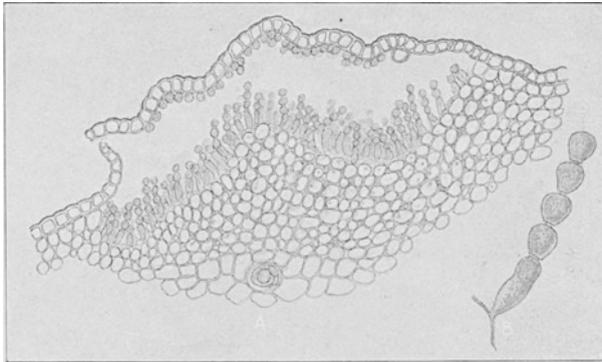


Fig. 261. *Cystopus candidus*. A Konidienpolster $70/1$; unter der sich abhebenden Epidermis sind die zahlreichen, perlschnurartig an kurzen Trägern entstehenden Konidien zu sehen. Tiefer im Gewebe liegt ein Oogonium. B Einzelner Träger mit vier Konidien. Vergr. $300/1$.

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 Mycel wächst interzellular, durch kleine Haustorien sich ernährend, und bildet in mehr oder weniger große Polster vereinigte Konidienlager (Fig. 261). 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 Cilien 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. 261 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, entläßt dann zahlreiche Schwärmsporen, die ebenso wie die aus den Konidien zwei Cilien 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. 262).

Von Juni bis August sieht man häufig auf dem Kartoffelkraut sogenannte Brandflecke entstehen, welche erst gelb, dann braun, schließlich schwärzlich werden. Am Rande dieser Flecken sieht man auf der Blattunterseite mit bloßem Auge, daß auf dem dort noch grünen Blattgewebe ein weißer Reif liegt. Dies ist die von *Phytophthora infestans* bewirkte Kartoffelkrankheit, welche 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 Geißeln versehener Sporen, welche 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 durch-

bohrt, sich im Innern derselben verzweigt und nun neues Mycel 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 Mycel



Fig. 262. Phytophthorakrankheit der Kartoffel. Links unten ein von der Krankheit befallenes Kartoffelblatt; rechts Querschnitt durch den Rand eines Brandflecks; man sieht die Bäumchen der *Phytophthora infestans* mit ihren zitronenförmigen Sporangien ¹⁶⁰/₁; links oben Schwärmsporen.
(Nach SORAUER.)

ist sehr 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 Mycels 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 Mycel reichlicher ist, Konidienträger als zarte weiße Rasen aus dem Gewebe hervor.)

Oosporen, wie bei anderen Peronosporeen, sind bis jetzt noch nicht aufgefunden; man nimmt daher an, daß der Pilz als Mycel in den Kartoffelknollen überwintere.

Zur besseren Übersicht über der Unterscheidung der verschiedenen Kartoffelkrankheiten dient die Tabelle auf Seite 273.

Übersicht über die hauptsächlichsten Kartoffelkrankheiten.

Name der Krankheit	Erreger	Kennzeichen der Krankheit an		Zeit des Auftretens	Umstände, die die Verbreitung begünstigen	Schutzmittel
		Kraut	Knollen			
Kraut- und Knollenfäule	Pilz <i>Phytophthora infestans</i>	Braune Flecken mit weißlichem Flaum umsäumt	Braun-bläulich schimmernde Flecken in der Schale	Juli bis September	feucht-warme Witterung	Bespritzung des Krautes mit Kupferkalkbrühe
Schwarzbeinigkeit	Bakterien <i>Bac. phyt.</i>	Stengel am Grunde schwarz und abgestorben	Knollen sind nauffaul	Juni — Juli	Übertragung durch krankes Saatgut, feucht-warme Witterung	Verwendung gesunden, unzerschnittenen Saatgutes
Schorf	Pilz <i>Oospora scabies</i> , Bakterien	—	Schorfige Stellen	—	Schorfiges Saatgut, alkalische Düngemittel	Beizen des Saatgutes mit 0,01 Prozent Sublimatlösung. Schorffreies Saatgut. Frische Azkalkdüngung
Dürrfleckenkrankheit	Pilz <i>Alternaria solani</i>	Runde braune trockene Flecken auf den Blättern	—	Juli bis September	Kleine blattbewohnende Insekten	Spritzen mit Kupferkalkbrühe
Eisenfleckigkeit	—	—	Braune, rostfarbene Flecke im Fleisch	—	—	—
Bakterienringkrankheit	Bakterien	Verkümmerung der Stengel und Blätter	Gefäßbündelring tief braun bis schwarz gefärbt	Während der ganzen Vegetationsperiode	Krankes Saatgut, Verwundungen der unterirdischen Teile der Pflanze	Verwendung gesunden, unzerschnittenen Saatgutes
<i>Fusarium</i> -Stengelfäule	Pilz <i>Fusarium (pestis?)</i>	Vernorschung und gänzliche Aufzehrung des Krautes, wie der unterirdischen Teile im Anschluß an Beschädigungen	—	Juni — Juli	?	—
Blattrollkrankheit	<i>Fusarium</i>	Blätter rollen sich zusammen, gelb gefärbte Gefäßbündel in Knollen und Stengel (nicht braun)	—	Juni — Juli	Ungünstige Wachstumsverhältnisse beim Auflaufen, unterirdische Verletzungen, krankes Saatgut	Verwendung gesunden Saatgutes
Kräuselkrankheit	<i>Fusarium</i>	Verkrüppelung u. Verkürzung der Stengel u. Blätter	Klein, oft glasig	Juli	?	Verwendung gesunden Saatgutes

Falscher Mehltau des Weinstocks (Fig. 263).

Diese Pflanzenkrankheit 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 Blatt-Unterseite weiße Schimmelflecke entstehen, während die Blatt-

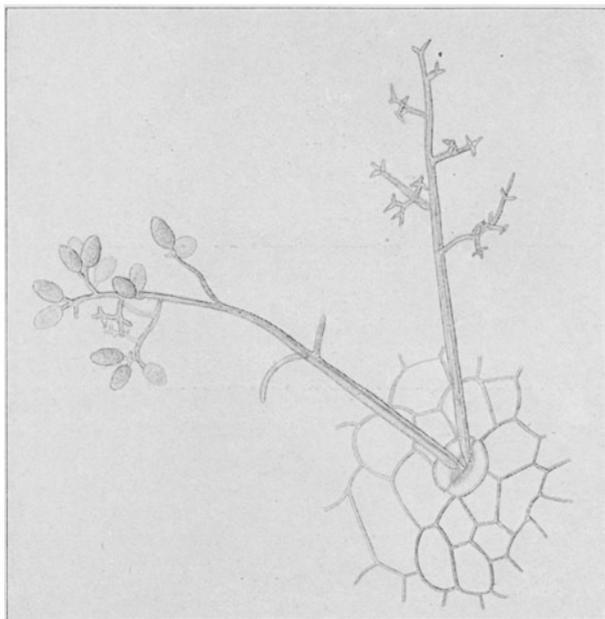


Fig. 263. Falscher Mehltau des Weinstocks. Zwei Konidienträger der *Plasmopara* kommen aus einer Spaltöffnung hervor. An dem Träger rechts sind die Konidien bereits abgefallen. ²⁰⁰/₁.

Oberseite an den betreffenden Stellen gelblich bis braun gefärbt wird. Bald folgt dann ein Absterben und Abfallen der kranken Blätter. Die Fortpflanzung der *Peronospora* ist derjenigen von *Phytophthora* gleich (Fig. 263); wichtig ist, daß bei der ersteren auch aus sexueller Befruchtung entstandene Oosporen vorhanden sind, welche dem Pilze der Kartoffelkrankheit fehlen. Diese Oosporen fallen mit den Blättern ab, überwintern, keimen im Frühjahr nach Verwitterung des sie einschließenden Blattgewebes und stecken die jungen Reblätter wieder an.

Behufs Bekämpfung der *Peronospora* muß im Herbst das abgefallene Reb-
laub gesammelt und verbrannt werden. Ferner hat sich als gutes Mittel das
mehrmalige Bespritzen der Blätter mit Kupferkalkbrühe*) erwiesen.

Taschenkrankheit der Pflaumen (Fig. 264).

Als „Narren“ oder „Taschen“ sind Pflaumenfrüchte (Zwetschgenfrüchte) bekannt, welche keinen Stein enthalten und eine unförmliche Gestalt angenommen haben (vgl. Fig. 264, a). Die Krankheit ist besonders im Juni-Juli fast überall zu finden; sie wird verursacht durch *Exoascus Pruni*. 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. 264, b); in jedem Schlauch werden acht Sporen erzeugt. Meist sind auch die den kranken Früchten zugehörigen Zweige von dem Mycel durchwuchert und es kommt vor, daß auch sie deformiert sind. Die Überwinterung findet im Weichbaste solcher Zweige statt, aus denen das Mycel im Frühjahr wieder in die Fruchtanlagen hineinwächst.

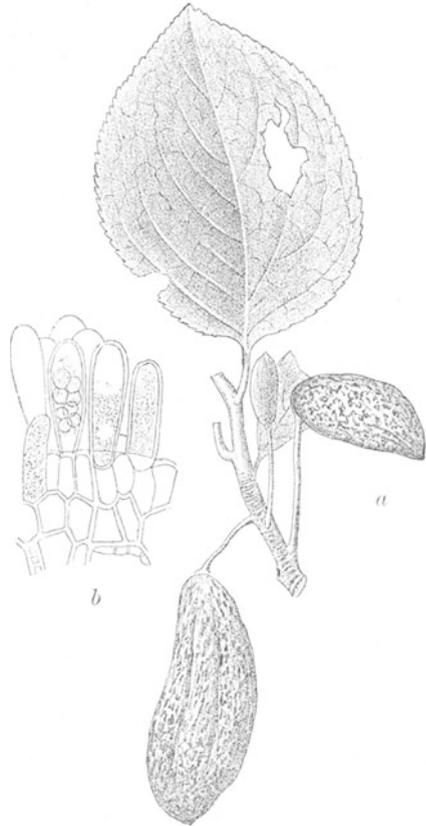


Fig. 264. *Exoascus Pruni*. a Zweig von *Prunus domestica* mit befallenen, krankhaft veränderten Früchten; b der Pilz. (Nach SORAUER.)

Meist genügt zur Bekämpfung ein gründliches Absammeln und Vernichten der Taschen.

*) In diesem Fall: Kupfervitriol 2 kg, frisch gebrannter Kalk 2 kg, Wasser 100 l.

Fleckenkrankheit des Klees (Fig. 265).

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*, dessen Fruchtkörper mittels des Mikroskops leicht aufzufinden und zu erkennen sind. Das Mycel des Pilzes durchwuchert das Blattgewebe. Die Fruchtkörper werden direkt unter der Blattepidermis angelegt und kommen auf den Blatflecken sowohl aus der Ober- wie Unterseite hervor. Sie werden als Apothecien bezeichnet und bilden eine graugelbliche, wachsartig

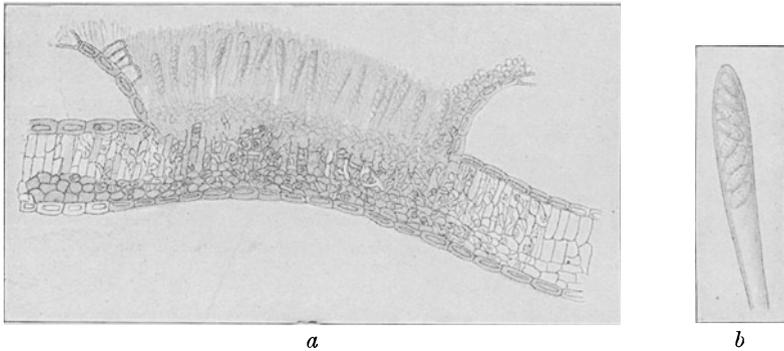


Fig. 265. *Pseudopeziza Trifolii*. a Blattquerschnitt mit einem reifen Apothecium. $120\times$, b einzelner Schlauch mit Sporen. $500\times$.

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 Apothecien 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.

Runzelschorf des Ahorns (Fig. 266).

Im Frühjahr gelangen die Sporen des Pilzes *Rhytisma acerinum* 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 Zweipfennigstücks 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 betupft erscheint. Das schwarze Aussehen rührt daher, daß das sich im Blattgewebe sehr reich ent-

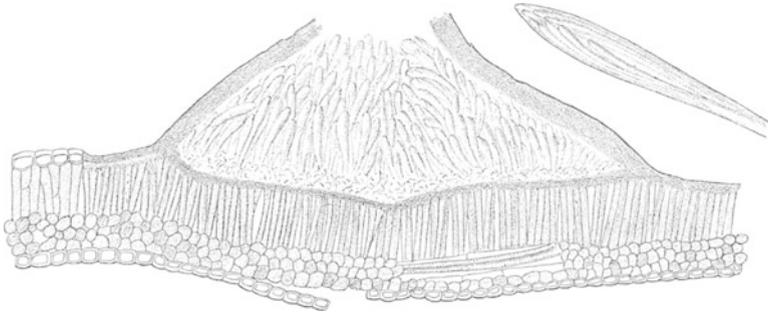


Fig. 266. *Rhytisma acerinum*. Schnitt durch ein reifes Apothecium und das Blatt, auf dem es sitzt. $\frac{200}{1}$. Rechts oben ein einzelner Schlauch mit seinen acht Sporen. $\frac{580}{1}$.

wickelnde Pilzmycel unmittelbar unter der Epidermis als schwarzes, aus kleinzelligem Pseudoparenchym bestehendes, sklerotiumartiges Stroma ausbildet. 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* genannt.) Die Pykniden verschwinden alsbald wieder und nun beginnt die Anlage der Apothecien. Der ganze Fleck erhält ein gehirnartig gerunzeltes Aussehen, daher die Bezeichnung: „Runzelschorf“. Jede Runzel ist ein junges Apothecium. 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 Apothecien zwischen den Paraphysen zahlreiche, keulenförmige Schläuche und in diesen je acht fadenförmige, farblose,

einzellige Sporen (Fig. 266). Sobald die Apothecien reif 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. 267, 268).

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

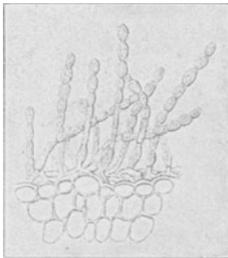


Fig. 267. *Erysiphe graminis*. Konidienform. Aus dem auf der Epidermis der Nährpflanze hinkriechenden Mycel erheben sich die Träger mit den kettenförmig sich abschnürenden Konidien.

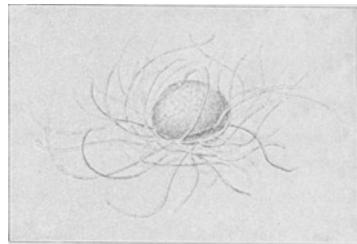


Fig. 268. *Erysiphe graminis*. Perithecie. Kugelige Kapsel Frucht mit zahlreichen braunen Stützfäden.

aus den zahlreichen, farblosen Mycelfäden von *Erysiphe graminis*, 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 Mycelfäden erheben sich zahlreiche Konidienträger, die an ihrer Spitze reihenweise ovale Konidien abschnüren (Fig. 267); diese Konidien sind sofort keimfähig und dienen der Verbreitung des Pilzes während des Sommers. Wenn dann das Mycel sich stellenweise verdichtet hat, erkennt man in den entstandenen kleinen Polstern schwarze Pünktchen, die sich unter dem Mikroskop als die Schlauchfrüchte — Peri-

thecien — des Pilzes zu erkennen geben; sie sind die Überwintungsform 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.

Nach neueren Forschungen gibt es bei *Erysiphe graminis*, ähnlich wie bei den Rostpilzen, 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. So soll der Mehltau des Weizens, des Hafers, der Gerste und des Roggens je eine solche spezialisierte Form sein, die keine der anderen direkt vertreten kann.

Echter Mehltau des Weinstocks (Fig. 269—271).

Der Mehltau des Weinstocks wird durch *Uncinula Tuckeri* verursacht. Dieser Pilz tritt in seiner Konidienform (*Oidium*, Fig. 269) als zarter, weißer Hauch oder Anflug auf den jungen Weinreben, Beeren und Blättern auf. 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 Pilzmycel, mit welchem die Epidermis der befallenen Pflanzenteile überzogen ist und welches 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 besonders ausgebildete Mycelteile oder durch Perithezien erfolgen. Die Überwinterungsmycelien sind kräftiger als die Konidien abschnürenden Pilzfäden und dadurch ausgezeichnet, daß sie un-

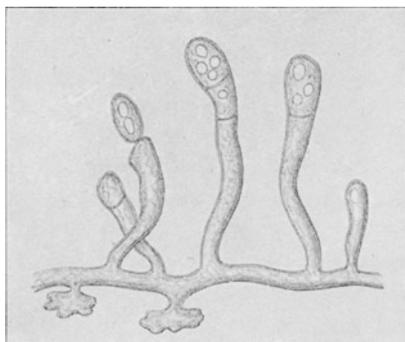


Fig 269. Mehltau des Weinstocks. An dem querliegenden Mycelaste sind nach unten zwei Appressorien, nach oben fünf Konidienträger in verschiedenen Entwicklungsstadien zu sehen.

regelmäßige Haustorien zu Knäueln gehäuft tragen (Fig. 270). Diese am einjährigen Rebholze aufgefundenen Dauermycelien wachsen im Frühjahr zu normalen Pilzfäden aus.

Die Peritheecien, 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. 271).

Auf dem Mehltau schmarotzt ein ihm nahe verwandter Parasit, eine zu den Pyrenomyceten gehörige *Cincinnobolus*-Art.

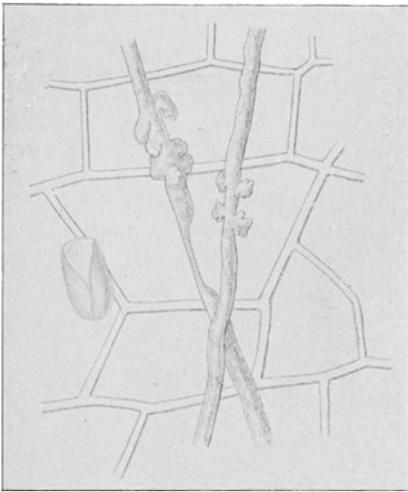


Fig. 270. Überwinterungsmycel von *Uncinula Tuckeri*. Links eine tote Konidie.

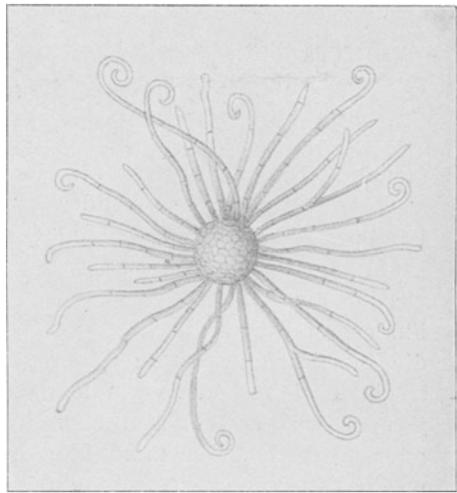


Fig. 271. Perithecie von *Uncinula Tuckeri*. (Nach VIALA.)

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. 272).

Unter diesem Namen versteht man im allgemeinen die schimmelartige Wucherung des Pilzes *Dematophora necatrix*, wenn auch bekannt ist, daß das Mycel 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, welche durch Ernährungsstörungen hervorgerufen werden; die Triebe entwickeln sich nur kümmerlich und bringen nur kleine, oft gekräuselte Blätter hervor, welche 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.

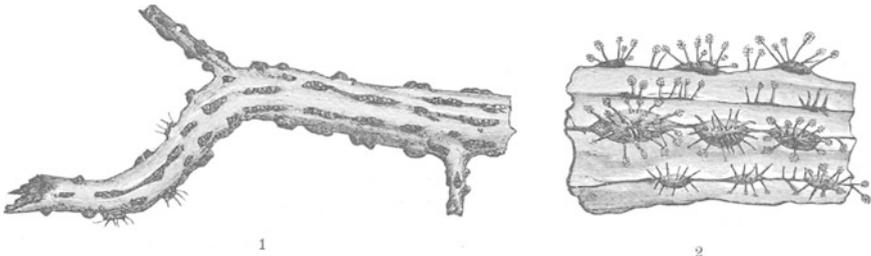


Fig. 272. 1. Ein Stück Weinstockwurzel mit Mycellager oder sklerotienartigen Knollen des Wurzelpilzes besetzt, von welchen einige bereits borstenähnliche Konidienfruchtträger entwickelt haben. Natürl. Größe. 2. Ein Teil von 1 nach Ausbildung der Konidien. $\frac{5}{1}$. (Nach HARTIG.)

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 Mycelfäden entpuppt. Allmählich werden diese Mycelfäden stellenweise dunkler, und es entstehen aus ihnen in ziemlich regelmäßiger Anordnung in Rindenrissen des unteren Stammes und auf der Wurzelrinde festere Körper, Mycellager oder Sklerotien.

Diese tragen die dünnen, borstenförmigen Fruchttäger, welche an ihrem oberen Teile rispig verzweigt sind und farblose, eiförmige Sporen (Konidien) hervorbringen.

Die Folge der Tätigkeit der *Dematophora necatrix* ist ein Abfaulen der Wurzeln und damit ein Absterben des Stockes durch Vertrocknung. Die Zeit, welche 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. 120, 273, 274).

Der Mutterkornpilz (*Claviceps purpurea*) kommt auf verschiedenen Gräsern, besonders häufig aber in den Ähren des Roggens vor; nach langen Forschungen wurde erkannt, daß dieser Pilz nacheinander in drei durchaus verschiedenen Formen auftritt, nämlich:

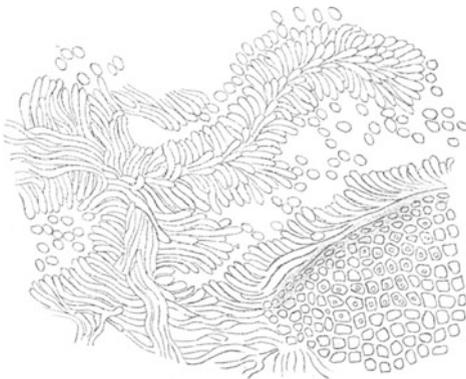


Fig. 273. Mutterkornpilz im ersten Entwicklungsstadium (Honigtau). Ein junges Sklerotium ist bedeckt mit schlauchförmigen Zellen, welche ovale Sporen abschnüren.
(Nach KNY.)

1. Als „**Honigtau**“ (Fig. 273). Unter Honigtau (früher *Sphacelia segetum* 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 schimmel-

ähnlichen 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 mit zur Verbreitung des Pilzes bei.

Sie keimen unter günstigen Verhältnissen schon nach fünf bis sechs Stunden und das aus ihnen erwachsende Mycel schnürt bereits nach acht Tagen neue Konidien ab.

2. **Das Sklerotium** (vgl. oben, Fig. 120). 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 pseudo-parenchymatischen 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* ist das in den Apotheken gebräuchliche und allgemein bekannte „Mutterkorn“, welches das giftige Ergotin enthält und dessen Genuß im Brot die Ursache der im Mittelalter als furchtbare Epidemien aufgetretenen „Kriebelkrankheit“ („St. Antoniusfeuer“) ist.

3. **Der ausgebildete Pilz** (Fig. 274). 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 Stiel, sowie in einen rundlichen Kopf differenzieren.*) Diese Form ist die eigentliche *Claviceps*, ein der Klasse der *Pyrenomyceten* angehöriger Pilz. Die Köpfchen sind dicht von Würzchen bedeckt und enthalten unter jedem Würzchen einen eiförmigen Fruchtkörper (Perithecie), welcher mit zahlreichen, gegen den Scheitel konvergierenden, linienförmigen, achtsporigen

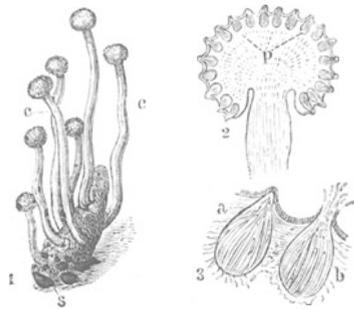


Fig. 274. Mutterkornpilz im dritten Entwicklungsstadium. 1. Sklerotium mit Pilzfrüchten (natürl. Größe). s Sklerotiumlager, c Früchte des Mutterkornpilzes (fruchtbares Pilzlager). 2. Ein Fruchtköpfchen vergrößert im Vertikaldurchschnitt, Fruchtkörper [Perithecia (p)] zeigend. 3. Perithecia stark vergrößert, achtsporige Sporenschläuche enthaltend.

a Noch geschlossene Perithecie, b geöffnete Perithecie, Sporen auswerfend.

*) 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.

Schläuchen (Sporenschläuchen) gefüllt ist. Bei der Reife öffnet sich jede Perithecie mit einem Loche inmitten des deckenden Wärcchens. Aus dem oberen Ende des Sporenschlauches treten die fadenförmigen Sporen in Bündeln zusammenhängend aus und schieben sich durch die Perithecieöffnung nach außen. Ein Sklerotium kann 20—30 Fruchthälter tragen, welche mehr als eine Million Sporen entwickeln. Diese Sporen rufen auf Gräsern wieder Honigtau hervor.

Außer dem typischen *Claviceps purpurea* 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 Roggenmutterkornes 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 vorhandenen wilden Gräser vor der Blüte, damit sich nicht von ihnen aus der Honigtau auf das Getreide verbreite.

Steinbrand des Weizens (Fig. 275 a, b, 276).

Der Steinbrand des Weizens wird hervorgerufen durch den zu den Ustilagineen gehörenden Pilz *Tilletia tritici*, bei uns seltener durch dessen nahen Verwandten *Tilletia laevis*. Die Erscheinung 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* (Fig. 275, a) von netzig angeordneten Leisten besetzt, die den Rand des Kornes unter dem Mikroskop gezähnt erscheinen

lassen; diejenigen von *T. laevis* (Fig. 275, 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 vier bis fünf Tagen mit einem langen, kräftigen Keimschlauch, der erst wenn er an die Luft kommt Konidien entwickelt. In feuchter Luft oder in feuchter Erde wird

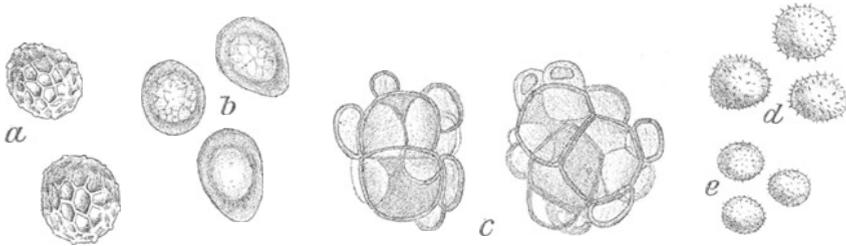


Fig. 275. Brandsporen von: a *Tilletia tritici*, b *T. laevis*, c *Urocystis occulta*, d *Ustilago maydis*, e *U. hordei*. $800/1$.

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. 276 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

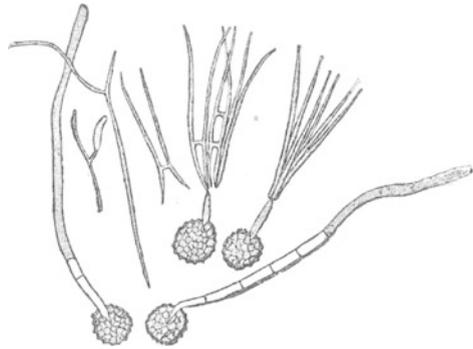


Fig. 276. *Tilletia tritici*. Unten, rechts und links, zwei Sporen, die im Wasser lange Keimschläuche getrieben haben; oben rechts zwei Sporen, die in feuchter Luft kurze Träger entwickelt haben, an denen die meist zu zweien verbundenen Konidien in kranzförmiger Anordnung stehen. Links davon ein solches Paar, dann weiter eine einzelne gekeimte Konidie und endlich eine Tochterkonidie an einem aus einer Primärkonidie entwickelten Mycelstück.

(Nach v. TUBEUF.) $800/1$.

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 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 Steinbrandsporen befreit. Die üblichsten Mittel sind das Beizen des Saatgutes mit Kupfervitriollösung unter nachfolgender Kalkung, das Beizen mit zwei-prozentiger Formalinlösung, 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. 275, e).

Während man früher den Flugbrand der verschiedenen Getreidearten als eine einheitliche Art (*Ustilago carbo*) 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*, *U. avenae* und *U. hordei*, deren Vorkommen auf die in ihrem Namen zum Ausdruck kommenden Nährpflanzen 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 Mycel, die der letzteren mit einem konidientwickelnden Promycel. Zu der ersteren gehören *U. tritici* und *U. hordei*, zu letzterer *U. avenae*.

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 Mycel nachweisen, und zwar befindet es sich hauptsächlich im Schildehen, 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 interzellular wachsen; in dem Keimling findet es sich dann, besonders in der Nähe der Gefäßbündel, reichlicher. In der heranwachsenden Pflanze entwickelt sich das Mycel 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* 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 Promycel, 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 Jensenii*) und der gedeckte Haferbrand (*Ustilago laevis*) 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* und *hordei* ihre Keimfähigkeit nur wenige Monate behalten, während die anderen Arten bei trockener Aufbewahrung mindestens ein Jahr lang völlig normal keimen.

Im übrigen sei auf die Tabelle auf Seite 288 verwiesen.

Maisbrand (Fig. 275, 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*), 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

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 Mycel (ohne Konidien) auskeimend	braun	zur Blütezeit	Blüteninfektion	Benutzung brandfreien Saatguts (f. d. Züchter: rechtzeitiges Ausreißen d. Brandpflanze, isolierte Zucht brandfreier Pflanzen) (Heißwasserbehandlung?)
	Steinbrand	<i>Tilletia tritici</i> (a) und <i>Tilletia laevis</i> (b)	a) kuglig, durch erhabene Leisten gefeldert b) unregelmäßig, kuglig, glatt	auskeimend mit Promycel und Konidien (Kranzkörperchen)	schwarzbraun	beim Drusch	Keimlingsinfektion	Beizung des Saatguts
Gerste	Flugbrand	<i>Ustilago hordei</i>	kuglig, fein bewarzt	direkt mit Mycel (ohne Konidien) auskeimend	braun	zur Blütezeit	Blüteninfektion	Benutzung brandfreien Saatguts (f. d. Züchter: rechtzeitiges Ausreißen d. Brandpflanze, isolierte Zucht brandfreier Pflanzen) (Heißwasserbehandlung?)
	Hart- oder Schwarzbrand	<i>Ustilago Jensenii</i>	unregelmäßig, kuglig, glatt	auskeimend mit Promycel und Konidien	schwärzlich	beim Drusch	Keimlingsinfektion	Beizung des Saatguts
Hafer	Flugbrand	<i>Ustilago avenae</i>	kuglig, fein bewarzt	auskeimend mit Promycel und Konidien	braun	zur Blütezeit	Keimlingsinfektion	Beizung des Saatguts
	gedeckter Haferbrand	<i>Ustilago laevis</i>	unregelmäßig, kuglig, glatt	auskeimend mit Promycel und Konidien	schwärzlich	beim Drusch	Keimlingsinfektion	Beizung des Saatguts

jüngsten Teilen, wie in den Scheiden wachsender Stengel, in den Blüten, an den Vegetationspunkten usw., wenn dort Sporen auf-fliegen.

Soweit durchführbar, sollte man alle Beulen ausschneiden; auch ist eine Beizung des Saatgutes mit Kupfervitriollösung und eine Vermeidung frischen Dunges anzuraten.

Roggenstengelbrand (Fig. 275, c).

Der Roggenstengelbrand, hervorgerufen durch *Urocystis occulta*, tritt da und dort häufig auf. Er schädigt die Roggenpflanzen dadurch, daß er den Stengel und die in der Entwicklung begriffenen Ähren zerstört. Das Mycel, 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 Sporenmassen verstäuben. Die Sporenknäuel bestehen meist aus ein bis drei dunkleren Hauptsporen und zahlreichen helleren Nebensporen (Fig. 275, c). Die inneren Sporen keimen leicht im Wasser zu einem kurzen Mycelstück 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 die des Weizensteinbrandes.

Getreiderost (Fig. 277—283).

Der Rost der Getreidearten wird von verschiedenen naheverwandten Pilzen hervorgerufen, von denen die häufigsten sind: *Puccinia graminis* (Schwarzrost), *P. dispersa* (Braunrost), *P. triticina* (Weizenrost), *P. glumarum* (Gelbrost), *P. simplex* (Zwergrost), *P. coronata* (Kronenrost). 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*, im Frühsommer an, so findet man (vgl. Fig. 278), daß dieselben gebildet werden von elliptischen, dünnwandigen Zellen ohne Scheidewand, mit feinstacheliger Membran, welche auf dünnen Stielchen stehen. Diese Sporen, welche als Uredosporen bezeichnet werden, sind sofort keimfähig und verbreiten die Krank-

290 B. Praktisch wichtige, auf mikroskopische Weise zu untersuchende Objekte.

heit, wenn sie vom Wind fortgeführt werden, über weite Strecken der Getreidefelder.



Fig. 277. Blatt mit Uredosporenhäufchen. (Nach ERIKSON.)

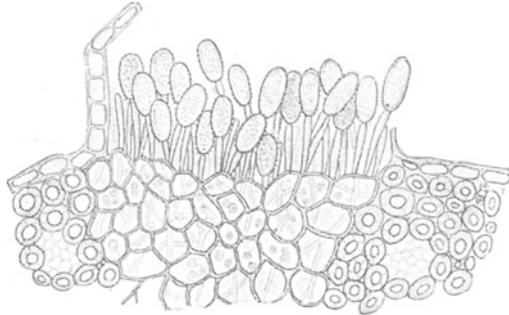


Fig. 278. Uredosporenlager von *Puccinia graminis* auf einem Roggenblatt. $250/1$.

Später im Jahre bilden dann dieselben Pusteln, welche erst Uredosporen hervorgebracht hatten, dickwandige, zweizellige Sporen



Fig. 279. Stengel mit Teleosporenhäufchen. (Nach ERIKSON.)

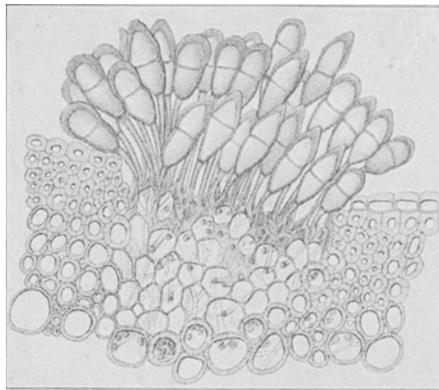


Fig. 280. Teleosporenlager von *Puccinia graminis* auf einem Roggenstengel. $170/1$.

(Fig. 280); diese sind nicht sofort keimfähig, sondern haben den Beruf, den Pilz durch den Winter zu bringen. Solche Sporen werden als Teleosporen bezeichnet.

Im Frühjahr keimen die Teleutosporen in der Weise aus (vgl. Fig. 282), daß sie durch vorgebildete Keimporen dicke, mit Scheidewänden versehene Schläuche (Promycelien) heraussenden, an welchen auf dünnen Fädchen (Sterigmen) kleine dünnwandige Sporen (Sporidien, *sp*) entstehen.

Diese Sporidien der *Puccinia graminis* keimen nun nicht wieder auf Gräsern, sondern sie kommen nur zur Entwicklung, wenn sie auf die Blätter des Berberitzen-Strauches (*Berberis vulgaris*) gelangen. Hier dringen sie ein und bilden dichte Fadengeflechte, welche bald wieder als rote Pusteln erscheinen und zweierlei verschiedene Fruchtbildungen erzeugen. Auf der Oberseite der Blätter (vgl. Fig. 283, *b*) entstehen krugförmige Behälter, welche

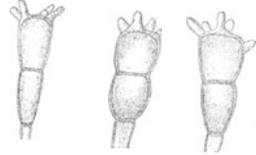


Fig. 281. Teleutosporen von *Puccinia coronata*. $\frac{300}{1}$.



Fig. 282. Keimende Teleutospore mit Promycelien, welche Sporidien (*sp*) ab-schnüren. — Vergr. $\frac{400}{1}$.

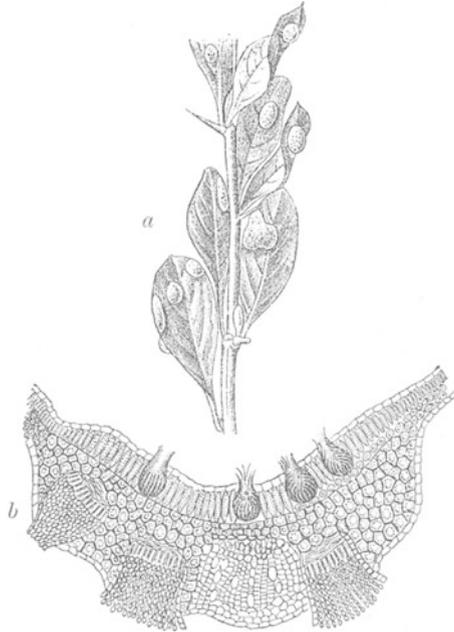


Fig. 283. *Puccinia graminis*. *a* Aecidien auf einem Zweig von *Berberis vulgaris*; *b* Durchschnitt durch ein solches Aecidium, nach oben die Spermatienbehälter, nach unten die Sporenbecher. (Nach SORAUER.)

kleinste Zellchen (Spermatien) hervorbringen. Die Bedeutung dieser Spermatien ist noch unbekannt. Auf der Unterseite dagegen entwickeln sich größere Becher, welche in Reihen dicht gedrängt die

Die wichtigsten Unterscheidungsmerkmale der Getreideroste.

	Uredo- u. Teleutoform auf	Aecidienform auf	Aussehen der Teleutolager		Aussehen der Teleutosporen		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	langgestielt, spindel- oder keulenf., etwas eingeschn., kastanienbraun, mit verdickter runder oder spitzer Spitze	Frühjahr
2. <i>P. dispersa</i> Braunrost	Roggen	<i>Anchusa arvensis</i> und <i>officinalis</i>	1—1,5 mm lang, von der Epidermis bedeckend bleibend, glänzend, braun bis ockerfarben	von der Epidermis bedeckend bleibend, glänzend, schwarz, meist blattunterseits	kugelig, bis elliptisch, stachelig	kurzgestielt, keulenförmig, unsymmetrisch	Herbst Keim-schl. farblos
3. <i>P. triticea</i> Weizenrost (Braunrost des Weizens)	Weizen	unbekannt	1 bis 1,5 mm (an Keimpfl. i. Herbst bis 2 mm), braun-ockerfarben, ordnungslos	von der Epidermis bedeckend bleibend, glänzend, schwarz, zerstreut	kugelig bis elliptisch, Keim-schl. dunkelrot	wie bei <i>dispersa</i>	Herbst Keim-schl. farblos
4. <i>P. glumarum</i> Gelbrost	Weizen Roggen Gerste	unbekannt	0,5—1 mm lang, linienförmig gereiht u. 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. Keim-schl. heller rot	kurz gestielt, unsymmetrisch keulenförmig abgeflacht oder mit 2 seitlichen Hörnern	Herbst Keim-schl. 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 Keim-schl. blaß
6. <i>P. coronata</i> Kronenrost	Hafer	<i>Rhamnus cathartica</i> (nicht auf <i>frangula</i>)	lebhaft orange-farben, Epidermis blasenartig abhebbend	Lager seittl. mehr od. weniger zusammenfließend, ring- oder rautenförmige Fig. bildend, lange (bis Frühjahr) von der Epidermis bedeckt bleibend	rundlich, Wand farblos, stachelig, 10 Keim-poren	Mit nach Zahl und Form wechselnden Krönchenfortsätzen	Frühjahr

Accidium-Sporen hervorbringen. Diese Accidium-Sporen sind nur auf Gräsern keimfähig und bringen von neuem die Uredo-Sporenform hervor.

Wie bei keiner anderen Pilzgruppe ist hier die Spezialisierung entwickelt und studiert. So unterscheidet man zurzeit, um bei dem Beispiele von *P. graminis* zu bleiben, folgende biologische Formen dieser Art: *P. graminis Secalis*, *P. gr. Tritici*, *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* für ihr Accidium die Berberitze, so benutzt *P. dispersa* *Anchusa arvensis* und *A. officinalis*; *P. coronata* hat ihr Accidium auf *Rhamnus cathartica*. Zu den übrigen Arten ist bis jetzt ein Accidium noch nicht bekannt geworden. Die früher als Zwischenformen der Getreideroste angesprochenen Accidien auf *Symphytum* und *Pulmonaria* gehören zu dem auf Bromus-Arten beschränkten Braunrost (*P. Symphyti Bromorum*). — Einen Überblick über die Unterscheidungsmerkmale der einzelnen Getreiderostarten gibt die S. 292 abgedruckte Tabelle.

Bei Bekämpfung der Rostkrankheit ist man auf große Schwierigkeiten gestoßen. Die Verbreitung der *P. graminis* kann zwar durch Wegschaffen der *Berberis*-Sträucher eingedämmt werden; dies ist aber bei *P. dispersa* nicht der Fall, weil deren Accidiumform 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. 284—286).

Im Sommer, etwa August, findet man auf den Blättern von Birnbäumen häufig große orangerote Flecke (*Röstelia*-Form von *Gymnosporangium subinae*), die auf der Oberseite kleine schwarze Pünktchen zeigen; beobachtet man diese Flecke weiter, so sieht man im September auf der Blattunterseite Verdickungen, aus denen kegelförmige Fruchtbecherchen (Accidien) herausragen, die von einer gitterförmig durchbrochenen Haube (Peridie) bedeckt sind (Fig. 284, *a*). Auf einem Querschnitt (Fig. 284, *b*) durch eine solche Stelle erkennt man, daß die schwarzen Punkte krugförmige eingesenkte Behälter (Pykniden) sind, deren Inneres mit sehr kleinen Sporen angefüllt ist. Auch in den Accidien werden zahlreiche Sporen gebildet, die bei der Reife durch das Gitter der Peridien ins Freie gelangen. Beim Präparieren fällt die Haube leicht ab.

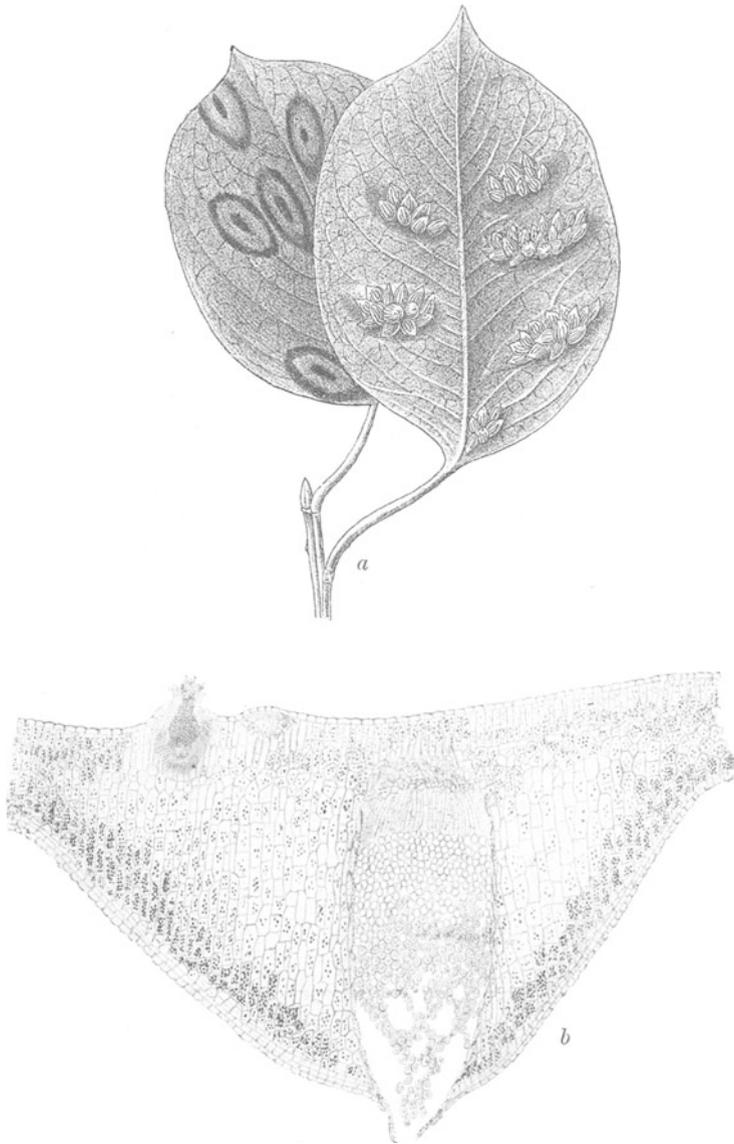


Fig. 284. *Gymnosporangium sabinae*. a Birnblätter mit Aecidien (nach SORAUER); b Querschnitt durch ein krankes Blatt; links oben Pyknide, nach unten Aecidium. $\frac{50}{1}$.

Außer diesen beiden Fruchtformen gehört zu unserem Pilze noch eine dritte, welche auf dem Sadebaum (*Juniperus sabina*) zur Entwicklung gelangt. An Zweigverdickungen desselben kommen

im Frühling anfangs braune Köpfchen hervor, die bei feuchtem Wetter gallertartig verquellen (Fig. 285).



Fig. 285. Teleutosporenlager von *Gymnosporangium sabinae*. Verkleinert. (Nach v. TUBEUF.)

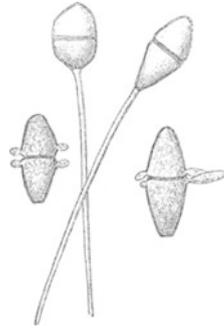


Fig. 286. Teleutosporen von *Gymnosporangium sabinae*. $\frac{350}{1}$.

Die Gallertmasse besteht aus den langen, sehr leicht quellenden Stielen der Teleutosporen (Fig. 286), die bei trockenem Wetter abstäuben. Die Teleutosporen sind zweizellig, teils dünnwandig, teils dickwandig und haben vier Keimporen; sie keimen zu kurzen Promycelien (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. 287).

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*. Sie erweisen sich mit dem Mikroskop

betrachtet als Konidienlager, die die Cuticula 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 da eine vereinzelt, 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



Fig. 287. *Gloeosporium Lindemuthianum*. Querschnitt durch ein Konidienlager. 250/1.

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.

Moniliakrankheit der Obstbäume (Fig. 288, 289).

An Äpfeln und Birnen treten im Herbste 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

mumienartig ein und bilden dann echte Sklerotien, aus denen eine höhere Fruchtforn (*Sclerotinia*) hervorgeht. Die erwähnten Pilzpolster lassen sich unter dem Mikroskop als Bündel von Konidien abschnürenden Mycelästen erkennen. Die eiförmigen Konidien werden in Ketten gebildet und sind, abgefallen, sofort wieder keimfähig (Fig. 289).

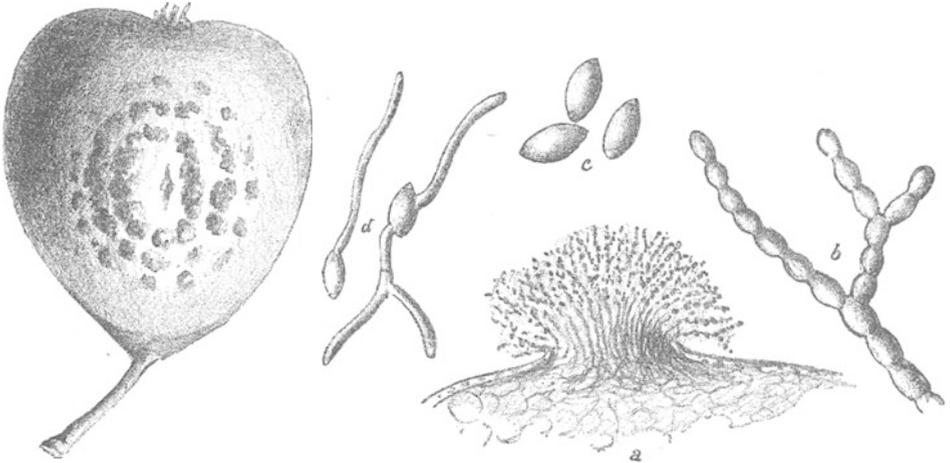


Fig. 288. Birne mit ringförmig angeordneten Pilzpolstern von *Monilia fructigena*. (Nach ADERHOLD.)

Fig. 289. *Monilia*. a Mycelbündel; b Mycelast, in Konidien zerfallend; $300\times$. c Konidien; $350\times$. d Keimung der Konidien; $300\times$. (Nach ADERHOLD.)

Außer der beschriebenen Art gibt es eine ihr sehr nahe verwandte, die vorwiegend auf Steinobst vorkommt, die *Monilia cinerea*. 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.

Schorf- oder Fusicladiumkrankheit des Kernobstes (Fig. 290, 291)

wird durch zwei nahe verwandte Pilze hervorgerufen. An den Äpfeln wird die Krankheit durch *Fusicladium dendriticum*, an den Birnen durch *F. pyrinum* 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*, seltener *dendriticum*, 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. 290), 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



Fig. 290. *Fusicladium dendriticum*.
Schorfiger Apfel.

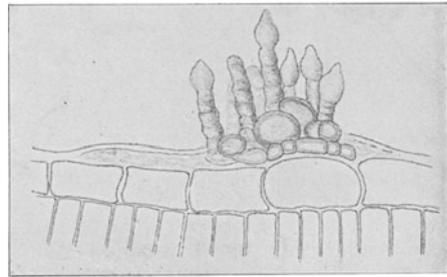


Fig. 291. Konidien von *Fusicladium dendriticum*. *a* von der Schale eines Apfels abgekratzt (nach SORAUER); *b* Schnitt durch einen Blattfleck. $\frac{500}{1}$.

äußersten 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. 291). Die Pilzfäden dringen nicht tiefer in das Fruchtfleisch ein. Letzteres erzeugt unterhalb des Flecks eine Korksicht, durch die das infizierte Gewebe von dem gesunden Fruchtfleisch abgegrenzt wird. Auf den abgefallenen, infizierten Blättern entwickelt der Pilz im Frühjahr mit Borsten versehene Perithecieen, 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. 292).

Auf abgestorbenen oder absterbenden Pflanzenteilen, hauptsächlich krautigen Stengeln und Blättern, findet man sehr häufig grünlichbraune bis schwarzbraune samtartige oder rußähnliche Pilzvegetationen. Dieselben werden von *Cladosporium herbarum* 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. 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. 292). 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



Fig. 292. *Cladosporium herbarum*. Das Parenchymgewebe, wie auch die Epidermiszellen sind nach allen Richtungen von Mycel durchzogen. An einer Stelle brechen zahlreiche unregelmäßige Konidienträger hervor. $\frac{160}{1}$. Links oben einige stärker vergrößerte Sporen.

Sporen.

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 in noch nicht befriedigender Weise erforscht.

Welkekrankheiten der Leguminosen (Fig. 293).

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

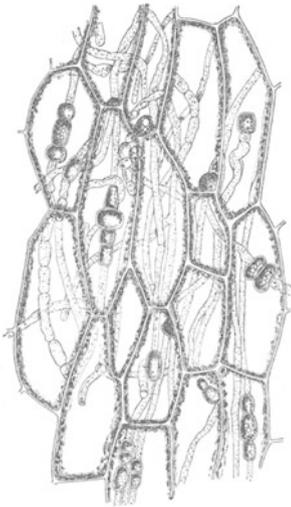


Fig. 293. *Fusarium*-Mycel und Chlamydosporen im Stengelgewebe welkekranker Leguminosen. $\frac{300}{1}$. (Nach SCHIKORRA.)

man, daß die Gefäßbündel gebräunt sind. Auf Längs- und Querschnitten ist in diesen verfärbten Gefäßen mehr oder weniger reichlich Mycel sichtbar, das man häufig bis in die Blattstiele und Blattrippen verfolgen kann. In älteren Stengeln findet sich das Mycel auch vielfach außerhalb der Gefäße in dem umgebenden Parenchymgewebe. Legt man Abschnitte solcher Stengel feucht, so wächst das Mycel in kürzester Zeit reichlich heraus und bildet die für die Sammelgattung *Fusarium* typischen spindel- oder sichelförmige Konidien (vgl. Fig. 304A). Je nach der Art — die Krankheit kann durch verschiedene, systematisch schwer unterscheidbare Arten hervorgerufen werden — sind Mikro- oder Makrokonidien vorwiegend. In den absterbenden Teilen, am Grunde des Stengels findet man auch oft Chlamydosporen, die für die Überwinterung wichtig sind (Fig. 293).

Die ein- bis zweizelligen Mikrokonidien entstehen in Mehrzahl nacheinander an einfachen Mycelzweigen, die sichelförmigen, zwei- bis achtzelligen Makrokonidien werden einzeln an den dicht zusammenstehenden Ästen ihrer büschelförmigen Träger abgeschnürt. Die Chlamydosporen endlich gehen aus Auftreibungen des Mycels 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.

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 unserer alkoholhaltigen Getränke wird durch Hefepilze bewirkt; die Hefepilze (*Saccharomyceten*) heißen auch Sproßpilze, weil sie (Fig. 294) sich in der Weise vermehren, daß jede ihrer Zellen an irgend einer Stelle eine Hervorwölbung treiben

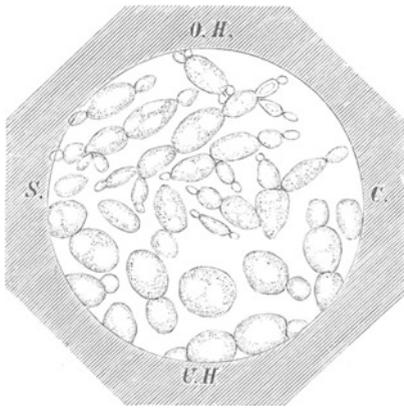


Fig. 294. *Saccharomyces cerevisiae*. O. H. Oberhefe. U. H. Unterhefe. — Vergr. $400\times$.



Fig. 295. *Saccharomyces ellipsoideus*. Stark vergrößert. (Nach JÖRGENSEN.)

kann, die sich mehr und mehr vergrößert, bis sie der Mutterzelle an Gestalt und Größe ähnlich geworden ist. Diese Sprossung erfolgt in vielfacher Wiederholung und es bilden sich dabei durch den einige Zeit andauernden Zusammenhalt der einzelnen Zellen sog. „Sproßverbände“. Eine solche Vermehrung findet sich bei Pilzen verschiedener Pilzgruppen; als „Hefen“ faßt man aber nur die Formen auf, für die ein Nachweis der Zugehörigkeit zu anderen Pilzen noch nicht erbracht ist.

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.

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 der Bierbrauerei Verwendung finden; von ihnen unterscheidet man wieder Unterhefen und Oberhefen, je nachdem sie während ihrer Tätigkeit vorwiegend am Grunde der Flüssigkeit vorhanden sind und dort die „Satzhefe“ oder „Depotheke“ bilden oder unter lebhafter Schaumentwicklung am Anfang der Gärung aufsteigen. Zweitens die Hefen des *Ellipsoideus*-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, die durch ihre oft langgestreckten, wurstförmigen Zellen ausgezeichnet sind und deren Vertreter meist als Krankheitshefen unerwünschte Gäste in den gärenden Flüssigkeiten sind.

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 sogenannte „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 voll schmeckendes, blankes Bier mit Sicherheit erzielt. In gleicher Weise ist man imstande, durch Verwendung rein gezüchteter Rassen des *Saccharomyces ellipsoideus* (Fig. 295) auf das Bukett des Weines einen gewissen Einfluß auszuüben.

Das schönste Beispiel für die spezifische Wirkung der Heferassen 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.

Zur Unterscheidung der Heferassen dienen vor allem biologische Merkmale, wie Wachstum auf verschiedenen Nährböden, Verhalten gegen verschiedene Temperaturen und gegen verschiedene Zuckerarten, wie überhaupt die Feststellung der Gärkraft. Alle diese Untersuchungen sind nur bei ständiger mikroskopischer Kontrolle durchführbar, und je mehr man in die Probleme der Gärung eindringt, um so umfangreicher werden die Forderungen, die an den Mikroskopiker gestellt werden.

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 Getreidestärke mit Preßhefe versetzt wird, welche sich stark vermehrt, dann abgehoben und durch Filterpressen entwässert wird. Das so hergestellte Produkt wird sehr oft verfälscht. Leicht entdeckbar ist der Zusatz von Stärke (meist Kartoffelstärke), welche deswegen nicht mit den etwa aus der Zuchtmaische stammenden Stärkekörnern verwechselt werden kann, weil diese stets deutlich angegriffen und verquollen, die betrügerisch zugesetzten aber intakt sind.

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 obergärige 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.

Soorpilz.

Gleichfalls zu den Hefen rechnet man den Soorpilz *Saccharomyces albicans* (Fig. 296), einen als Parasit häufig vorkommenden Pilz,

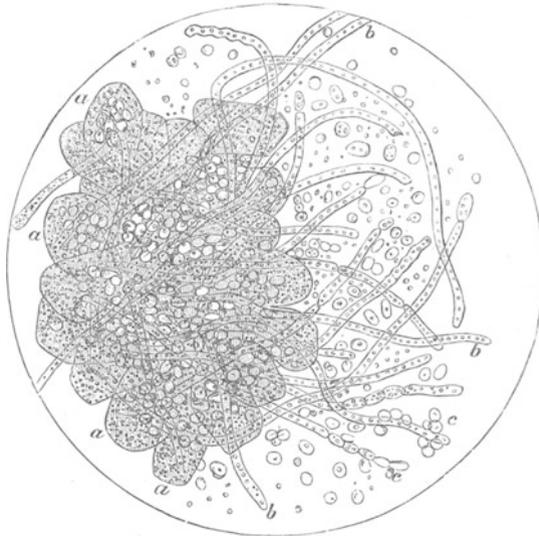


Fig. 296. Soorpilz, stark vergrößert. a Epithelialzellen der Mundschleimhaut, bedeckt mit den Rasen des Soorpilzes (b) und abgeschnürten Sprossungen desselben (c). (Nach ROBIN.)

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 Fäden, an denen sich an den verschiedensten Stellen zahlreiche ovale Konidien abschnüren. Auf zuckerhaltigen, wasserarmen und von der Luft abgeschlossenen Nährböden wächst er hefeartig.

e) Die wichtigsten Wasserpilze.

Bakterien-Zoogloeen (Fig. 297, 298).

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.



Fig. 297. Bakterien-Zoogloeen der Fig. 298, an abgestorbenen Moosstengeln sitzend. Nat. Größe.

Die Bakterienzoogloeen stellen in verschmutzten Wasserläufen an Holz- und Steinwerk usw. festsitzende, beim Zerdrücken breiartige Massen dar, welche entweder kein festes Substrat im Innern haben (die „Zoogloea ramigera“, welche lange vor der bakteriologischen Ära beschrieben wurde, wird von knorpeligen, verzweigten Bakterienlagern gebildet) oder welche sich um abgestorbene

Moosstengel usw. herum (Fig. 297) ansetzen. Sie können bei massenhaftestem Auftreten (Fig. 298) Mühlräder und ähnliche Wasserwerke als graue oder weiße Beläge dicht bedecken.

Zerdrückt man solche Zoogloeen und behandelt sie in der S. 100 für Bakterienpräparate angegebenen Weise, so zeigt das Mikroskop eine Unmenge meist ziemlich kurzer und dicker Stäbchen.

Crenothrix polyspora (Fig. 299).

Eine zu den Spaltpilzen gehörige Art, welche hauptsächlich dadurch bekannt wurde, daß sie in eisenhaltigem Wasserleitungswasser (z. B. früher in Berlin) auftritt und durch Verstopfen der Röhren sowie durch Abschwimmen ganzer Pilmassen 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

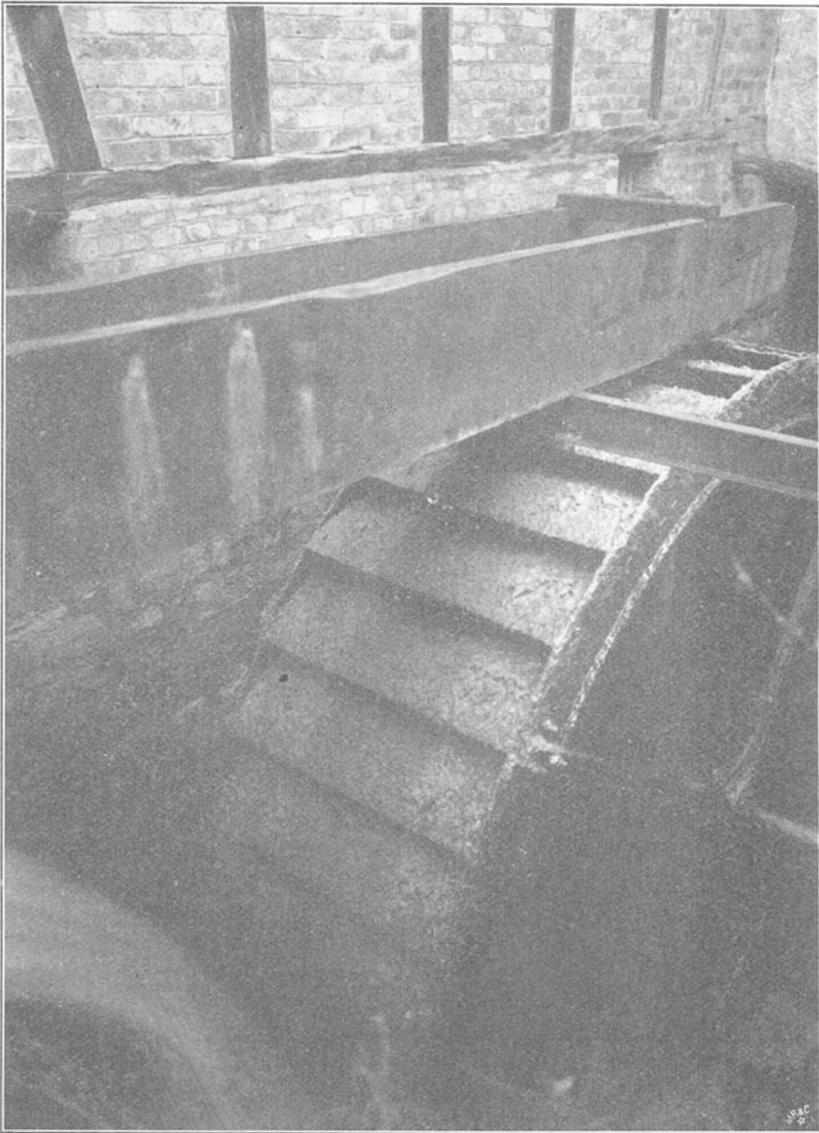


Fig. 298. Mit Bakterien-Zoogloen weiß bewachsenes Mühlrad.

unrichtig; dieser Pilz ist nur an den Eisengehalt gebunden und liebt gerade reines, d. h. nicht fäulnisfähiges Grundwasser.

Crenothrix ist leicht daran zu erkennen, daß sie aus einem dünnen Zellfaden besteht, welcher von einer dicken, mit Eisenhydroxyd

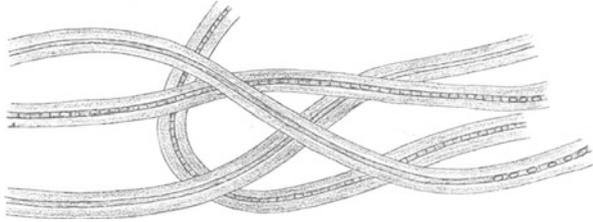


Fig. 299. *Crenothrix polyspora*. Vergr. $\frac{750}{1}$.

rostbraun gefärbten Gallertscheide umgeben ist. Häufig sieht man auch Fäden, welche allein noch aus der Scheide bestehen, während die Zellen ausgewandert oder abgestorben sind.

Cladothrix dichotoma (Fig. 300).

Mit der vorhergehenden und der folgenden Form sehr nahe verwandtes Fadenbakterium, welches sowohl in praktisch reinem wie in schwach verun-

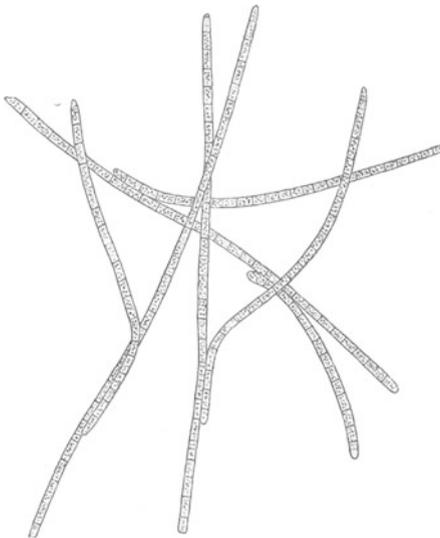


Fig. 300. *Cladothrix dichotoma*. Vergr. $\frac{750}{1}$.

reinigtem Wasser vorkommt. Es bildet lockere, stets kurze und allermeist bräunlich gefärbte kleine Räschen, deren Spitze (zum Unterschied vom *Sphaerotilus*) niemals auffallend weiß gefärbt ist.

Kennlich ist dieser Mikroorganismus leicht daran, daß seine Fäden locker stehen und reichliche unechte Verzweigungen aufweisen. Auch pflegen im Innern seiner Zellen dunkle Körner häufig vorzukommen, welche bei *Sphaerotilus* fehlen. — 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. 301).

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, schaf-fellartigen Massen ausgepolstert. — In der Literatur ging *Sphaerotilus* früher meist unter den Namen *Cladotrix*, *Crenothrix* oder *Beggiatoa*; der neuerdings beschriebene *Sphaerotilus fuitans* 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. 301, *b*) aus kleinsten Zellen zusammengesetzt sind. Ferner ist bemerkenswert, daß stets viele Fäden in gemeinsamer Schleimhülle liegend Büschel bilden, welche bei Betrachtung mit bloßem Auge (vgl. Fig. 301, *a*) 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.

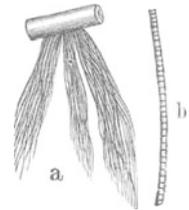


Fig. 301. *Sphaerotilus natans*. *a* nat. Größe; die als einzelne, makroskopisch sichtbare Fäden gezeichneten Gebilde sind in Wirklichkeit aus sehr vielen Einzelfäden bestehende Bündel. *b* $\frac{300}{1}$; Einzelfaden.

Beggiatoa alba (Fig. 302).

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, welches 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 regulinischem Schwefel und diesen weiter zu Schwefelsäure, welche in Form von Sulfaten ausgeschieden wird (vgl. S. 331). — Für die Wasserbeurteilung wichtig ist, daß *Beggiatoa* nur im Wasser vorhandenen Schwefelwasserstoff anzeigt, welcher zwar meist aus den intensiven Fäulnisprozessen, die sich in Abwässern abspielen, herührt, welcher aber auch anderen Quellen entstammen kann.

Man findet die aus Zellreihen bestehenden Fäden der *Beggiatoa* (Fig. 302, *c*) gewöhnlich dicht mit Schwefelkörnchen angefüllt (vgl. Fig. 302, *a*, *b*). Ferner zeigt dieser Fadenpilz noch die Eigenschaft deutlicher Eigenbewegung unter dem Mikroskop. Die Fäden machen

eine pendelnde Bewegung, welche bei längerem, ruhigem Betrachten des Präparats nicht übersehen werden kann. An dieser Bewegung und an den Schwefelkörnchen wird *Beggiatou* leicht erkannt.

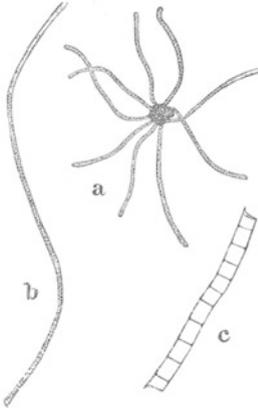


Fig. 302. *Beggiatou alba*. a, b $\times 300/1$, c $\times 120/1$.

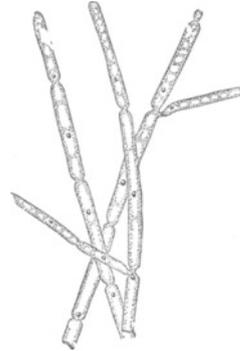


Fig. 303. *Leptomitius lacteus*. $\times 150/1$.

Leptomitius lacteus (Fig. 303).

Wie *Sphaerotilus* ist auch *Leptomitius* ein Charakterpilz für durch fäulnisfähige Substanzen verunreinigtes Wasser, in welchem er als große, wollartige Rasen auftritt und oft ganze Wasserläufe auspolstert.

Der Pilz ist sehr leicht daran zu erkennen, daß seine Fäden schon bei schwacher Vergrößerung ($\times 80/1$) 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 (Cellulinkorn) liegen. Diese Körper sind mit den Einschnürungen die besten Erkennungsmerkmale des *Leptomitius*.

Saprolegnia und Achlya.

Während *Leptomitius* in Wasser wächst, welches 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 welchen Fischbrut aufgezogen wird, wie in Fischbehältern (Fischkästen) durch sie großer Schaden angerichtet werden kann. Die *Saprolegnia*- und *Achlya*-Arten befallen zunächst tote Exem-

plare, 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, welche 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 *Leptomitus* leicht durch das Fehlen der Zellulinkörner zu unterscheiden. In bezug auf die Strikturen, welche manche als hauptsächliches Unterscheidungsmerkmal hervorheben und welche *Leptomitus* allein zukommen, muß man deshalb vorsichtig sein, weil infolge Durchwachsens alter Fadenenden auch bei *Achlya* strikturenähnliche Bilder auftreten können.

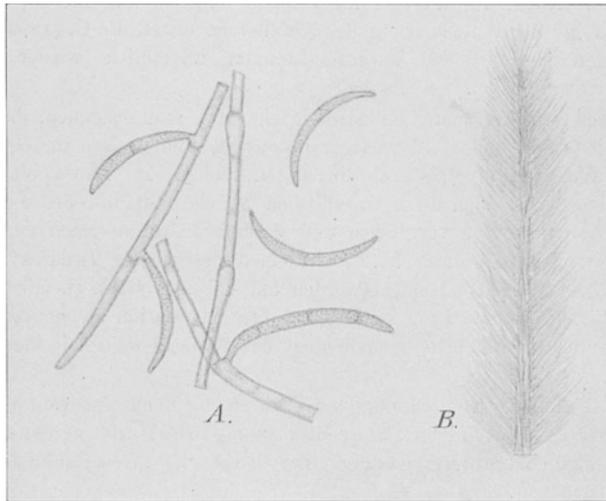


Fig. 304. *Fusarium aquaeductum*. A. Mycelfäden mit mondformigen Konidien. Vergr. 500 \times .
B. Teil des Pilzlagers. Vergr. 20 \times .

Fusarium aquaeductum (Fig. 304).

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. aquaeductum* 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. 304, B) ist der Pilz daran zu erkennen, daß die Fäden nicht einzeln verlaufen, sondern von knorpeligen Krusten oder Strängen abgehen.

Bei stärkerer Vergrößerung (Fig. 304, A) sieht man die mond-förmigen, ein- bis vierzelligen Konidien massenhaft im Präparat liegen, seltener sind sie noch den Pilzfäden angeheftet. Das Mycel 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 (welche 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 sinnfälliger 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. 302) sowie durch *Bakterien-Zoogloeen* (Fig. 297, 298).

- 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. 301), *Oscillatoria Froelichii* (Fig. 321d).
 - 3) Geringere Wasserverschmutzung. — Das Wasser ist beim Stehen nicht oder kaum mehr fäulnisfähig. Leitorganismen: *Leptomitus lacteus* (Fig. 303), *Fusarium aquaeductuum* (Fig. 304), *Carchesium Lachmanni* (Fig. 460).
 - 4) Leichte Wasserverunreinigung. — Das Wasser nähert sich physikalisch und chemisch dem normalen Zustand. Leitorganismen: *Cladotrix dichotoma* (Fig. 300), Auftreten von *Melosira varians* (Fig. 319).
- 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 äußern 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, welche Nahrung an die Bakterien abzugeben vermögen, werden als Nährsubstrate derselben bezeichnet. Um aus den Nährsubstraten, in welchen 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 besitzen 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 durch Zertrümmerung sauerstoffhaltiger Verbindungen aus diesen ihren Atmungssauerstoff gewinnen (anaërobe Bakterien).

Als Endprodukte ihrer Stoffwechselfätigkeit scheiden die Bakterien (oft intensiv giftige [Toxine]) Abfallstoffe aus, welche 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



Fig. 305. *Spirochaete Obermeyerii*. Blutpräparat mit feinen schraubenförmigen Fäden. (Nach LEHMANN und NEUMANN.)

(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 Obermeyerii*, Fig. 305, 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, welchen 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, welche mit Sicherheit als Wirkung spezifischer Bakterien und verwandter niederster Pilze erkannt wurden, sind Cholera (*Microspira Comma*); Rückfallfieber (*Spirochaete Obermeyerii*); Syphilis (*Spiroch. pallida*); Typhus (*Bacterium typhi*); Pest (*Bacterium pestis*); Pneumonie (*Bact. Pneumoniae*

und verwandte Arten); Eiterungen (verschiedene *Micrococcus*-, *Streptococcus*- und *Bacterium*-Formen); malignes Ödem (*Bacillus oedematis*); Wundstarrkrampf (*Bac. Tetani*); Fleischvergiftung (*Bac. botulinus*); Milzbrand (*Bac. anthracis*); Gonorrhöe (*Micrococcus Gonococcus*); Aussatz (*Mycobacterium Léprae*); 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, welche 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 wahrscheinlich, aber noch nicht sichergestellt.

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 (*Cocobacteria*).

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

¹⁾ Eine ausgedehnte Systematik der Spaltpilze mit Bestimmungsschlüssel für die Arten derselben enthält mein Buch „Mikroskopische Wasseranalyse“ Berlin, Julius Springer.

läßt, und dann einen Tropfen, mit dem Deckglas bedeckt, unter das Mikroskop nimmt. Als auffallendste Erscheinungen in solchem Wasser (Fig. 306) sieht man zunächst stets die Infusionstierchen (Fig. 306 *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. 306 *d—k*) nicht entgehen.

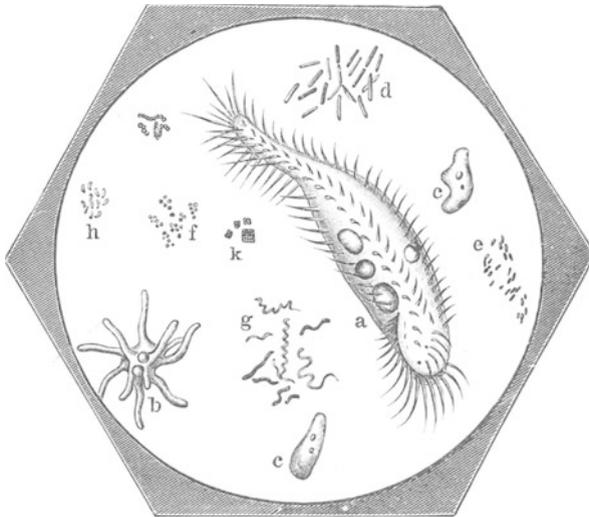


Fig. 306. Lebeformen in einem Tropfen faulenden Wassers. *a—c* Protozoön (*a* *Uroleptus piscis*, *b* *Amoeba radiosa*, *c* *Amoeba limox*), *d* *Bacillus*, *e* *Bacterium*, *f* *Micrococcus*, *g* *Spirillum*, *h* *Microspira*, *i* *Streptococcus*, *k* *Sarcina*.

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, dann durch komplizierte Färbungsmethoden hat man vom Körper der Bakterien ausgehende zarte Geißeln (vgl. Fig. 307) sichtbar gemacht, welche als Bewegungsorgane 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*).

Da die Spaltpilze, so wie sie in natura vorliegen, ungefähr das gleiche Lichtbrechungsvermögen haben wie das Wasser, in welchem sie schwimmen, so werden sie behufs genauerer Untersuchung den Färbeverfahren 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 100 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.

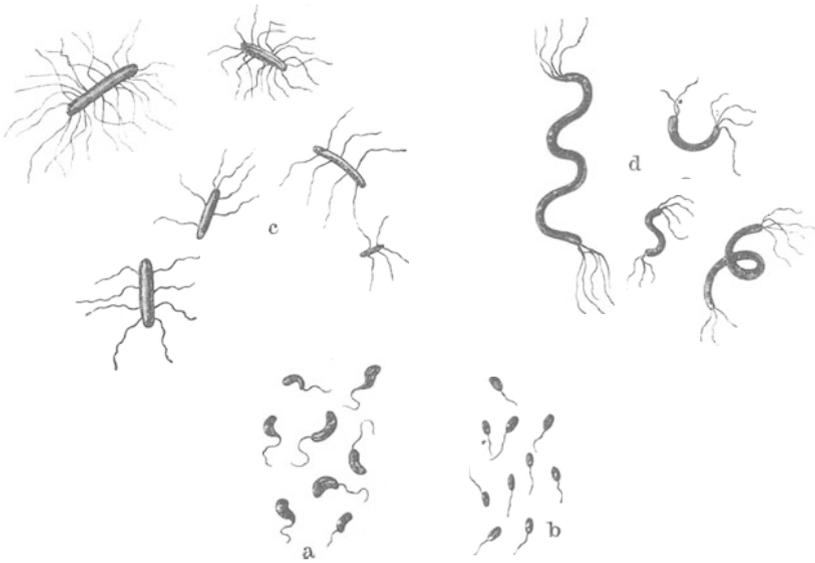


Fig. 307. Begeißelungstypen der Bakterien: a *Microspira Comma*, b *Bacterium fluorescens*, c *Bact. typhi*, d *Spirillum volutans*. a—c $1600/1$, d $800/1$.

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 ge-

schieht, indem man ein genau abgemessenes Flüssigkeitsquantum mit verflüssigter Nährgelatine*) vermischt.

Wenn die (leider nur in sehr beschränktem Maße gültige) Voraussetzung gemacht wird, daß jeder Keim sich zu einer Kolonie entwickelt und wenn der

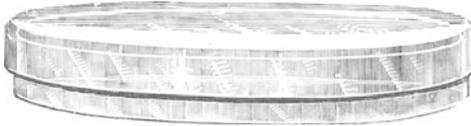


Fig. 308. Petri-Schale.

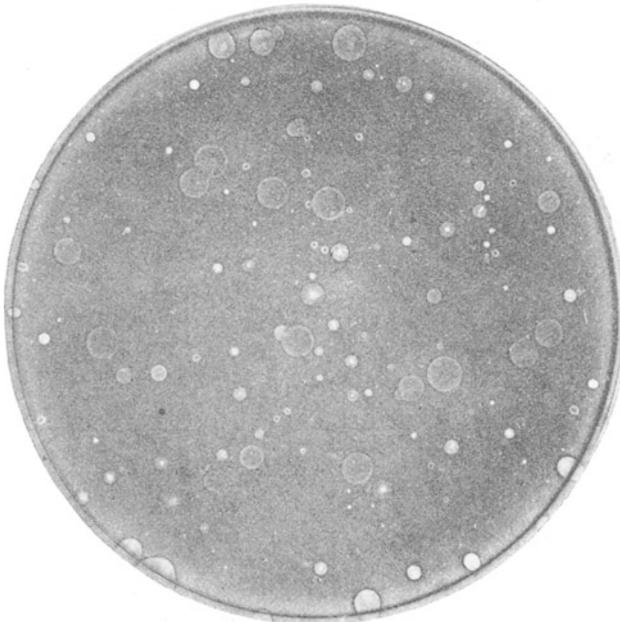


Fig. 309. Dicht besäte Kulturplatte in natürlicher Größe. (Nach OHLMÜLLER.)



Fig. 310.
Gelatine-Rein-
kultur von *Bac-
terium coli*.
Nat. Größe.

verwendete erstarrende Nährboden steril war, so muß die Anzahl der in der Gelatine sich bildenden Kolonien gleich sein der Zahl der Keime, welche in dem ihr beigefügten Flüssigkeitsquantum enthalten gewesen waren. Dies gibt uns ein Mittel an die Hand, den Keimgehalt von Flüssigkeiten zu bestimmen.

*) Fleischwasserpeptongelatine (Nährgelatine): 500 g fettfreien Rindfleisches werden in fein gehacktem Zustand mit 1000 g Wasser 12 Stunden lang angesetzt, darauf durch ein Tuch die Flüssigkeit abgepreßt und unter stetem Rühren aufgekocht; durch doppeltes Filtrierpapier filtriert, 5 g Kochsalz, 10 g Pepton sicc. und 100 g feingeschnittene, beste weiße Gelatine zugegeben, auf 1000 g auf-

Der Gang einer solchen Untersuchung*) ist der, daß man in ein Reagenzglas mit sterilisierter, verflüssigter Nährgelatine 1 ccm der zu untersuchenden Flüssigkeit eingibt, dann durch Neigen und Wiederheben des Reagenzglases für vollkommen gleichmäßige Verteilung der Keime in der Flüssigkeit sorgt, dann diese in durch Hitze sterilisierte Schalen mit übergreifendem Deckel (Fig. 308, Petri-Schalen) eingießt und sie erstarren läßt. Nach 1—14 Tagen entwickeln sich nun die einzelnen Keime zu (größtenteils makroskopisch) sichtbaren Kolonien, wie in Fig. 309 dargestellt ist.

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 Bakterien behafteten Nadel in neue, sterile Nährgelatine (oder in andere Nährsubstrate wie Agar-Agar, gekochte Kartoffeln usw.) Reinkulturen anlegen. Derartige Reinkulturen (Fig. 310), welche die charakteristischen Eigenschaften der Bakterienarten zeigen, sind zum Bestimmen derselben unerläßlich nötig.



Fig. 311. Sporenbildung von Bacillus-Arten. a Mittelständige Sporen von *B. anthracis* (Milzbrandbacillus), b endständige von *B. tetani* (Starrkrampfbacillus). $1000/\lambda$.

Bei der oben angewandten Tinktion der Bakterien mit Anilinfarben kommt es häufig vor, daß im Innern großer Stäbe Partien 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,

gefüllt und mit Natronlauge oder Lösung von Natriumkarbonat genau neutralisiert (Indikator: Phenolphthaleïn); durch den Heißwassertrichter filtriert und die klare Nährgelatine 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 Nährgelatine auf offener Flamme ist nicht zu empfehlen, da durch höhere Wärmegrade als 100° die Erstarrungsfähigkeit der Gelatine leidet.)

*) Genaue praktische Anweisung zu derartigen Untersuchungen findet man in meinem Buch „Mikroskopische Wasseranalyse“ (Berlin, JULIUS SPRINGER).

gegen Dürre, Hitze und chemische Einflüsse sehr widerstandsfähige Sporenmembran 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. 311, *a*) oder endständige (Fig. 311, *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 in ein großes Uhrglas und fische mit zwei ausgeglühten Präpariernadeln aus demselben heraus: 1. einige der im tuberkulösen Sputum sich findenden gelblichen Knötchen; 2. etwas von der zähen Sputummasse. Von beiden bringe man ganz wenig je auf einen spiegelblank gereinigten Objektträger englischen Formats (vgl. S. 80) etwa in ein Drittel seiner Länge, fasse einen unbeschickten, reinen Objektträger gleicher Art mit der andern Hand und zerreiße das Sputum zwischen den beiden Gläsern unter energischem Drücken. Beim Auseinanderziehen der Objektträger bleibt auf jedem ein feinverteiltes Präparat. Zu diesem darf nur so viel Masse verwendet worden sein, daß es hauchartig dünn ist.

Die beiden so gewonnenen Präparate kommen unter eine Glasglocke; dasselbe Verfahren wird so oft wiederholt, bis zwölf Präparate vorhanden sind. Wenn die Präparate lufttrocken sind (aber nicht eher!) werden sie über einer Flamme erhitzt. Um die Dauer der Erhitzung zu kontrollieren, setzt man neben der Sputumschicht den Zeigefinger der linken Hand auf. Wenn dieser die Wärme nicht mehr ertragen kann, zieht man das Präparat aus der Flamme.

Darauf werden (vgl. Fig. 312) zwei Kristallisierschalen ineinander gestellt, die innere beschwert und in den Zwischenraum Karbolfuchsin*) gegeben. Es muß so viel Farbstoff eingegossen werden, daß die Sputumschichten aller Präparate völlig bedeckt sind.

*) Fuchsin 1,0; 5% wässrige Karbolsäurelösung 100,0; Alkohol 10,0. — Karbolfuchsin muß alle 14 Tage neu bereitet werden.

In das Karbolfuchsin werden die erkalteten Präparate, Sputumschicht nach außen, gestellt. — Nach 15 Minuten wird das erste Präparat herausgenommen (die andern bleiben ruhig in der Farbe, bis sie der Reihe nach drankommen!), zuerst mit Wasser rasch abgespült und dann so lange in officineller (10%) Salzsäure geschwenkt, bis nur noch ein schwach roter Schein vorhanden ist. Ob die Entfärbung weit genug vorgeschritten ist, sieht man, wenn man das Präparat gegen ein weißes Papier betrachtet. Man höre lieber etwas zu früh als zu spät auf, denn die folgende Gegenfärbung entfärbt auch noch ein wenig. Sollten im Präparat tief-

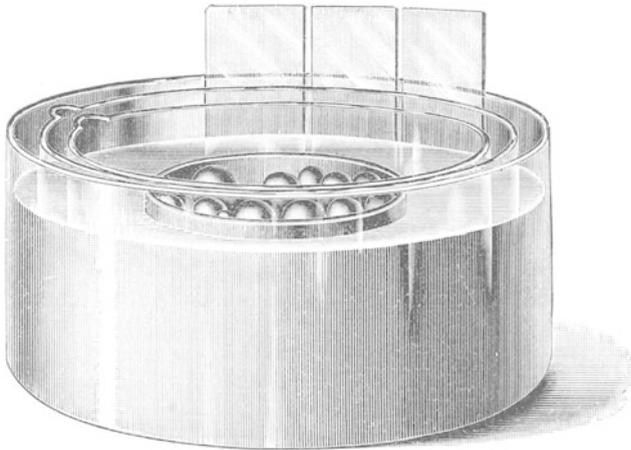


Fig. 312. Apparat zum Färben von Sputumpräparaten. (Nach ZIMMERMANN.)

rote Stellen vorhanden sein, an welchen das Sputum zu dick liegt, so warte man nicht auf die Entfärbung derselben, sondern halte sich an die normal, dünn aufgetragenen Partien.

Ist man mit der Entfärbung fertig, was nach kurzer Übung sich leicht bemessen läßt (gewöhnlich dauert sie nicht über eine Minute!), so wird die Salzsäure mit Wasser abgespült und das Präparat unter der Glasglocke oder durch ganz leichte Erwärmung getrocknet.

Auf das trockene Präparat kommt alsdann tropfenweise wässrige konzentrierte Methylenblaulösung (ohne Alkalizusatz), welche ein bis zwei Minuten darauf bleibt und dann mit Wasser abgespült wird.

Das im ganzen blau gewordene Präparat wird unter Deckglas (nach vorherigem Eintrocknen!) in Kanadabalsam mit möglichst starker Vergrößerung (Immersion) betrachtet und zeigt die strich-

förmig dünnen Tuberkelbazillen tiefrot, während alles übrige blau ist (Fig. 313). — Oft sind die Tuberkelstäbchen homogen, manchmal aber zeigen sie auch ein körniges Aussehen, welches an Bilder erinnert, die bei sporentragenden Bazillen häufig auftreten. Dies verschiedenartige Aussehen ist für die Diagnose ohne Bedeutung.

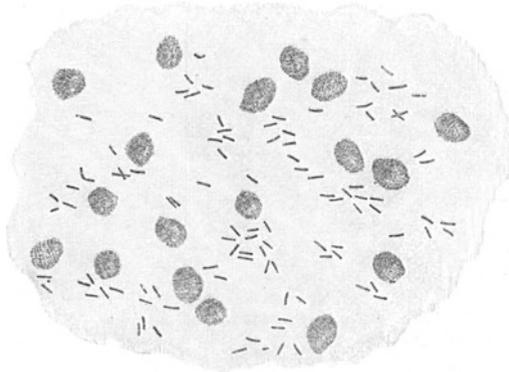


Fig. 313. Sputumpräparat. $\times 800/1$. (Nach BIRCH-HIRSCHFELD.)

Außer Tuberkelbazillen können noch rot gefärbt sein: Bazillensporen (anderer Arten, der Erreger der Tuberkulose bildet keine Sporen*), Fettkristalle. Die Sporen sind rund, die Fettsäurekristalle allermeist viel dicker als die Tuberkelbazillen; Verwechslungen dieser Elemente sind nicht zu befürchten, wenn man die Tuberkelbazillen einigemal gesehen hat.

Nachweis der Gonokokken im Tripper-Eiter.

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. 318) für die Sputumuntersuchung beschrieben. Das wiedererkaltete Präparat wird dann mindestens für zehn 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, welche 1% Kalilauge enthält, eingetaucht, sofort wieder herausgezogen und so rasch

*) Er gehört gar nicht zu *Bacillus*, sondern zu *Mycobacterium*, einer Streptotrichaceen-Gattung und wurde hier nur dem allgemeinen Sprachgebrauch folgend als Tuberkel,,bazillus“ bezeichnet.

wie möglich mit Wasser abgespült. (Die Blaufärbung besteht in einmaligem raschen Eintauchen; längere Zeitangaben gefährden eine wirklich schöne Färbung!)

Das so gefärbte Präparat (Fig. 314) 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.



Fig. 314. *Micrococcus gonococcus*. Präparat aus Tripper-Eiter. (Nach LEHMANN und NEUMANN.)

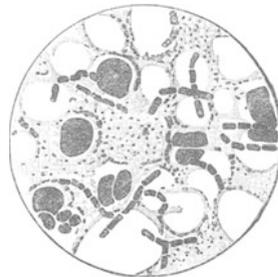


Fig. 315. *Bacillus anthracis*. Ausstrichpräparat einer Mäusemilz. (Nach LEHMANN und NEUMANN.)

Als Gonokokken anzusprechen sind nur innerhalb der Zellen (Leukocyten) liegende, meist in großen Mengen darin vorhandene Kokken, von denen viele die bekannte Semmelform haben, d. h. zu zweien beisammenliegen und an der Berührungslinie etwas eingebuchtet (bohnenförmig) sind.

Bei Anwendung der GRAMschen Färbung (siehe gleich unten bei Milzbrand) sollen die Gonokokken ihre Färbung verlieren. — Bei Gonokokken-Untersuchungen 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. 318) angegeben, dann nach

GRAM*) gefärbt. Ist Milzbrand vorhanden, so liegen (vgl. Fig. 315) 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 Vorderende in einen engen**) 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—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 Strichkulturen auf Nähragar***) angelegt.

Der Milzbrandbazillus (*Bac. anthracis*) ist diagnostiziert, wenn er: 1. auf der bei 37° gehaltenen Agarkultur Sporen bildet (vgl. S. 317, Fig. 311), welche nach der für die Tuberkelbazillenfärbung (S. 319) angegebenen Methode (rot, während die Stäbchen blau sind) gefärbt werden 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; 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,

*) Färben eines wie oben beschrieben vorbereiteten Präparats mit konzentrierter wässriger Gentiana- oder Methylviolettlösung drei Minuten; Abspülen in Wasser; Auftropfen von officineller Jodtinktur zwei Minuten; Abspülen mit 60% Alkohol, bis keine Farbe mehr abläuft.

**) Der Zylinder muß so eng sein, daß das Tier sich nicht umdrehen kann.

***) Nähragar wird bereitet wie Nährgelatine (S. 316, Anm.), nur wird statt 100 g Gelatine 50 g Agar-Agar genommen.

nach 2 behandelt) den Tod eines neuen Versuchstieres verursacht. Alle diese sechs Merkmale sind zu einer sichern Diagnose notwendig.

Nachweismethoden des Typhusbakterium.

Den Typhuserreger aus Materien, in welchen 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.

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 (welche 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 und Abuminoid-Ammoniak, salpetrige Säure und Salpetersäure nicht unterlassen: kurz, es muß eine genaue örtliche, mikroskopische und chemische Untersuchung neben der bakteriologischen Prüfung des Wassers erfolgen.

Diese wird nach der ELSNERSchen Methode folgendermaßen bewirkt:

Vom zu untersuchenden Wasser oder den (mit sterilem Wasser vorher stark verdünnten) Faecesaufschwemmungen, Milch usw. werden Platten auf Kartoffelgelatine mit Zusatz von 1 0/0 Jodkalium**) angelegt.

Auf solchen Kulturplatten wachsen insbesondere *Bacterium typhi* und *Bact. coli*, während die verflüssigenden Arten ausbleiben.

Nach drei Tagen wird die deutliches Wachstum aufweisende Kulturplatte (ohne den Deckel zu lüften!) umgedreht und mit schwacher Vergrößerung ($\frac{80}{1}$) unter dem Mikroskop durchgemustert.

*) Vgl. z. B. MEZ, Mikroskopische Wasseranalyse, S. 375 ff., 442 ff.

**) 500 g Kartoffel werden sauber gewaschen, geschält, auf einem Reibeisen fein zerrieben und durch ein leinenes Tuch gepreßt. Der trübe Saft wird filtriert, mit Tierkohle aufgeköcht und durch Tierkohle filtriert. Nach einstündigem Erhitzen im Dampftopf setzt man der klaren Flüssigkeit 10 0/0 Gelatine zu, erhitzt nochmals im Dampftopf eine Stunde, filtriert, neutralisiert nicht, füllt in Reagenzgläser ab, verschließt diese mit Watte und sterilisiert an drei aufeinanderfolgenden Tagen.

Zur fertigen Kartoffelgelatine gibt man 1 0/0 Jodkalium, und zwar am besten so, daß man eine starke sterilisierte Lösung in erforderlicher Menge der eben zum Gebrauch fertigen Gelatine zusetzt (LEHMANN).

Dann unterscheidet man leicht die großen, stark granulierten, braun gefärbten Kolonien des *Bacterium coli* von den wie kleine, hellglänzende Wassertropfen aussehenden, äußerst fein granulierten Kolonien des *Bacterium typhi*.

Alle entwickelten verdächtigen Kolonien impft man nun in Reagenzgläser mit Zuckeragar*) ab und hält die Kulturen bei 37°.

Wenn die sich entwickelnden Kulturen weiß sind, den Nährboden nicht grün verfärben, das Kondenswasser des Agars und Bouillon nicht fadenziehend machen, aus dem Zucker unter Zerklüftung des Agars Gas bilden, sterilisierte Milch koagulieren, Gelatine nicht verflüssigen, im hängenden Tropfen starke Eigenbewegung zeigen, aus sehr kleinen, ellipsoidischen, nach GRAM (vgl. S. 322, Anm.) nicht färbbaren Stäbchen bestehen, welche keine Fäden bilden und die gleich zu beschreibende Indol-Reaktion geben, so ist dies *Bacterium coli*.

Wenn die gleichfalls weiße Zuckeragarkultur aber kein Gas bildet, auf der Gelatineplatte bei mikroskopischer Betrachtung kein Ausschwärmen (Entsenden kleinerer Kolonien) und am Stich der weder verflüssigten noch fluoreszierend verfärbten Gelatinestichkultur keine Haarbildung (abstehende Fäserchen) zu erkennen ist; wenn sterilisierte Milch weder koaguliert noch schleimig und Bouillon schwach getrübt wird; starke Beweglichkeit vorhanden ist und Färbbarkeit nach GRAM fehlt; die Kultur auf ganz schwach sauer reagierender Kartoffel nur als feuchter Schimmel sich markiert, ohne wirklich sichtbar zu werden; aus Milchzucker keine, aus Traubenzucker nur mäßig Säure bildet, so kann der Mikroorganismus *Bacterium typhi* sein.

Um ihn weiter zu prüfen, wird eine Kultur in Peptonwasser (Wasser 1000,0; Pepton. sicc. 10,0; Chlornatrium 5,0; sterilisiert) angelegt: tritt nach ein bis zwei Tagen bei Zusatz des halben Volums zehnprozentiger Schwefelsäure sowie eines Minimums von Kaliumnitrit zur Kultur und beim Erwärmen auf 80° rosa- bis blaurote Färbung ein (Indolreaktion), so wurde von der Kultur Indol gebildet; da *Bact. typhi* kein Indol erzeugt, schließt das Eintreten der Reaktion diese Art aus.

Alle aus Wasser oder Milch isolierten, nach den gegebenen Anweisungen mit Wahrscheinlichkeit als Typhusbakterien erkannten Kulturen müssen zur völligen Sicherung der Diagnose nach der GRUBER-DURHAMschen Agglutinationsmethode geprüft werden:

*) Nähragar (vgl. S. 322, Anm.) mit Zusatz von 5% Traubenzucker.

Im Reagenzglas wird einer Bouillonkultur des verdächtigen Pilzes Serum gegen Typhus immunisierter Tiere*) im Verhältnis 1:100 bis 1:30 zugesetzt. Verkleben die Bakterien infolge der spezifischen Wirkung des Serums zu Haufen und setzen sich als flockiger Niederschlag zu Boden, während die Bouillon klar wird, so stelle man durch Zusatz verschieden großer Serumquantitäten zu mehreren Kulturen die Grenze des Wirkungswertes fest. Die gleichen Untersuchungen stelle man mit einer sicher bestimmten, stark virulenten (frisch isolierten) Vergleichskultur an.

Manche der Gruppe des *Bact. coli* angehörigen Organismen werden von Typhusserum etwas beeinflußt; ist die Wirkung des Serums auf die zu bestimmenden Kulturen aber ebenso stark oder nur wenig schwächer als auf die Vergleichskultur, so ist die Diagnose auf Typhus gesichert. (Vgl. auch S. 350).

Nachweis des Kolibakteriums.

Wie bei den Ausführungen über den Erreger des Typhus soeben angegeben, begegnet bei Untersuchungen auf *Bacterium typhi* das *Bacterium coli* gewöhnlich. Weil dieser Mikroorganismus ein ständiger, schon vom ersten Milchkot an vorhandener, pathogener Bewohner des menschlichen (und Säugetier-) Darms ist, hat sein Nachweis, insbesondere auch für die Wasseruntersuchung, häufig besonderes Interesse. Manche seiner Formen sind nur durch die spezifische Serumreaktion vom Typhuserreger unterscheidbar, meist aber bietet insbesondere Gasbildung der Zuckeragar- und Aussehen der Kartoffelkultur ein wichtiges differenzielles Merkmal.

Aus Kot wird *Bacterium coli* isoliert, indem man mit sterilisiertem Wasser stark verdünnte Aufschwemmung zur Anlage von Agarplatten verwendet und diese bei 37° hält. Versetzen des Agars mit Karbolsäure, Jod-Jodkalium und andern empfohlenen Mitteln bietet keine besonderen Vorteile. 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

*) Man injiziert einem Kaninchen von 1½—2 Kilo subkutan die zuvor eine Stunde auf 65° im Wasserbad gehaltene Abschwemmung von drei schrägen, 24 Stunden alten Agarkulturen von *Bact. typhi* und läßt das Tier 10 Tage nach der Injektion in einen hohen engen Glaszylinder verbluten; in 24 Stunden wird im Eisschrank klares Serum erhalten. — Immunserum mit 0,5% Thymol versetzt ist sehr haltbar (LEHMANN).

lebendem und gefärbtem Zustand. Gasbildung auf Laktoseagar, anfangs schmutzig gelbliche, später gelbbraunliche, meist ziemlich saftige Kartoffelkultur und Rotfärbung der bis zum halben Volum mit 10⁰/₀ Schwefelsäure und einem Tropfen einer Nitritlösung versetzten Peptonwasserkultur (Indolnachweis) zusammen mit den oben (S. 324) angegebenen Merkmalen sichern die Diagnose.

Wasser, welches nur wenige Colibakterien enthält, wird erst durch eine Vorkultur angereichert.

Diese wird folgendermaßen bewirkt: Man reinigt ein Kölbchen à 150 ccm Inhalt aufs genaueste und füllt 100 ccm genau neutral reagierender (prüfen!) Bouillon ein, setzt 0,5 g Zitronensäure und 3 g Traubenzucker zu, verschließt mit Wattepfropfen und sterilisiert vollständig.

Ist dies geschehen, so gibt man in das Kölbchen 30 ccm des zu untersuchenden Wassers und stellt es dann zwölf Stunden lang bei 37⁰ in den Brutschrank.

Nach dieser Zeit reagiert die Bouillon sehr viel stärker sauer als vorher: dies ist ein Zeichen dafür, daß sich Säure bildende Bakterien darin stark vermehrt haben.

Von dieser angereicherten Bouillon der Vorkultur nimmt man nun 1 ccm, mischt mit 500 ccm sterilen destillierten Wassers (um nicht allzu dicht besäte Platten zu erhalten) und gießt Platten.

Nachweis des Cholera-Vibrio.

Alle bakteriologischen Cholerauntersuchungen sollen nicht nur sicher, sondern auch rasch (in 24—36 Stunden) zum Resultat führen. Nach LEHMANN verfährt man in folgender Weise:

Nachweis in den Ausleerungen Cholerakranker oder Choleraverdächtiger.

1. Zunächst wird ein mikroskopisches Präparat (womöglich aus einem Schleimflöckchen) gemacht. Reichliches Vorhandensein von Vibrionen (Fig. 316) spricht sehr für Cholera. 2. Wenn möglich, sei mit einer minimalen, frischen, die Vibrionen in sehr großer Zahl lebend enthaltenden Stuhlprobe die unten beschriebene Serumreaktion gemacht. 3. Pepton-Kochsalzlösung (20⁰/₀ Pepton, 20⁰/₀ Kochsalz, genau neutralisieren, davon auf 100 ccm 2 ccm Normal-Natronlauge; sterilisieren) 150 ccm wird mit einem Schleimflöckchen bzw. 1—5 ccm Stuhl geimpft und bei 37⁰ gehalten.



Fig. 316. Cholera-Vibrionen. 1500/₁.

Die sehr stark luftbedürftigen Choleravibrionen sammeln sich

an der Oberfläche, schon nach drei Stunden ein feines Häutchen bildend, welches nach 16—24 Stunden nicht mehr dicker wird.

Sobald das Häutchen bemerkbar wird, werden daraus angelegt: a) Mikroskopisches Präparat zur Kontrolle, ob es aus Vibrionen besteht; b) Strichkultur auf Agar (bei 37° halten!); c) Strichkultur auf Gelatine; d) (nach starker Verdünnung der das Häutchen bildenden Bakterienmassen mit sterilem destilliertem Wasser) Agar- (37°) und Gelatineplatten (22°); e) Strichkultur auf sterilen Kartoffeln.

Sobald irgend möglich, werden auch von der Agarkultur Ausstrichpräparate gemacht, wie S. 100 angegeben gefärbt und betrachtet: Cholera-vibrionen müssen kommaförmig gekrümmt (Fig. 316) und im hängenden Tropfen lebhaft beweglich sein; die Agarkultur darf im Dunkeln nicht leuchten.

Von der dritten Stunde der Kultur ab werden aus dem Kolben Teile der Flüssigkeit abgeschüttet und nach Umschütteln mit Schwefelsäure versetzt; tritt Rotfärbung ein, so ist Nitrit und Indol in der Bouillon gebildet, was auf das Vorhandensein von Cholera-vibrionen (mit Vorsicht) schließen läßt.

Dasselbe Verfahren wird nach 18 Stunden noch einmal wiederholt. Dabei ist zu bedenken, daß diese Indolreaktion nicht mit einer Reinkultur angestellt wurde, um möglichst bald zu einem Resultat zu kommen, daß sie deshalb nochmals wiederholt werden muß, sobald eine Reinkultur gewonnen wurde.

Nach 16—24 Stunden werden die Gelatineplatten umgedreht und bei 60- bis 80facher Vergrößerung durchgemustert; die Vibrionenkolonien sind hellgelbliche, rundliche, grob granuliert 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 und es kommt das charakteristischste Stadium, wo die Kolonien aus lauter kleinsten, stark lichtbrechenden Lättchen zu bestehen scheinen und aussehen wie mit Glassplittern bestreut. — Diese Form der Gelatinekolonien ist ein Hauptmerkmal für die Cholera-diagnose.

Nach 24 Stunden muß auf der mit 2—3% Kochsalzlösung zu imprägnierenden, sterilen Kartoffel (37°) gelbbraunes bis braunrotes Wachstum bemerkbar sein. — Über die weiter vorzunehmenden spezifischen Serumuntersuchungen siehe unten.

Cholera-Nachweis in verdächtigem Wasser.

Der viel schwierigere Choleranachweis im Wasser wird in der Weise eingeleitet, daß man mehrmals je 500—1000 ccm des fraglichen Wassers in halbvollem Kolben mit so viel einer starken, sterilen Pepton-Kochsalzlösung (20⁰/₀ Pepton, 10⁰/₀ Kochsalz) versetzt, daß eine einprozentige Peptonlösung entsteht, Alkali in geringem Überschuß zusetzt und bei 37⁰ hält. Das sich auf der Flüssigkeit sehr bald (nach drei Stunden oder etwas später) bildende Häutchen wird nach dem soeben beschriebenen Gang weiter untersucht.

Wurden bei dieser Untersuchungsmethode im Dunkeln nicht leuchtende Kulturen gewonnen, welche bewegliche, gekrümmte, die Gelatine verflüssigende Stäbchen enthalten, bei denen die Nitroso-Indolreaktion (Cholerarot-Reaktion, Rotfärbung von Bouillon-Reinkultur bei Zusatz von Schwefelsäure) positiv ausfällt (und Bildung linksdrehender Milchsäure aus Milchzucker vorhanden ist, sowie Pathogenität für Tauben fehlt), so ist der Mikroorganismus wahrscheinlich der Cholera vibrio.

Auch hier führt erst die Serumreaktion*) zu wirklicher Sicherheit. Man verfährt wie oben (S. 325) bei Typhus angegeben, prüft insbesondere zuerst, in welcher Verdünnung (meist $\frac{1}{100}$ — $\frac{1}{200}$) echte Typhuskulturen noch agglutiniert werden. — Die isolierten, als Cholera vibrien zu diagnostizierenden Organismen müssen dann bei einer ähnlichen Konzentration gleichfalls agglutiniert werden.

Nachweis des Diphtheriebazillus.

Wie die Tuberkulose, 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 auf sterilem erstarrten Blutserum-Nährboden (drei Teile Rinds- oder Hammelblutserum gemischt mit einem Teil einer Kalbs-

*) Das Serum wird, wie S. 325 Anm. beschrieben, gewonnen; nur verwendet man zum Abspülen der drei jungen, bei 37⁰ zu haltenden Cholera-Reinkulturen insgesamt 5—6 ccm Bouillon und läßt das Tier schon am sechsten Tage ausbluten. — Serum (mit 0,5⁰/₀ Thymol) ist im Eisschrank aufbewahrt gut haltbar.

bouillon, welche 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, welche wie folgt weiter untersucht werden:

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. 322, 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 essigsauerm 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—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 Diphtheriepilzen die Körnchen fehlten.

d) Es werden Reinkulturen (Ausstrichkulturen) auf dem oben seiner Zusammensetzung nach beschriebenen Serum Nährboden 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.



Fig. 317. *Corynebacterium Diphtheriae*. (Nach LEHMANN und NEUMANN.)

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 vorhanden; sie fehlt, wie es scheint regelmäßig, bei nicht infektiösen tertiären Lues-Produkten und wurde auch bei experimenteller Affen-Syphilis durch mehrere Generationen beobachtet. An nicht luetischem Material ist der Schmarotzer noch niemals mit Sicherheit nachgewiesen.

Um die Syphilis-Spirochaeten nachzuweisen, verfährt man nach SIOLI folgendermaßen: Das Infiltrat der syphilitischen Produkte wird nach Abheben von Epitheldecke oder Kruste unter Vermeidung stärkerer Blutung möglichst vom frischen Rand der Effloreszenzen; Drüsenflüssigkeit wird durch Punktion gewonnen.

Das Material wird auf Objektträger dünn ausgestrichen, unter der Glasglocke lufttrocken gemacht und darauf 10 Minuten in Alc. absol. fixiert. Färbung eine Stunde oder länger nach GIEMSA*), zweckmäßig in dem S. 319 abgebildeten Färbeapparat. Nach vollendeter Färbung wird vorsichtig mit destill. Wasser abgespült, unter der Glasglocke lufttrocken gemacht und in Kanadabalsam oder Nelkenöl mit homogener Immersion untersucht.

Die Syphilis-Spirochaeten (vgl. Fig. 55, 332, 333) liegen dann zart rosa im blauen Gewebe. Sie stellen sehr schwach gefärbte, lange und dünne Spiralen mit steilen, gleichmäßigen und engen Windungen dar; Zahl der Windungen 6—26, Dicke höchstens $0,25\ \mu$, Länge einzelner Windungen bis $2\ \mu$. 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 und insbesondere bei der GIEMSA-Färbung blau werdenden Spirochaete-Arten, speziell *Spirochaete refringens* (vgl. auch S. 348).

Bakterien als Gärungserreger.

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. Pasteureanum*,

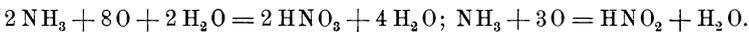
*) Von der bei GRÜBLER-Leipzig käuflichen GIEMSA-Eosin-Lösung 15 Tropfen auf 10 ccm destill. Wasser.

welche diese Umsetzung bewirken. Auch in Sauerteig wurde ein Essiggärung hervorrufendes *Bacterium* gefunden. Die Wirkung der Essigbakterien ist die, daß sie Alkohol aufnehmen, denselben mit Hilfe des Luftsauerstoffs veratmen (verbrennen) und Essigsäure ausscheiden ($C_2H_6O + 2O = C_2H_4O_2 + H_2O$).

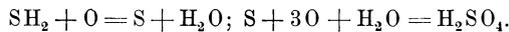
Bei der Weinessigfabrikation wird einem Quantum erwärmten Essigs allmählich eine steigende Menge Wein zugesetzt; der dergestalt hergestellte Essig besitzt noch das Weinaroma. Die Schnell-essigfabrikation beruht darauf, daß verdünnter Spiritus an Hobel-spänen in Gradierfässern herabrinnt und durch die an den Spänen haftenden Bakterienmassen oxydiert wird.

Durch Molekül-Zertrümmerung wird Milchsäure (von vielen *Bacterium*-Arten, $C_6H_{12}O_6 = 2C_3H_6O_3$) aus Zucker 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, welche 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, welche 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, welcher nach der Formel $FeCO_3 = FeO + CO_2$; $2FeO + O + 3H_2O = Fe_2(OH)_6$ den Organismen Energie liefern sollte, nicht stattfindet.

Kefir. Kuhmilch, welche durch Vergärung des Milchzuckers etwa 1⁰/₀ Alkohol, Michsäure und reichliche Mengen gelösten (peptonisierten) Kaseïns 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, welche die Stäbchenenden derart auftreiben, daß der sporentragende *Bacillus* hantel- oder schenkelknochenförmige 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 Milchzucker.

Ginger-Beer. — Sehr ähnlich den Kefirkörnern in ihrer Zusammensetzung aus Bakterien und Hefepilzen ist die „Ginger-beer-plant“, welche 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, gelblich-hornartigen 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.

g) Algen.

In jedem belichteten Wasser finden sich grüne oder bräunliche Vegetationen, welche 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. 318, 319).

Bereits oben, Seite 66—67, 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 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, welche bei fast allen Arten in spezifisch wechselnder Weise vorhanden ist, am deutlichsten. Eine fernere Eigentümlichkeit der *Diatomeen*-Schale ist, daß sie aus zwei ungleich großen Teilen besteht: der

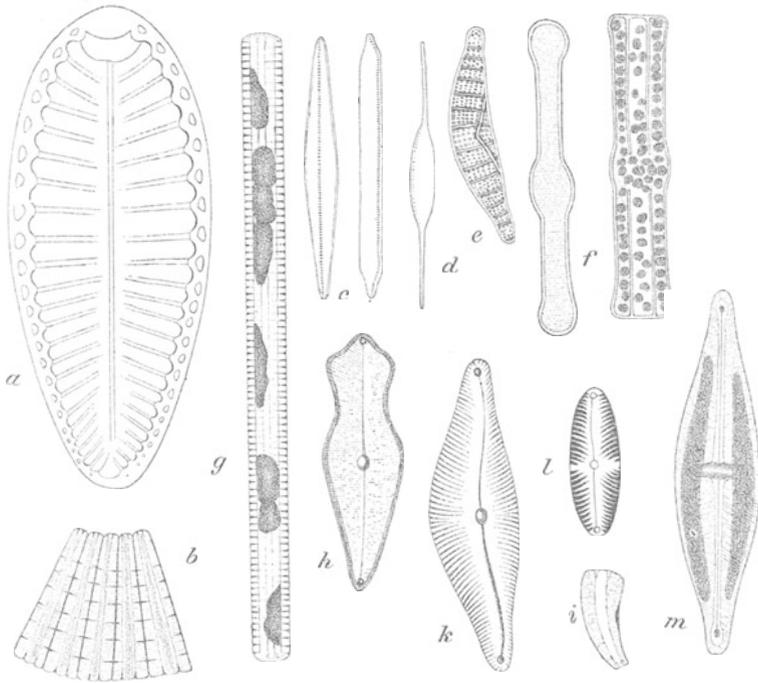


Fig. 318. Häufige Diatomeen: *a* *Surirella splendida*, *b* *Meridion circulare*, *c* *Nitzschia linearis*, *d* *N. acicularis*, *e* *Epithemia Zebra*, *f* *Tabellaria fenestrata*, *g* *Synedra Ulna*, *h* *Gomphonema acuminatum*, *i* *Rhoicosphenia curvata*, *k* *Cocconeis Cistula*, *l* *Navicula stauroptera*, *m* *Stauroneis phoenicenteron*. Alle stark vergrößert.

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. 318, *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. 318, *l*) hat von dieser Bewegung den Namen *Navicula* erhalten.

Die Einteilung der Diatomeen, welche in außerordentlich vielen Arten bekannt sind, wird wesentlich nach der Skulptur und den Symmetrieverhältnissen der Schalen sowie nach der Zahl der Chromatophoren vorgenommen. Fig. 318, *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.



Fig. 319. *Melosira varians*. Links Schalenseite, rechts 5 Individuen von der Gürtelseite gesehen. Vergr. $460\times$.

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 311) wurde als für die Abwasser-Beurteilung wichtig die Diatomee *Melosira varians* (Fig. 319) besonders erwähnt. Diese Form ist dadurch ausgezeichnet, daß sie in langen, fadenförmigen 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. 320).

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.

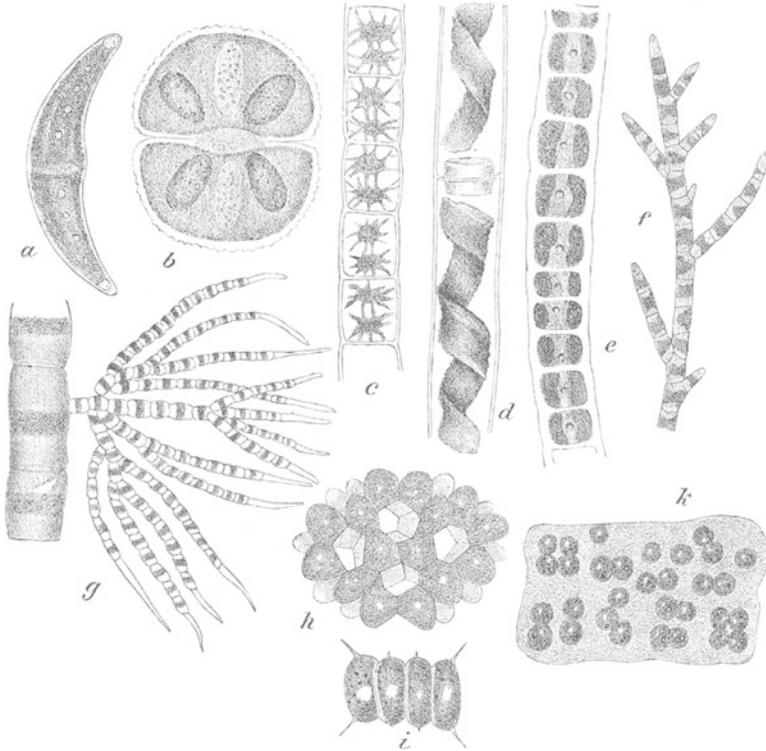


Fig. 320. Häufige Chlorophyceen: *a* *Closterium Leibleinii*, *b* *Cosmarium Botrytis*, *c* *Zygnema stellinum*, *d* *Spirogyra tenuissima*, *e* *Ulothrix zonata*, *f* *Stigeoclonium tenue*, *g* *Draparnaldia plumosa*, *h* *Coelastrum sphaericum*, *i* *Scenedesmus quadricauda*, *k* *Tetraspora explanata*. 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. 320, *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. 320, *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 *Palmellaceae* 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 Gallerthülle, wie bei *Tetraspora explanata* (*k*).

Cyanophyceae (Fig. 321).

Diese Algenklasse umfaßt nur sehr einfache Formen, sie leitet zu den Spaltpilzen über. Als charakteristische Gewächse aus dieser Verwandtschaftsgruppe seien genannt die *Nostoc*-Arten (*a*=*N. sphaericum*) mit in gemeinsamer dicker Schleimhülle zu rosenkranzförmigen hin und her gekrümmten Fäden angeordneten Zellen, welche von

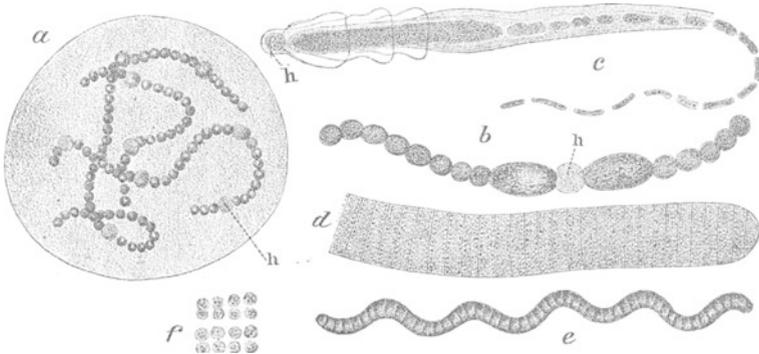


Fig. 321. Häufige Cyanophyteen. *a* *Nostoc sphaericum*, *b* *Anabaena oscillarioides*, *c* *Gloeotrichia natans*, *d* *Oscillatoria Froelichii*, *e* *Spirulina Jenneri*, *f* *Merismopedia glauca*. Alle stark vergrößert.

Strecke zu Strecke 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 Gallert-hüllen 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. 461) begegnen in

Scheiden eingeschlossene, nach oben peitschenförmig dünn zulaufende Fäden; auch hier sind Heterocysten vorhanden.

Solche fehlen dagegen bei den *Oscillatoria*- und *Spirulina*-Arten, welche häufig lebhaftere, 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 *Merismopodia glauca* (f) hingewiesen, deren kleine kugelige Zellchen in regelmäßig rechteckige Tafeln geordnet sind.

II. Praktisch wichtige aus dem Tierreich stammende mikroskopische Objekte.

1. 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 kommt 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 Cyankalivergiftung, 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 schwereren Fällen eine schokoladenbraune, manchmal etwas ins Graue spielende Farbe (Sepiafarbe). Wir sprechen dann von Methämoglobinaemie. Bei manchen Formen von Zuckerharnruhr (Diabetes) kann das Blut infolge Fettgehalts eine milchige Beschaffenheit zeigen (Lipaemie); bei schweren Formen von Malaria infolge Pigmentbildung eine schwarze Farbe (Melanaemie). Bei schweren Anaemien, Chlorose, Leukaemie 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 (Erythrocyten), 2. weiße Blut-

körperchen (Leukocyten oder Lymphoidzellen) und 3. die für einfache Untersuchungen nicht in Betracht kommenden Blutplättchen und -körnchen. Die roten Blutkörperchen (Fig. 322) sind das allein 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



Fig. 322. Blutkörperchen,
 a auf der Kante stehend, b flachliegend. freiliegend und geldrollenähnlich aufgereiht.
 Vergr. 800/1. Vergr. 400/1.

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 — wohlgemerkt — nicht vorhanden. Die rote Farbe, welche 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.

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.

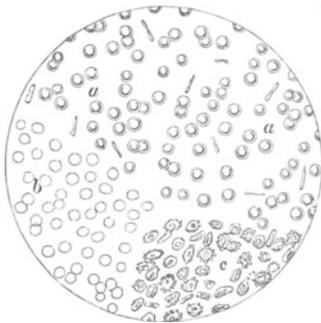


Fig. 323. Rote Blutzellen: a im frischen Blute, b nach der Einwirkung des Wassers, c im eingetrockneten Blute. Vergr. 200/1.

Die roten Blutkörperchen gehen rasch Veränderungen (Fig. 323) ein, besonders bei Zusatz von Wasser oder von 10⁰/₀ Essigsäure oder in Temperaturen über 52⁰ C. Dann sehen wir maulbeerförmige, stechapfelförmige, kugel-, biskuitförmige Körperchen. Zu

verwechseln sind rote Blutkörperchen mit keiner tierischen Zelle, allenfalls mit Sporen von verschiedenen Schimmelpilzen, welche aber bei einiger Aufmerksamkeit erkannt werden. Es kommen

besonders die Sporen von *Achorion Schoenleinii* 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 ($\mu = 0,001 \text{ mm}$)

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 (2⁰/₀) 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.

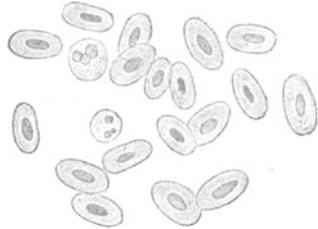


Fig. 324. Froschblut. (Nach SCHMIDTMANN.)

Erkennung eingetrockneten Blutes.

Wichtig ist die Erkennung eingetrockneten Blutes. Dazu bringt man es, am besten mit dem Objekt, an dem es klebt, oder indem man es abschabt, in 30% Kalilauge oder in PANCINISCHE Flüssigkeit, d. i. 300 Teile Wasser, 100 Teile Glyzerin, 2 Teile Kochsalz und 1 Teil Sublimat. Das von RICHTER empfohlene Pepsinglyzerin ergibt keine besseren Resultate. In mehreren Proben dieser Aufschwemmung fahnden wir auf rote Blutkörperchen, die sich oft nach Jahren noch erkennen lassen. Bei sehr alten Blutflecken muß die Zusatzflüssigkeit oft mehrere Stunden einwirken, ehe die Konturen der Blutkörperchen deutlich werden. Deshalb darf man solche Untersuchung nicht ungeduldig vor der Zeit abbrechen. Sind sie aber bereits zugrunde gegangen, dann dient uns ihr Farbstoff, das Hämoglobin, als Wegweiser. Seine Erkennung ist mittels Spektroskops 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 mit Boraxlösung geschieht folgendermaßen: Man füllt diese in ein Reagenzglas, besser in ein planparalleles, flaches Fläschchen und macht sich eine Kontrolllösung mit eigenem Blut, die man mit Boraxlösung 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 und Verdunkelung des violetten Endes, verschwinden. 1:50 ist die zweckmäßigste etwa fleischfarbene Verdünnung. Ist 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 Bänder rücken in ein breites, scharfbegrenztes zusammen, welches, $\frac{2}{3}$ 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 an der Stelle des Absorptionsbandes des reduzierten Hämoglobins. 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 Reagens empfohlen (5,0 Hydrazinsulfat in 100 ccm 10% Natronlauge, darauf Zusatz von 100 ccm 96% Alkohol, nach zweistündigem Stehen zu filtrieren). Bringt man das Reagens 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.

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. aa, so erhält man das alkalische Hämatoporphyrin in Lösung, das ein charakteristisches vierstreifiges Spektrum gibt.

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. 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.

Mikroskopisch-chemischer Blutnachweis.

Aber auch mikroskopisch-chemisch ist das Hämoglobin nachweisbar, und zwar, indem man die sogenannten TEICHMANNschen Kristalle (Fig. 325) darstellt, d. i. salzsaures Hämin. Dazu nehme man eine 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. 325), 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,

Blutflecke, welche von Wanzen und Flöhen herrühren, enthalten niemals Blutkörperchen.



Fig. 325. Hämatinhydrochloridkristalle.
TEICHMANNsche Häminkristalle.
Vergr. $400\times$.

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 (meist erst nach einer halben Stunde und mehr). 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 Serummengen 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 und BEUMER, 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 wiederholt 10 ccm defibriniertes Menschenblut oder sorgfältig filtriertes Menschenblutserum einer Anzahl Kaninchen in die Bauchhöhle oder unter die Haut spritzt. 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 1:1000 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 TEICHMANN'schen Häminkristalle. 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 angetrocknetem Blut, sowie auch mit Kaninchenblut nebenher machen.

Neuerdings wird das Antiserum durch Einspritzen des artfremden Blutes in die Venen — am besten in die Ohrdravene des Kaninchens — gewonnen. Man hat 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.

Mittels dieser Proben ist es gelungen, ca. 70 Jahre altes menschliches Blut nachzuweisen.

Für die Fleischschau ist das Verfahren insofern von Wichtigkeit, als es mit Hilfe spez. Serums gelingt, im Hackfleisch ev. Beimengungen von Pferde-

fleisch nachzuweisen; auch in Räucherwaren (Schinken) gelingt der Nachweis, desgleichen in Würsten, falls nicht die reaktionsfähigen Eiweißkörper durch den Kochprozeß verändert sind.

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 voranzugehen. 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 Färbung*) des Präparats nötig. Zu letzterer genügt für Strepto- und Staphylokokken sowie für Milzbrandbazillen und Rekurrensspirillen eine einfache Methylenblaufärbung. Eine wässrige 0,2 prozentige Methylenblaulösung 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

*) Zuverlässige Farben liefern die Höchster Farbwerke und GRÜBLER-Leipzig.

das Präparat zu verbrennen (!). Man sieht dann bei starker Vergrößerung (Ölimmersion) die Streptokokken als kleine Kokkettetten, 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. 321, Fig. 315.)

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 Grenze zwischen Pflanzen- und Tierreich stehenden niedersten Lebewesen. Die Malariaparasiten entwickeln sich nach

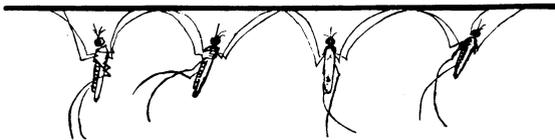


Fig. 326. Fiebertücken (*Anopheles*), an der Zimmerdecke hängend. (Nach MARTINI.)



Fig. 327. Gewöhnliche Stechmücke (*Culex*), an der Zimmerdecke hängend. Natürliche Größe. (Nach MARTINI.)

GRASSI im Darmkanal einer Stechmücke, der *Anopheles claviger* s. *maculipennis* als 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 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.

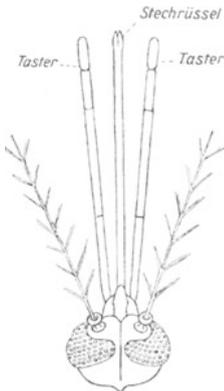


Fig. 328. Kopf des Weibchens der Fiebertmücke (*Anopheles*). Vergr. $20/1$. (Nach MARTINI).

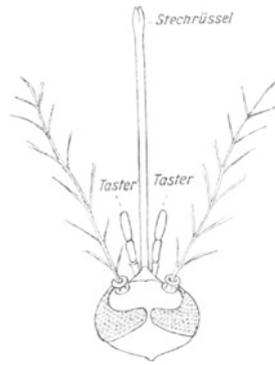


Fig. 329. Kopf des Weibchens der gewöhnlichen Stechmücke (*Culex*). Vergr. $20/1$. (Nach MARTINI).



Fig. 330. Flügel: links der Fiebertmücke (*Anopheles*), rechts der gewöhnlichen Stechmücke (*Culex*). Vergr. $10/1$. (Nach MARTINI).

Bei dem Quartanfieber erfolgt der Wiedereintritt des Fiebers nach 72, beim Tertiantypus nach 48 Stunden; bei der Tropica-Infektion 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 in Gestalt von Ringformen) und bei der Sporulation in 10 bis 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; man findet sie nicht bei wirksamer Chininbehandlung.

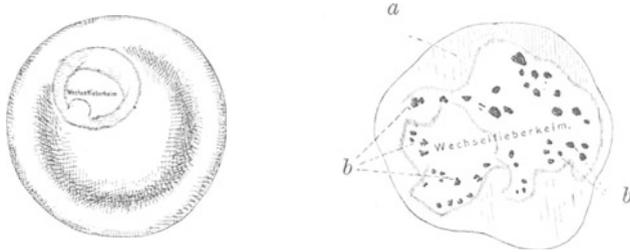


Fig. 331. Blutkörperchen mit Malaria-Plasmodien. Links mit jungem, rechts mit fast ganz erwachsenem Wechselfieberkeim. *a* Blutkörperchen; *b* Blutkristalle. Vergr. 3300/1. (Nach MARTINI.)

Die von ROMANOWSKY empfohlene Färbung der Malariaparasiten ist deshalb viel benutzt, weil die Eosinfärbung die roten Blutkörperchen schärfer heraushebt. Nur hat sie den Nachteil, daß die Farblösung nicht konstant ist.

Neuerdings wird das Farbgemisch von GIEMSA (Mischung von Azurmethylenblau-Eosin in einem Glycerinmethylalkoholgemisch [zu beziehen unter dem Namen GIEMSA'sche Lösung für die ROMANOWSKY-Färbung bei Dr. Grüber & Co., Leipzig]) vielfach angewendet. Das sehr dünne Ausstrichpräparat wird 15—20 Minuten in absolutem Alkohol fixiert, alsbald übergießt man das Präparat mit der Farblösung, die man sich aus einem Tropfen der Stammlösung mit 1 ccm Wasser (unter Umschütteln!) bereitet hat und färbt 10—15 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.

Schlafkrankheit.

Eine vorzugsweise für unsere afrikanischen Kolonien 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 der durch Anstich des Wirbelkanals (Lumbalpunktion) entleerten Flüssigkeit nachgewiesen werden.

Rückfallfieber.

Der Erreger des Rückfallfiebers (Febris recurrens), die Spirillenart *Spirochaete 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 Seite 312, Fig. 305.)

Syphilis.

Über den Nachweis des Erregers der Syphilis, der *Spirochaete pallida*, vgl. oben, S. 330.

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. 332. *Spirochaete pallida* mit Geißeln an beiden Polen. Schematisch. (Nach SCHAUDINN.)



Fig. 333. *Spirochaete refringens* mit deutlicher undulierender Membran. (Nach SCHAUDINN.)

Die Syphilis ist auf Affen 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 (Pestbacillus) hervorgerufen, das durch seine bipolare Färbbarkeit charakteristisch ist.

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, 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.

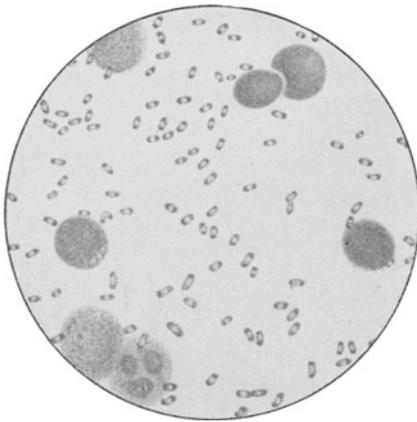


Fig. 334. Pestbakterien. Vergr. $1000/1$.
(Nach NOCHT.)

Flecktyphus.

Für das Fleckfieber (Typhus exanthematicus, Hungertyphus), jene von VIRCHOW in Oberschlesien in der Mitte des vorigen Jahrhunderts epidemiologisch beschriebene Krankheit, glaubt neuerdings E. GOTTSCHLICH den Erreger gefunden zu haben, ein 1—3 μ großes, dem Spermatozoon ähnliches Gebilde. Es ist ein Protozoon, verwandt dem Erreger des Texasfiebers (Rinderseuche mit Hämoglobinurie); während für dieses eine Zeckenart als Überträger angenommen wird, ist für das Fleckfieber wahrscheinlich die Wanze der Vermittler.

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 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 Hämoglobinometer 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 1:20000“. 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, deren Beschreibung hier zu weit führen würde. Das FICKERSche Diagnostikum wird auch für Paratyphus geliefert.

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 ihrer 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 (*Streptococci*, aber auch *Gonococci*, *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. 344) erwähnten Streptokokken und die als Staphylokokken bezeichneten *Micrococcus*-Arten, die sich durch die dort angeführte Methylenblaufärbung von Trockendeckglaspräparaten herausheben lassen (Fig 335). Es kann aber auch darauf

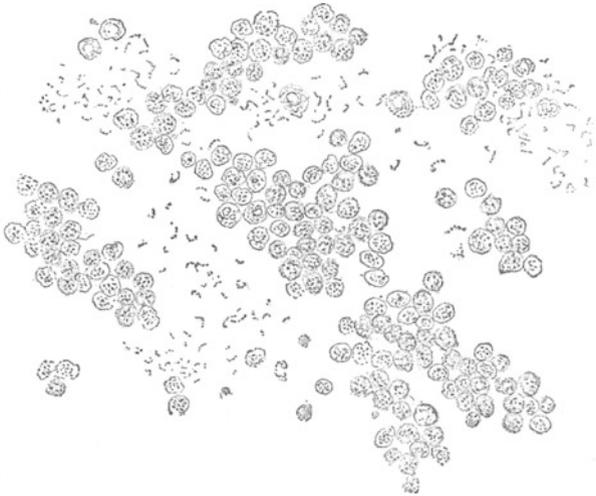


Fig. 335. Dünnere Eiter aus der Bauchhöhle von einem Falle von Peritonitis nach Laparotomie. Infolge schwach saurer Reaktion sind an den Eiterkörperchen durch Quellung eine Kontur und mannigfaltige Körner aufgetreten; einkernige und überwiegend mehrkernige Zellen. Zahlreiche Streptokokken im Serum. Ohne Zusatzflüssigkeit hergestellt, da die Zellen nicht so reichlich waren, daß sie eine Verdünnung notwendig machten. Vergr. $\frac{250}{1}$. (Nach ISRAEL.)

ankommen festzustellen, ob z. B. ein Karbunkel durch Milzbrandstäbchen hervorgerufen ist (Methode der Färbung siehe S. 321), oder ob es sich um Strahlenpilzerkrankung (Actinomykose) handelt, auf welche tiefgehende buchtige Fisteln unter den Hautdecken oder am Knochen entlang hinweisen. Die Actinomycesrasen 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. 336), nämlich scharf umgrenzte, unregelmäßige Einlagerung

von leicht gelblicher Farbe in einer Umgebung von Eiterzellen. Bei stärkerer Vergrößerung (300) lösen sich diese Pilznester in drusenartige Gebilde auf, an deren Peripherie das kolbige Mycel

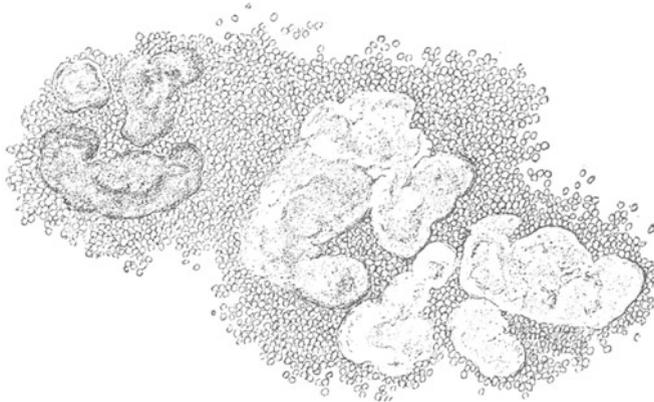


Fig. 336. Actinomykotischer Eiter vom Menschen, aus einem lumbalen Abszeß; ein Körnchen mit den Nadeln verteilt, ohne Zusatzflüssigkeit. Die Rasen links dunkler, rechts glasig, von einer zähen Schicht Eiterkörperchen umgeben, zeigen, ohne daß Einzelheiten erkennbar sind, ihre charakteristische Gestalt. Im Druck erheblich dunkler ausgefallen, als sie in Wirklichkeit erscheinen. Vergr. $\frac{75}{1}$. (Nach ISRAEL.)

erkennbar ist (Fig. 337). 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.

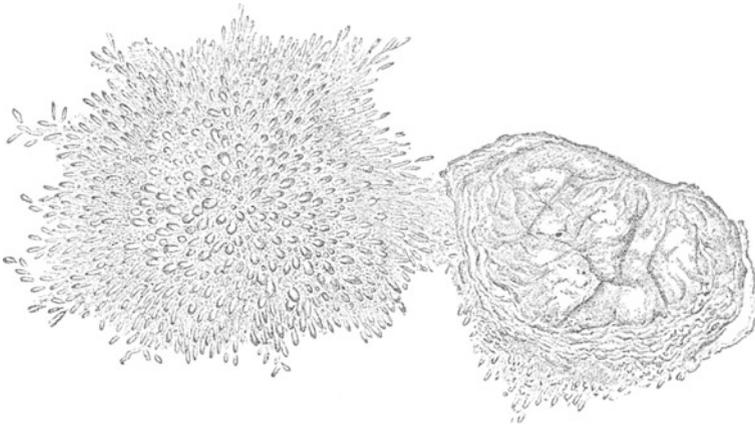


Fig. 337. *Actinomyces bovis*. Pilzdrusen mit der Nadel isoliert, in Natronlauge. Rechts ein zum größten Teil verkalkter Rasen. Links zwischen den Kolben stellenweise das sehr zarte Mycel erkennbar. Vergr. $\frac{300}{1}$. (Nach ISRAEL.)

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. 320—321 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 (Cervicalkanal) entnommen ist, während das Scheidensekret ungeeignet ist. Man muß also nach Zugänglichmachung jener Teile den Eiter mit einer Tupfersonde entnehmen.

Andere Schleimhautbeläge.

Auch Diphtheriebeläge (vgl. oben S. 328) und Soorpilzbeläge (vgl. S. 303) sind wichtige Objekte der mikroskopischen Untersuchung.

c) Der Auswurf.

Der Auswurf des Menschen hat nach dem jeweils vorliegenden Krankheitsprozeß eine verschiedene Beschaffenheit.

Es ist wechselnd nach Menge, Farbe, Zähigkeit und Geruch.

Sehr reichlich kann der Auswurf sein bei Lungenbrand, bei Erweiterung der Bronchien (Bronchiectasen), 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 eitriges Sputa.

Blutigrot ist der Auswurf bei Lungenblutungen (z. B. aus tuberkulösen Lungenkavernen, Lungeninfarkten bei Herzfehlern, Durchbruch eines Aneurysma 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; himbeergeleearartig (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 eindeutigen klinischen Befunden 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 bläschenförmigem 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 CURSCHMANN'schen Spiralen. Sie kommen fast ausschließlich im Auswurf Asthmakranker vor; häufig sind sie schon mit bloßem Auge als geschlängelte Fädchen von grauweißer oder graugelber Farbe, öfter auch als sagokorngroße 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;

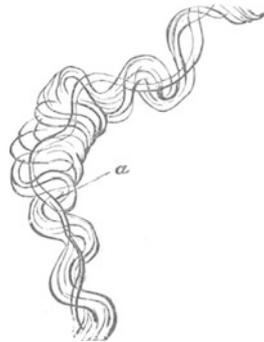


Fig. 338. CURSCHMANN'sche Spirale; a Zentralfaden.
(Nach STRUEMPELL.)

durch die Ausbreitung des krankhaften Prozesses über einen großen Abschnitt der Lunge kommt es zu den Erscheinungen der Kurzatmigkeit (Dyspnoe). Mit dem Aushusten der Spiralen geht der asthmatische Anfall in der Regel vorüber.

Die Konservierung der Spiralen gelingt am besten in Glycerin oder in einer Mischung von Glycerin und Laevulose; bei der Färbung des Asthmasputums mit Eosinmethylenblau fällt häufig der Reichtum an einer besonderen Art von Leukocyten (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 Lunge, 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 2⁰/₀ Ferrocyankalilösung, die mit 1—3 Tropfen reiner Salzsäure versetzt ist $\frac{1}{4}$ —1 Stunde einwirken).

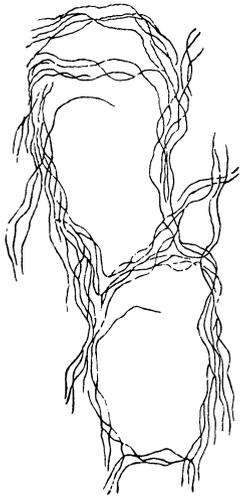


Fig. 339. Elastische Fasern bei Lungentuberkulose. (Nach STRUEMPELL.)

Elastische Fasern kommen bei allen destruktiven Prozessen des Lungengewebes im Auswurf vor, bei Lungengangraen, Lungenabszeß, 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, so empfiehlt es sich, den ganzen Auswurf mit der gleichen Menge 10⁰/₀ 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 Oktoeder 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 Hämatoidin, Cholestearin und Tyrosinkristalle.

Die häufigsten Bakterien, die sich im Auswurf finden, sind:

Der Tuberkelbazillus, dessen Nachweis siehe S. 318; der FRÄNKELSche Pneumokokkus, der Erreger der kruppösen Lungentzündung, der aber gelegentlich auch als harmloser Parasit im Munde gesunder Personen vorkommt; der Influenzabazillus, der Streptokokkus und Staphylokokkus; in seltneren 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 Stunden 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 grüngelbes 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 Colostrumkörperchen (Seite 139, Fig. 100) weist mit hoher Wahrscheinlichkeit darauf hin, daß die Entbindung erst wenige Tage zurückliegt.

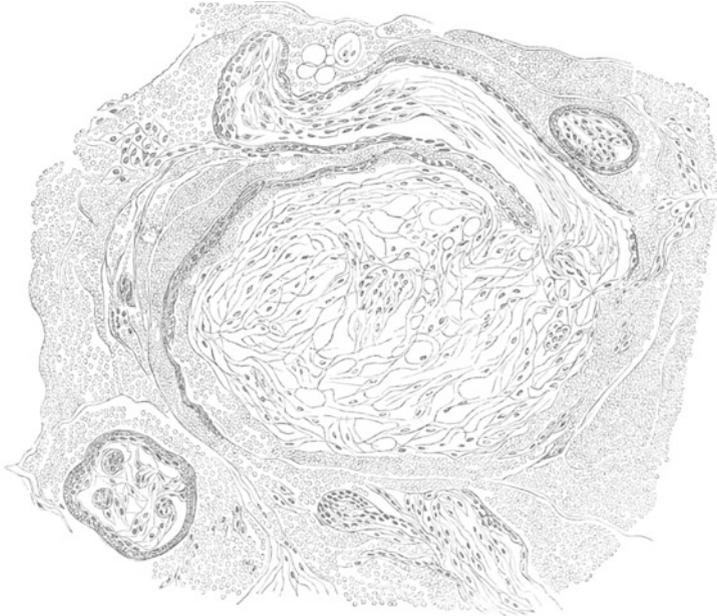


Fig. 340. Schnitt von einem aus dem Uterus herausgeholtten Blutgerinnsel nach (nicht beobachtetem) Abort. Quer- und Längsschnitte von Zottenästchen verschiedener Größe, unten rechts eine Epithel-sprossprosse; der Epithelbelag des größeren Zottenastes in der Mitte ist durch Blut größtenteils abgehoben. Schwach vergrößert. (Nach ORTI).

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 Verständnisse 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 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. 340).

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 Stil 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 Extrauterin gravidität, 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, welche 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. 342) dar, das ist eine Wucherung des Epithels und des Bindegewebes der Zotten mit schleimiger Entartung der Zellen und starker Anhäufung von schleimiger Interzellulärsubstanz. 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 Mucin. Die mikroskopische Untersuchung der Blasenwand ergibt große Epithelien neben schleimreichem spärlichem Bindegewebe (Quetschpräparat). Diese Chorionerkrankung hat in der Regel Abort zur Folge.

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.

Bei Aborten in frühen Stadien einer Schwangerschaft kommt es vor allem darauf an, das gesamte ausgestoßene Blutgerinnsel

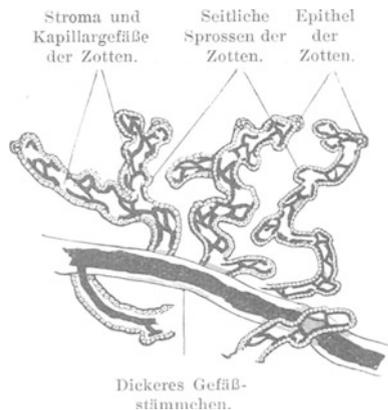


Fig. 341. Isoliertes Zottenstückchen einer menschlichen Placenta. (Nach LANDOIS).

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 voraufgegangener Härtung; deshalb empfiehlt es sich manchmal, die Untersuchung in einem embryologischen bzw. pathologisch-anatomischen oder gerichtsarztlichen Universitätsinstitut vornehmen zu lassen.

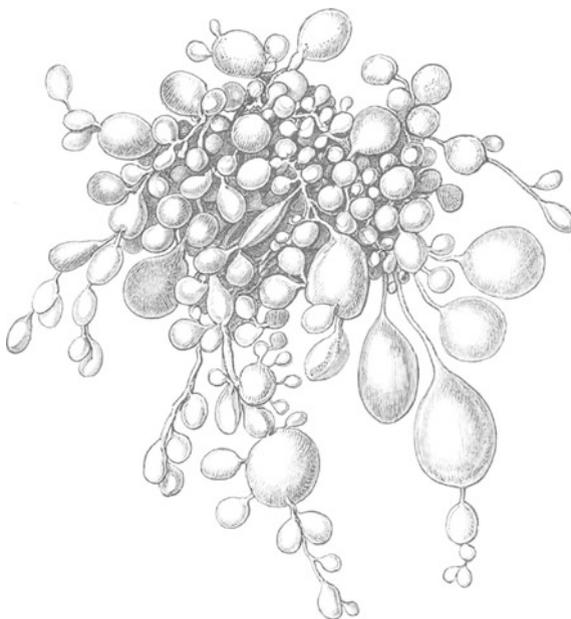


Fig. 342. Blasenmole. (Nach RUNGE.)

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 ausgeführt, 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. 342) 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 Samentierchen, Spermatozoen.



Fig. 343. 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.

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 Zeugens 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. Allzugrobe 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 25 ccm Alkohol gelöst, dann 400 ccm konzentrierte wässrige Ammonalaunlösung 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, welche 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 untersucht.

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 angegeben, 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 faulendem 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.

Neuerdings hat BARBERIO empfohlen, gesättigte wässrige Pikrinsäurelösung auf die aus dem Gewebe ausgelaugte Samenflüssigkeit wirken zu lassen. Es

bilden sich dann gelbe, bei starker Vergrößerung eben sichtbare hantsamenförmige Krystalle. Der Wert der Probe ist ungefähr derselbe, wie der der FLORENCE-schen Reaktion.

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 Reagenzglase. 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 kohlensaure und pflanzensaure 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 Arzneidarreichung 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 (Hämatoporphyrinurie) bei Sulfonal-Trionalvergiftung und
bei der oft durch starke Erkältung ausgelösten paroxymatischen
Hämoglobinurie,
graubraun (Methaemoglobinurie) bei der Kalichloricum- und Anilin-
vergiftung.

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 abschlie-
ßendes Urteil geben. Es sind bei gewissen Krankheiten Wieder-
holungen der Untersuchung auf Eiweiß, auf Zucker, auf korpus-
kuläre 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 Beschaffen-
heit außerordentlich, ebenso der bei Nierenstein, wo sich nach An-
strengungen nicht selten Blutungen zeigen. Auch Nierengries wird
meist in großen Intervallen entleert.

Die Zuckerausscheidung kann mit einiger Sicherheit nur be-
stimmt werden, wenn man den Prozentgehalt des untersuchten
Harns auf die Tagesmenge berechnet. Die Schwere eines Diabetes
richtet sich auch nach dem Acetongehalt.

Der Harn, besonders der des kranken Menschen, bietet
mehrere Bestandteile, welche 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 abschüttet, 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 Objekträger gebracht und mit einem
Deckglas bedeckt. Man unterscheidet nun organisierte und
nicht organisierte Bestandteile. Erstere sind Zellen oder deren
Abkömmlinge und Bakterien, letztere kristallische oder amorphe
chemische Körper.

Organisierte Bestandteile des Harnsediments.

Von organisierten Bestandteilen des Harnsediments
sind folgende zu erwähnen:

1. Epithelzellen (Fig. 344). — Eine Beschreibung des allgemeinen Baues der Epithelzellen findet sich oben, S. 130—136; die Unterscheidung der im Harn vorkommenden Epithelzellen nach ihrer Herkunft ist sehr schwierig, öfters unmöglich; für sie ist der ärztlich gebildete Histologe zuständig.

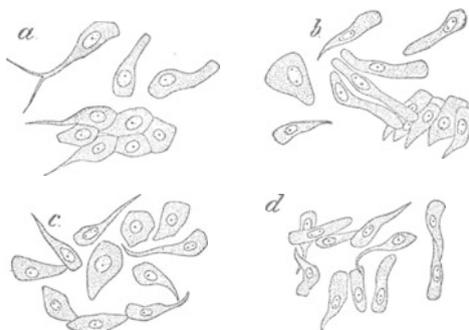


Fig. 344. Epithelien der Harnwege: *a* Nierenbecken, *b* Harnleiter, *c* Harnblase, *d* Ausführungsgang der Vorsteherdrüse. Vergr. $350/1$. (Nach LENHARTZ.)

2. Rote Blutkörperchen (vgl. S. 338, Fig. 322. — Niemals außer bei direkten Blasen- oder Nierenblutungen in Geldrollenform, sondern stets einzeln und oft durch Quellung, Schrumpfung oder



Fig. 345. Formbestandteile bei akuter hämorrhag. Nephritis. Kleine und große Plattenepithelien, am Rand hyaliner Zylinder; *g* feingranulierter Zylinder, *bl* roter Blutkörperchenzylinder, *c* Kanälchenepithelien (zylinderartig gruppiert). Vergr. $350/1$. (Nach LENHARTZ.)

Auslaugung des roten Farbstoffes verändert. Oft erscheinen die Blutkörperchen im Harn in zylinderartigen Massen vereinigt oder

haften den Harnzylindern an (Fig. 345, *bl*) [hämorrhagische Nierenentzündung].

3. Eiterkörperchen. — Fast stets in größeren Massen oder Klümpchen zusammenliegend, durch die Mehrzahl von Kernen 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.



Fig. 346. 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.)

4. Harnzylinder (Fig. 345, 346). — Walzenförmige Gebilde von verschiedener Länge und Dicke im Harn von Nierenkranken. Unterschieden werden meist drei Arten derselben, nämlich:

a) Hyaline Harnzylinder (Fig. 346, *h*). — Homogen, glas- hell, 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. 345, *g*; Fig. 346, *g*). — Unterscheiden sich von den hyalinen Zylindern dadurch, daß sie gekörnt 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. 346, *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, welche 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 welchem 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. 354.)

7. Sperma (vgl. S. 361, Fig. 343). — Manchmal im Morgenharn nach Samenentleerung auftretend im Urin bei Harnröhrenstriktur.

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. 347) bildet, aus kaltem Harne allmählich ausgeschieden, halbdurchsichtige rhombische, vierseitige Prismen und Säulen mit der Grundform des Rhombenoktaeders, an den Enden in zwei oder vier Flächen auslaufend.



Fig. 347. Hippursäure.



Fig. 348. Harnsäurekristallformen.

2. Harnsäure (Fig. 348) 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 je zwei mit ihrer Basis zusammenhängen.

3. Saures harnsaures Natron (Fig. 349) bildet unregelmäßige Gruppen kleiner grüztlicher Körnchen.



Fig. 349. Saures harnsaures Natron.

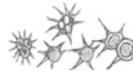


Fig. 350. Saures harnsaures Ammon.

4. Saures harnsaures Ammon (Fig. 350) in Form kleiner, runder, mit Spitzen besetzter, vereinzelter oder in Gruppen zusammenliegender Körperchen.

5. Phosphorsaure Ammon-Magnesia (Tripelphosphat) (Fig. 351) gewöhnlich in rhombischen, sargdeckelähnlichen Kristallen, welche sich durch ihre leichte Löslichkeit in verdünnter Essigsäure von der oxalsauren Kalkerde unterscheiden.

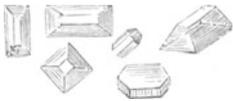


Fig. 351. Phosphorsaure Ammon-Magnesia.



Fig. 352. Oxalsaure Kalkerde.



Fig. 353. Harnstoff mit Chlornatrium verbunden.

6. Oxalsaure Kalkerde (Fig. 352) in Gestalt kleiner, durchsichtiger qadratoktaedrischer Kristalle, den Briefkuverts ähnlich oder sanduhrförmig.

7. Harnstoff mit Chlornatrium (Fig. 353) gibt Kristalle, an welchen die Kreuzform vorherrschend ist.

2. Vom tierischen Körper stammende Objekte.

a) Milch.

Milch von Kühen ist die bekannte emulsionsartige Flüssigkeit, welche verschiedene Salze, Milchzucker, Kasein enthält und in welcher Fett (Butter) in Gestalt sehr kleiner, unter dem Mikroskop scharf begrenzter, homogener durchsichtiger Kügelchen schwimmt. Jedes Fettkügelchen ist mit einer Kaseinhülle umgeben, welche das Zusammenfließen des Fettes verhindert. Unter dem Mikroskop

erscheint die Milch als eine klare Flüssigkeit mit den darin suspendierten Fettkügelchen (Fig. 354). In der abgekochten Milch finden sich neben den kleinen Fettkügelchen wenige, drei- bis zehnmal größere Kügelchen oder gestaltlose Fettpartikel.

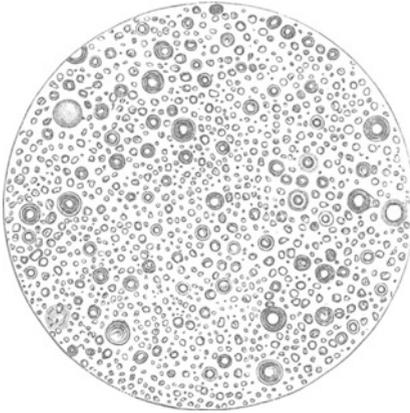


Fig. 354. Milch. Vergr. $200\times$.

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 Rahme gesonderte, sogenannte Magermilch 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, gelbliche Milch, welche jedes Säugetier (also auch die Kuh) einige Tage vor und in den ersten Tagen nach dem Gebären gibt, heißt *Colostrum*, Colostrummilch. Sie ist von fadem Geschmacke, enthält Eiweiß, weniger Kasein und Milchzucker, besonders aber die Colostrumkugeln, welche meist als die mit Fett

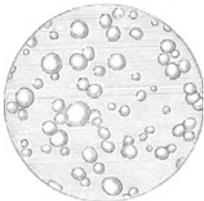


Fig. 355. Teilweise entrahmte Kuhmilch. $500\times$.

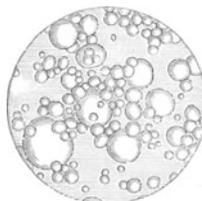


Fig. 356. Sahne. $500\times$.

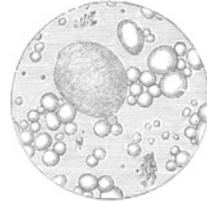


Fig. 357. Colostrum. $500\times$.

erfüllten Zellen der Milchdrüsen-schleimhaut angesprochen werden. Unter dem Mikroskop erscheinen die Fettkügelchen der Colostrummilch 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 Colostrumkügelchen. Diese sammeln sich beim Stehen der Milch an der Oberfläche und bilden eine

dunkelgelbe Rahmschicht. Die Colostrummilch hat meist eine blaßgelbe oder gelbe Farbe. Sie ist zwar nicht gesundheitschädlich, denn sie äußert nur eine den Stuhlgang gelind vermehrende Wirkung, sie ist aber für den Genuß der Menschen nicht geeignet und 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 granuliert 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 kann man alle Zellkerne 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. 358).



Fig. 358. Milch mit Gehirnschubstanz. $\frac{500}{1}$.

b) Tierische Gespinstfasern.

Seide und ihre Surrogate.

Die Seide ist das zu Fäden ausgezogene, erhärtete Sekret der Spinndrüsen verschiedener Raupen. Man unterscheidet die gewöhnliche, von *Bombyx mori* stammende Seide von der in neuerer Zeit sehr viel verarbeiteten Tussa-Seide, welche von verschiedenen *Saturnia*-Arten (besonders dem chinesischen Eichenspinner) geliefert wird. Seide besteht (Fig. 359) 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 Spinndrüsen, die in Form von langen Schläuchen zu beiden Seiten des Darms der Raupe liegen und am Boden der Mundhöhle dicht nebeneinander ausmünden. Der Mangel einer Innenhöhle unterscheidet die Seide von allen anderen Gespinstfasern; nur die künstliche (Collodium-)Seide (vgl. S. 241, 373) ist gleichfalls solid.

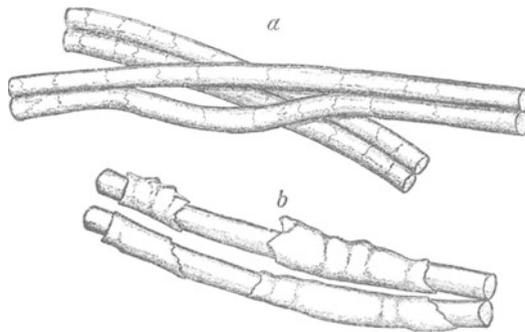


Fig. 359. Rohseide, mangelhaft abgekocht. *a* Sericinhülle bis auf die Querlinien abgelöst, *b* Sericinhülle größtenteils vorhanden.

Bei roher Seide ist die aus Fibroïn bestehende Zentralfaser von einem dicken, hauptsächlich aus Seidenleim (Sericin) bestehenden Mantel umgeben, der bei der Verarbeitung durch neutrale Seifen gelöst wird, weil er den Glanz der Faser stört. Ist diese Lösung nur unvollkommen erfolgt, so können auf dem Seidenfaden Schollen (Fig. 359b) oder Querlinien zurückbleiben, welche ihm eine Ähnlichkeit mit tierischen Haaren verleihen (Fig. 359a).

Verarbeitete Seide (Fig. 360) zeigt die Doppelung des Fadens entweder gar nicht mehr oder nur auf kurze Strecken, weil mit Weglösung des Sericins 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. 361a) hat einen rundlichen, Tussa-Seide (Fig. 361b) 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. 237).

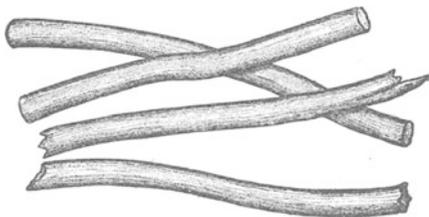


Fig. 360. Seide, verarbeitet.



Fig. 361. Querschnitte von Seide.
a Echte Seide, b Tussaseide.

Kunstseide. — Ein prachtvoll aussehendes und echte Seide oft an Glanz weit übertreffendes Textilmaterial wird neuerdings aus gelöster Nitrocellulose (Collodium) 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. Leider ist diese Kunstseide von außerordentlich geringer Haltbarkeit und eignet sich nur in Verarbeitung mit anderen Materialien zu wenigen Verbrauchsgegenständen (Krawatten usw.), welche an sich keine große Dauerhaftigkeit beanspruchen.

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 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 (siehe S. 380) 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 verhält-

nismäßig 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 Haftfäden 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 Kleidernstoffen 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“, 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 durchzogene Gebilde, bedeckt mit ziegelartig übereinander greifenden Schüppchen, welche sich bei geringer Vergrößerung

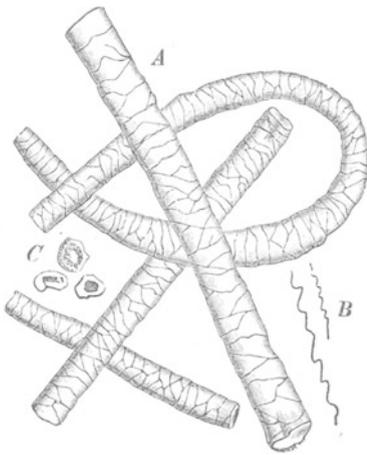


Fig. 362. Schafwolle. $\frac{200}{1}$. A Seiten-, C Querschnittansicht, B Fasern in nat. Größe, gekräuselt. (Nach HANAUSEK.)

durch dicht und unregelmäßig nebeneinander liegende Linien oder Risse kennzeichnen (Fig. 362 A).

Von den für die Beurteilung des Wertes der Schafwolle wichtigen Fragen werden nur zwei auf mikroskopischem Weg 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 Schafassen liefern noch Ziegen und Kamele brauchbare Wolle. Von der Angoraziege, die besonders in Kleinasien und in Südafrika gezüchtet wird, stammt die Mohairwolle oder Angorawolle, die sich durch seidenartigen Glanz auszeichnet.



Fig. 363. Mohairwolle. $200/1$.



Fig. 364. Vicunna-
wolle. $200/1$.

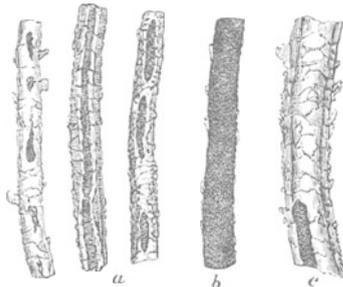


Fig. 365. Alpakawolle. *a* u. *b* $100/1$, *c* $200/1$.
a und *c* weiße, *b* schwarze.

Sie ist in ihrem Bau der Schafwolle verwandt, unterscheidet sich aber leicht von ihr durch die Eigentümlichkeit, daß die Cuticularplättchen die Breite fast der ganzen Haaroberfläche einnehmen. Dementsprechend findet man die Mohairwolle (Fig. 363) fast nur mit großzackigen Querlinien überdeckt, während die bei der Schaf-

wolle so häufigen schräg gestellten Verbindungslinien (vgl. Fig. 362) 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. 364). — 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 gemeiniglich mit einzelnen dreifach stärkeren Haaren gemischt, welche unter dem Mikroskop schwarz erscheinen. Die Vicunnawolle ist 40—50 mm lang, 12 μ dick, feinschuppig und etwas gekräuselt.

Alpakawolle (Fig. 365). — Während die alten Peruaner sich das Lama (*Auchenia lama*) aus der Wildform, dem Guanako, als Last- und Reittier züchteten, gewannen sie wahrscheinlich aus derselben Wildform auch eine Wollform, das 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 des Haars 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 uns 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 folgenden 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 wertvollerer 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 resp. aufgebesserten Pelzwerk unser besonderes Augenmerk gewidmet.

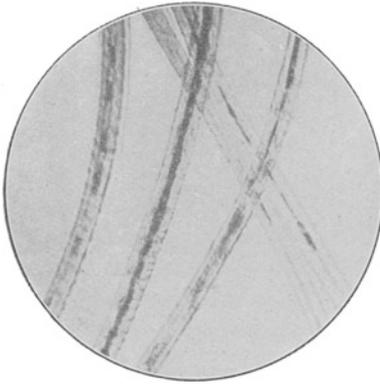


Fig. 366. Nutria.

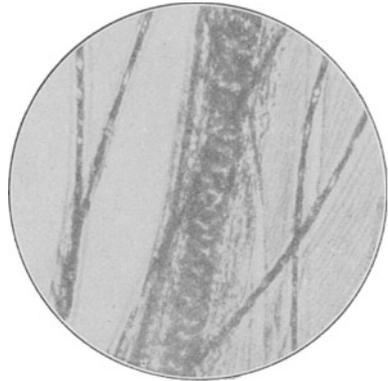


Fig. 367. Biber, gefärbt, hochgeschoren.

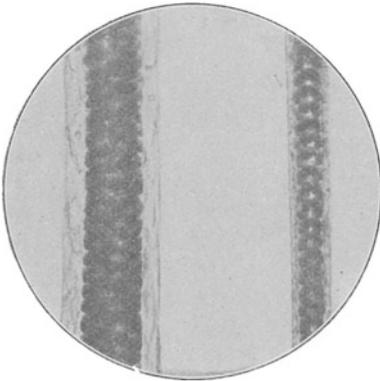


Fig. 368. Zobel, naturall.

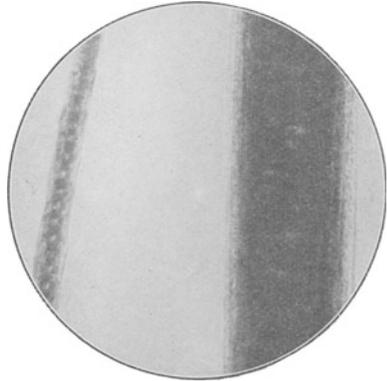


Fig. 369. Zobel, gebleicht.

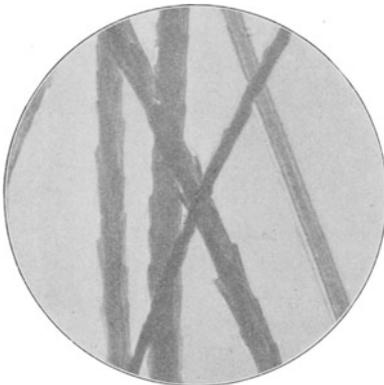


Fig. 370. Sealskin.

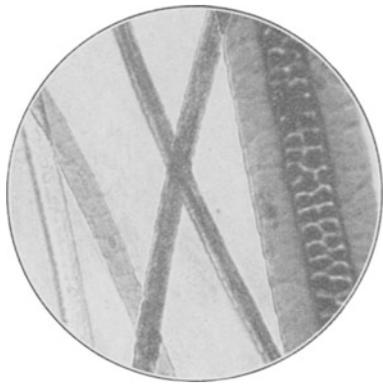


Fig. 371. Opossum (*Didelphys*), gefärbt.

Vergr. $200\times$. — Phot. K. PRITZSCHE.

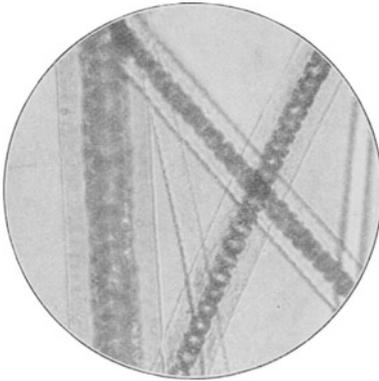


Fig. 372. Austral. Opossum (Känguruh).

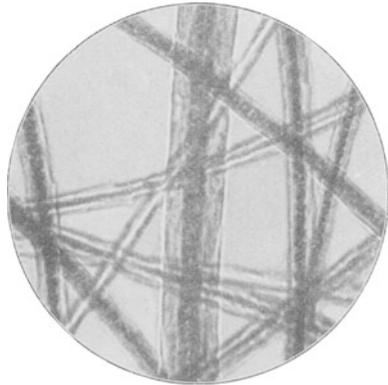


Fig. 373. Nerz, naturall.

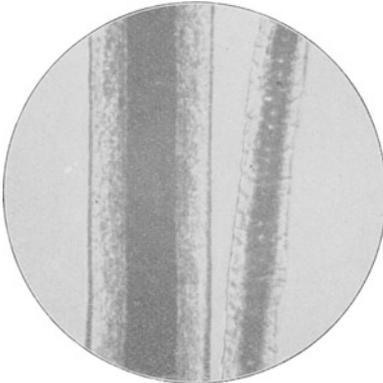


Fig. 374. Seefuchs, gefärbt.



Fig. 375. Bastard-Chinchilla.

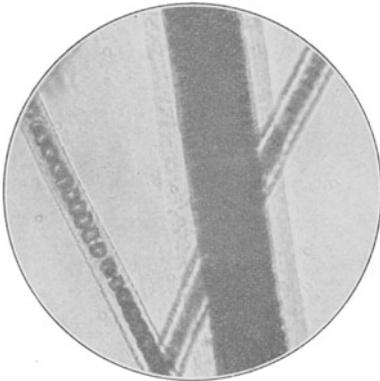


Fig. 376. Bisam.

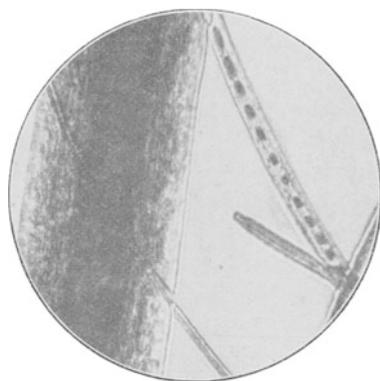


Fig. 377. Luchs.

Vergr. $\frac{200}{1}$. — Phot. K. PRITZSCHE.

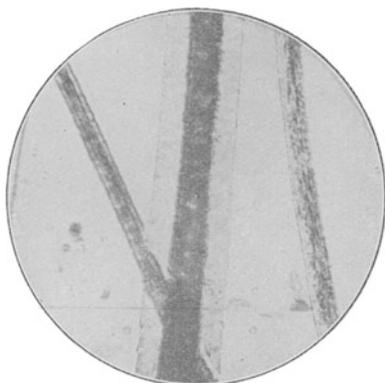


Fig. 378. Schupp.

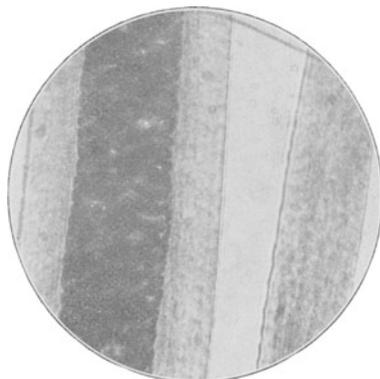


Fig. 379. Sibir. Murmeltier, nach Nernz gefärbt.

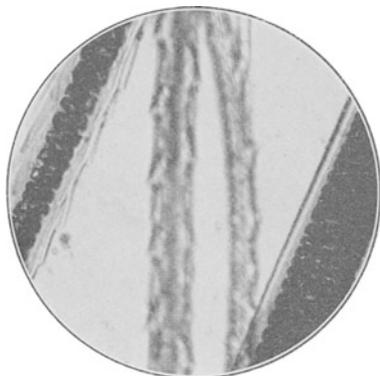


Fig. 380. Colinsky.

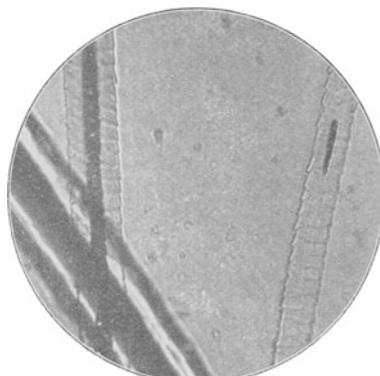


Fig. 381. Wolf.

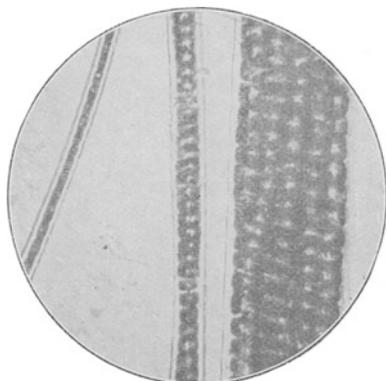


Fig. 382. Kaninchen, weiß.

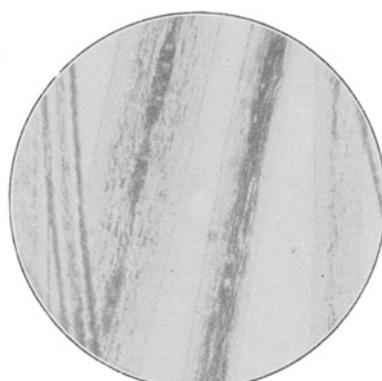


Fig. 383. Hamster.

Vergr. $200\times$. — Phot. K. PRITZSCHE.

Prüfung eines Gewebes.

Unter Berücksichtigung der oben (S. 236—242) 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 Zweck teilt man die letztere wieder in zwei Teile, welche wie folgt geprüft werden:

1. Das erste und zweite Stückchen wird mit basischem Zinkchlorid*) 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 zunächst 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. 236 angegeben) Kette und Einschlag und geht zur mikroskopischen Untersuchung über. Die einzelnen Bestandteile werden nach den im Vorstehenden gegebenen Anweisungen erkannt.

3. 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 stechende und saugende Mundwerkzeuge auszeichnen. Sie leben vom Blut 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,

*) Klare Flüssigkeit, erhalten durch Kochen einer Zinkchloridlösung von 1,7 spez. Gewicht mit überschüssigem Zinkoxyd.

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. 384), wie bei allen Flöhen an dem eigentümlichen, deutlich durchschimmernden Begattungsapparat kenntlich, mißt 2 bis 2,5 mm und das Weibchen 3—4 mm in der Länge. Die Beine sind stets etwas heller als der Körper.

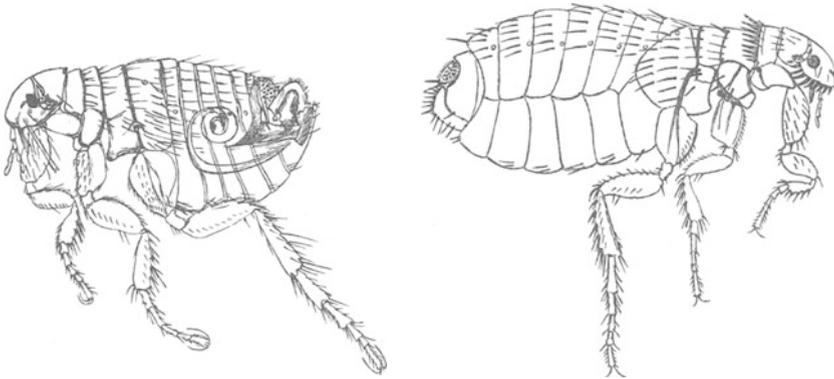


Fig. 384. *Pulex irritans* ♂. (Nach TASCHENBERG.) Fig. 385. *Pulex canis* ♀. (Nach TASCHENBERG.)

Der Hundefloh (*Pulex canis*), von dem wir in Fig. 385 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—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.

Filzlaus (*Phthirus pubis*, Fig. 386). — Diese makroskopisch kleinen Hautschüppchen ähnlich sehende Laus ist etwa 1 mm lang und fast ebenso breit; sie findet sich vorzüglich zwischen den Schamhaaren, aber bei lange dauernder Infektion auch in der Umgebung aller übrigen krausen Haare des Körpers, doch nie zwischen den Kopfhaaren und hält sich mit Hilfe ihrer Krallenfüße sehr fest. Die fast 1 mm langen Eier (sog. Nisse) werden reihenweise (bis zu

10 Stück) an die Haare angeheftet. — Wird durch Einreiben mit Salicyltalg, grauer Salbe oder Sublimatlösung leicht vertrieben.



Fig. 386. Filzlaus. Vergr. $15\times$.
(Nach LANDOIS.)



Fig. 387. Kopflaus. ♂
Vergr. $20\times$. (Nach BRAUN.)



Fig. 388. Kleiderlaus. ♀
Vergr. $8\times$. (Nach BRAUN.)

Kopflaus (*Pediculus capitis*, Fig. 387). — Deutlich länger als breit, 1—2 mm lang, graugelb, an den Rändern der Hinterleibsringe etwas dunkler. Brust fast ebenso breit wie Hinterleib. Lebt nur auf dem Kopf des Menschen, heftet die Eier an die Haare an.

Kleiderlaus (*Pediculus vestimenti*, Fig. 388). — Der vorigen ähnlich gestaltet, doch bis 4 mm lang und an den Enden der Hinterleibsringe nicht dunkler gefärbt. Brust schmaler als Hinterleib. Lebt besonders auf Brust und Rücken des Menschen, legt die Eier in die Kleider.

Milben.

Taubenzecke (*Argas reflexus*, Fig. 389). — 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 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. Vor dem Saugen ist es flach, nachher linsenförmig aufgetrieben; es hat wie alle Spinnentiere vier Beinpaare.

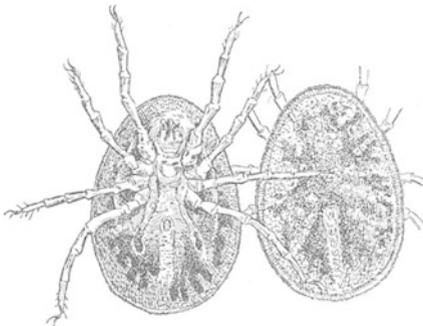


Fig. 389. Taubenzecke. Vergr. $4\times$. (Nach ALT.)

Vor dem Saugen ist es flach, nachher linsenförmig aufgetrieben; es hat wie alle Spinnentiere vier Beinpaare.

Krätzmilbe (*Sarcoptes scabiei*, Fig. 390). Männchen 0,2—0,3 mm lang, Weibchen 0,3—0,4 mm lang. Ist die Ursache der Krätze, welche 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

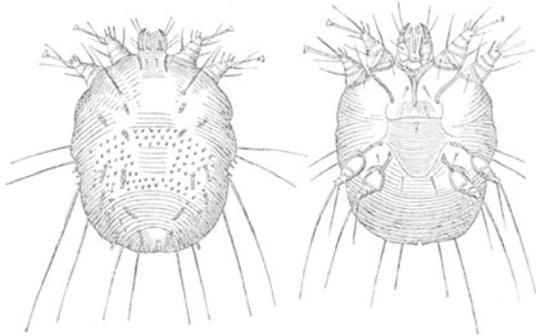


Fig. 390. Krätzmilbe, Weibchen von oben und unten gesehen. Vergr. $\frac{50}{1}$. (Nach GUDDEN.)

der Haut meist gerade, bis mehrere Zentimeter lange Linien, welche 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. 391). — Eine 0,3—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

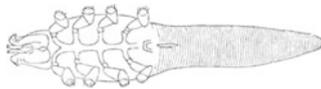


Fig. 391. Haarbalgmilbe. Vergr. $\frac{100}{1}$. (Nach MÉGNIN.)

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 (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 einen kleinen Saugrüssel mit zwei unter diesem befindlichen 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 welchem 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 August beim Aufenthalt in Gärten belästigt werden, besonders Frauen und Kinder, kennen meist nur das von dem

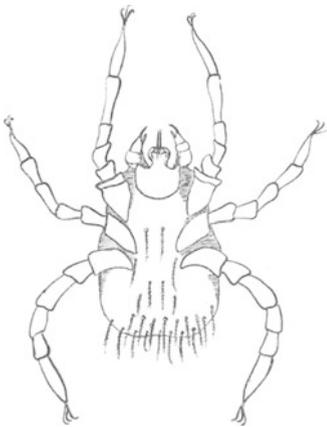


Fig. 392. *Leptus autumnalis* (Larve von *Trombidium holosericeum*), freilebendes Stadium.

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 irgenwelche vorbeistreifende Tiere warten. Man hat sie außer am Menschen 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) eing bohrt 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.

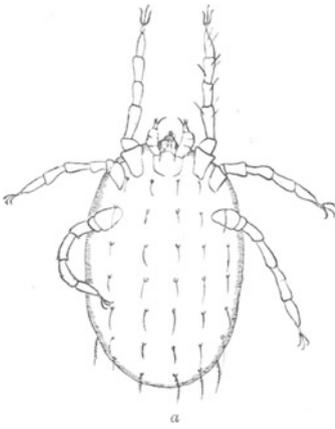


Fig. 393. a Larve von *Trombidium holosericeum*, parasitierendes Stadium; b Mundteile (zwischen den stechenden Mandibeln ist das chitinine Schlundrohr hervorgestülpt.)

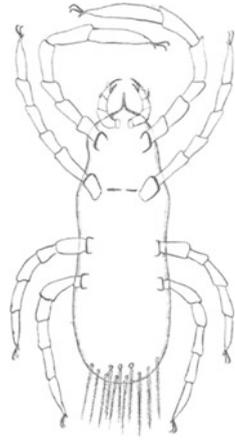


Fig. 394. *Trombidium holosericeum*, noch nicht geschlechtsreif. Der ganze Körper ist dicht mit Fiederborsten bedeckt.

Wir geben in Fig. 392 eine Abbildung der freilebenden Milbe, aus der außer der Körperform der wesentlichste Charakter, das Vorhandensein von drei Krallen, deutlich zu ersehen ist. In Fig. 393 geben wir eine Abbildung der vollgesogenen Milbe wieder und in Fig. 394 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 rätselhaften Beulen, besonders in den Kniebeugen und in der Schamgegend, kommen z. B. im mittleren und unteren Saaletal ganz regelmäßig jedes Jahr den Ärzten vor.

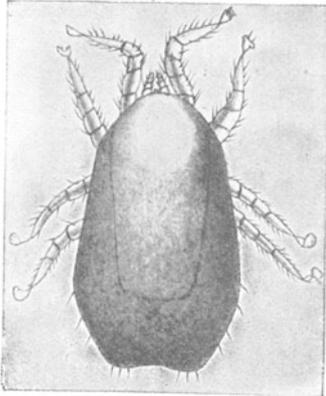


Fig. 395. *Dermanyssus gallinae*.
Vergl. 40/1. (Nach BERLESE.)

Vogelmilbe (*Dermanyssus gallinae*, Fig. 395). — 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. 158, Fig. 119 und der Gattung *Glycyphagus*, bei der das Weibchen am Hinterleibende eine zapfenförmig 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 xanthogensaurem Kali erwiesen.

Eine ganz ähnliche Lebensweise im Polstermaterial führen einige Arten aus der Gruppe der Staub- und Holzläuse. Dies sind ungeflügelte sechsbeinige Insekten aus der Verwandtschaft der Termiten und der Feder- und Haarlinge. Wir nennen die gemeine Staublaus = *Troctes divinatorius* und die Holz- oder Bücherlaus = *Atropos pulsatorius*.

Würmer.

Trichine (*Trichina spiralis*, Fig. 396—399).

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.

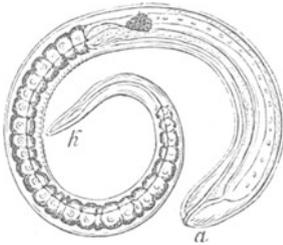


Fig. 396. Weibliche Trichine. Vergr. 200 $\frac{1}{1}$.



Fig. 397. Zapfen am hinteren Körperpol der männlichen Trichine.

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 Wechsel-

verhältnis 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. 396); nach dem Hinterende (*a*) nehmen sie an Dicke zu und endigen stumpf abgerundet. Die Männchen haben am Hinterende zwei Haken oder Zapfen (Fig. 397) 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, welcher sich nach hinten allmählich erweitert und bei stärkerer Verdickung der Wandung deutliche Zellen zeigt. Hieran schießt 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, seitlich seinen Ausgang.

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 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 kuglig, 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 Kaninchen-Muskulatur tritt dieses Absterben durch Verkalkung schon nach wenigen Jahren ein, in den Schweinsmuskeln aber erst nach 11 Jahren, beim Menschen sogar erst nach 25 Jahren.

Die Kapsel oder Cyste der Muskeltrichine (Fig. 398) hat eine ovale Form. In ihrer Mitte liegt die Trichine spiralig eingerollt. Unter dem Mikroskope erscheint die Kapsel, wenn ihre Verkreidung 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 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 verkreideten Kapseln in mäßig verdünnte Essigsäure oder Salzsäure, so erfolgt die Lösung der Kalkschale und die Kapsel wird wieder durchsichtig.



Fig. 398. Einkapselte Trichine.

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, welche die Trichinen vorzugsweise aufsuchen, sind zu nennen: das Zwerchfell, die Augenmuskeln, die Kau-muskeln, die Muskeln der Bauchwand und die Intercostalmuskeln. 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 Objekträger und drückt beide Gläser so gegeneinander, daß die Fleischscheibchen zu einer

sehr dünnen, durchsichtigen Schicht ausgedehnt werden. Bedient man sich hier eines Kompressoriums, so ist man der Mühe des anhaltenden Pressens der Objektgläser mit den Fingern ent-
hoben.

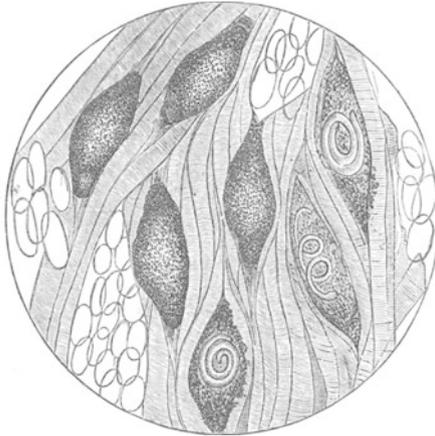


Fig. 399. Fleischfasern mit Fettzellen und älteren und jüngeren Trichineneinkapselungen.

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. 400 zeigt. Die Klemmbiegung muß von der Weite sein, daß die Biegung enger ist als die Dicke der beiden übereinander gelegten Objektgläser.



Fig. 400. Fleischobjekt *a*, zwischen zwei Objektgläsern (*c*) flachgepreßt mittels zweier Blechkompressoren (*b, b*).

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, welche 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, welcher 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 welcher 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 RAINEYSchen Schläuche, die zu den Sporozoen gehören und bei diesen auf S. 400 ihre Behandlung erfahren.

Andere Eingeweide-Nematoden.

Spulwurm (*Ascaris lumbricoides*). Ein fußlanges, gelbliches oder rötliches Tier, welches 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. 401, a). Die äußere bucklige Schicht schützt das Ei vor dem Verdautwerden seitens der Magensäfte. Mit feuchter Erde, in der sich die Eier im Laufe von etwa 50 Tagen entwickelt haben, kommen die Embryonen in den Organismus des Menschen. Ihr Dotter zeigt im frisch abgegangenen Kot noch keine Furchung (Zellteilung). 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.

Madenwurm (*Oxyuris vermicularis*, Fig. 402). Ein bis 1 cm langer und den Schmeißfliegenmaden ähnlicher Wurm, welcher sich häufig zu Tausenden im menschlichen Enddarm findet. Bei dieser Art geschieht die Entwicklung des Embryos bereits im Wurmkörper, so daß die Eier schon beim Verlassen des menschlichen Körpers wieder entwicklungsfähig sind, wenn sie nur durch den Mund wieder aufgenommen werden. Das Ei ist in Fig. 401, b dargestellt, zeigt nur etwa die halbe Länge wie das des Spulwurms (Dicke:



Fig. 401. Eier von a *Ascaris*, b *Oxyuris*, c *Trichocephalus*, d *Anchylostomum*, e *Bothriocephalus*, f *Taenia saginata*, g *Taenia solium*. (Nach LEUCKART.)

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 Enddarm 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.

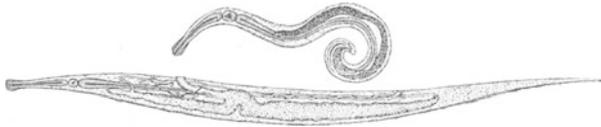


Fig. 402. *Oxyuris vermicularis*, Weibchen und Männchen. (Nach LEUCKART.)

Peitschenwurm (*Tricocephalus dispar*, Fig. 403). — 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. 401, c) werden mit den Fäces an die Außenwelt befördert; sie entwickeln sich in feuchter Erde und Wasser und gelangen wahrscheinlich mit dem letzteren in den Körper.

Grubenwurm (*Anchylostomum duodenale*, Fig. 404). — Ein höchst gefährlicher Eingeweidewurm der wärmeren Klimate, welcher 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. 404, 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. 401, d dargestellt; es entwickelt in den Fäces 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 Doehmiose. — 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.

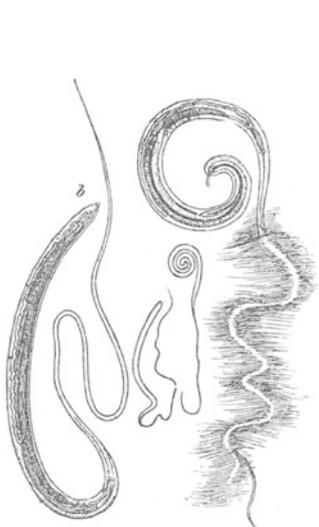


Fig. 403. *Trichocephalus dispar*. a Männchen, b Weibchen. Nat. Größe u. schwach vergrößert. (Nach LEUCKART.)

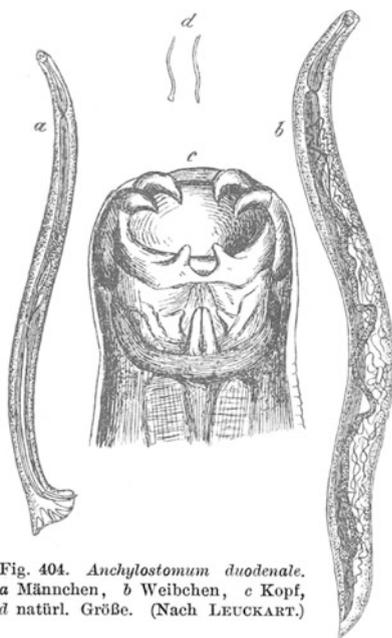


Fig. 404. *Anchylostomum duodenale*. a Männchen, b Weibchen, c Kopf, d natürl. Größe. (Nach LEUCKART.)

Die Diagnose der Krankheit wird gesichert durch die mikroskopische Feststellung der *Anchylostomum*-Eier (Fig. 401, d) im Stuhl. Diese sind leicht zu verwechseln mit Eiern von *Oxyuris vermicularis* (Fig. 401, b) und *Trichocephalus dispar* (Fig. 401, c). Die Untersuchung der Fäces 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 ver-

schiedenen 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, welche 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 welcher 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, welche 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 50000 Eier, ein ganzer Bandwurm von 1500 Gliedern also gegen 75000000.

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. 401, *g*) gelöst; die in denselben 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.

Die Finne der Schweine (der Blasenwurm) wohnt zwischen den Muskelfasern des Fleisches 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, welche mit dem umgebenden Fleische verwachsen ist. In dem Fleische der Schweine, der Rinder (Finnen von *T. saginata*, Fig. 406) 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. 406), und bei der Schweinefinne inmitten derselben einen Hakenkranz (Fig. 405). Gelangt die Finne lebend in den menschlichen Magen, was beim Genusse rohen Schweine- und Rindfleisches oder roher Wurst, oder nicht genügend gekochten oder geräucher- ten 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 Hals- teil 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, welche sich mittels dieser Häkchen in die Darmzotten einbohren,



Fig. 405. Hakenkranz des Schweinebandwurmes. Vergr. $\frac{50}{1}$.



Fig. 406. Die im Rind vorkommende Finne der *Taenia saginata*. Vergr. $\frac{7}{1}$.

in den Blutstrom kommen und durch diesen an irgend einen für ihre Weiterentwicklung günstigen Ort (Muskel, Leber, Lunge, Gehirn usw.) gelangen.

Vorstehende Notizen gelten vom Kürbiskernbandwurm, *Taenia solium*. Bei anderen Bandwurmarten findet sich ein ähnlicher Generationswechsel und Entwicklungsverlauf. Bei Untersuchung eines Bandwurms auf Anwesenheit des Kopfes und des Fleisches auf Gehalt an Finnen genügt einfach die Lupe, zur Erkennung der Eier eine 50fache Vergrößerung.

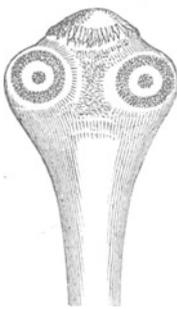


Fig. 407. *Taenia solium*. Kopf und ein reifes Glied mit Uterus und Geschlechtsporus. $\frac{3}{1}$.

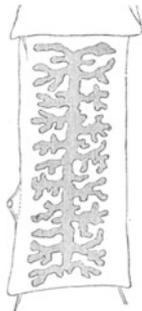


Fig. 408. *Taenia saginata*. Kopf und reifes Glied mit Uterus und Geschlechtsporus. $\frac{2}{1}$.
(Nach BRAUN.)



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. 408). 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. 407 und 408), auch sind die abgegangenen Glieder muskelkräftiger 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.

c) **Taenia echinococcus**, der Hundebandwurm (Fig. 409). — Im Gegensatz zu den beiden vorher besprochenen Arten, bei welchen die geschlechtsreifen Würmer im Menschen, die Finnen dagegen in

Haustieren leben, ist bei *T. echinococcus* der Mensch der Finnen-träger (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—5 mm lang. Durch allzu große Hundefreundschaft (Anlecken usw.) werden die Eier auf den Menschen übertragen und entwickeln sich in ihm, besonders in der Leber, doch auch in andern Organen zu Finnen, die im Gegensatz zu den vorher besprochenen Formen meist zu großen, manchmal 10 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. 409, c) nicht nur einen Sco-

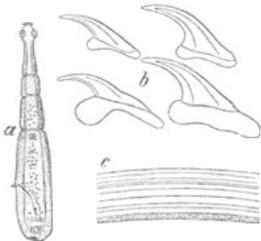


Fig. 409. *a* *Taenia echinococcus* des Hundes, *b* Haken, *c* Membranstück. (Nach LEUCKART.)

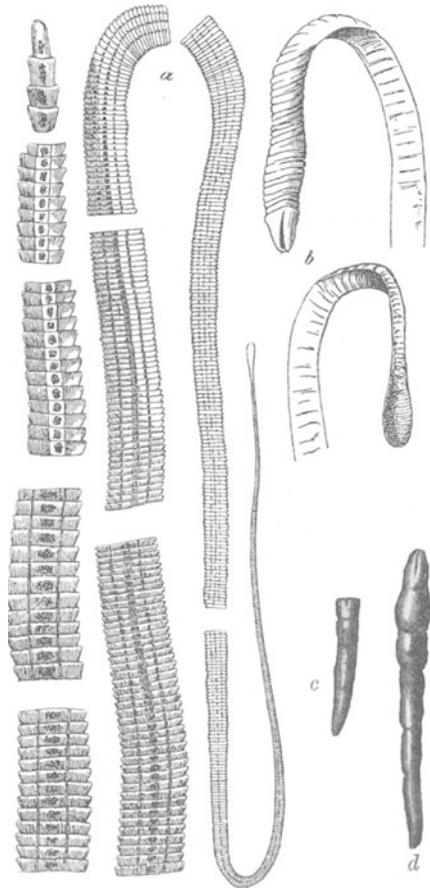


Fig. 410. *Botriocephalus latus*. *a* Wurm, abschnittsweise, nat. Größe, *b* Kopf in Seiten- und Vorderansicht, vergrößert. (Nach LEUCKART.) *c* Larve (*Cysticercus*) mit eingezogenem Scolex, *d* mit ausgestülptem Scolex. $\frac{2}{1}$. (Nach HOFER.)

lex, sondern viele Hunderte zu bilden, die ihrerseits wiederum dieselbe Fortpflanzungsfähigkeit haben, so daß schließlich aus dem einen Bandwurmei Tausende von Scolices, also Bandwurm-Ammen entstehen.

d) **Botriocephalus latus** (Fig. 410). — Ein Schmarotzer, dessen wurm- und nicht blasenförmige Larve in der Muskulatur des Fluß-

barsches, einiger Forellenarten, der Quappe und des Hechtes Ostpreußens, besonders der beiden Haffe lebt, kommt besonders in den Ostseeprovinzen, den Westkantonen der Schweiz und den angrenzenden Teilen Frankreichs, aber auch in andern Ländern oft im Menschen vor. Er 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. 401, *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 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 hierhergehörigen Formen, die im Blute parasitieren und durch blutsaugende Tiere auf andere Wirte übertragen werden, wie z. B. die Malariaparasiten, die Ausbildung solcher 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 Gregarinen-Spore ist in Fig. 411, *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 eintreten, hat man Aussicht, im Darm und in der Leber der Tiere Cysten mit Sporen von *Coccidium oviforme* nachweisen zu können. In der Sporenhülle liegen zwei Keime und ein sog. Restkörper (siehe Fig. 411, *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 absonder-

lich geformten Sporen besteht. Wir bilden in Fig. 411, *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

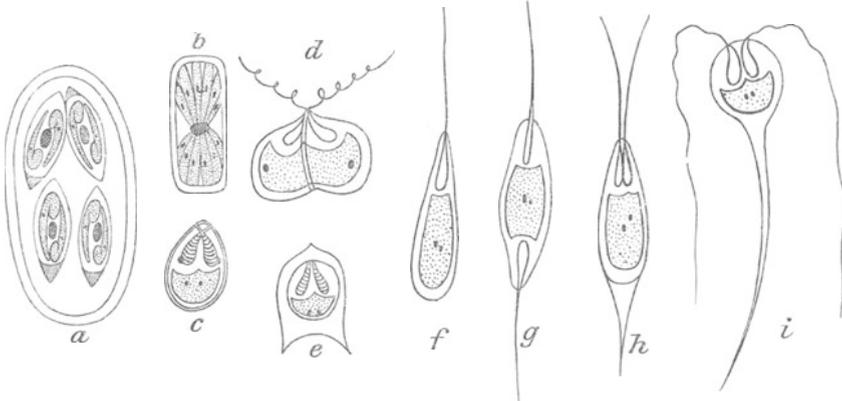


Fig. 411. Sporozoenkeime. *a* Cyste von *Coccidium oviforme* mit vier Sporen, in jeder Spore zwei Keime und ein Restkörper. *b* Gregarinspore mit zahlreichen Keimen. *c—i* verschiedenartige Sporen von Myxosporidien, teils mit Spiralfaden innerhalb der Polkapsel, teils mit vorgeschnelltem Spiralfaden.

Innern erkennen lassen oder aber je einen fadenförmigen Fortsatz nach außen entsendet haben. 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. 411, *d*), die sich allmählich trennen, so daß dann der amoeboid bewegliche Keim in benachbarte Epithelzellen einwandern kann. Dieser wächst an den ihm zusagenden Stellen zu einem Syncytium 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. 412, *a*) und dann eine Teilung, die zur Bildung der bereits beschriebenen Sporen führt (Fig. 412, *b*).

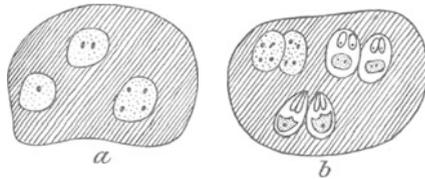


Fig. 412. Entwicklung der Sporen in dem Syncytium der Myxosporidien. (Schematisch.)

Solche Syncytien 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 MIESCHERSchen Schläuche mit den RAINEYSchen Körperchen, die wir heute als Sarkosporidien bezeichnen (Fig. 413). Sie sind von an-

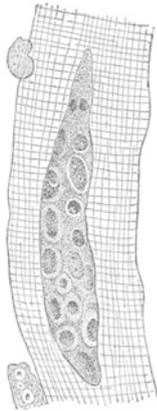


Fig. 413. Junge *Sarcocystis tenella* vom Schaf (0,047 mm lang). (Nach BERTRAM.)

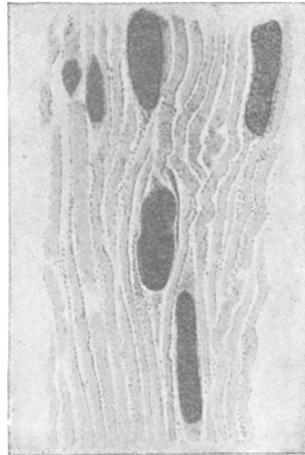


Fig. 414. Längsschnitt durch einen Muskel eines Schweins mit *Sarcocystis miescheriana*. (Nach BRAUN.)

sehnlicher, aber verschiedener Größe (man trifft Schläuche von $1\frac{1}{2}$ mm, aber auch von 4 mm, ja von 4 cm Länge) und infolge ihrer weißlichen Färbung bereits mit unbewaffneten Augen zu erkennen. Unter dem Mikroskop, bei durch-

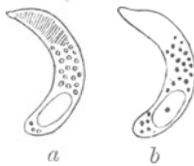


Fig. 415. Sporen von *Sarcocystis tenella*: a frisch mit Polkapsel, b gefärbt. (Nach LAVERAN und MESNIL.)

fallendem Lichte, erscheinen sie dunkler als die Fleischfaser (Fig. 414), 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 Syncytium heraustreten, Fig. 415 gibt die sichelförmigen Sporen der bei fast allen unseren Schafen in der Muskulatur des Schlundes vorkommenden Form wieder.

b) Beispiele von wichtigen, durch Tiere hervorgerufenen Pflanzenkrankheiten.

Stockkrankheit des Roggens. (Fig. 416, 417.)

Diese Krankheit wird hervorgerufen durch ein zu den Rundwürmern gehöriges Älchen, *Tylenchus devastatrix*, 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 so erkrankten Pflanzen werden meist frühzeitig gelb und sterben ab.

Die Älchen 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 bis 45 : 1, die Länge des Schwanzes beträgt $\frac{1}{16}$ — $\frac{1}{17}$ von der des Körpers. Die Männchen haben eine mehr plötzliche Verjüngung des Schwanzes und sind ausgezeichnet durch die „Bursa“, eine auf beiden Seiten des Begattungsapparates vorspringende Hautfalte. Die Weibchen haben ein mehr allmählich verschmälertes Hinterende. — Der am Vorderende befindliche Mund erweitert sich zu der 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 gleich-

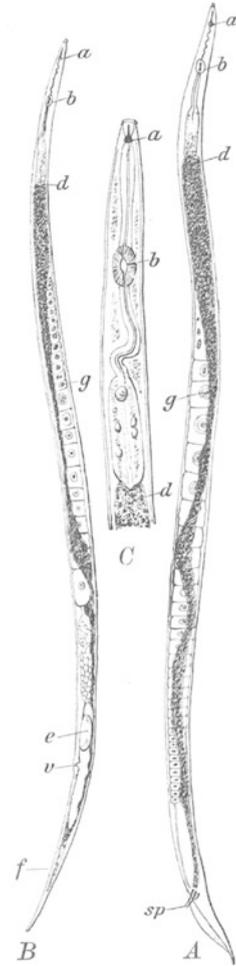


Fig. 416. *Tylenchus devastatrix*. A Männchen, B Weibchen, C Vorderende stärker vergrößert. — a Mundstachel, b Bulbus, d Darm, e Ei, g Geschlechtsorgane, sp Spicula, v Vulva, f Enddarm. Nach Ritzema Bos. A u. B ca. $\frac{100}{1}$. C $\frac{250}{1}$.

zeitig als Saugrohr, sie besitzt eine besondere Anschwellung, den Oesophagalbulbus, 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 Spicula, 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. 417). 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.

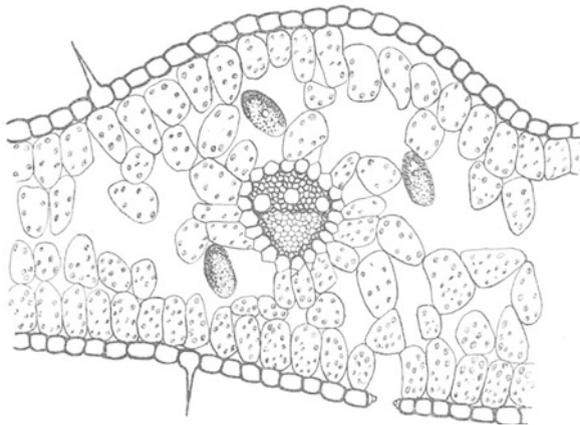


Fig. 417. Querschnitt durch ein krankes Roggenblatt mit drei Eiern von *Tylenchus devastatrix*.

Im Boden können die Älchen lange Zeit scheinot liegen, sofern derselbe trocken ist. Da dies nur in den oberen Schichten zutrifft, ist die Verschleppung durch oberflächliche Bodenbearbeitung, durch Wind und ähnliche Umstände leicht möglich. Andauernd in feuchter Erde, gehen sie allmählich aus Nahrungsmangel zugrunde, doch können sie häufigeren Wechsel zwischen Trockenheit und Nässe sehr gut vertragen.

Außer auf Roggen geht *Tylenchus devastatrix* 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.

Als Bekämpfungsmittel bedient man sich sogenannter „Fangpflanzen“, als deren geeignetste der Buchweizen zu bezeichnen ist. In diesen 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. 418.)

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 Inneren eine weißliche, zerkrümelnde Substanz, die sich bei mikroskopischer Betrachtung als aus unzähligen Älchen der Art *Tylenchus scandens* 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.

Im mikroskopischen Schnitt durch eine junge Galle (Fig. 418) 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.

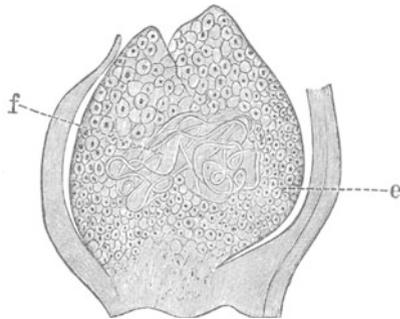


Fig. 418. Durchschnitt durch ein Radekorn.
e Gewebewucherung, f Aelchen. (Nach PRILLIEUX.)

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 abgeseibten Gichtkörner vernichtet. Außerdem muß man Felder, die radekranken Weizen getragen haben, tief umpflügen und für einen rationellen Fruchtwechsel Sorge tragen.

Nematodenkrankheit der Zuckerrübe. — (Fig. 419.)

Ebenfalls zu den Rundwürmern gehört einer der schlimmsten Schädlinge der Zuckerrübe, die Rübenmematode, *Heterodera Schachtii*.

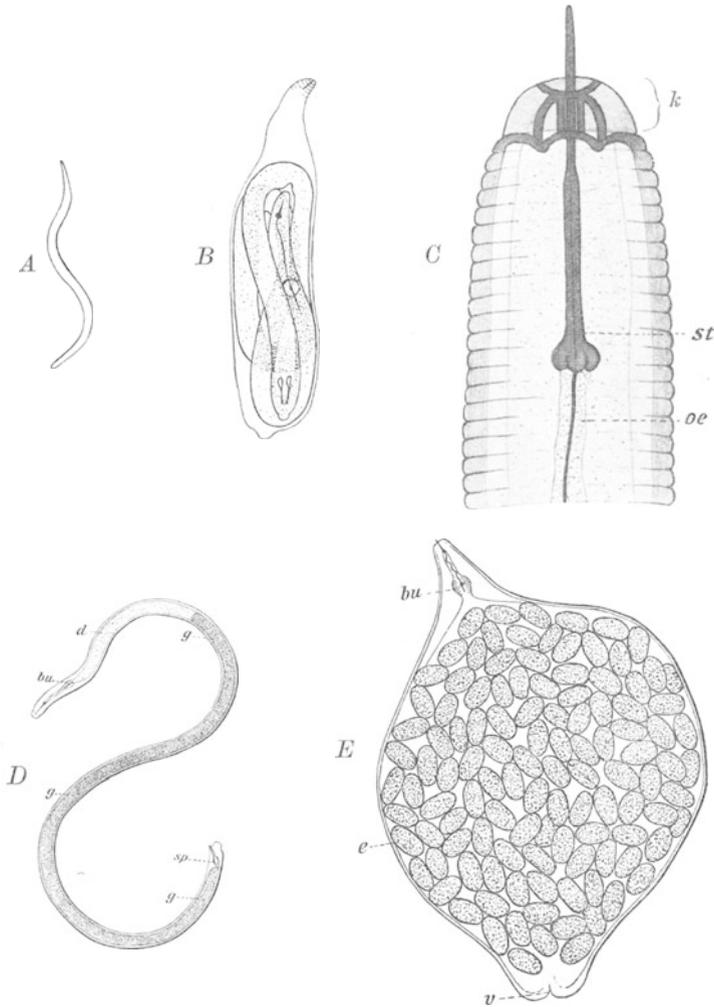


Fig. 419. *Heterodera Schachtii*. A Larve, B männliche Larve vor der letzten Häutung, C Vorderende des Männchens, (k Kopfkappe mit Chitinleisten, st Stachel, oe Oesophagus), D Männchen, E Weibchen, bu Bulbus, d Darm, g Geschlechtsapparat, sp Spicula, e Eier, v Vulva. (A, C, D, E nach MARCINOWSKI, B nach STRUBELL.)

Aus den Eiern dieses Tieres entschlüpfen etwa 0,5 mm lange vorn stumpfe und hinten spitze Larven (Fig. 419, 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. 419, *B*). Dabei wird auch der Stachel durch einen neuen, etwas schwächeren ersetzt, bei dem die Vorsprünge ausgesprochener kugelige sind als bei dem der Larve (Fig. 419, *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. 419, *D*) verläßt die letzte Larvenhaut, in der es aufgewunden lag (Fig. 419, *B*); die von nun an unbeweglich festsitzenden Weibchen schwellen zu dicken, zitronenförmigen Körpern an (Fig. 419, *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. 410 *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 Rübenpflanzen herausnimmt und unter Vermeidung heftiger Bewegung in Wasser auswäscht. Die gewaschenen Wurzeln werden etwa zehn Minuten in eine Jodkaliumlösung 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. 419, *B*), so ist die richtige Zeit zum Zerstören der Fangpflanzen gekommen.

Rote Spinne (*Tetranychus telarius*, Fig. 420).

Gehört zu den verbreitetsten Pflanzenschädlingen. Sie ist in der Auswahl der Pflanzen, die sie befällt, durchaus nicht wählerisch und kommt sowohl an Gräsern, Bohnen, Rüben und anderen krau-

tigen Gewächsen, vor allem aber an den verschiedensten Bäumen vor. Die Blätter, an denen sie in größerer Anzahl sitzt, verfärben sich frühzeitig, indem sie je nach der Pflanzenart einen mehr gelblich-bräunlichen oder gelblich-rötlichen Farbenton annehmen, vorzeitig vertrocknen und abfallen. Auf der Unterseite dieser Blätter sieht man mit bloßem Auge, deutlicher noch mit der Lupe ein Gespinnst, zwischen dem man außer zahlreichen abgestreiften Häuten und den weißlichen Eiern Milben in den verschiedensten Altersstadien findet.

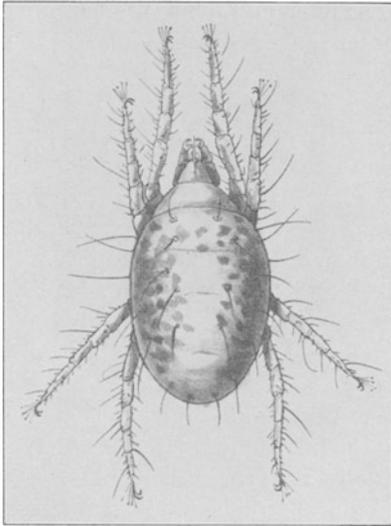


Fig. 420. Rote Spinne. $\frac{60}{1}$. (Nach FULMECK.)

Das ausgewachsene Tier ist etwa $\frac{1}{2}$ mm lang, oval, gelblich bis rötlich gefärbt. 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 Gattung charakteristischen vier Haftborsten zu erkennen.

Die gelblichroten bis zinnoberroten Eier werden zwischen Rindenspalten und an geeigneten Plätzen des Bodens abgelegt, von wo aus die Neubesiedelung der Nährpflanzen im Frühjahr erfolgt.

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. 421, 422).

Eine der verbreitetsten Weinstockkrankheiten ist die sogenannte Phytotoxis, welche durch die zur Gruppe der Gallmilben gehörige Weinblattmilbe, *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 schlauchförmigen, hin- und her gebogenen, manchmal verästelten Haaren (vgl. Fig. 421). Diese Gallenhaare stehen in Vielzahl zusammen, dichte filzartige Flecke bildend,

die bei auffallendem Lichte seidenartig glänzen. Anfänglich sind diese Filzflecke, die sogenannten Erineen*), weiß, werden aber später grau, gelb oder rötlich braun. Auf der entgegengesetzten Seite stülpt sich das Blatt zu einem runzeligen, bald mehr flachen, bald mehr erhabenen Höcker aus (Fig. 422).

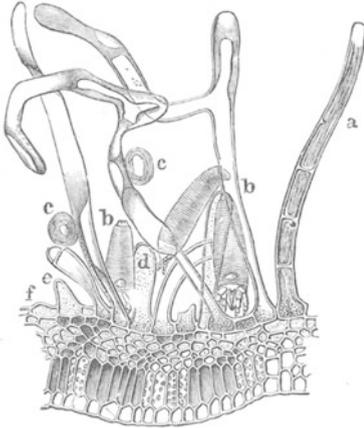


Fig. 421. Querschnitt durch ein Erineum des Rebblattes mit Milben (*b*), Eiern derselben (*c*) und verschieden gestalteten Haaren (*a*, *d*, *e*, *f*).
(Nach BRIOSI.)



Fig. 422. Rebblatt, von Weinblattmilben befallen. Es sind viele „Erineum“-Flecke (z. B. bei *a*) auf der Unterseite entstanden. $\frac{1}{2}$ der natürlichen Größe.

Die Milben, die diese Mißbildung hervorrufen und während des ganzen Sommers in ihnen leben, sind dem bloßen Auge nicht sichtbar. 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 welchen das Tier die Pflanzenzellen ansticht, um aus ihnen Nahrung zu entnehmen, ohne daß übrigens 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 Knospen auf, in denen sie den Winter überdauern, um mit beginnendem Frühjahr wieder in die sich entfaltenden Blätter einzuwandern.

*) Der Name Erineum stammt noch aus der Zeit, in welcher man diese Erscheinung als Wucherung bestimmter Pilze auffaßte, die PERSOON unter dem Gattungsnamen *Erineum* vereinigte.

Wenn die Phytopten 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 Eisenvitriolösung während des Winters oder ersten Frühjahrs mit Vorteil an.

Blutlaus (Fig. 423, 424).

Die Blutlaus (*Schizoneura lanigera*) ist einer der schlimmsten Feinde der Apfelpflanzung, doch kommt sie, wenn auch selten, auf Birnbäumen und verwandten Arten der Gattung *Pirus* vor. Sie lebt besonders gern auf jungen Trieben des Apfelbaumes, in großen, mit weißer Wolle bedeckten Scharen. Nimmt man Tiere ab 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, welche mehr und mehr sich vergrößernd schließlich die Rinde auftreibt und sprengt. Dichte Kolonien der Blutläuse bilden aus lauter Einzelknollen bestehende, wie große Geschwüre aussehende Verdickungen der Zweige, die sog. Blutlauskrebse.

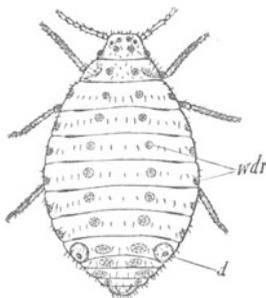


Fig. 423. Erwachsene Larve der Blutlaus, Rückenansicht. $\frac{10}{1}$.
(Nach BÖRNER.)

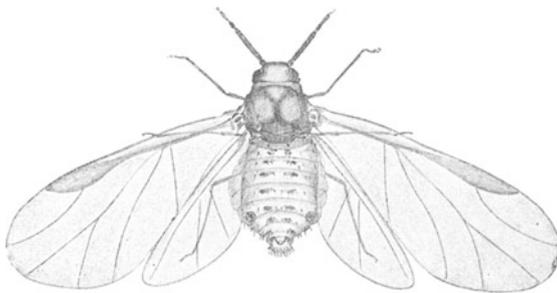


Fig. 424. Geflügelte weibliche Blutlaus, Rückenansicht. $\frac{25}{1}$.
(Nach BÖRNER.)

Das Tier tritt in zwei Formen auf, von denen die erste ausschließlich aus Larven besteht (Fig. 423), die 30—40 lebendige Junge gebären. Diese pflanzen sich in derselben Weise etwa 8 bis 10mal fort, und alle Tiere dieser Sommerform behalten, einmal festgesaugt, ihren Platz.

Im Spätsommer treten dann geflügelte, etwa 1 mm große Läuse auf, welche hauptsächlich die Krankheit zu verbreiten scheinen; sie bringen dort, wo sie sich niederlassen, ungeflügelte, aber der Saugrüssel entbehrende, geschlechtliche Individuen (Männchen und

Weibchen) hervor; letztere legen nach der Begattung je ein Ei. Noch im Herbst oder im nächsten Frühjahr entschlüpfen den Eiern wieder die erst erwähnten ungeflügelten Tiere, welche über, aber auch häufig unter der Erde, an den Wurzeln, überwintern.

Als mit Vorteil anzuwendendes Mittel gegen die Blutlaus ist das Ausschneiden und Bestreichen der befallenen Stellen mit einer Mischung von fetten Ölen oder Tabaksdekot mit Schmierseife und Alkohol zu nennen. Nicht zu vergessen ist auch die Bekämpfung der an den Wurzeln lebenden Läuse.

Grüne Tannenlaus (Fig. 425).

Jedermann bekannt sind die zapfenartigen Auswüchse, welche am Grund von jungen Fichtentrieben entstehen und von den Larven der Tannenlaus (*Chermes abietis*) erzeugt werden. Diese ist eine echte Blattlaus von grünlicher bis rotbrauner Farbe. Den Winter über sitzen die Gallenmütter von weißer Wolle bedeckt am Grunde der Fichtenknospen, im April legen sie dann, ohne befruchtet zu sein, mehrere hundert Eier, und die daraus hervorkriechenden Larven verteilen sich derart, daß an der Basis jeder jungen Nadel mehrere Tiere sitzen. Diese saugen sich fest; durch den Reiz wird das Wachstum der Fichtennadeln derart modifiziert, daß sich die beschriebenen Gallen durch Anschwellung der Nadelbasis bilden und zwischen den metamorphosierten Nadeln Kammern bleiben, welche die Wohnungen der Larven sind. Letztere häuten sich mehrmals und verlassen als geflügelte Insekten die Gallen, um entweder auf der Fichte zu verbleiben oder auf eine Lärche überzufliegen und ihr Fortpflanzungsgeschäft fortzusetzen. Außer der ungeschlechtlichen Fortpflanzung ist auch noch eine geschlechtliche bekannt.

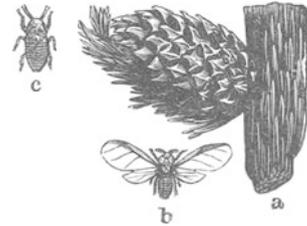


Fig. 425. Tannenlaus (*Chermes abietis*). a Galle $\frac{1}{2}$, b geflügeltes Weibchen, c Larve $\frac{8}{1}$. (Rach BREHM.)

Reblaus (*Phylloxera vastatrix*, Fig. 426—430).

Das Tier wurde anfangs der sechziger Jahre mit amerikanischen Reben nach Europa eingeschleppt. Zuerst wurde es im Jahre 1868 im unteren Rhône-tal 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.

Das Leben der Reblaus spielt sich in folgenden Phasen ab:

Nehmen wir als Ausgangspunkt eine Reblaus, wie sie eben aus einem Winterei ausgeschlüpft ist, so haben wir eine etwa eiförmige wenig plattgedrückte Gestalt mit drei Paar Beinen und einem sehr charakteristischen Fühlerpaar vor uns. Da die Größe der ausgewachsenen Reblaus 1,5—1,7 mm kaum übersteigt, meist aber nur etwa 1 mm beträgt, so erscheint sie dem bloßen Auge wie ein kleiner grünlicher oder gelber Punkt. Bei Betrachtung mit einer stärkeren Vergrößerung sieht man, daß die Fühler aus drei Gliedern, zwei kürzeren und einem längeren Endgliede, bestehen.

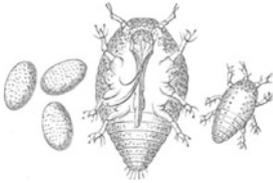


Fig. 426. Eine ausgewachsene, ungeflügelte Reblaus (von der Bauchseite) mit Eiern und einem 3 Tage alten Jungen (von der Rückenseite). $25/1$.

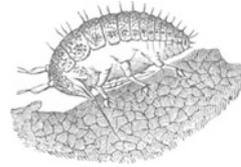


Fig. 427. Junge Reblaus, mit in das Zellgewebe der Wurzelfaser eingesenktem Borstenrüssel. Stark vergrößert.

An der Unterseite des Körpers sieht man ferner die sogenannten Stech- oder Saugborsten, die im Ruhezustande dem Körper anliegen, zur Nahrungsaufnahme aber tief in das Pflanzengewebe eingeführt werden (Fig. 426 und 427). Dieses Tier sucht bald nach dem

Ausschlüpfen eine junge Wurzel auf, an der es sich festsaugt, und legt nun, nachdem es sich einige Male gehäutet hat, ohne befruchtet zu werden, einige Eier um sich herum ab, aus denen wieder ähnlich gestaltete junge Rebläuse ausschlüpfen, die nach drei Häutungen befähigt sind, Eier zu legen. Da jedes dieser Tiere 30 bis 50 und mehr Eier legt, so liefert diese Art der Vermehrung außerordentlich zahlreiche Individuen.



Fig. 428. Anschwellungen der Wurzelfasern (Nodositäten) infolge des Saugens der Reblaus. Natürliche Größe.

Die Vermehrung außerordentlich zahlreiche Individuen.

An den jungen Wurzeln des Weinstockes bilden sich unter dem Einflusse des Saugens knötchenartige Anschwellungen, die sogenannten Nodositäten (Fig. 428), an älteren Wurzeln können große beulenartige Auswüchse hervorbrechen, die sogenannten Tuberositäten.

Im Sommer erscheinen etwas schlankere Individuen, an deren Seiten man deutlich Flügelscheiden bemerken kann; es sind die

Nymphen. Auch sie sind verschiedenen Häutungen unterworfen, bis sie nach der letzten als geflügelte Insekten (Fig. 429) erscheinen.

Die geflügelte Reblaus hat einen gelben Körper, mit dunklerem Brustring; die dreigliederigen Fühler und die Beine sind länger als bei den ungeflügelten Tieren, dagegen sind die Saugborsten kürzer. Der Rücken ist bedeckt von zwei Flügelpaaren, die im jungen Zu-



Fig. 429. Geflügelte Reblaus. $\frac{30}{1}$. (Nach RÜBSAAMEN.)

stande weiß bis hellgrau und durchsichtig, später etwas dunkler sind und durchzogen werden von wenigen Adern. Das vordere Paar ist das größere und überragt, dem Körper flach anliegend, diesen etwa um 1 mm, das hintere Paar ist weit kleiner.

Von den geflügelten Rebläusen kann man zwei Formen unterscheiden: eine schlankere längere und eine kürzere dickere. Diese legen auch zweierlei Eier, aus deren größeren weibliche, aus deren kleineren männliche Geschlechtstiere ausschlüpfen (Fig. 430).

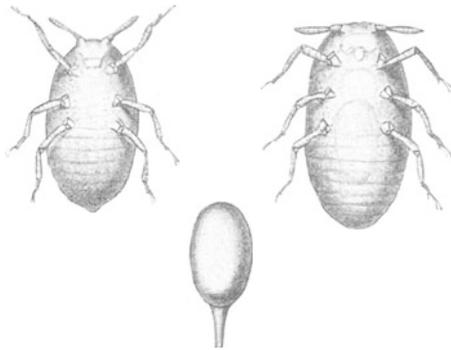


Fig. 430. Reblaus. Links männliches, rechts weibliches Geschlechtstier ($\frac{25}{1}$), unten Winterei. (Nach RÜBSAAMEN.)

Bei diesen ist sowohl Saugrüssel als Verdauungstraktus völlig verkümmert, sie sind also nicht befähigt, Nahrung aufzunehmen, dienen vielmehr lediglich der Fortpflanzung. Zu diesem Zwecke legt das Weibchen nach der Begattung ein einziges Ei, das sogenannte Winterei (Fig. 430), welches im Verhältnis zu seiner Erzeugerin sehr groß ist und am Grunde einen kurzen Stiel aufweist. Dieses Ei wird unter abblätternde Rinde älterer Stammteile

abgelegt und überdauert hier den Winter; im Frühjahr entschlüpft ihm wieder ein ungeschlechtlich sich fortpflanzendes Tier, mit dem der Kreislauf von neuem beginnt.

In Europa selten, häufig dagegen in Amerika, findet sich auch eine blattbewohnende Form, welche auf der Oberseite der Blätter sich ansaugt und eine auf der Unterseite hervortretende warzenförmige Galle erzeugt, die ihr als Aufenthaltsort für ihre weitere Entwicklung dient.

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 Reblaus-verdächtigen Stelle im Weinberge muß daher der Behörde angezeigt werden.

San José-Schildlaus (Fig. 431—437).

Die San José-Schildlaus (*Aspidiotus perniciosus* Comst.), die austernförmige Schildlaus *A. ostraeformis* CURT.), die rote Obstschildlaus (*Diaspis fallax* HORV.) und die Kommaschildlaus (*Mytilaspis conchaeformis* GMEL.) sind die zu den Schildläusen (*Coccidae*) gehörigen Arten, welche wegen ihrer bedeutenden Schädlichkeit für den Obstbau besonderer Erwähnung bedürfen.

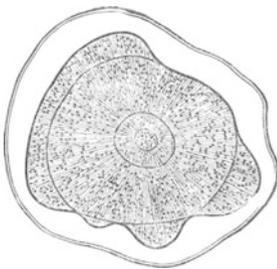


Fig. 431. Querschnitt durch einen von der San José-Schildlaus befallenen Zweig. (Nach v. TUBEUF.)

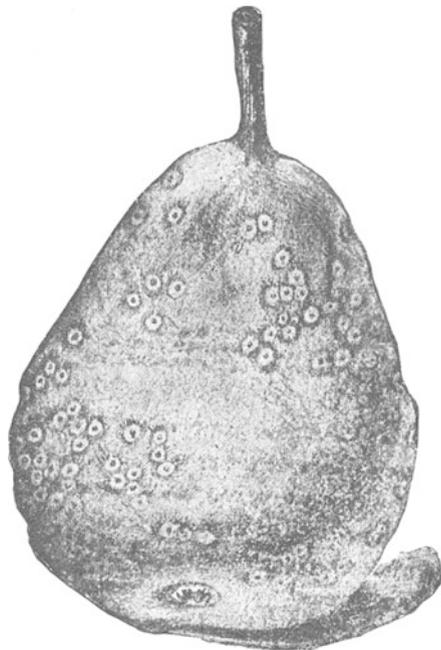


Fig. 432. Von der San José-Schildlaus befallene Birne. Nat. Größe (Nach Denkschr. d. Kaiserl. Gesundheitsamtes über die San José-Schildlaus.)

Alle sind sie dadurch ausgezeichnet, daß die Weibchen Wachs ausschwitzen, aus dem sich ein Schild bildet, welcher das Tier bedeckt. Während aber *A. perniciosus*, *A. ostraeformis* und *Diaspis fallax* einen runden Schild haben,

ist derjenige von *Mytilaspis conchaeformis* 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 Cambium einsenken und durch das beständige Saugen die Entwicklung des Baumes zunächst hemmen, oft aber auch das Absterben desselben bedingen. Fig. 431 zeigt den Querschnitt eines solchen angegriffenen Zweiges, dessen Cambium an einzelnen Stellen abgestorben ist, so daß nur noch ein partielles Dickenwachstum erfolgen kann. Auch auf den Früchten kommt die Laus vor (Fig. 432) und kann durch den Versandt derselben verschleppt werden.

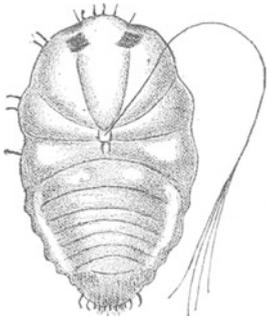


Fig. 433. Männchen der San José-Schildlaus nach d. ersten Häutung. $\frac{50}{1}$. (Nach Denkschr. d. Kaiserl. Gesundheitsamtes.)

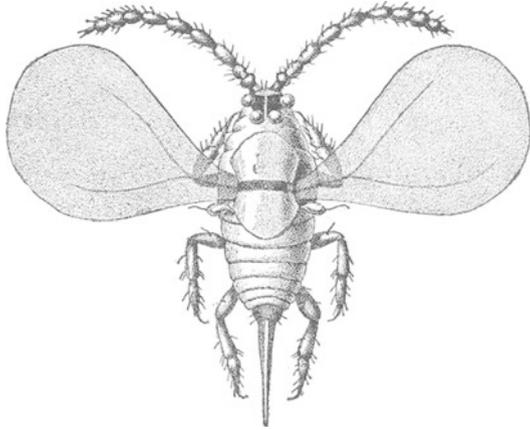


Fig. 434. Geflügeltes Männchen der José-Schildlaus. $\frac{50}{1}$ (Nach Denkschr. d. Kaiserl. Gesundheitsamtes.)

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, welche 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 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. Kurze Zeit laufen sie umher, saugen sich aber bald meist 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. 433) 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 Formenentwicklung steht, häutet

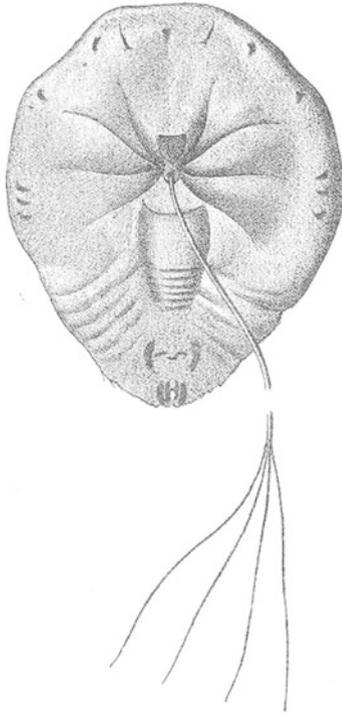


Fig. 435. Weibchen der San José-Schildlaus nach der zweiten Häutung. Vom Saugrüssel ist die Mitte weggelassen. ca. 50/1. (Nach Denkschr. d. Kaiserl. Gesundheitsamtes.)

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 Geschlechtswerkzeug (Fig. 434).

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. 435) 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. 436). Derselbe ist

bei jeder Art in charakteristischer Weise mit Einschnitten, Drüsenhaaren und Dornen versehen. Für *A. perniciosus* sind die sogenannten gefranzten 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 den ersten und zweiten Lappen jederseits und je drei zwischen den zweiten Lappen und den als Körperfortsätze bezeichneten Vorsprüngen am weiteren Rande.

Diese gefransten Platten fehlen *Diaspis fallax*, auch sind die Körperabschnitte anders ausgebildet, dagegen besitzt diese Art auf dem Bauche fünf Gruppen runder Drüsen (Filiären, Fig. 437), welche sich bei *A. perniciosus* nicht finden. Auch sonst sind zwischen beiden Arten noch einige Unterschiede, die die genaue Feststellung erleichtern.

A. ostreaeformis ist von *A. perniciosus* durch das Vorhandensein von Bauchdrüsen, von *Diaspis fallax* durch seine gefransten Platten unterschieden.

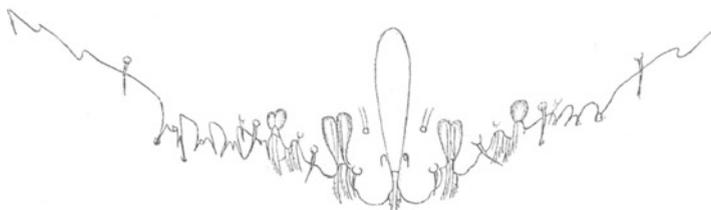


Fig. 436. Schematische Darstellung der letzten Körperabschnitte einer erwachsenen weiblichen San José-Schildlaus. Vergr. $570/1$. (Nach Denkschr. d. Kaiserl. Gesundheitsamtes.)

Die oben genannten Schildlausarten sind in ihrer Verbreitung recht verschieden. *A. conchaeformis* ist eine in Deutschland weitverbreitete Art, die besonders in schlecht gepflegten Baumschulen Schaden veranlaßt; *Diaspis fallax* ist besonders in Frankreich und Westdeutschland zu finden und schädigt vor allem die Birnbäume; *A. perniciosus* endlich ist zurzeit in Europa nicht festgestellt, ihr Verbreitungsgebiet ist Japan und Nordamerika; in letzterem Lande tritt sie so verheerend auf, daß in neuerer Zeit in Deutschland eine kaiserliche Verordnung erlassen ist, welche die Einfuhr von amerikanischen und japanischen Pflanzen und frischem Obst untersagt. Gleichzeitig sind in ganz Deutschland alle Baumschulen und größeren Pflanzungen auf das Vorkommen der San José-Laus untersucht worden, doch konnte sie nirgends nachgewiesen werden.

Als Abwehrmittel gegen alle Schildläuse bewährt sich am besten Petroleumemulsion, und zwar in nicht verdünntem Zustande; auch ist durch Abbürsten und nachherigen Kalkanstrich bei weniger starkem Auftreten schon ein Erfolg zu erzielen.



Fig. 437. Schematische Darstellung der letzten Körperabschnitte einer erwachsenen *Diaspis fallax*. Vergr. $570/1$. Oben die fünf Düsengruppen. (Nach Denkschr. d. Kaiserl. Gesundheitsamtes.)

Blasenfuß (*Thrips*, Fig. 438).

Die Gattung *Thrips* im weiteren Sinne 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*, die sich auf den verschiedensten Gewächshauspflanzen findet.

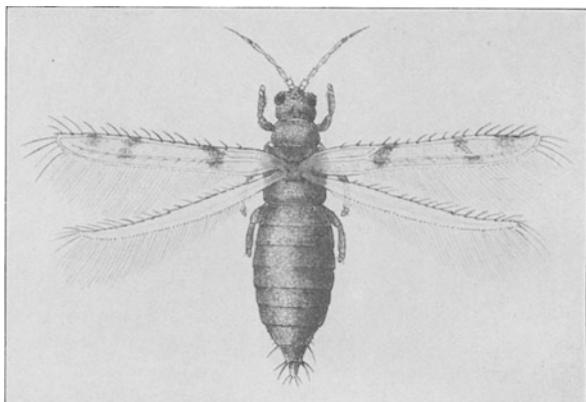


Fig. 438. Gewächshaus-Blasenfuß. $\frac{15}{1}$. (Nach FULMECK.)

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 7 gliedrig, 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 beiden Abdominalsegmenten befinden sich ebenfalls einige schwache Borsten.

Auch auf Getreide kommen verschiedene Arten der Gattung vor, die meist unter dem Namen *Thrips cerealium* zusammengefaßt werden. Eine der häufigsten hierher gehörigen Arten ist *Thrips* (*Stenothrips*) *graminum*, die von der vorigen durch eine schlankere Gestalt und kürzere Flügel unterschieden ist.

Gelbe Weizenmücke (*Cecidomyia tritici*, Fig. 439).

Eine Gallmücke, welche aber (gewöhnlich wenigstens) nicht eigentliche Gallen 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; sie sehen aus, als wären sie vom Brand befallen.



Fig. 439. Gelbe Weizenmücke (*Cecidomyia tritici*). Vergr. $10\frac{1}{1}$. (Nach BREHM.)

Weizengallmücke, Hessenfliege (*Cecidomyia 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 20 gliedrig, die des letzteren 17 gliedrig. 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. Tönchenpuppen glänzend braun, abgeplattet und dadurch von den walzenförmigen der Fritfliege unterschieden. Ein von diesem Feldverwüster befallenes Getreidefeld sieht wie verhagelt aus. Den Namen „Hessenfliege“ hat die Mücke in Nordamerika erhalten, wohin sie 1776 durch hessische Soldtruppen mit Stroh verschleppt sein soll.

Halmfliege (*Chlorops taeniopus*, Fig. 440).

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 drei schwarze Querbänder. Das Weibchen legt seine Eier zwischen die Blätter in die jungen Weizen- und Gerstenpflanzen; aus ihnen kriechen weiße Maden aus, welche 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 Tonnenpuppen. Der geschädigte Halmteil schwillt an, ohne weiter in die Länge zu wachsen; oft treten bandartige Mißbildungen oder Krümmungen infolge der Verletzung auf; die Ähre bleibt taub oder bringt nur verkümmerte Körner.



Fig. 440. Grünauge (*Chlorops taeniopus*). Vergr. $\frac{3}{1}$. (Nach BREHM.)

Fritfliege (*Oscinis Frit*, Fig. 441).

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 weißflimmerndem Flaum bedeckt. Sie erlebt im Laufe des Sommers drei Generationen, und 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. 441, *B*). Als Unterscheidungsmerkmal für die Fritfliegenlarve von dem der Hessenfliege sind die sog. Mundhaken wichtig, die sich im Innern des Kopfendes befinden (Fig. 441, *A*). Sie stellen die chitinisierte Auskleidung des eingestülpten Kopfes mit dem anschließenden Pharynx der Larve dar, der sich bei der Verwandlung zur Puppe nach außen stülpt. Die Puppen sind hellbraune Tönnchen von walzenförmiger Gestalt (Fig. 441, *C*). Im Juni und Juli erscheint die zweite Generation und im September die dritte, die beide der ersten gleichen. Die Überwinterung geschieht als Puppe.

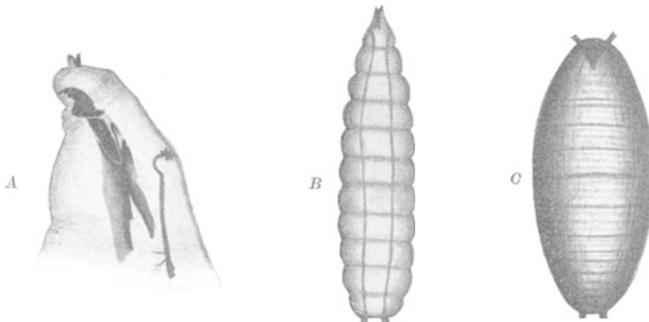


Fig. 441. Fritfliege. *A* Vorderende der Larve mit Mundhaken. *B* Larve. *C* Tönnchenpuppe. (Nach WAHL.)

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 die Larven aufweisen.

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 klappender Bewegung sich befindender, derber Kauapparat charakteristisch. — Im Gegensatz zu den zu den Infusorien gehörigen Glockentierchen, mit welchen 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. 442). — Tier mit einem langen, fernrohrartig einzieh- baren Fuß, welcher in drei Ästen endet, und zweilappigem Räderorgan; Körper allmählich in den Fuß übergehend, welcher 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.

Colurus uncinatus (Fig. 443). — Tier etwa 0,08—0,1 mm lang, mit in der Hauptsache panzerartig harter, glatter Haut, welche nur am Kopf und Fuß weich und kon-

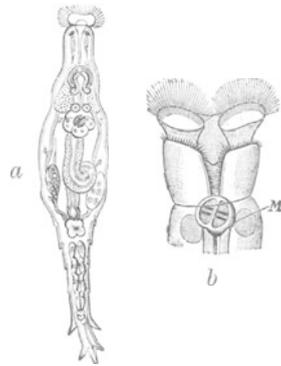


Fig. 442. *Rotifer vulgaris*.
a Ganzes Tier, b Vorderteil des-
selben mit Kauapparat M. (Nach
BLOCHMANN.)



Fig. 443. *Colurus uncinatus*, in
kontrahiertem Zustand. (Nach
BLOCHMANN.)

traktil 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 (welche sich bei den meisten andern Rädertieren als rote Fleckchen am Vorderteil vorfinden). In stehendem, auch in faulendem Wasser sehr gemein.

d) Urtiere (Infusorien).

Der Körper der Urtierchen (*Protozoa*) wird nur je von einer allerdings oft erstaunlich differenzierten Zelle gebildet; Infusionstierchen (*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 Mikroskope 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, welche 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. 444). Dieses im Schlamm stehender Gewässer überall sich findende Tier besitzt einen bis 0,5 mm großen Leib, welcher im gereizten Zustand, also bei der Präparation, als helles, mit dunkeln Punkten, Körnchen und Kriställchen erfülltes Schleimhäufchen 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, welche 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. 445). — Von der Amöbe unterscheidet sich diese *Diffugia*, welche mit mehreren Verwandten gleichfalls im Schlamm von Teichen und Gräben lebt, durch die Bildung eines regelmäßigen, aus kleinsten Fremdkörpern zusammengekitteten

Gehäuses. Zum Bau desselben verwendet das Tier die zufällig in seiner Umgebung vorhandenen Materialien, also Sandkörnchen (wie in Fig. 445), Holzpartikel usw. Das Gehäuse hat an seinem untern Ende ein Loch, durch welches der Protoplasmakörper seine dicken fingerartigen Pseudopodien vorschickt.

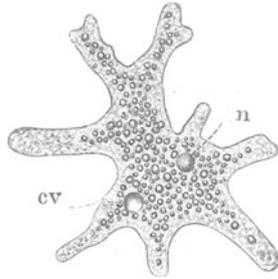


Fig. 444. *Amoeba proteus*. Vergr. $100/1$.
cv Contractile Vakuole, n Zellkern.

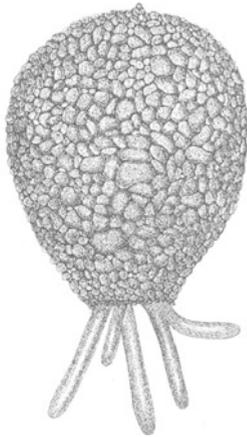


Fig. 445. *Diffugia pyriformis*. Vergr. $100/1$.

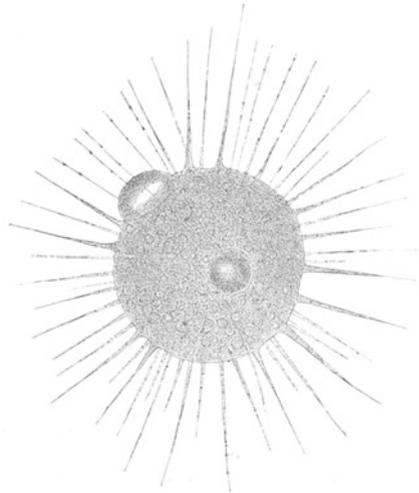


Fig. 446. *Actinophrys Sol*. Vergr. $150/1$.

3. *Actinophrys Sol* (Fig. 446). — In Wasserproben aus Teichen und Wiesengräben wird dies zierliche Tierchen selten vermißt. Dasselbe stellt ein fast glashelles Protoplasmaklumpchen dar, von welchem 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. 447). — Eine besonders in verdorbenem Wasser außerordentlich häufige Monade, welche durch ihre eigentümliche Koloniebildung ausgezeichnet ist. Verdünnt man Schmutzwasser mit Brunnenwasser und läßt die Mischung an der Luft stehen, so bemerkt 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



Fig. 447. *Anthophysa vegetans*; links ein einzelnes, frei schwimmendes Köpfchen.

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. 448). — Gleichfalls in verdorbenem Wasser sehr häufig und dasselbe (zusammen mit anderen Chloro-

phyll führenden Infusorien) oft intensiv grün färbend sind die *Euglena*-Arten. Dieselben sind alle langgestreckt, meist mehr oder weniger ausgesprochen 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 andern 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 event. (an dunklen Orten) sich auch durch Verschlingen fester Nahrung ernähren kann.

6. *Chlamydomonas pulvisculus* (Fig. 449). — Kleine, grün gefärbte Zellen, welche 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 widerstandsfähig 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, welche diese Tierchen mit den Schwärmsporen mancher Algen besitzen, wurde oben (S. 109) hingewiesen.

7. *Gonium tetras* (Fig. 450). — Denkt man sich vier *Chlamydomonas*-Exemplare zu einer flächenförmigen Kolonie mit den Hinterteilen der Zellen vereinigt, so daß sie kleine grüne, lebhaft bewegliche 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



Fig. 448.
Euglena viridis.
(Nach KLEBS.)
Vergr. 400/1.



Fig. 449. *Chlamydomonas pulvisculus*. 950/1.

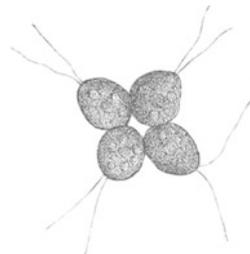


Fig. 450. *Gonium tetras*. 600/1.

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*.

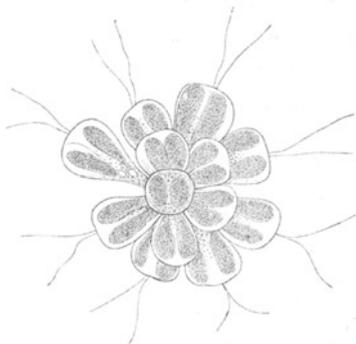


Fig. 451. *Synura uvella*. $\frac{500}{1}$.

8. *Synura uvella* (Fig. 451). — Während bei den unter 5 bis 7 aufgezählten Mastigophoren grüner Farbstoff vorhanden war, führt *Synura* einen sehr charakteristischen goldbraunen. Auch dies Tierchen ist in Wiesenraben und Teichen sehr häufig; es besteht aus einer ziemlich großen Anzahl von ungefähr keilförmigen Zellen, welche 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. 452). — Als Vertreter der besonders im Meerwasser reichlich auftretenden und durch ihre sonderbare

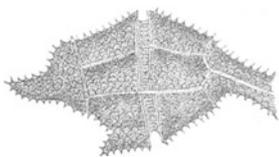


Fig. 452. *Ceratium tetraceras*. $\frac{1000}{1}$.
(Nach SCHILLING.)

Ausbildung auffallenden *Dinoflagellata* sei die Süßwasserform *Ceratium tetraceras* hier aufgeführt. Man findet diese Tierchen, welche düster gefärbt sind, recht häufig in Teichwasser; sie sind durch ihre hornartigen Stacheln sowie durch ihre hübsch facettenartig skulpturierten Schalen ausgezeichnet. Allen Dinoflagellaten ist

eigentümlich, daß sie im Äquator ihres Körpers eine Furche besitzen, in welcher eine quer gestellte, schwer sichtbare Geißel sich bewegt. Ferner kommt ihnen auch noch eine Längsfurche mit einer Geißel zu.

Ciliata.

10. *Coleps hirtus* (Fig. 453). — *Coleps* findet sich in Wasserproben der verschiedensten Art, insbesondere auch im Brunnenwasser recht häufig und ist leicht zu erkennen. 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, welche den ganzen Körper bedecken und regelmäßig warzenförmig durchbrochen sind, um die langen Cilien austreten zu lassen. *Coleps* ist bald farblos, bald grün gefärbt; seine Cilien sind alle gleichartig.

11. *Prorodon teres* (Fig. 454). — Wie alle folgenden panzerlos. Bei *Prorodon teres*, welches sich sehr häufig in Gräben und Tümpeln findet, ist der Körper zylindrisch, beiderseits breit gerundet, seinem ganzen Umfang nach dicht mit feinen, gleichartigen Cilien bedeckt. Am Vorderende befindet sich die von einer ringförmigen Lippe umgebene Mundöffnung; dieselbe setzt sich nach dem Körperinnern zu in einen von kegelförmigem Staborgan umgebenen

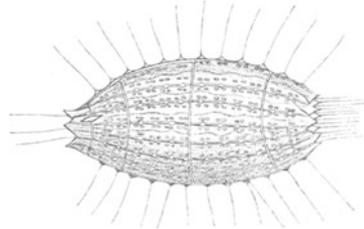


Fig. 453. *Coleps hirtus*. 750 μ .

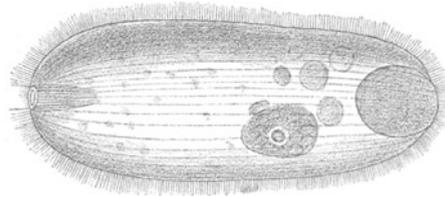


Fig. 454. *Prorodon teres*. 400 μ .

Schlund fort. Im Hinterende des Tieres ist eine große Blase sichtbar, welche mit wässerigem 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. *Paramaecium bursaria* (Fig. 455). — 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 Cilien und ist ungefähr drehrund. Vom Vorderende aus zieht sich bei der Gattung *Paramaecium* 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, welchen je ein kleiner Kern (Mikronucleus) anliegt.

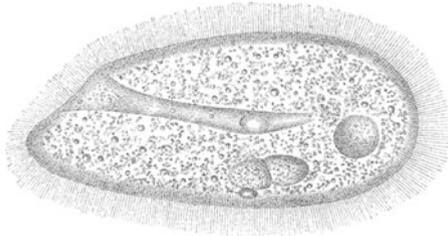


Fig. 455. *Paramaecium bursaria*. $\frac{500}{1}$.

13. *Chilodon cucullulus* (Fig. 456). — Die Arten der Gattung *Chilodon* sind besonders in mit organischen faulenden Substanzen versehenem Wasser sehr häufig; sie sind vollständig plattgedrückt und zeichnen sich durch ihre den Längslinien des Körpers folgende,

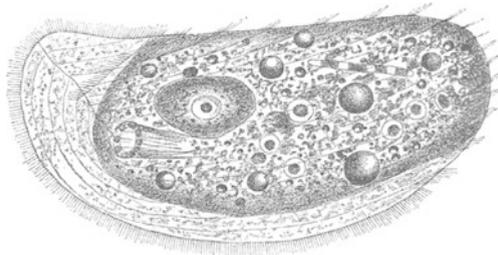


Fig. 456. *Chilodon cucullulus*. $\frac{500}{1}$.

aus gleichartigen Cilien 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. 457). — Mit Nr. 15 das häufigste ciliate Infusor in länger stehenden, organische Reste enthaltenden Wasserproben. Dies Tier gehört zu den hypotrichen Ciliaten, weil seine Körpergestalt vollkommen plattgedrückt ist und nur die Bauchseite Wimpern aufweist, während die Rückenseite kahl ist. Zugleich erkennt man leicht, daß die Wimpern durchaus ungleichartig sind. Je eine Reihe dünnerer Cilien 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 „Cirren“; auch nach hinten

auf dem „Bauchfeld“ finden sich solche. Am After steht eine Querreihe von fünf starken „Aftercirren“, und schließlich ist der Rand am Hinterende des Tieres noch mit drei langen „Schwanzcirren“

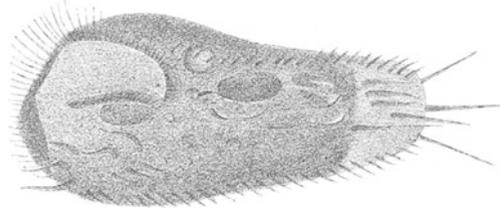


Fig. 457. *Stylonychia Mytilus*. $250/1$.

versehen. — Mit Hilfe der Cirren des Bauch- und Stirnfeldes, welche als Beine benutzt werden, läuft das Tier gewandt auf im Wasser liegenden Gegenständen.

15. *Euplotes Charon* (Fig. 458). — An gleichen Orten wie die *Stylonychia* und häufig mit ihr zusammen vorkommend, gleichfalls mit adoraler Cilienzone und Bauch-, Stirn- und Aftercirren, aber ohne Randreihen. Ganz besonders leicht kenntlich ist dies Tier

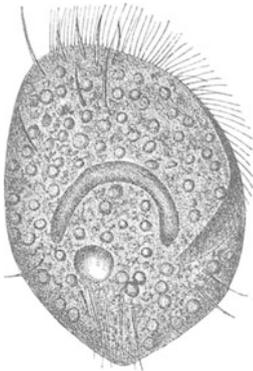


Fig. 458. *Euplotes Charon*. $500/1$.



Fig. 459. *Vorticella microstoma*. $300/1$. (Nach KENT.)

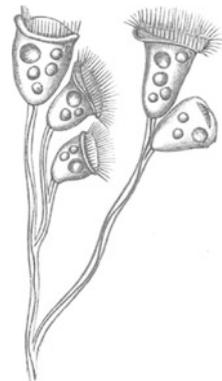


Fig. 460. *Carchesium Lachmanni*. $160/1$.

an dem wurstförmigen Zellkern, welcher (besonders beim Abtöten mit Sublimatlösung deutlich hervortretend) etwa in der Mitte der Zelle liegt. — Die nächstverwandte *Euplotes patella* hat am Hinterende zwei lange gefiederte Cirren.

16. *Vorticella microstoma* (Fig. 459). — In faulem Wasser, insbesondere in der Bakterienhaut, welche sich auf faulenden Wasserproben bildet, überall massenhaft vorkommendes Glockentierchen. Dasselbe sitzt auf einem dünn-fadenförmigen, mit feinem Muskelfaden durchzogenen Stiel, welcher 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 festsitzende Tier nackt. Man kennt eine große Menge von *Vorticella*-Arten.

17. *Carchesium Lachmanni* (Fig. 460). — Im ganzen ebenso gestaltet wie die *Vorticella*-Arten, doch durch die Koloniebildung ausgezeichnet. Die Stiele verzweigen sich dichotom, wobei aber die Muskeln nicht sich aneinander ansetzen, sondern durch kleine Zwischenräume getrennt sind. *C. Lachmanni* ist eines der häufigsten und charakteristischsten Infusorien im Schmutzwasser; es bildet in demselben am Gras, Reiseru usw. festsitzende, schimmelartig flotterende, 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, Crustaceen und Insektenlarven zusammen. Als Fischnahrung kommen fast allein die großen Bestandteile des tierischen Planktons, vor allem die Crustaceen in Frage. Ein Gewässer, welches reich, ja überreich an Algen und Protozoen, aber arm an Crustaceen ist, taugt schlecht zur Fischzucht.

Rationelle Fischzucht ist nur möglich, wenn der Teichwirt die Zahl der fressenden 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 Crustaceen durch Zufuhr modernder, stickstoffreicher Substanzen (Mist, Jauche usw.) leicht erzielbar ist.

Zur Ausführung von Planktonuntersuchungen ist ein Planktonnetz*) aus seidener Müllergaze erforderlich; zur Not kann an seine Stelle auch ein Sack aus dem billigen Nesseltuch, welcher an einem Ring von 20 cm 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

*) Zu beziehen von E. THUM, Leipzig, Johannesallee 3.

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 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. 64 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.

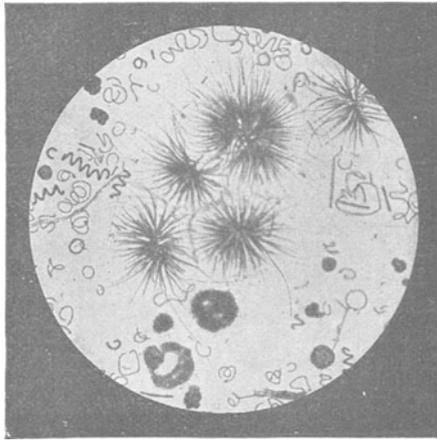


Fig. 461. Pflanzliches Plankton, aus verschiedenen Blau-Algen (*Clathrocystis*, *Gloeotrichia*, *Anabaena*) zusammengesetzt. (Nach WALTER.)

Das fast wertlose pflanzliche (Fig. 461) und Protozoen-Plankton (Fig. 462) ist durch Farbe und Gestalt der Einzelteile ohne weiteres von dem wertvollen aus höhern Tieren gebildeten Plankton (Fig. 463) 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 Crustaceen, dann kommen schichtweise folgend die Rädertiere, Flagellaten und Diatomeen, während die schalen-

losen Algen oben bleiben. Wenn man die zwischen den Individuen befindliche Wassermenge vernachlässigt, kann das Volum der einzelnen Gattungen von Planktonorganismen direkt abgelesen werden.

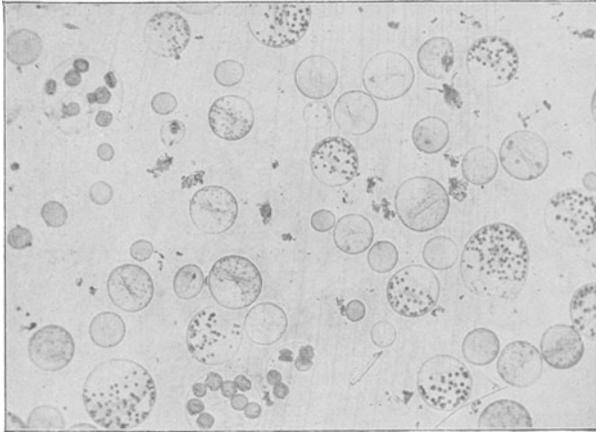


Fig. 462. Protozoen Plankton, aus *Volvox* bestehend. (Nach WALTER.)

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 $314 \text{ qcm} = \text{zirka } \frac{1}{32}$ 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.

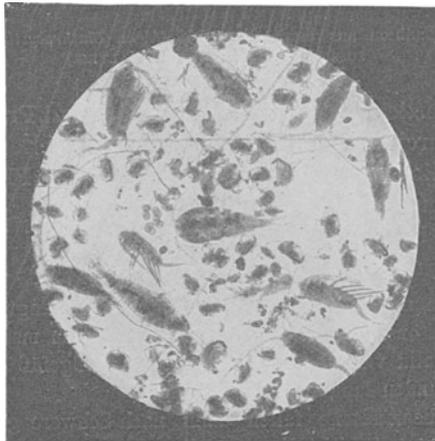


Fig. 463. Crustaceen-Plankton, bestehend aus zwei Arten Hüpferlingen (*Cyclops* und *Diaptomus*) und Rüsselkrebsen (*Bosmina*). (Nach WALTER.)

Für im Juni oder Juli, dem Höhepunkt der Plantonentwicklung, 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.

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.

(Die beige gesetzten Ziffern bedeuten die Seitenzahlen.)

- Abbescher** Beleuchtungsapparat 34.
— Zeichenapparat 49.
Abelmoschus 242.
Aberration, chromatische 11.
— — Prüfung auf 69.
— sphärische 11. 12.
— — Prüfung auf 69.
Abgänge aus weiblichen Geschlechtsorganen 357.
Abweichung, chromatische 11.
— sphärische 11.
Abweichungen des Strahlengangs in Objektiv 11.
Acarus farinae 158.
— plumiger 158.
Acer negundo 217.
Achlya 128. 308.
Actinomyces bovis 353.
Actinophrys sol 421.
Actinosphaerium Eichhornii 422.
Äther als Reagens 87.
Ätzkali 86.
Ätznatron 86.
Agaricus odoratus 126.
Agglutinationsmethode, Gruber-Durham'sche 324.
Agrostemma githago 161.
Ahorn, Runzelschorf des 277.
Akkommodation des Auges 78.
Aktinomykose 352.
Alaun im Mehl 159.
Aleurobius farinae 386.
Aleuron 122.
Alfazellulose 245. 246.
Alpakawolle 375. 376.
Alpinia officinarum 115.
Algen 125. 332.
Alkannin 89.
Alkohol als Reagens 87.
Alkohol-Gärung 331.
Alternaria solani 273.
Althaea officinalis 222.
Amanita bulbosa 259.
— muscaria 126. 259.
— verna 259.
— viridis 259.
Ammon-Magnesia, phosphorsaure 369.
Ammon, saures harnsaureres 369.
Amoeba proteus 420.
Anabaena 429.
— oscillarioides 336.
Analysator 45.
Anchusa arvensis 292.
— officinalis 292.
Anchylostomum duodenale 392.
Andropogon sorghum 167.
Angorawolle 375.
Anopheles 345.
Anthophysa vegetans 422.
Antoniusfeuer 160.
Apertur, numerische 19.
Aplanatisches Objektiv 15.
Apparat, optischer 30.
Apparate, mikrographische 52.
Apochromatobjektive 20.
Arachis hypogaea 164. 188. 194.
Arctostaphylos uva ursi 120.
Argas reflexus 382.
Armillaria mellea 257. 280.
Arnica montana 210.
Arrowroot 168.
— brasilianisches 170. 173.
— Guyana- 172.
— ostindisches 168. 172.
— Queensland- 170. 172.
— westindisches 168. 172.
Arsenikpilz 264.
Ascaris lumbricoides 391.
Ascomyceten 128. 129.
Aspergillus herbariorum 262.
Asperula odorata 228.
Aspidiotus ostreaeformis 412.
— perniciosus 412.
Atropis pulsatorius 387.

- Auchenia lama* 376.
 — *vicuña* 376.
 Aufhellungsmittel, chemische 86.
 — physikalische 85.
 Augenlinse 24.
 Aussatz 313.
 Auswurf, der 354.
- Bacillariaceen** 125.
Bacillus 313.
Bacillus anthracis 313. 322.
 — *botulinus* 313.
 — *caucasicus* 331.
 — *oedematis* 313.
 — *phytophthorus* 267. 273.
 — *spongiosus* 269.
 — *tetani* 313.
Bacterium 313.
 — *aceti* 330.
 — *coli* 323. 324. 325.
 — *Pasteureanum* 330.
 — *pestis* 312.
 — *Pneumoniae* 312.
 — *termo* 312.
 — *typhi* 312. 323. 324. 325.
 — *vermiforme* 332.
- Bakterien 127. 311.
 — als Gärungserreger 330.
 — Reinkulturen 315.
 — Sporenbildung 317.
 — Stoffwechselprodukte der 311.
 — Zooglooen 304.
- Bakterienbrand der Kirschbäume 267.
 Bakterienfäule der Kartoffel 266.
 Bakterienringkrankheit der Kartoffel 273.
 Bakteriologische Untersuchungsmethoden 318.
- Baldrianwurzel als Tabaksparfum 228.
 Bandwürmer 394.
 Barberio-Reaktion 363.
 Basidien 129.
 Basidiomyceten 128. 129.
 Bastard-Chinchilla, Pelzwerk 378.
 Baumwolle 237. 241. 246.
 Baumrinde als Verfälschung 192.
 Becherzellen 135.
Beggiatoa 331.
 — *alba* 307.
 Beinhaut 142.
- Beleuchtungsapparate 34. 35.
 Beleuchtungslinsen 34.
 Beleuchtungsvorrichtungen 32.
Berberis vulgaris 291. 292.
 Bergmannskrankheit 393.
 Bertrand'sche Quarzplatte 48.
 Biber, Pelzwerk 377.
 Bild, Verzerrung des 68.
- Bild, reelles 7.
 — virtuelles 7.
 Bildfläche, Krümmung der 68.
 Bildkonstruktion bei Sammellinsen 6.
 Bildpunkt 8.
 Bindegewebe 136. 137.
 — retikuläres 140.
 Bindesubstanz, faserige 137.
 Binde-substanzen 136.
 Birnbäume, Gitterrost der 293.
 Bisam, Pelzwerk 378.
 Blasenfuß 416.
 Blasenmole 359.
 Blätter 119.
 Blenden, die 33.
 Blumenblätter 121.
 Blut 337.
 — Erkennung eingetrockneten 340.
 Blutflecken, spektroskopische Untersuchung 340.
 Blutkörperchen im Harn 366.
 — rote 338.
 — weiße 339.
 Blutlaus 408.
 Blutnachweis, biologischer 342.
 — mikroskopisch-chemischer 341.
 Blutuntersuchung zum Zweck gesundheitspolizeilicher Maßnahmen 344.
- Boehmeria nivea* 240. 242.
 Bohnen, Fleckenkrankheit der 295.
 Bohne, Stärkekörner der 163.
 Bohnenmehl 163.
Boletus satanas 259.
Bombyx mori 372.
Bosmina 430.
Bothriocephalus latus 397.
Botrytis cinerea 265.
- Brandarten des Getreides, Übersicht 288.
 Brandpilze 128.
 Brandpilzsporen im Mehl 162.
Brassica Besseriana 200.
 — *Napus* 202.
 — *nigra* 200.
 — *oleracea* 202.
- Braunrost 292.
 Brechung der Lichtstrahlen 4.
 Brennpunkt 6.
 Brennweite 6. 10.
 Brennweite, Messung der 70.
 Brewster'sche Lupe 28.
Bromelia 241.
 Brot als Verfälschung 191.
 Brücke'sche Lupe 28.
 Bücherlaus 387.
 Buchweizenmehl 168.
 Buttersäure-Gärung 331.
 Byssus-Seide 373.

- Calendula officinalis* 210.
Calotropis gigantea 242.
Cantharellus aurantiacus 259.
 — *cibarius* 259.
Capsicum annuum 198.
 — *fastigiatum* 198.
 Carobenkaffee 180.
Carchesium Lachmanni 428.
Carthamus tinctorius 210.
Castanea vesca 179.
 Cayennepfeffer 198.
Cecidomyia destructor 417.
 — *tritici* 417.
Ceiba pentandra 238.
 Cellulose-Gärung 331.
Ceratium tetraceras 424.
Ceratonia siliqua 180.
 Cestoden 394.
 Ceylonzimt 230.
Chermes abietis 409.
 Chikan-Khadia 242.
Chilodon cucullus 426.
 — *uncinatus* 426.
 Chinagras 240.
 Chinchilla, Bastard-, Pelzwerk 378.
Chlamydomonas pulvisculus 109. 423.
 Chloralhydrat als Aufhellungsmittel 87.
 Chlorcalciumlösung als Einschlußmasse 83.
 Chlorophyceen 125. 335.
Chlorops taeniopus 417.
Choeromyces gibbosus 250.
 Chlorzink-Jod als Reagens 87.
 Cholera 312.
 Cholera-Vibrio, Nachweis 326.
 Chorion 358.
Chrysanthemum cinerariifolium 211.
 — *roseum* 211.
Cichorium Intybus 176.
 Ciliata 424.
Cladophora glomerata 109.
Cladosporium herbarum 299.
Cladotrix dichotoma 306.
Clathrocystis 429.
Claviceps purpurea 159. 282.
Closterium Leiblinii 335.
Coccidium oviforme 398.
Cocconema Cistula 333.
Cocos nucifera 193.
 Coddington'sche Lupe 28.
Coelastrum sphaericum 335.
Coffea arabica 215.
Coleps hirtus 424.
 Colinsky, Pelzwerk 379.
 Colostrum 369.
 Colostrumkörperchen 139.
Colurus uncinatus 419.
 Conidienformen der Ascomyceten 128.
Coniophora cerebella 258.
Conjugatae 335.
Coprinus radians 257.
Corynebacterium diphtheriae 313. 328.
 — *mallei* 313.
Cosmarium botrytis 335.
Crenothrix 331.
 — *polyspora* 304.
Crocus sativus 210.
Crotalaria juncea 242.
Culex 345.
Curcuma 229.
 — *longa* 229.
 Curschmann'sche Spiralen 355.
 Cuticula 122.
 Cyanophyceen 125. 336.
 Cyclops 430.
 Cylinderlupe 28.
Cystopus candidus 270.
 Dattelkernmehl als Verfälschung 183.
 Dauerpräparate 96.
 Decidua 358.
 Deckgläser 80.
Dematophora necatrix 280.
Demodex folliculorum 383.
Dermanyssus avium 386.
Diaptomus 430.
Diaspis fallax 412.
 Diatomeen 125, 332.
 Differenz, chromatische der sphärischen
 Aberration 20.
Diffugia pyriformis 421.
Dinoflagellata 424.
 Diphtherie 313.
 Diphtheriebazillus, Nachweis 328.
 Dochmiöse 393.
 Dörrobst als Kaffeeverfälschung 183.
Draparnaldia plumosa 335.
 Drüsenepithelien 135.
 Dunkelfeldbeleuchtung 58.
 Dünnschliffe 100
 Duplexfront 17.
 Dürrfleckenkrankheit der Kartoffel 273.
 Eau de Javelle 86.
 Eau de Labarraque 86.
 Eibischblätter als Tabaksurrogat 222.
 Eichelkaffee 179.
 Einfallslot 4.
 Eingeweide-Nematoden 391.
 Einschlußmasse für Präparate 83.
 Einschnürungen, Ranvier'sche 146.
 Eisenbakterien 331.
 Eisenchlorid als Reagens 88.
 Eiter und ähnliche entzündliche Pro-
 dukte 351.

- Eiterkörperchen im Harn 367.
 Eiteruntersuchung, diagnostische 352.
 Elaeis guineensis 182. 193.
 Elettaria Cardamomum 205.
 — major 205.
 Endothelzellen 135.
 Entwässerungsgefäß nach F.E.Schulze 99.
 Ephestia Kühniella 158.
 Epilobium angustifolium 216.
 — hirsutum 216.
 Epinephele Janira 66.
 Epithel, Drüsen- 135.
 — Flimmer- 135.
 — Pflaster- 130.
 — Platten- 130.
 — Zylinder- 130. 134.
 Epithelzellen im Harn 366.
 Epithemia Zebra 333.
 Erbse, Stärkekörner 163.
 Erdnuß 188. 194.
 Erineum 407.
 Erntemilbe 384.
 Erysiphe graminis 278.
 Essig 330.
 Essigsäure als Aufhellungsmittel 87.
 Essigsäure als Reagens 129.
 Eudorina 424.
 Eugenia aromatica 207.
 Euglena viridis 422.
 Euplotes Charon 427.
 — patella 427.
 Exoascus pruni 275.

Fagopyrum esculentum 168.
 — tataricum 168.
 Farbenbild 77.
 Farbstoffe 89.
 Faserknorpel 140.
 Fasern, elastische 137. 356.
 Fäulniserreger 127.
 Febris recurrens 348.
 Feigenkaffee 178.
 Feminell 210.
 Fettgewebe 136. 138.
 Fettkristalle 139.
 Ficus carica 178.
 Fieber, gelbes 313. 348.
 Filzlaus 381.
 Findervorrichtung am Objektisch 38.
 Fischgewässer, Plankton-Untersuchun-
 gen 428.
 Flachs 238. 242. 246.
 Flachs, neuseeländischer 241.
 Fleckenkrankheit der Bohnen 295.
 Fleckenkrankheit des Klees 276.
 Flecktyphus 350.
 Fleischvergiftung 313.

 Fleischwasserpeptongelatine 316.
 Fliegenpilz 126. 258. 259.
 Flimmerepithelien 135.
 Flöhe 380.
 Florence-Reaktion 363.
 Flugbrand des Getreides 286. 288.
 Focaldistanz 6.
 Focus 6.
 Folia uvae ursi 120.
 Fragaria vesca 216.
 Fraxinus excelsior 216.
 Fritfliege 418.
 Fruchtblätter 121.
 Fungi imperfecti 128.
 Fusarium aquaeductuum 309.
 — moschatum 309.
 — pestis 273.
 Fusicladium dendriticum 297.
 — pyrinum 297.
 Fusicladiumkrankheit d. Kernobstes 297.
 Fuß des Mikroskops 35. 36.

Gallertgewebe 139.
 Gambohanf 242.
 Ganglienzellen 145.
 Gärungserreger 127.
 Gärungsvermögen der Pilze 127.
 Gefäßbündel 113.
 Gefäßpflanzen 111.
 Gelbfieber 348.
 Gelbrost 289. 292.
 Gerstenmehl 164.
 Gespinnstfasern, pflanzliche 236.
 — tierische 372.
 Getreide, ausgewachsenes 156.
 — Schober- 156.
 — Schwärze des 299.
 Getreidekaffee 180.
 Getreidekorn, Anatomie des 152.
 Getreidemotte 158.
 Getreiderost 289.
 Getreideroste, die wichtigsten Unter-
 scheidungsmerkmale 292.
 Gewächshaus-Blasenfuß 416.
 Gewebe, Prüfung eines 380.
 Gewinde, Standard- 31.
 Gewürznelken 207.
 Gewürzpulver, Verfälschungen der 191.
 Gichtkrankheit des Weizens 403.
 Ginger-Beer 332.
 Gitterrost der Birnbäume 293.
 Gloeophyllum sepiarium 257.
 Gloeosporium Lindemuthianum 295.
 Gloeotrichia 429.
 — natans 336.
 Glossina palpalis 348.
 Glycyphagus domesticus 386.

Glycyphagus spinipes 386.
 Glycerin 83. 85. 97.
 Glyceringelatine 83. 98.
 Glycerinpräparate 97.
 Gomphonema acuminatum 333.
 Gonium pectorale 423.
 — tetras 423.
 Gonokokken 354.
 — Nachweis im Tripper-Eiter 320.
 Gonorrhöe 313. 354.
 Gregarinen 398.
 Grenachers Karmín 90.
 Grubenwurm 392.
 Grünauge 417.
 Gymnosporangium sabinae 293.
 Gyromitra 259.

Haarbalgmilbe 383.
 Haare der Pflanzen 121.
 — tierische 132. 133. 374.
 Haematoxylin 89.
 Haeminkristalle 341.
 Haemoglobin 338.
 Haferbrand, gedeckter 288.
 Hafermehl 165.
 Halfazellulose 245. 246.
 Hallimasch 257.
 Halmfliege 417.
 Hamster, Pelzwerk 379.
 Hanf 239. 242. 246.
 Harn 364.
 Harnsäure 368.
 Harnsediment, nicht organisierte Bestandteile 368.
 — organisierte Bestandteile 365.
 Harnstoff 369.
 Harnzylinder 367. 368.
 Hartbrand der Gerste 288.
 Hauptebenen 10.
 Hauptpunkte 10.
 Hausmilben 386.
 Hausschwamm-Untersuchungen 251.
 Hefepilze 128. 301.
 Herzfehlerzellen 356.
 Hessenfliege 417.
 Heterodera Schachtii 404.
 Heufieber 248.
 Hexenmehl 247.
 Hibiscus cannabinus 242.
 Hipparchia Janira 66.
 Hippursäure 368.
 Hirsemehl 167.
 Hollundermark 92.
 Holzessig als Einschlußmasse 83.
 Holzkassie 230.
 Holzlaus 387.
 Holzschliff 243. 246.

Honigtau 282.
 Huflattichblätter als Tabaksurrogat 225.
 Hundebandwurm 396.
 Hundefloh 381.
 Huyghens Okular 23.

Ilex amara 218.
 — dumosa 219.
 — paraguayensis 219.
 — pseudothea 219.
 Immersion, homogene 17.
 Immersionsobjektive 16.
 Immersionssysteme für Glycerin 17.
 — für Mohnöl 17.
 Infektionskrankheiten 312.
 Infusorien 420.
 Ingwer 228.
 Ingwerbier 332.
 Insekten als Parasiten 380.
 Insektenpulver 211.
 Iris florentina 227.
 — germanica 227.
 — pallens 227.
 Iriszylinderblende 33.

Jod-Jodkalium 87.
 Johannisbrot 180.
 Juniperus Sabina 294.
 Jute 240. 242. 246.

Kaffee 173.
 — Surrogate des 175.
 Kaffeesatz 185.
 Kakao 185.
 — Untersuchung des 186.
 Kakaopulver, Verfälschungen des 186.
 Kalihydrat als Aufhellungsmittel 86. 129.
 Kalilauge als Aufhellungsmittel 86. 129.
 Kalkerde, oxalsäure, im Harn 369.
 Kanadabalsam 83. 85.
 Kanadabalsampräparate 99.
 Kaninchenfell, Pelzwerk 379.
 Kapok 238. 241.
 Karbolfuchsin 90. 318.
 Kardamomen 205.
 Karmin nach Grenacher 90.
 Karoà 241.
 Käsemilbe 386.
 Kartoffel, Bakterienfäule der 266.
 Kartoffelgelatine 323.
 Kartoffelkrankheit 271.
 Kartoffelkrankheiten, Übersicht 273.
 Kartoffelkraut als Tabak-Verfälschung 228.
 Kartoffelstärke 148.
 Kastanienkaffee 179.
 Kefir 331.

- Kernobst, Schorfkrankheit des 297.
 Kirschbäume, Bakterienbrand der 267.
 Kirschblätter als Tabaksurrogat 225.
 Kleberzellen 122.
 Klee, Fleckenkrankheit 276.
 Kleiderlaus 382.
 Kleie als Verfälschung 192.
 Kleienbestandteile des Mehls 151.
 Knochengewebe 136. 141.
 Knochenkörperchen 142.
 Knochensubstanz, schwammige 142.
 — spongiöse 142.
 Knollenblätterpilz 258. 259.
 Knorpel, bindegewebiger 140.
 — elastischer 140.
 — hyaliner 140.
 — permanenter 141.
 — transitorischer 141.
 Knochengewebe 136. 140.
 Kochsalzlösung, physiologische 129.
 Kohlenoxydvergiftung 341.
 Kohlhernie 269.
 Kolanuß 188.
 Kolibakterium, Nachweis 325.
 Kollektiv 24.
 Kommaschildlaus 412.
 Kompensationsokulare 21. 26.
 Konstruktion, theoretische v. Strahlen-
 gang und Bild in Sammellinsen 5.
 Kopflaus 382.
 Kornmotte 158.
 Kornrade 161.
 Korrekationsfassungen 23. 32.
 Kraft, definierende d. Mikroskops 65.
 — penetrierende d. Mikroskops 65.
 — zymotische, der Pilze 127.
 Krätzmilbe 383.
 Kräuselkrankheit der Kartoffel 273.
 Krebs 313.
 Kriebelkrankheit 160.
 Kristalle, Charcot-Leyden'sche 357.
 Kronenrost 289. 292.
 Kumys 331.
 Kunstseide 241, 373.
 Kupferoxyd-Ammoniak 87.
 Kupfersulfat als Reagens 88.
 Kupfersulfat im Mehl 159.

 Lack zum Abschluß der Präparate 84.
 Lactaria torminosa 258.
 Laubmoose 124.
 Laus 382.
 Leguminosen, Welkekrankheit der 300.
 Leguminosenkaffee 180.
 Leguminosenmehl 163.
 Leinkuchen als Verfälschung 194.

 Leitorganismen der Wasserverschmutzung
 310.
 Lentinus squamosus 258.
 Lepadella ovalis 420.
 Leptomitius 128.
 — lacteus 308.
 Leptus autumnalis 384.
 Liatris odoratissima 225.
 Lichtstrahlen, Brechung der 4.
 Linum usitatissimum 238. 242.
 Linse, Stärkekörner 163.
 — achromatische 12.
 — der besten Form 14.
 — Öffnungswinkel 13.
 Linsen, die 3.
 — Reinigung der 73.
 — Zentrierung der 21.
 Linsensystem, überverbessertes 12.
 — unterverbessertes 12.
 Lithospermum officinale 215.
 Luchs als Pelzwerk 378.
 Luftblasen als Objekte 93.
 Lupe, die 26.
 — Brewster'sche 28.
 — Brücke'sche 28.
 — Coddington'sche 28.
 — Zylinder- 28.
 — Stativ- 29.
 — Strahlengang bei 8.
 Lupinen als Kaffeesurrogat 181.
 Lymphe und Blut 337.
 Lycopodium 247.
 — clavatum 247.

 Macis 202. 204.
 Madenwurm 391.
 Maisbrand 287.
 Maismehl 166.
 Malaria 313. 345.
 Malzkaffee 180.
 Mandel-Presskuchen als Verfälschung 194.
 Manihot utilissima 149. 170.
 Manilahanf 241.
 Mastigophora 422.
 Mate 218.
 — Surrogate und Verfälschungen 219.
 Maul- und Klauenseuche 313.
 Mauritushanf 241.
 Mazerationsgemisch, Schultze'sches 88.
 Mehl 147.
 — als Verfälschung 191.
 — dumpfiges 157.
 — milbiges 157.
 — Nachweis fremder Bestandteile im 159.
 — verdorbenes 156.
 — vermottetes 158.
 Mehlmilbe 158. 386.

- Mehlmischungen, Nachweis von 151.
 Mehlsorten, Übersicht 171.
 Mehltau, echter des Weinstocks 279.
 — falscher des Weinstocks 274.
 — des Getreides 278.
 Mehlzünsler 158.
 Melasmia acerinum 277.
 Melilotus altissimus 227.
 — officinalis 227.
 Melosira varians 334.
 Menschenblut 339.
 Menschenfloh 381.
 Meridion circulare 333.
 Merismopoedia glauca 336.
 Merulius domesticus 254.
 — lacrymans 253.
 — silvester 254.
 Methylenblau 90.
 Micrococcus 313.
 — gonococcus 313.
 — ureae 368.
 Microspira 313.
 — Comma 312.
 Miescher'sche Schläuche 400.
 Mikrometer 51.
 Mikrometereinstellung 39.
 Mikrometerschraube 32.
 — neue 40.
 Mikrophotographie mit ultraviolettem
 Licht 56.
 Mikrophotographische Apparate 52.
 Mikroskop, das 1.
 — Ankauf des 60.
 — Aufstellung des 74.
 — Behandlung des 72.
 — einfaches 26. 29.
 — Gebrauch des 74.
 — mechanische Einrichtung des 30.
 — Polarisations- 42.
 — Prüfung des 60. 65.
 — Strahlengang im 41.
 — Teile des 30.
 — Theorie des 3.
 — Trichinen- 65.
 — zusammengesetztes 8.
 — — Strahlengang 8.
 Mikroskopformen, empfehlenswerte 61.
 Mikroskopierlampe 52.
 Mikroskopische Bilder, Betrachtung
 von 76.
 Mikroskopkasten 51.
 Mikroskopspiegel 32.
 Mikrotome 82. 130.
 Milben als Parasiten 382.
 Milch 369.
 Milchsäure-Gärung 331.
 Milchkügelchen 139.
 Milzbrand 313.
 Milzbrandbazillen, Nachweis 321.
 Mineralbestandteile als Verfälschung 185.
 — im Mehl 159.
 Mohairwolle 375.
 Molekularbewegung 94.
 Monilia cinerea 297.
 — fructigena 297.
 Moniliakrankheit der Obstbäume 296.
 Moose 124.
 Morchel-Arten 251. 258. 260.
 Morchella 259.
 Morchelvergiftung 259.
 Morus alba 217.
 Mouches volantes 79.
 Mückensehen 79.
 Mucor mucedo 261.
 — racemosus 261.
 — stolonifer 262.
 Müller'sche Flüssigkeit 129.
 Murreltier, sibirisches, Pelzwerk 379.
 Muskatblüte 204.
 Muskatnuß 202.
 — Bombay- 204.
 Muskelgewebe 143.
 Muskulatur, glatte 143. 144.
 — quergestreifte 143. 144.
 Mutterkorn 282.
 — im Mehl 159.
 Mycobacterium leprae 313.
 — tuberculosis 313.
 Myristica fragrans 202.
 — malabarica 204.
 Mytilaspis conchaeformis 412.
 Myxosporidien 398.
 Nägel 132.
 Nährgelatine 316.
 Natron, saures harnsaures 369.
 Natronhydrat als Aufhellungsmittel 86.
 129.
 Natronlauge als Aufhellungsmittel 86.
 129.
 Navicula stauoptera 333.
 Nebenapparate 49.
 Nelkenpfeffer 196.
 Nelkenstiele 197. 210.
 Nematoden der Eingeweide 391.
 Nematodenkrankheit d. Zuckerrübe 404.
 Nervenfasern 145.
 Nervengewebe 145.
 Nerz, Pelzwerk 378.
 Nessel 242.
 Nesselblätter als Tabaksurrogat 225.
 Netzknorpel, elastischer 140.
 Neuseeländischer Flachs 241.
 Nicol'sches Prisma 45.

- Nicotiana rustica* 219.
 — *tabacum* 219.
Nitzschia acicularis 333.
 — *linearis* 333.
Nostoc sphaericum 336.
 Nußschalen als Verfälschung 192.
 Nutria, Pelzwerk 377.
 Nutzhölzer, anatomische Unterscheidung 232.
- Oberflächenepithel** 130.
 Oberhäuser'scher Zeichenapparat 49.
 Objekt, Einstellung des 74.
 Objekte, anorganische 105.
 — anorganische organisierte 105.
 — aus dem Pflanzenreich 111. 147.
 — aus dem Protistenreich 108.
 — aus dem Tierreich 129. 337.
 — Einteilung der 105.
 — mikroskopische 103.
 — mikroskopische von niederen Tieren 380.
 — organische 107.
 — praktisch wichtige auf mikroskopische Weise zu untersuchende 147.
 — praktisch wichtige von niederen (Zellen-) Pflanzen 249.
 — vom menschlichen Körper 337.
 — vom tierischen Körper stammende 369.
 — von Blättern stammende 214.
 — von Blüten stammende 207.
 — von höheren Pflanzen 111.
 — von niederen Pflanzen 123.
 — von Samen und Früchten stammende 147.
 — von Stammorganen herrührende 228.
 — zufällig in Präparaten erscheinende 247.
- Objektiv** 8. 9.
 — Achromat- 20.
 — das aplanatische 15.
 — Immersions- 16.
 — und Deckglas 22.
Objektive, Fassung der 31.
 — Fehler der 11.
 — Korrekptions- 23. 32.
 — praktisch wichtige Abweichungen des Strahlengangs 11.
 — Strahlengang u. Bildkonstruktion 9.
Objektivzange 32.
Objektmikrometer 51.
Objekttisch 35. 37.
 — beweglicher 37.
 — drehbarer 37.
Objektträger 80.
Obstbäume, Moniliakrankheit der 296.
- Obstschildlaus, rote** 412.
Oedem, malignes 313.
Oidium lactis 265.
 — *Tuckeri* 279.
Okular, das 8. 23.
 — nach Huyghens 23.
 — nach Ramsden 26.
Okulare, aplanatische 25.
 — bildaufrichtende 26.
 — Fassung der 32.
 — Kompensations- 21. 26.
 — orthoskopische 25.
 — periskopische 25.
 — Projektions- 26.
 — stereoskopische 26.
Okularmikrometer 51.
Olivenkerne als Verfälschung 193.
Oomyeten 128.
Oospora lactis 265.
 — *scabies* 273.
Opossum, Pelzwerk 377.
 — australisches, Pelzwerk 378.
Optische Achse 6.
Oscillatoria Froelichii 336.
Oscinis Frit 418.
Oxyuris vermicularis. 391 393.
- Padang** 241.
Palmkernmehl als Verfälschung 182. 193.
Pandanus utilis 241.
Panicum miliaceum 167.
Papier, Untersuchung von 243.
Paprika 198.
 — als Verfälschung 191.
Paraguay-Tee 218.
 — Surrogate und Verfälschungen 219.
Paramaecium bursaria 425.
Parasiten 312.
 — tierische des Menschen 380.
Parasitismus 127.
Parenchym 112.
Parthenothrips dracaenae 416.
Pediculus capitis 382.
 — *vestimenti* 382.
Peitschenwurm 392.
Pelzwerk, Untersuchung 376.
Penicillium brevicaula 264.
 — *crustaceum* 126. 263.
Periostr 142.
Peronospora viticola 274.
Peronosporreen 128.
Pest 312. 349.
Pflanzen, höhere 147.
Pflanzenkrankheiten, durch Tiere hervorgerufen 401.
Pflanzenreich, Objekte aus dem 111. 147.
Pflasterepithel 130.

- Pflaumen, Taschenkrankheit 275.
 Pflaumenmilbe 386.
 Pfeffer 189.
 — spanischer 198.
 Pfefferpulver, Verfälschungen des 191.
 Pfefferspindeln als Verfälschung 191.
 Phaeophyceen 125.
 Phloroglucin-Salzsäure als Reagens 88.
 Phthirus pubis 381.
 Phylloxera vastatrix 409.
 Phytelephas macrocarpa 182.
 Phytophthora infestans 271. 273.
 Phytophthorakrankheit der Kartoffel 271.
 Phytoptus vitis 406.
 Pimentzellen 132.
 Pilze 126.
 — höhere 249.
 Pilzkrankheiten, die wichtigsten der
 Kulturgewächse 265.
 Pilzreste, Bestimmung bei Vergiftun-
 gen 258.
 Piment 196.
 Pimenta officinalis 196.
 Pimentpulver, Verfälschungen des 197.
 Pinselschimmel 126.
 Piper nigrum 189.
 Pita 241.
 Plankton-Untersuchungen 428.
 Plantago lanceolata 224.
 — major 223.
 — media 223.
 Plasma 108.
 Plasmodiophora brassicae 269.
 Plasmodium malariae 345.
 Plasmopara viticola 274.
 Platanenhaare 248.
 Platanenschnupfen 248.
 Platanus orientalis 248.
 Plattenepithel 130.
 Pleurosigma angulatum 66. 106.
 Pneumonie 312.
 Pocken 313.
 Polarisation, Zirkular- 47.
 Polarisationsmikroskop 42.
 Polarisator 45.
 Pollenkörner 247.
 Polypodium vulgare 109.
 Polyporus destructor 257.
 — medulla panis 255.
 — vaporarius 256.
 Präparate, Betrachtung der 93.
 — Chemikalien zur Herstellung 80.
 — Dauer- 96.
 — Einschlußmassen für 83.
 — Glycerin- 97.
 — Herstellung der 80.
 — Instrumente zur Herstellung der 81.
 Präparate, Kanadabalsam- 99.
 — Schliff- 100.
 — Untersuchungs- 91.
 — Utensilien zur Herstellung 80.
 — von wasserhaltigen Objekten 91.
 Präpariermikroskop 29.
 Presshefe 302.
 Primordialschlauch 108.
 Prismenführung d. Tubus 39.
 Probeobjekte 65.
 Projektionsokulare 26.
 Prorodon teres 425.
 Prosenchym 111.
 Protistenreich, Objekte aus dem 108.
 Protoplasma 108.
 Prunus avium 216. 225.
 — cerasus 225.
 — spinosa 216.
 Pseudopeziza trifolii 276.
 Puccinia coronata 289. 292.
 — dispersa 289. 292.
 — glumarum 289. 292.
 — graminis 289. 292.
 — simplex 289. 292.
 — triticea 289. 292.
 — Symphyti Bromorum 293.
 Puder 166.
 Pulex canis 381.
 — irritans 381.
 Putztücher, Fasern der 247.
 Pythium 309.
 Quercus 179.
 — pedunculata 217.
 Radekrankheit des Weizens 403.
 Rädertierchen 418.
 Rainey'sche Körperchen 400.
 Ramié 240. 242.
 Ramsden, Okular 26.
 Ranvier'sche Einschnürungen 146.
 Rapskuchen als Verfälschung 194.
 Rasiermesser 81.
 Reagenzien 84.
 Reben, Wurzelpilz der 280
 Reblaus 409.
 Reinkulturen von Bakterien 315.
 Reismehl 166.
 Revolver 31. 32.
 —-Objektivträger 31.
 Reizker 258. 260.
 Rhai-bhendä 242.
 Rhamnus cathartica 292.
 Rhizoma Galangae 115.
 Rhizopogon vires 251.
 Rhodophyceen 125.
 Rhoicosphenia curvata 333.

- Rhytisma acerinum* 277.
 Riffzellen 132.
 Rinderbandwurm 396.
Roestelia 293.
 Roggen, Stockkrankheit 401.
 Roggenmehl 150. 155.
 Roggenstengelbrand 289.
Rosa centifolia 226.
 Rosenblätter als Teeverfälschung 216.
 — als Tabakparfüm 226.
 Rost des Getreides 289.
 — weißer der Cruciferen 270.
 Rostpilze 128.
Rotatoria 418.
Rotifer vulgaris 419.
 Rotz 313.
 Rübenwurzeln als Kaffeesurrogat 177.
 Rückfallfieber 312. 348.
 Runzelschorf des Ahorns 277.
Russula emetica 126. 259.

Saccharomyces albicans 303.
 — *cerevisiae* 301.
 — *ellipsoideus* 301.
Saccharomyceten 128. 301.
 Safran 210.
 Sägespäne als Verfälschung 184. 192.
 Sago 149. 170.
 Sakka-Kaffee 175.
Salix alba 216.
 Samen der Pflanzen 122.
 Samenflüssigkeit, Untersuchung 361.
 Sammellinsen 4.
 — Bildkonstruktion bei 6.
 — Strahlengang in 5.
 San José-Schildlaus 412.
Saprolegnia 128. 308.
 Saprophyten 312.
 Saprophytismus 127.
Sarcina 313.
 — *ureae* 368.
Sarcocystis Miescheriana 400.
 — *tenella* 400.
Sarcodina 420.
Sarcoptes scabiei 383.
 Sareptasenf 200.
 Sarsaparille 114.
 Säule d. Mikrokops 35. 36.
Scenedesmus quadricauda 335.
 Schafwolle 374.
 Scheide, Schwann'sche 146.
 Schildläuse 412.
 Schimmelpilze 128.
 — die gewöhnlichsten 260.
Schizomyceten 127.
Schizoneura lanigera 408.
 Schlafkrankheit 347.
 Schleimflocken im Harn 368.
 Schleimgewebe 139.
 Schleimzellen, Malpighi'sche 132.
 Schließzellen der Spaltöffnungen 120.
 Schliffpräparate, Anfertigung 100.
 Schlittenvorrichtung für Objektive 32.
 Schokolade 185.
 — Untersuchung der 187.
 — Verfälschungen der 187.
 Schorf der Kartoffeln 273.
 Schorfkrankheit des Kernobstes 297.
 Schutzleisten 81.
 Schwarzbeinigkeit d. Kartoffel 266. 273.
 Schwarzbrand der Gerste 288.
 Schwärze des Getreides 299.
 Schwarzrost 289. 292.
 Schultze'sches Mazerationsgemisch 88.
 Schupp, Pelzwerk 379.
 Schwann'sche Scheide 146.
 Schwefelbakterien 331.
 Schwefelsäure als Reagens 88.
 Schweinebandwurm 396.
Scleroderma vulgare 250. 259. 260.
 Sealskin, Pelzwerk 377.
 Seefuchs, Pelzwerk 378.
 Sehweite 27.
 Schwinkel 27.
 Seide 372.
 Selbstreinigung der Flüsse 310.
 Senf 199.
 — schwarzer 200.
 — weißer 200.
 Serumdiagnose der Cholera 328.
 — der Typhusbazillen 325.
Setaria italica 167.
Sida retusa 242.
 Silk-Cotton 241.
Sinapis alba 200.
 Sisalhanf 241.
 Sklerenchymfasern 113.
Smilax medica 114.
Solanum tuberosum 228.
 Sonnenblumensamen als Verfälschung 196.
 Soorpilz 303.
Sorbus aucuparia 217.
 Spaltöffnungen 120.
 Spaltpilze 127.
 Speiteufel 126.
 Spektrum, sekundäres 12. 20.
 Sperma, Untersuchung von 361.
 — im Harn 368.
 Spermaflecken, Untersuchung 362.
 Spermatozoën 361.
Sphacelia segetum 282.
Sphaerotilus fluitans 307.
 — *natans* 307.

- Sphagnum acutifolium* 124.
 Spinne, rote 405.
 Spinnmilbe 405.
Spiraea ulmaria 217.
 Spiralen, Curschmann'sche 355.
Spirillum 313.
Spirochaete 313.
 — *Obermeyeri* 312. 348.
 — *pallida* 55. 59. 312. 330. 348.
 — *refringens* 348.
Spirogyra tenuissima 335.
Spirulina Jenneri 336.
 Sporenbildung der Bakterien 317.
 Sporozoën 398.
 Spulwurm 391.
 Sputum-Untersuchung 138. 356.
 Stachelzellen 132.
 Stammorgane 116.
 — normale 116.
 — metamorphosierte 118.
 Standard-Gewinde 31.
 Stärke 147.
 — Bananen- 171.
 — Bataten- 173.
 — Bohnen- 172.
 — Buchweizen- 173.
 — Eichel- 172.
 — Erbsen- 172.
 — Gersten- 172.
 — Hafer- 173.
 — Hirsen- 173.
 — Kartoffel- 172.
 — Kastanien- 172.
 — Mais- 173.
 — Palmen- 171.
 — Reis- 173.
 — Roggen- 172.
 — Roßkastanien- 172.
 — Saubohnen- 172.
 — Weizen- 172.
 Stärkekorn, das 147.
 Stärkesorten, Übersicht 171.
 Stativ, das 35.
 Stativlupe 29.
 Staubblätter 121.
 Staubbrand des Getreides 286.
 Staublaus 387.
Stauroneis phoenicenteron 333.
 Steckmuschelseide 373.
Stegomyia fasciata 349.
 Steinbrand des Weizens 284. 288.
 Steinkleeblüten als Tabaksparfüm 227.
 Steinnußmehl 164.
 — als Verfälschung 182.
 Stengelfäule der Kartoffel 273.
Stenothrips cerealium 416.
 Sterilisation 312.
Stigeoclonium tenue 335.
Stipa tenacissima 245.
Stipites caryophyllorum 210.
 Stockkrankheit des Roggens 401.
 Stomata 120.
 Strahlengang bei Lupe und zusammengesetztem Mikroskop 8.
 Strahlengang im Mikroskop 41.
 — in Sammellinsen 5.
 Strahlenpilz 352.
 Streichriemen 81.
Streptococcus 313.
 Streptotrichaceen 128.
 Strohzellulose 245. 246.
 Strukturbild 77.
Stylonychia mytilus 426.
 Sublimat als Einschlußmasse 83.
 Sudan-Glycerin 89.
 Sumpfgas-Gärung 331.
 Sunn 242.
Surirella gemma 67.
 — *splendida* 333.
Synedra Ulna 333.
Synura uvella 424.
 Syphilis 312. 348.
 — -*Spirochaeten*, Nachweis 330.
Tabak 219.
 — die erlaubten Surrogate und Parfüms 221.
 — die häufigsten Verfälschungen 228.
Tabellaria fenestrata 333.
Taenia echinococcus 396.
 — *saginata* 396.
 — *solium* 394. 395. 396.
 Tannenlaus, grüne 409.
 Tapioka 149. 170.
Taraxacum officinale 177.
 Taschenkrankheit der Pflaumen 275.
 Taubenzecke 382.
 Täubling 126. 258. 260.
 Tee 214.
 Tee-Verfälschungen 215.
 Teichmann'sche Kristalle 341.
 Telodendrien 146.
 Testobjekte 65.
Tetranychus telarius 405.
Tetraspora explanata 335.
 Textilfasern, Übersichtstabelle der wichtigsten 241.
Thamnidium elegans 262.
Thea chinensis 214.
Theobroma Cacao 185.
 Theorie des Mikroskops 3.
Thrips cerealium 416.
 — *dracaenae* 416.
 Tierblut 339.

- Tierreich, Objekte aus dem 129. 337.
Tilletia caries 162.
 — *laevis* 162. 284. 288.
 — *tritici* 162. 284. 288.
Tinea hordei 158.
 — *granella* 158.
 Torfmoos 124.
 Traubenkerne als Kaffeeverfälschung 184.
Trichina spiralis 387.
 Trichine 387.
 Trichinenmikroskop 65.
Trichocephalus dispar 392. 393.
Trichomonas vaginalis 357.
 Triebwerk des Tubus 39.
 Trippereiter 354. .
 — Nachweis der Gonokokken 320.
 Tripperfäden 368.
 Trockenpräparate, Anfertigung 90.
Troctes divinatorius 387.
Trombidium holosericeum 384.
 Trüffeln und ihre Verfälschungen 249.
Trypanosoma 347.
Tuber aestivum 250.
 — *brumale* 249.
 — *melanosporum* 249.
 — *mesentericum* 250.
 Tuberkelbazillen, Nachweis 318.
 Tuberkulose 313.
 Tubus 31. 35. 38.
 Tubusträger 38.
 Tup-Khadia 242.
 Tusche als Reagens 89.
 Tussa-Seide 372. 373.
Tussilago farfara 225.
Tylenchus devastatrix 401.
 — *scandens* 403.
Typhus abdominalis 312. 350.
 — *exanthematicus* 350.
 Typhusbakterium, Nachweis 323.
 Typhusdiagnostikum, Ficker'sches 351.
Tyroglyphus siro 386.

Ulothrix zonata 335.
 Ultra-Mikroskop 56.
Uncinula Tuckeri 279.
 Unterscheidung, mikroskopische, der
 einheimischen Nutzhölzer 232.
 — — der pflanzlichen Gespinnstfasern 236.
 Untersuchungsmethoden, bakteriologi-
 sche 318.
 Untersuchungspräparate 91.
 Uredineen 128.
Urena sinuata 242.
 Urin 364.
Urocystis occulta 162. 163. 289.
Urtica dioica 225. 242.
 — *urens* 225.

 Urtiere 420.
 Ustilagineen 128.
Ustilago avenae 286. 288.
 — *carbo* 286.
 — *hordei* 162. 163. 286. 288.
 — *Jensenii* 287. 288.
 — *laevis* 287. 288.
 — *maydis* 287.
 — *tritici* 286.

Vaccinium Myrtillus 217.
 Vakuolen 108.
Valeriana officinalis 228.
 Vanille 206.
 Vanillewurzelpulver als Tabakparfüm 225.
 Veilchenwurzelpulver 171.
 — als Tabakparfüm 227.
 Verkleinerungsgläser 4.
 Vergrößerung, Messung der 70.
 Vergrößerungsgläser 4.
 Verunreinigungsgrade des Wassers 310.
 Verzerrung des Bildes 68.
Vicunna 375. 376.
 Vogelmilbe 386.
 Volvox 424. 430.
Vorticella microstoma 428.

Waldmeisterkraut als Tabakparfüm 228.
 Wasserpilze, die wichtigsten 304.
 Wasserverschmutzungsstadien, Über-
 sicht der 310.
 Wechselfieber 345.
 Wegerichblätter als Tabaksurrogat 223.
 Weichselblätter als Tabaksurrogat 225.
 Weinblattmilben 406.
 Weinstockpilz 280.
 Weizen, Gichtkrankheit 403.
 — Radekrankheit 403.
 — Steinbrand 284. 288.
 Weizengallmücke 417.
 Weizenmehl 150. 155.
 Weizenmücke, gelbe 417.
 Weizenrost 289. 292.
 Welkekrankheit der Leguminosen 300.
 Wolf, Pelzwerk 379.
 Wolle 374.
 Wundstarrkrampf 313.
 Würmer als Parasiten 387.
 Wurzeln 112.
 Wurzelpilz der Reben 280.

Yercum-Fibre 242.

Zahngewebe 136. 143.
 Zeichenapparate 49.
 — nach Abbe 49.

- Zeichenapparat nach Oberhäuser 49.
— nach Seibert 50.
Zeichenokular nach Leitz 49.
Zelle, die 107.
Zellen, Endothel- 135.
— Pigment- 132.
— Riff- 132.
— Stachel- 132.
Zellenpflanzen 111.
— Objekte von 123.
Zellkern 108.
Zellsaft 108.
Zellulose 244. 246.
— -Seide 241.
Zentrierung der Linsen 21.
Zerstreuungslinsen 4.
Zichorienkaffee 176.
Ziehl's Karbolfuchsin 90.
Zimt 230.
Zingiber officinale 228.
Zirkularpolarisation 47.
Zobel, Pelzwerk 377.
Zoogloea ramigera 304.
Zuckeragar 324.
Zuckerrübe, Nematodenkrankheit 404.
Zwergrost 289. 292.
Zygnema stellinum 335.
Zygomyceten 128.
Zylinderblende 33.
Zylinderepithel 130. -134.

Verlag von Julius Springer in Berlin.

Mikroskopische Untersuchungen

vorgeschrieben vom
Deutschen Arzneibuch.

Leitfaden für das mikroskopisch-pharmakognostische Praktikum an Hochschulen
und für den Selbstunterricht.

Von **Dr. Carl Mez**,

a. o. Professor der Botanik an der Universität Halle.

Mit 113 vom Verfasser gezeichneten, in den Text gedruckten Figuren.

Preis M. 5,—; in Leinwand gebunden M. 6,—.

Mikroskopische Wasseranalyse.

Anleitung zur Untersuchung des Wassers
mit besonderer Berücksichtigung von Trink- und Abwasser.

Von **Dr. Carl Mez**,

a. o. Professor an der Universität Halle.

Mit 8 lithographischen Tafeln und in den Text gedruckten Abbildungen.

Preis M. 20,—; in Leinwand gebunden M. 21,60.

Die Verunreinigung der Gewässer,

deren schädliche Folgen sowie die Reinigung von Trink- und Schmutzwasser.

Mit dem Ehrenpreis Sr. Majestät König Alberts von Sachsen gekrönte Arbeit

von **Dr. J. König**,

Geh. Reg.-Rat, o. Prof. an der Kgl. Akademie und Vorsteher der agricult.-chem. Versuchsstation
in Münster i. W.

Zweite, vollständig umgearbeitete und vermehrte Auflage.

Zwei Bände.

Mit 156 Textfiguren und 7 lithogr. Tafeln. — Preis M. 26,—; in zwei Leinwandbände geb. M. 28,40.

Das Wasser,

seine Verwendung, Reinigung und Beurteilung,

mit besonderer Berücksichtigung der gewerblichen Abwässer und der Flußverunreinigung.

Von **Dr. Ferdinand Fischer**,

Professor an der Universität Göttingen.

Dritte, umgearbeitete Auflage.

Mit in den Text gedruckten Abbildungen. — In Leinwand gebunden Preis M. 12,—.

Die Untersuchung des Wassers.

Ein Leitfaden zum Gebrauch im Laboratorium für Ärzte, Apotheker u. Studierende

von **Dr. W. Ohlmüller**,

Regierungsrat und Mitglied des Kaiserlichen Gesundheitsamtes.

Zweite, durchgesehene Auflage.

Mit 75 Textabbildungen und einer Lichtdrucktafel. — In Leinwand gebunden Preis M. 5,—.

Prozentige Zusammensetzung

und

Nährgehalt der menschlichen Nahrungsmittel

nebst Ausnutzungsgröße derselben und Kostaätzen.

Graphisch dargestellt von

Dr. J. König,

Geh. Reg.-Rat, o. Prof. a. d. Universität und Vorstand d. landw. Versuchsstation Münster i. W.

Eine Tafel in Farbendruck nebst 8 Seiten erläuterndem Text in Umschlag.

Neunte, verbesserte Auflage.

Preis M. 1,20.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

Verlag von Julius Springer in Berlin.

Chemie der menschlichen Nahrungs- und Genußmittel.

Von **Dr. J. König**,

Geh. Reg.-Rat, o. Prof. an der Kgl. Universität und Vorsteher der agric.-chem. Versuchsstation
Münster i. W.

Vierte, verbesserte Auflage. — In drei Bänden.

Erster Band:

Chemische Zusammensetzung der menschlichen Nahrungs- und Genußmittel.

Bearbeitet von **Dr. A. Bömer**,

Privatdozent an der Kgl. Universität und Abteilungsvorsteher der agric.-chem. Versuchsstation Münster i. W.
Mit Textfiguren. — In Halbleder gebunden Preis M. 36,—.

Zweiter Band:

Die menschlichen Nahrungs- und Genußmittel,

ihre Herstellung, Zusammensetzung und Beschaffenheit nebst einem Abriß
über die Ernährungslehre.

Von **Dr. J. König**,

Geh. Reg.-Rat, o. Prof. an der Kgl. Universität und Vorsteher der agric.-chem. Versuchsstation in Münster i. W.
Mit Textfiguren. — In Halbleder gebunden Preis M. 32,—.

Der dritte Band: „Die Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel, Nachweis der Verfälschungen etc.“ befindet sich in Vorbereitung.

Der Nahrungsmittelchemiker als Sachverständiger.

Anleitung zur Begutachtung der Nahrungsmittel, Genußmittel und Gebrauchsgegenstände nach den gesetzlichen Bestimmungen.

Mit praktischen Beispielen.

Von **Prof. Dr. C. A. Neufeld**,

Oberinspektor der Kgl. Untersuchungsanstalt für Nahrungs- und Genußmittel zu München.
Preis M. 10,—; in Leinwand gebunden M. 11,50.

Hilfsbuch für Nahrungsmittelchemiker

zum Gebrauch im Laboratorium, für die Arbeiten der Nahrungsmittelkontrolle der gerichtlichen Chemie und anderer Zweige der öffentlichen Chemie verfaßt von

Dr. A. Bujard und Dr. Ed. Baier.

Zweite umgearbeitete Auflage. Mit in den Text gedruckten Abbildungen.
In Leinwand gebunden Preis M. 10,—.

Mikroskopie der Nahrungs- und Genußmittel

aus dem Pflanzenreiche.

Von **Dr. Josef Moeller**,

ord. Professor und Vorstand des pharmakologischen Instituts der Universität Graz.

Zweite, gänzlich umgearbeitete und unter Mitwirkung **A. L. Wintons** vermehrte Auflage.
Mit 599 Figuren. — Preis M. 18,—; in Leinwand gebunden M. 20,—.

Die Anstalten zur technischen Untersuchung von Nahrungs- und Genußmitteln sowie Gebrauchsgegenständen,

die im Deutschen Reiche bei der Durchführung des Reichsgesetzes vom
14. Mai 1879 und seiner Ergänzungsgesetze von den Verwaltungsbehörden
regelmäßig in Anspruch genommen werden.

Statistische Erhebungen

im Auftrage der Freien Vereinigung Deutscher Nahrungsmittelchemiker
unter Mitwirkung von Geh. Med.-Rat Prof. **Dr. H. Beckurts**-Braunschweig, Direktor **Dr. A. Beythien**-
Dresden, Direktor **Dr. A. Bujard**-Stuttgart, Prof. **Dr. K. Farnsteiner**-Hamburg, Prof. **Dr. J. Mayrhofer**-
Mainz, Prof. **G. Rupp**-Karlsruhe und Direktor Prof. **Dr. R. Sendtner**-München bearbeitet von

Dr. J. König, und **Dr. A. Juckenack**,

Geh. Reg.-Rat, Univ.-Professor und Vorsteher der Versuchsstation Münster i. W. Professor, Vorsteher der staatl. Nahrungsmittel-
Untersuchungsanstalt in Berlin.

Preis M. 6,—.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

Verlag von Julius Springer in Berlin.

**Zeitschrift
für Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel,
sowie der Gebrauchsgegenstände.**

Neue Folge der von A. Hilger † begründeten „Vierteljahresschrift über die Fortschritte auf dem Gebiete der Chemie der Nahrungs- und Genußmittel etc.“ und „Forschungsberichte über Lebensmittel und ihre Beziehungen zur Hygiene etc.“

Organ der Freien Vereinigung Deutscher Nahrungsmittelchemiker

und unter deren Mitwirkung herausgegeben von

Dr. K. v. Buchka, Professor und Geh. Ober- regierungsrat, Vortragender Rat im Reichsschatzamt Berlin.	Dr. J. König, Geh. Regierungsrat, Professor an der Universität, Vorsteher der Versuchsstation Münster i. W.	Dr. A. Bömer, Professor, Privatdozent an der Universität, Abteil.-Vorsteher der Versuchsstation Münster i. W.
---	---	---

Die Zeitschrift erscheint monatlich zweimal in Heften von 64 Seiten. Sie bringt, geleitet und unterstützt von den bedeutendsten Fachgenossen, Originalarbeiten aus dem Gesamtgebiete der Nahrungsmittelchemie, sowie der forensen Chemie, und berichtet über die in anderen Zeitschriften veröffentlichten einschlägigen Arbeiten, über die Fortschritte auf verwandten Gebieten, über die Tätigkeit der Untersuchungsanstalten usw. Auch die bezüglichen gesetzlichen Bestimmungen und Verordnungen finden Aufnahme.

Preis für den Band (Kalender-Halbjahr) M. 20,—.

Als deren Vorgängerin erschien die

Vierteljahresschrift

über die

**Fortschritte auf dem Gebiete der Chemie der Nahrungs- und Genußmittel,
der Gebrauchsgegenstände, sowie der hierher gehörenden Industriezweige,**

die nun seit 1898 mit der „Zeitschrift für Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel“ verschmolzen ist. Die erschienenen 12 Bände (1886—1897) sind zusammen für nur M. 90,— (früherer Preis M. 154,—) erhältlich. Für einzelne Bände bestehen keine ermäßigten Preise.

Vereinbarungen zur einheitlichen Untersuchung und Beurteilung

von

**Nahrungs- und Genußmitteln
sowie Gebrauchsgegenständen für das Deutsche Reich.**

Ein Entwurf, festgestellt nach den Beschlüssen der auf Anregung des

Kaiserlichen Gesundheitsamtes

einberufenen Kommission deutscher Nahrungsmittel-Chemiker.

Heft I. Inhalt: Allgemeine Untersuchungsmethoden — Nachweis und Bestimmung der Konservierungsmittel — Fleisch und Fleischwaren — Wurstwaren — Fleisch-Extrakt und Fleisch-pepton — Eier — Kaviar — Milch und Molkereinebenabfälle — Käse — Speisefette und Öle.
Preis M. 3,—

Heft II. Inhalt: Mehl und Brot — Gewürze — Essig — Zucker und Zuckerwaren — Fruchtsäfte und Gelées einschließlich des Obstkrautes, der Marmeladen, Pasten und Limonaden — Gemüse und Fruchtdauerwaren — Honig — Branntweine und Liköre — Künstliche Süßstoffe — Wasser.
Preis M. 5,—.

Heft III. Mit einem Sachregister zu Heft I—III. Inhalt: Bier — Kaffee — Kaffee-Ersatzstoffe — Tee — Mate oder Paraguay-Tee — Kakao und Schokolade — Tabak — Luft — Gebrauchsgegenstände — Entwurf von Gebührensätzen für Untersuchungen von Nahrungsmitteln und Genußmitteln sowie Gebrauchsgegenständen im Sinne des Nahrungsmittelgesetzes vom 14. Mai 1879 — Alphabetisches Sachregister.
Preis M. 5,—.

Alle drei Hefte in einem Bande gebunden Preis M. 14,50.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

Hagers Handbuch der pharmazeutischen Praxis für Apotheker, Ärzte, Drogisten und Medizinalbeamte. Unter Mitwirkung hervorragender Fachmänner vollständig neu bearbeitet und herausgegeben von **B. Fischer**, Breslau, und **C. Hartwich**, Zürich. Zwei Bände. Mit zahlreichen in den Text gedruckten Holzschnitten. Fünftes, unveränderter Abdruck. Preis je M. 20,—; elegant in Halbleder gebunden je M. 22,50. Auch in 20 Lieferungen zum Preise von je M. 2,— zu beziehen.

Neues pharmazeutisches Manual. Herausgegeben von **Eugen Dieterich**. Neunte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit in den Text gedruckten Holzschnitten. In Moleskin gebunden Preis M. 16,—; mit Schreibpapier durchschossen und in Moleskin gebunden M. 18,—. Auch in 14 Lieferungen zum Preise von je M. 1,— zu beziehen.

Lehrbuch der Pharmakognosie. Von **Dr. Ernst Gilg**, Universitäts-Professor und Kustos am Königl. Botanischen Museum zu Berlin. Mit 337 Abbildungen im Text. In Leinwand gebunden Preis M. 7,—.

Pharmakognostischer Atlas. Mikroskopische Darstellung und Beschreibung der in Pulverform gebräuchlichen Drogen. Von **Dr. J. Moeller**. 110 Tafeln in Lichtdruck mit erklärendem Texte. Preis M. 25,—; in Halbleder gebunden M. 28,—.

Grundlagen für den Nachweis von Giftstoffen bei gerichtlich-chemischen Untersuchungen. Für Chemiker, Pharmazeuten und Mediziner bearbeitet von **Dr. Carl Kippenberger**, Professor der Chemie, Direktor des chemischen und toxikologischen Laboratoriums der medizinisch-pharmazeutischen Landeshochschule in Kairo. Mit in den Text gedruckten Figuren. In Leinwand gebunden Preis M. 6,—.

Bakteriologie und Sterilisation im Apothekenbetrieb. Unter Mitwirkung von Dr. med. H. Vörner herausgegeben von **Dr. C. Stich**, Oberapotheker am Städt. Krankenhaus in Leipzig. Mit 29 Textfiguren und 2 lithogr. Tafeln. In Leinwand gebunden Preis M. 4,—.

Landolt u. Börnstein. Physikalisch-chemische Tabellen. Dritte umgearbeitete und vermehrte Auflage. Unter Mitwirkung zahlreicher Fachmänner und mit Unterstützung der Kgl. Preußischen Akademie der Wissenschaften herausgegeben von **Dr. R. Börnstein**, Professor der Physik a. d. landwirtsch. Hochschule zu Berlin, und **Dr. W. Meyerhoffer**, Professor, Privatdozent a. d. Universität zu Berlin. — In Moleskin geb. Preis M. 36,—.

Naturkonstanten in alphabetischer Anordnung. Hilfsbuch für chemische und physikalische Rechnungen mit Unterstützung des Internationalen Atomgewichtsausschusses herausgegeben von **Professor Dr. H. Erdmann**, Vorsteher, und **Dr. P. Köthner**, Erster Assistent des Anorganisch-Chemischen Laboratoriums der Königl. Technischen Hochschule zu Berlin. — In Leinwand geb. Preis M. 6,—.

Chemiker-Kalender. Ein Hilfsbuch für Chemiker, Physiker, Mineralogen, Industrielle, Pharmazeuten, Hüttenmänner etc. Von **Dr. Rudolf Biedermann**. Erscheint alljährlich in zwei Teilen.

I. Teil in Leinwandband. — II. Teil (Beilage) geheftet. Preis zus. M. 4,—.

I. Teil in Lederband. — II. Teil (Beilage) geheftet. Preis zus. M. 4,50.

Die beiden Teile werden einzeln nicht abgegeben.

	Seite
milbe 384. — Vogelmilbe 386. — Hausmilben 386. — Würmer 387. — Trichine 387. — Andere Eingeweidennematoden 391. — Spulwurm 391. — Madenwurm 391. — Peitschenwurm 392. — Grubenwurm 392. — Erkennung der Bergmannskrankheit 393. — Bandwürmer 394. — Taenia solium 396. — Taenia saginata 396. — Taenia echinococcus 396. — Bothriocephalus latus 397. — Sporozoen 398.	
b) Beispiele von wichtigen, durch Tiere hervorgerufenen Pflanzenkrankheiten	401
Stockkrankheit des Roggens 401. — Gicht- oder Radekrankheit des Weizens 403. — Nematodenkrankheit der Zuckerrüben 404. — Rote Spinne 405. — Weinblattmilben 406. — Blutlaus 408. — Grüne Tannenlaus 409. — Reblaus 409. — San José-Schildlaus 412. — Blasenfuß 416. — Gelbe Weizenmücke 417. — Weizengallmücke, Hessenfliege 417. — Halmfliege 417. — Fritfliege 418.	
c) Rädertierchen	418
d) Urtiere (Infusorien)	420
Sarcodina 420. — Mastigophora 422. — Ciliata 424. — Planktonuntersuchungen von Fischgewässern 428.	

Berichtigung.

Seite 269 in der Unterschrift der Figur 259 lies „Kohlrabi“ statt „Rübe“.