

**GIESENHAGEN
LEHRBUCH
DER BOTANIK**



SPRINGER FACHMEDIEN WIESBADEN GMBH

LEHRBUCH DER BOTANIK

VON

DR. K. GIESENHAGEN

O. PROFESSOR DER BOTANIK UND PHARMAKOLOGIE
IN MÜNCHEN

NEUNTE AUFLAGE

MIT 560 TEXTFIGUREN



SPRINGER FACHMEDIEN WIESBADEN GMBH 1924

ISBN 978-3-663-15325-2 ISBN 978-3-663-15893-6 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-663-15893-6
SOFTCOVER REPRINT OF THE HARDCOVER 9TH EDITION 1924

ALLE RECHTE, EINSCHLIESSLICH DES ÜBERSETZUNGSRECHTS, VORBEHALTEN

Vorwort zur neunten Auflage.

Die außerordentlichen Zeitverhältnisse rechtfertigen außerordentliche Maßnahmen. Um der ungeheuerlichen Verteuerung der Buchherstellung nach Möglichkeit entgegenzuwirken, habe ich dem Vorschlag des Verlages zugestimmt, das Buch für dieses Mal in photomechanischem Neudruck herauszugeben. Die Neubearbeitung mußte sich deshalb im wesentlichen auf die Vornahme der durch den Fortschritt der Wissenschaft unumgänglich gewordenen Abänderungen beschränken. Die beabsichtigten umfassenderen Umarbeitungen einzelner Teile, besonders im systematischen Abschnitt, müssen vorläufig zurückgestellt werden. Ich glaube annehmen zu dürfen, daß trotzdem das Buch seinen Zweck im Hochschulunterricht erfüllen wird, zumal wenn in Rechnung gezogen wird, daß es keineswegs ein Ersatz für die Vorlesungen sein soll, sondern nur dazu bestimmt ist, dem Anfänger die nachträgliche selbständige Durcharbeitung des in den Vorlesungen aufgenommenen Wissensstoffes zu erleichtern. Für wertvolle Anregungen in Rezensionen und brieflichen Mitteilungen bin ich auch diesmal zahlreichen Fachgenossen zu größtem Dank verpflichtet. Nicht minder gebührt mein Dank dem Verlag, der unbeirrt durch die bedrohlichen Zeichen der Zeit seine Arbeit in den Dienst der deutschen Wissenschaft stellt.

München, den 1. Oktober 1923.

K. Giesenhagen.

Aus den Vorworten früherer Auflagen.

Ueber den Umfang des Tatsachenmaterials, welches in meinem Buch zusammenzutragen war, kann man sehr verschiedener Meinung sein, da ja die reichsgesetzlichen Bestimmungen über das Tentamen physicum der Mediziner und über das pharmazeutische Staatsexamen dem individuellen Ermessen des Examinators innerhalb weiter Grenzen volle Freiheit lassen. Ganz allgemein

wird man aber wohl der Ansicht beistimmen, daß die Prüfung sich in keinem Fall auf die gedächtnismäßige Beherrschung von Einzeltatsachen zu beschränken hat, sondern daß ein Verständnis der leitenden Gedanken als ein Beweis eines mit Erfolg absolvierten Studiums unbedingt gefordert werden muß. Dementsprechend bin ich bemüht gewesen, stets, soweit es in dem engen Rahmen möglich war, die allgemeinen Gesichtspunkte in den Vordergrund zu rücken. Daneben habe ich aber auch der Darstellung der Einzelheiten, soweit mir dieselben wichtig erschienen, meine Aufmerksamkeit nicht entzogen, und insbesondere hoffe ich, daß meine Schilderungen überall den Anschauungen der Gegenwart und den gesicherten Resultaten der neuesten Untersuchungen entsprechen. (I. Aufl. 1894.)

Das vorliegende Werk soll dem Studierenden das botanische Kollegheft ersetzen, keineswegs aber den Besuch der Vorlesungen und das eigene Literaturstudium des Fortschreitenden überflüssig erscheinen lassen. (II. Aufl. 1898.)

Von verschiedenen Seiten ist mir der Wunsch geäußert worden, es möchte dieser Abschnitt des Buches (die spezielle Botanik), welcher bisher lediglich für die Bedürfnisse der Mediziner und Pharmazeuten berechnet war, derart erweitert werden, daß er auch als Grundlage für den allgemeinen Unterricht der Naturwissenschaftler, Forst- und Landwirte usw. ausreichend sei. Ich glaube in der vorliegenden Auflage diesem Wunsche Rechnung getragen zu haben, soweit es mit dem Prinzip vereinbar schien, daß das Buch nicht einen Ersatz für die botanischen Vorlesungen, sondern lediglich ein Hilfsmittel bei dem Unterricht bilden soll. (III. Aufl. 1903.)

Ich bin der Ansicht, daß die Probleme, über welche noch der Streit der Meinungen hin und her wogt, weit mehr geeignet sind, das Interesse des Studierenden zu fesseln, als eine bloße Mitteilung des gesicherten Besitzes der Wissenschaft. Deshalb dürfen auch die Hypothesen, die die Gegenwart bewegen, wohl in einem Lehrbuch Platz finden, wenn sie nur nicht fälschlich mit dem Schein apodiktischer Gewißheit umkleidet werden. Es kann dadurch um so weniger ein Mißverständnis entstehen, als ja nicht das Lehrbuch, sondern die Vorlesung, neben der das Lehrbuch als Gedächtnisanhalt benutzt wird, dem Studierenden die Richtung und Grundlage für seine Auffassung der Naturerscheinungen geben soll. (IV. Aufl. 1907.)

Inhalts-Verzeichnis.

	Seite		Seite
Einleitung	1		
Erster Abschnitt. Die Morphologie der Pflanzen.		B. Anatomie.	
A. Die Organographie.		Erstes Kapitel. Die Zellenlehre.	
Erstes Kapitel. Die Organe des Pflanzenkörpers und ihre räumlichen Beziehungen zueinander.		1. Der Begriff der Zelle	84
1. Wurzel und Sproß	3	2. Der Zellinhalt	85
2. Verzweigung der Wurzel und des Sprosses	6	3. Die Zellwand	92
3. Sproßachsen und Blätter	8	4. Die Entstehung der Zellen	97
4. Der Thallus	15	Zweites Kapitel. Die Gewebelehre.	
Zweites Kapitel. Die Wurzel.		1. Die Zusammensetzung der Gewebe	99
1. Die typische Wurzel der Gefäßpflanzen	16	2. Das Hautgewebe	108
2. Die Adventivwurzeln	18	3. Das Grundgewebe	119
3. Umgebildete Wurzeln	22	4. Die Leitbündel	124
4. Die Wurzel der niederen Pflanzen	26	5. Das sekundäre Dickenwachstum	128
Drittes Kapitel. Der vegetative Sproß.		6. Das Dickenwachstum der Monocotyledonen und Pteridophyten	137
1. Die Achse der Laubsprosse	28	7. Das Gewebe der gefäßlosen Pflanzen	138
2. Umgebildete Sprosse	31	Zweiter Abschnitt. Die Physiologie der Pflanzen.	
3. Die Laubblätter	36	Erstes Kapitel. Das vegetative Leben.	
4. Umgebildete Blätter	48	1. Die äußeren Lebensbedingungen	141
5. Der vegetative Sproß der niederen Pflanzen	54	2. Der Stoffwechsel	148
Viertes Kapitel. Die Blüte.		3. Der Kraftwechsel	168
A. Die Blüte der Gymnospermen	57	4. Das Wachstum	176
B. Die Blüte der Angiospermen	58	5. Die Bewegungserscheinungen	193
1. Die Organe der Blüte und ihre räumlichen Beziehungen zueinander	58	6. Das Empfindungsvermögen	204
2. Die Plastik der Blütenteile	63	Zweites Kapitel. Die Fortpflanzung.	
3. Blütenstände	75	1. Die ungeschlechtliche Fortpflanzung	214
4. Die Beziehungen zwischen dem Blütenbau und der Blütenbestäubung	77	2. Die geschlechtliche Fortpflanzung	221
5. Frucht und Samen	79	3. Die biologische Bedeutung der Fortpflanzung	243
		Dritter Abschnitt. Spezielle Botanik.	
		I. Die Thallophyten oder Lagerpflanzen.	
		Klasse I. Schizophyten oder Spaltpflanzen	254
		Klasse II. Algen	259

	Seite
1. Placophoren	260
2. Conjugaten	262
3. Chlorophyceen	264
4. Characeen	269
5. Phaeophyceen	270
6. Rhodophyceen	273
Klasse III. Myxomyceten	274
Klasse IV. Pilze	276
1. Phycomyceten	277
2. Ascomyceten	279
3. Basidiomyceten	283
Klasse V. Flechten	290
II. Die Bryophyten oder Moose.	
A. Die Lebermoose	293
1. Marchantiinen	293
2. Anthocerotinen	294
3. Jungermanniinen	295
B. Die Laubmoose	297
1. Torfmoose	297
2. Schizocarpen	298
3. Bryineen	299
III. Die Pteridophyten oder Gefäßkryptogamen.	
1. Filicinen	302
2. Equisetinen	308
3. Lycopodinen	308

	Seite
IV. Die Gymnospermen.	
1. Cycadeen	312
2. Coniferen	313
3. Gnetaceen	317
V. Die Angiospermen.	
A. Die Dikotylen.	
a) Die Choripetalen:	
1. Julifloren	319
2. Centrospermen	326
3. Aphanocyclicae	330
4. Eucyclicae	346
5. Tricoccae	358
6. Calycifloren	360
b) Die Sympetalen:	
1. Pentacyclicae	377
2. Hypogyne Tetracyclicae	380
3. Epigyne Tetracyclicae	392
B. Die Monokotylen.	
1. Helobier	406
2. Liliifloren	408
3. Spadicifloren	413
4. Glumifloren	416
5. Scitamineen	423
6. Gynandrier	426
Register	429

Einleitung.

BOTANIK ist die Naturgeschichte des Pflanzenreiches, welches mit dem Tierreiche zusammen die Welt des Organischen bildet. Zwischen diesen beiden Reichen ist eine scharfe Grenze nicht vorhanden. Wir müssen dieselben ansehen als von dem gleichen Ausgangspunkte nach verschiedenen Richtungen ausstrahlende Entwicklungsreihen des organischen Lebens. Die dem gemeinsamen Uranfang zunächst stehenden Glieder der beiden Reihen weisen die weitgehendsten verwandtschaftlichen Beziehungen zueinander auf; es ist auf dieser niederen Entwicklungsstufe überhaupt noch keine scharfe Differenzierung der beiden Entwicklungszweige eingetreten, so daß also die Frage nach der Zugehörigkeit der niedersten Formen zu der einen oder anderen Reihe völlig gegenstandslos ist.

Wenn nach dem Gesagten ein durchgreifendes Unterscheidungsmerkmal zwischen Tier und Pflanze im allgemeinen nicht vorhanden sein kann, so läßt sich doch, wenn wir die Betrachtung auf die höher organisierten Lebewesen beschränken, für die Zugehörigkeit eines Organismus zum Tierreich oder Pflanzenreich eine Reihe von Kennzeichen angeben, von denen einige im folgenden kurz erwähnt sein mögen.

Der Körper der höheren Tiere erreicht in einem bestimmten Alter den Höhepunkt seiner formalen Entwicklung; der Körper ist ausgewachsen, alle Organe sind in der für die betreffende Art charakteristischen Zahl und Ausbildung vorhanden, ein Wachstum und eine Neubildung von vegetativen Organen findet während des ganzen Restes der Lebenszeit normal nicht mehr statt. Am Pflanzenkörper aber findet unausgesetzt Wachstum und Neubildung von Organen statt, um erst mit dem Tode des Individuums zu erlöschen. — Im anatomischen Bau der Pflanzen und Tiere ist ein deutlicher Unterschied darin ausgesprochen, daß die Zellen, welche den Pflanzenkörper zusammensetzen, eine feste Hülle aus Cellulose besitzen, während dieses Kohlehydrat im Körper der höheren Tiere nicht gefunden

wird. — Die Pflanzen besitzen die Fähigkeit, aus der Kohlensäure der Luft, dem Wasser und einigen Salzen die komplizierten organischen Verbindungen herzustellen, welche zur Unterhaltung ihrer Lebensprozesse und zum Aufbau ihrer Organe erforderlich sind. Den Tieren fehlt dagegen das Vermögen, organische Substanzen aus anorganischen aufzubauen; zu ihrer Ernährung sind organische Stoffe nötig: Eiweiß, Fette und Kohlehydrate, welche ihnen in letzter Linie von den Pflanzen geliefert werden. — Selbstverständlich fehlt es bei diesen allgemeinen Sätzen auch unter den höheren Organismen nicht an Ausnahmen.

Man teilt die Wissenschaft der Botanik in die **allgemeine Botanik**, welche uns über die allgemeinen Gesetze des Baues und der Lebensverrichtungen des Pflanzenkörpers unterrichtet, und in die **spezielle Botanik**, welche die einzelnen Gewächse und ihre Verwandtschaftsverhältnisse kennen lehrt und zeigen soll, wie die allgemeinen Gesetze der Gestaltung und des Baues in den einzelnen Gruppen des Pflanzenreiches zum Ausdruck kommen.

Gemäß den beiden Hauptaufgaben, welche der allgemeinen Botanik zukommen, unterscheiden wir in derselben die Lehre vom Bau des Pflanzenkörpers oder **Morphologie** und die Lehre von den Lebenserscheinungen in demselben oder **Physiologie**.

Erster Abschnitt.

Die Morphologie der Pflanzen.

Die Morphologie der Pflanzen hat nach zwei Richtungen hin über den Bau der Gewächse Auskunft zu geben. Sie lehrt uns in der **Organographie** die äußere Form des Pflanzenkörpers und die Gesetze kennen, welche seine Gestaltung beherrschen. In der **Anatomie** unterrichtet sie uns über den inneren Bau und die stoffliche Zusammensetzung der Pflanzenorgane.

A. Organographie.*

Erstes Kapitel. Die Organe des Pflanzenkörpers und ihre räumlichen Beziehungen zueinander.

1. Wurzel und Sproß.

Wenn wir von den niedersten Pflanzenformen absehen, deren Bau eine gesonderte Besprechung erfordert, so können wir überall in dem Bau der verschiedenartigen Gewächse einen gewissen typischen Grundplan wiederfinden, der mit einer Arbeitsteilung zwischen den Abschnitten des Pflanzenkörpers in Beziehung steht. Die Pflanze zeigt eine gewisse Polarität, wir unterscheiden Basis und Spitze, und die nach diesen beiden Polen zu gelegenen Teile der Pflanzen zeigen verschiedene Ausbildung und verschiedenes Verhalten.

Schon bei verhältnismäßig einfach gebauten Gewächsen tritt diese Polarität auffällig in die Erscheinung. Die Fig. 1 gibt die vergrößerte Abbildung einer Alge, deren ganzer Vegetationskörper ein winziges Bläschen, etwa von der Größe eines Stecknadelknopfes, darstellt. An demselben können wir zwei Teile erkennen; den Sproß und die Wurzel. Der Sproß ist der obere, eirundliche Teil, der dem Lichte ausgesetzt und an der

* Für eingehendere Studien ist zu empfehlen: Goebel, K., Organographie der Pflanzen, und als Anleitung zu experimentellen Untersuchungen Goebel, K., Einleitung in die experimentelle Morphologie der Pflanzen.

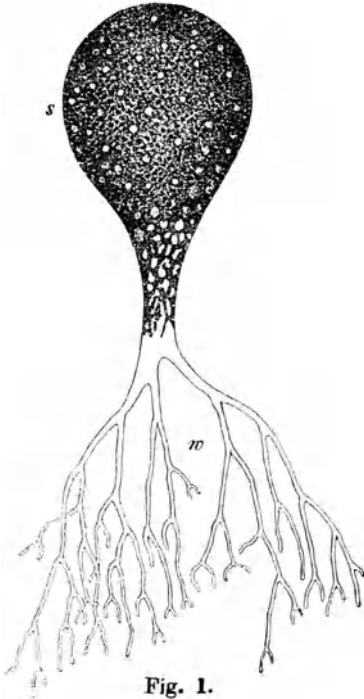


Fig. 1.

Botrydium granulosum nach
Woronin.
(Vergrößert.)
w Wurzel, s Sproß.

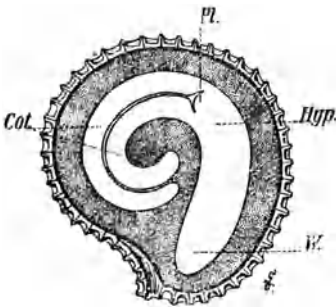


Fig. 2.

Längsschnitt durch den reifen Samen
des Bilsenkrautes. Der Keimling ist
in ein reichliches Nährgewebe
eingebettet, welches von der Samen-
schale umhüllt wird.

W Wurzel, Hyp Hypokotyl,
Pl Stammknospe, Cot Keimblätter
des Keimlings.

lebenden Pflanze grün gefärbt ist. Er
übernimmt im vegetativen Zustande die
Assimilation, d. h. die Umwandlung der
anorganischen Pflanzennahrung in die
organischen Verbindungen, welche zum
Aufbau des Pflanzenkörpers nötig sind.
Als Wurzel bezeichnen wir den meist un-
gefärbten, einem verzweigten Schlauche
vergleichbaren Teil der Alge, der in den
Boden eindringt, die Pflanze befestigt
und die Aufnahme von Wasser und von
darin gelösten Stoffen vermittelt.

Die in Form und Farbe, Wach-
tumsrichtung und Arbeitsleistung aus-
gesprochene Gegensätzlichkeit zwischen
Sproß und Wurzel können wir in ver-
schiedenen Graden der Deutlichkeit auf-
wärts durch die ganze Reihe der Ge-
wächse bis hinauf zu den höchstent-
wickelten Formen, den Samenpflanzen,
verfolgen. Bei den letzteren läßt sich
das Verhältnis von Sproß und Wurzel am
leichtesten an den Jugendzuständen, den
Keimpflanzen, über-
sehen. In den Pflanzen-
samen finden wir als
wesentlichsten Bestand-
teil den Keimling (Em-
bryo), d. i. die Anlage der
jungen Pflanze vor. Er
ist in manchen Fällen
von einem Nährgewebe
(Endosperm) begleitet.
An dem Embryo können
wir, wie aus den neben-
stehenden Fig. 2 und 3
erkennbar ist, die **Keim-
wurzel** und das **hypoko-
tyle Glied** (Hypokotyl)
mit den **Keimblättern**
(Kotyledonen) und der
Stammknospe (Plumula)
unterscheiden. Die Be-
obachtung der Keim-
ungsvorgänge lehrt uns,
welche Bedeutung diesen
einzelnen Teilen als Or-
ganen des Pflanzenkör-
pers zukommt.

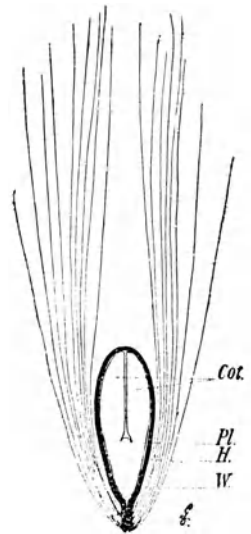


Fig. 3. Längsschnitt
durch den reifen Samen
der Weide. Der
Embryo füllt die mit
langen Haaren ver-
sehene Samenschale
völlig aus.
Bedeutung der Buchstaben
wie in Fig. 2.

Wenn der Same in günstige Keimungsbedingungen gelangt, wird die Samenschale gesprengt, und der sich zur Keimpflanze entwickelnde Embryo streckt die Wurzel hervor, die in den Boden eindringt. Die Spitze dieser Keimwurzel stellt das eine Polende des Pflanzenkörpers dar. Nach einer kürzeren oder längeren Zeit wird auch das andere Polende aus der Schale befreit; es ist die Stammknospe des Embryo, die Spitze des Sprosses, welche entgegengesetzt zu der Wachstumsrichtung der Wurzel sich aufwärts wendet. An der aus der Samenschale hervorgetretenen Keimpflanze sind danach leicht die beiden wichtigen Organe zu unterscheiden: die **Wurzel**, welche unter dem Einfluß der Schwerkraft senkrecht abwärts wächst, und der **Sproß**, welcher, ebenfalls durch Schwerkraft beeinflusst, sich aufrecht stellt.

Die Keimblätter verhalten sich verschieden. Sie werden entweder aus der Samenschale frei und durch die Streckung des hypokotylen Gliedes über den Erdboden emporgehoben (epigäische Keimung), oder sie bleiben in der Samenschale und mit dieser im Erdboden zurück, während die Stammknospe zwischen ihnen emporwächst (hypogäische Keimung).

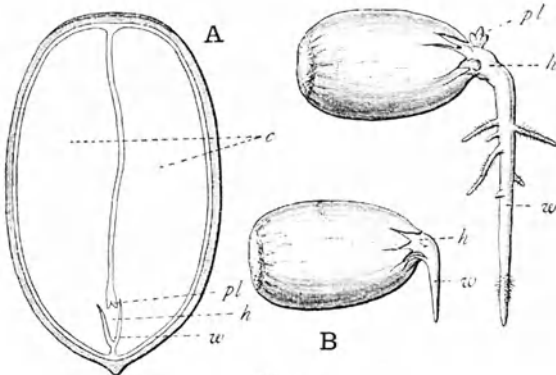


Fig. 4.

Keimung der Eichel. A Längsschnitt der ungekeimten Eichel ($\frac{2}{1}$). B und C aufeinanderfolgende Keimungsstadien ($\frac{1}{1}$). w Wurzel, h Hypokotyl, pl Stammknospe, c Keimblätter des Keimlings.

Wir können am Sproß

leicht zwei wesentliche Teile unterscheiden, die Sproßachse, welche von dem Hypokotyl und dem in der Verlängerung desselben gelegenen Achsenteil der Stammknospe gebildet wird, und die seitlichen Organe, das sind die Kotyledonen und die weiter oben sich entwickelnden Blätter.

Die Keimblätter sind als die ersten Blattgebilde der jungen Pflanze anzusehen. Die in der Gruppe der Monokotylen vereinigten Blütenpflanzen haben ein Keimblatt, die Dikotylen haben zwei und bei vielen Nadelhölzern, z. B. bei den Kiefern und Tannen, kommen mehr als zwei Keimblätter vor (Fig. 5).

Die Keimblätter enthalten, wie bei der Eiche, sehr häufig große Mengen von organischen Nahrungsstoffen, welche der jungen Pflanze in den ersten Stadien ihres Lebens zum Unterhalte dienen. In anderen Fällen wirken die Keimblätter als Saugorgane, welche dem sich entwickelnden Keimling die im Nährgewebe des Samens vorhandenen Stoffe zuführen, oder sie stellen schon in der ersten Lebenszeit der Keimpflanze Assimilationsorgane dar, welche selbständig aus anorganischen Stoffen organische Nährstoffe bereiten.

An der Spitze der Wurzel und des Sprosses finden wir zu jeder Zeit ein embryonales, zu weiterer **Entwicklung** befähigtes Gewebe, den **Vegetationspunkt**, durch dessen Wachstum ein steter Längenzuwachs der Wurzel und des Sprosses bewirkt wird, während die älteren Teile der beiden Elementarorgane allmählich in den Zustand des Ausgewachsenseins übergehen.

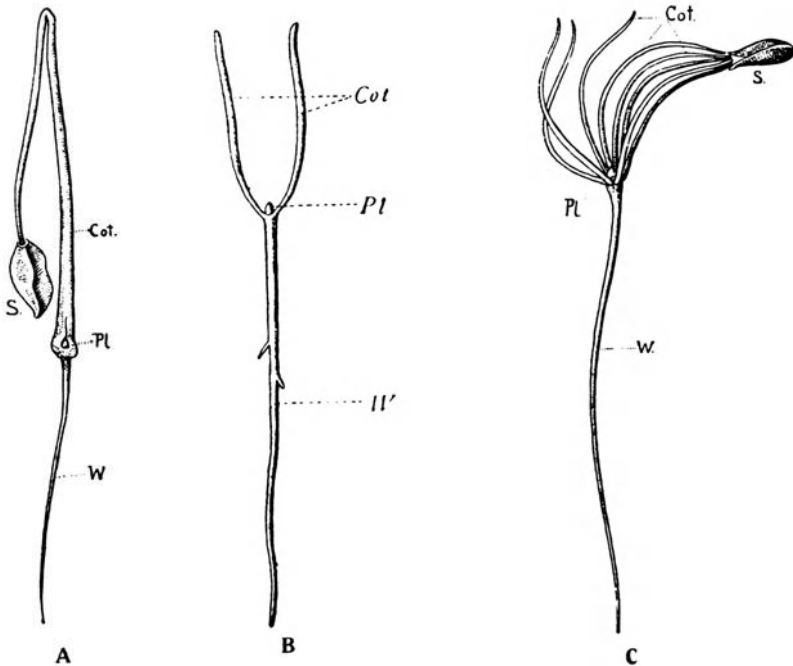


Fig. 5.

A Junge Keimpflanze von *Allium* mit einem Keimblatt. **B** Junge Keimpflanze von *Foeniculum* mit zwei Keimblättern. **C** Junge Keimpflanze von *Picea* mit mehr als zwei Keimblättern. *W* Wurzel, *Pl* Stammknospe, *Cot* Kotyledon, *S* Samenschale.

2. Verzweigung der Wurzel und des Sprosses.

An der Hauptwurzel und an dem Hauptsproß, welche durch die Tätigkeit der Vegetationspunkte aus den Elementarorganen der Keimpflanze hervorgegangen sind und welche die organische Achse des erwachsenen Pflanzenkörpers bilden, entstehen bei den meisten Pflanzen seitliche Glieder, welche an ihrer Spitze gleichfalls mit einem Vegetationspunkt versehen sind und auch im übrigen in Bau und Verrichtung den Hauptorganen gleichen. Sie werden als **Seitenwurzeln** beziehungsweise als **Seitensprosse** bezeichnet und können wieder Seitenachsen höherer Ordnung hervorbringen. Man nennt diesen Vorgang **Verzweigung**. Die Gesamtheit aller Wurzeln und aller Sprosse bildet das **Wurzelsystem** beziehungsweise das **Sproßsystem** der erwachsenen Pflanze.

Die Seitenwurzeln werden kurz hinter dem Vegetationspunkt im Innern der Hauptwurzel angelegt und wachsen mit Durchbrechung der Wurzelrinde nach außen. Man bezeichnet diese Entstehungsweise als **endogen**. Meistens sind die Seitenwurzeln ziemlich regellos oder in mehr oder minder deutlichen Längsreihen an ihrer Abstammungsachse angeordnet (Fig. 6), sie wachsen nicht wie die Hauptwurzel senkrecht nach unten, sondern sie wenden sich seitwärts oder schräg abwärts. Die Seitenwurzeln höherer Ordnung können nach allen Richtungen hin wachsen.

Außer den aus der Keimwurzel des Embryos direkt oder indirekt hervorgehenden Wurzeln finden sich bei manchen Pflanzen noch andere Wurzeln vor, welche seitlich aus der Sproßachse entspringen. Für diese sekundär gebildeten Wurzeln hat sich der Name **Adventivwurzeln** eingebürgert. Ihre Entstehung ist wie die der Seitenwurzeln endogen.

Die Seitensprosse entstehen **exogen**, d. h. äußerlich am Vegetationspunkt ihrer Abstammungsachse. Ihr Vegetationspunkt ist direkt aus dem Vegetationspunkt der Hauptachse hervorgegangen, so daß also bei der normalen Verzweigung keine Neuentstehung embryonalen Gewebes, sondern nur Wachstum und Verteilung des schon vorhandenen stattfindet.

Bei den meisten Pflanzen bleibt der Vegetationspunkt der Hauptachse auch nach der Abgabe seitlicher Vegetationspunkte stets als solcher erhalten, der Hauptsproß bildet also immer die organische Achse des ganzen Sproßsystems. Man nennt diese Form der Verzweigung traubig (monopodial) (Fig. 7). In der Abteilung der Farne, Moose und Algen kommt gelegentlich eine andere Art der Verzweigung vor, die man als gabelig (dichotomisch) bezeichnet (Fig. 8). Dabei teilt sich der Vegetations-

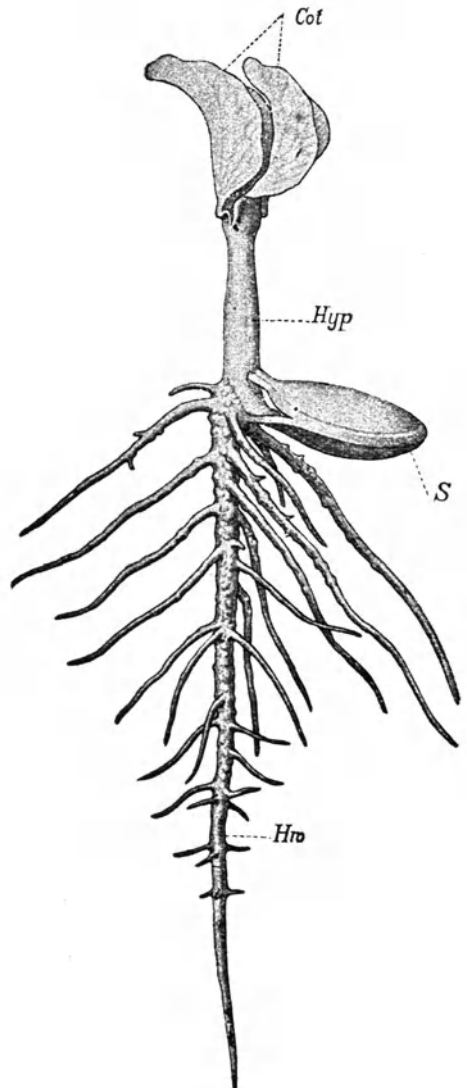


Fig. 6.

Keimpflanze des Kürbis.

An der Hauptwurzel *Hw* sind zahlreiche Seitenwurzeln vorhanden. *S* Samenschale, *Hyp* Hypokotyl, *Cot* Kotyledonen.

punkt in zwei gleichwertige Teile, die Hauptachse löst sich also gänzlich in Seitensprosse auf.



Fig. 7.

Traubig verzweigter Sproß der Cyperesse ($\frac{1}{4}$).

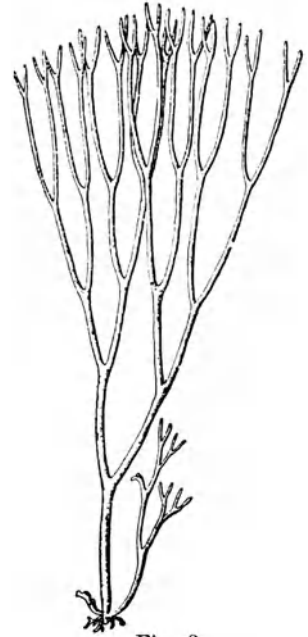


Fig. 8.

Gabelig verzweigter Sproß der Meeresalge *Dictyota striolata* ($\frac{3}{8}$).

3. Sproßachsen und Blätter.

An den Sproßachsen der höheren Pflanzen entstehen außer den Seitensprossen noch andere seitliche Organe, die Blätter. Sie werden in lückeloser Folge exogen am Vegetationspunkt ihrer Abstammungsachse angelegt und treten zuerst als rundliche Höckerchen (Blattanlagen, Primordialblätter) unter dem Scheitel des Sprosses hervor (Fig. 9). Die Blätter besitzen keinen Vegetationspunkt und haben ein begrenztes Wachstum, auch sind sie zur Ausbildung gleichartiger seitlicher Organe höherer Ordnung normal nicht befähigt. Bei kurzlebigen

krautartigen Pflanzen bleiben die Blätter während der ganzen Lebensdauer des Sprosses erhalten; an ausdauernden Pflanzen werden sie in der Regel entweder einzeln oder wie bei unseren Laubbäumen im periodischen Laubfall gleichzeitig abgeworfen und später durch neu gebildete Blätter junger Seitensprosse ersetzt.

In der Regel stehen die Blätter zu den an derselben Achse entspringenden Seitensprossen in einer bestimmten Beziehung, indem über der Anheftungsstelle (Insertion) jedes Blattes die Anlage eines Seitensprosses vorhanden ist. Am Vegetationspunkt ist im Anfang nur das Primordialblatt als Höcker unterhalb des Sproßgipfels zu erkennen und erst später, wenn das ihn schützende Blatt schon eine gewisse Entwicklung erreicht hat, tritt auch der Vegetationspunkt des Seitensprosses in der Achsel des Blattes über die Oberfläche der Abstammungsachse hervor (Fig. 10). Fälle, in denen mehrere Sprosse in der Achsel eines Blattes



Fig. 9.

Sproßgipfel der Wasserpest *Elodea canadensis* ($\frac{10}{1}$).
v Vegetationspunkt, b Blattanlagen.

vorhanden sind oder in denen die Seitensprosse neben oder unter dem Blatt entspringen, sind verhältnismäßig selten. In Beziehung auf den in

seiner Achsel stehenden Seitensproß wird das Blatt als **Deckblatt** (Stütz-, Tragblatt) bezeichnet, der Seitensproß wird **Achsel sproß**, seine Anlage wird **Achselknospe** des Blattes genannt.

Von der Regel, daß in allen Blattachsen Achselknospen vorhanden sind, finden sich zahlreiche Ausnahmen in der Gruppe der Nadelhölzer. Bei den übrigen Samenpflanzen fehlen die Knospen in den Achseln der Blütenblätter. Bei gabelig verzweigten Sprossen ist eine regelmäßige Beziehung zwischen der Stellung der Blätter und der Verzweigung der Achse nicht erkennbar.

Nicht alle Achselknospen entwickeln sich zu Seitensprossen, manche verkümmern schon als Anlagen vollständig, andere verharren viele Jahre lang im Knospenzustande, um erst später sich zu entwickeln. Die Knospen, welche sich erst nach längerer Ruhezeit entfalten, werden als **schlafende Augen** bezeichnet.

Außer den normal am Vegetationspunkt des Sprosses angelegten, in der Achsel der Blätter stehenden Seitensprossen finden sich gelegentlich an beliebigen Stellen der Sproßachsen Seitensprosse, welche als **Adventivsprosse** bezeichnet werden. Adventivsprosse können auch an Wurzeln und selbst an Blättern entspringen, wie das bei den **Wurzelsprossen** (Wurzelbrut) vieler Bäume und Sträucher und bei den **blattbürtigen Knospen** einzelner Farne und Samenpflanzen der Fall ist.

Neben dieser Adventivsproßbildung möge noch der durch Verletzung veranlaßten Ausbildungen eines embryonalen Gewebes gedacht werden, von welchem zahlreiche Adventivsprosse erzeugt werden können. Diese Erscheinung ist an der Ueberwallungsstelle von Baumwunden häufig zu beobachten, und auch die Stockausschläge an Baumstümpfen sind hierher zu rechnen.

Die Querscheiben des Sprosses, an welchen die Blätter mit ihren Achselknospen eingefügt sind, heißen **Knoten**, sie sind meist durch die blattfreien Sproßteile, die **Zwischenglieder** (Internodien) voneinander getrennt. Bezüglich der Anordnung der Blätter an der Sproßachse unterscheidet man die **Quirlstellung**, bei welcher zwei oder mehr Blätter an jedem Stengelknoten einen Quirl (Wirtel) bilden, und die **Schraubenstellung** (Spiralstellung), bei welcher jeder Knoten ein einziges Blatt trägt. Es gilt für die Quirlstellung die Regel, daß die zu mehreren an einem Knoten stehenden Blätter in gleichen Abständen an dem Sproßumfang verteilt stehen, den zwischen je zwei Nachbarblättern des Quirls liegenden Bruchteil des Sproßumfangs nennt man die Divergenz oder den Querabstand der Blattstellung. Im zweigliedrigen Quirl beträgt demnach die Divergenz $\frac{1}{2}$, im dreigliedrigen $\frac{1}{3}$ usw. Die Blätter in den aufeinanderfolgenden Quirlen eines Sprosses sind **abwechselnd gestellt** (alternierend), d. h. die Blätter jedes Quirls stehen über den Zwischenräumen des vorhergehenden. Eine besonders häufige Form der Quirlstellung ist die Anordnung der Blätter in zweizähligen alternierenden Wirteln, die gewöhnlich als die gekreuzte oder dekussierte Blattstellung bezeichnet wird (Fig. 11).

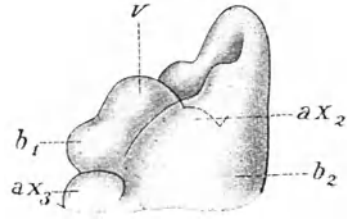


Fig. 10.

Sproßspitze von *Ranunculus repens*, durch Fortnahme der älteren Blätter freigelegt (^{66/1}). *v* Vegetationspunkt; *b*₁ jüngstes Blatt; *b*₂ zweites Blatt, in dessen Achse die Anlage des Achsel sprosses *ax*₂ hervortritt; *ax*₃ Achselknospe, welche zu dem fortpräparierten drittgüngsten Blatt gehört.

Bei der Schraubenstellung bildet die Linie, welche die Ansatzstellen aller Blätter nach der Reihenfolge ihrer Entstehung auf dem nächsten Wege miteinander verbindet, auf der Oberfläche der Sproßachse eine Schraubenlinie, welche als **genetische Spirale** oder **Grundspirale** bezeichnet wird (Fig. 12). Da die Zwischenglieder zwischen den einzelnen Knoten

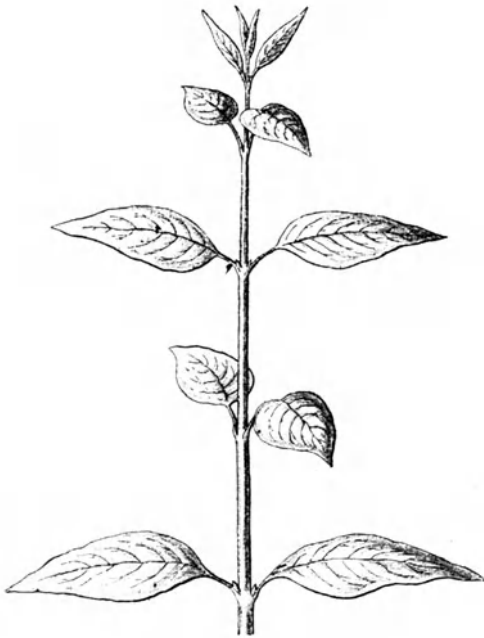


Fig. 11.
Sproß von Syringa mit gekreuzter (dekussierter)
Blattstellung ($\frac{1}{2}$).

verschiedene Länge haben können, so sind die Abstände zwischen den aufeinanderfolgenden Blättern bisweilen sehr ungleich groß. Wir finden aber auch hier eine auffällige Gesetzmäßigkeit, wenn wir die Internodienlänge unberücksichtigt lassen und nur den Querabstand betrachten, d. h. wenn wir uns denken, daß das höherstehende Blatt senkrecht an der Oberfläche der Sproßachse bis zum nächst unteren Knoten hinabgerückt sei. Bezeichnen wir wieder den Bruchteil des Sproßumfangs zwischen den beiden so auf demselben Knoten vereinigten Blattansatzstellen als Divergenz, so gilt die Regel, daß bei der Schraubenstellung die Divergenz je zweier aufeinanderfolgender Blätter eines Sprosses die gleiche ist. An den Sprossen verschiedener Pflanzen, ja selbst an verschiedenen Sprossen der gleichen Pflanze kann die Divergenz verschiedene Werte zeigen. Als häufigste

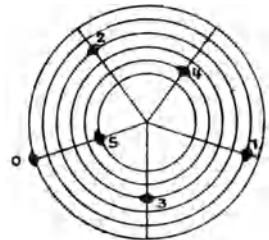
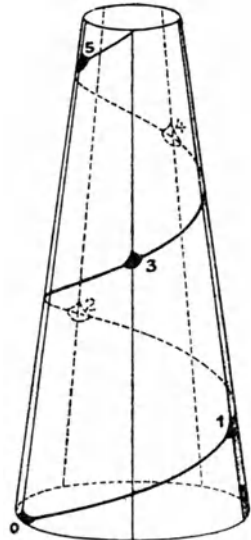


Fig. 12.
Schema der Spiralstellung
mit $\frac{2}{5}$ Divergenz. 0—5 die
aufeinanderfolgenden
Blattansatzstellen.

Divergenzen sind die folgenden beobachtet worden: $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{2}{5}$, $\frac{3}{8}$, $\frac{5}{13}$ usf. Sie stellen die Glieder einer Reihe dar, in welcher der Zähler und der Nenner jedes Bruches die Summe der beiden voraufgehenden Zähler beziehungsweise Nenner bildet. Indessen kommen Divergenzen wie $\frac{2}{7}$, $\frac{2}{9}$, $\frac{2}{11}$ u. a. m., welche nicht in diese Hauptreihe der Divergenzen passen, nicht gerade selten vor.

Man kann die Divergenz der Blattstellung auch durch den Winkel ausdrücken, welcher zwischen den zugehörigen Radien zweier benachbarter, an einem Knoten vereinigt gedachter Blätter eingeschlossen wird. Bei der Divergenz $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{2}{5}$, $\frac{3}{8}$ beträgt der Divergenzwinkel 180° , 120° , 144° , 135° ; bei den höheren Divergenzen der Hauptreihe nähert sich der Divergenzwinkel immer mehr der Größe $137^\circ 30' 28''$.

Um in einem gegebenen Falle die Divergenz der Blattstellung zu bestimmen, verfährt man am besten in der Weise, daß man an dem Sprosse zwei genau übereinanderstehende Blätter aufsucht und von dem einen derselben mit Null anfangend alle Blätter auf der Grundspirale abzählt bis zu dem andern. Zugleich hat man darauf zu achten, wieviele Spiralenumläufe die Grundspirale von dem Nullpunkt bis zu dem Endpunkt der Zählung durchläuft. Indem man die Zahl der Umläufe durch die Zahl der auf ihnen vorhandenen Blätter teilt, erhält man die Divergenz der Blattstellung. An dem in Fig. 13 abgebildeten Sproßstück von *Ledum palustre* z. B. stehen die Blätter 0 und 8 genau übereinander. Wenn wir der Reihenfolge der Blätter von 0 bis 8 auf der Grundspirale folgen, so müssen wir drei volle Spiralenumläufe beschreiben. Die Divergenz ist also = $\frac{3}{8}$.

Wenn an einer kurzen Sproßachse sehr zahlreiche Blätter dicht gedrängt vorhanden sind, so läßt sich die Grundspirale nicht leicht direkt auffinden. Man erkennt aber auch dann eine regelmäßige Anordnung der Glieder; die Blätter erscheinen in nebeneinander verlaufenden Schrägzeilen (Parastichen) angeordnet. Es lassen sich in jedem Falle mehrere Systeme von Schrägzeilen unterscheiden, je nachdem man naheliegende oder entferntere Blätter zu Reihen verbindet, und je nachdem man die Reihen in rechtsläufiger oder linksläufiger Spirale verfolgt. In der umstehenden Abbildung (Fig. 14 D) bilden die Blätter 0, 8, 16, 24 eine Schrägzeile, ebenso die Blätter 0, 5, 10 und 0, 13, 26, 39. Die Reihen, welche durch die genau übereinander liegenden Blätter gebildet werden, heißen Geradzeilen (Orthostichen). Die Blätter 0, 21, 42, 63 an dem abgebildeten Sprosse von *Sempervivum* stellen eine Geradzeile dar. Durch eine rein mathematische Ueberlegung ergibt sich, daß die Differenz zwischen den Nummern der aufeinanderfolgenden Blätter einer Schrägzeile gleich der Zahl der gleichgerichteten Schrägzeilen sein muß. Man kann also aus der Zahl der vorhandenen gleichgerichteten Schrägzeilen die Nummer bestimmen, welche jedem einzelnen Gliede einer Schrägzeile bei beliebiger Festlegung des Nullpunktes zukommt. Indem man zwei sich kreuzende Schrägzeilengruppen zu dieser Bestimmung benutzt, findet man leicht die Nummer jedes einzelnen Blattes und ist dann imstande, die Grundspirale zu verfolgen und die Divergenz der Blattstellung in der oben angegebenen Weise zu bestimmen.

Die mathematische Regelmäßigkeit, welche in der Blattstellung zum Ausdruck kommt, läßt sich zum Teil auf die Entstehungsweise der Blätter am Vegetationspunkt zurückführen, für welche im allgemeinen das Gesetz Geltung hat, daß die lückenlos aufeinanderfolgenden Primordialblätter stets

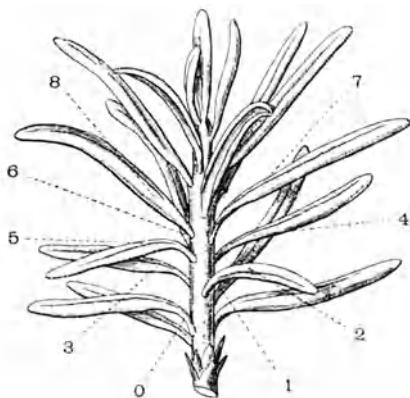


Fig. 13.

Sproß von *Ledum palustre*.
Die Blätter stehen in $\frac{3}{8}$ Divergenz.

an der Seite der Sproßspitze angelegt werden, wo die durch den Zuwachs des Vegetationspunktes vergrößerte Sproßoberfläche ausreichenden Raum für eine Blattanlage bietet. Die Fig. 15 stellt einen Sproßgipfel von oben gesehen dar; die vorhandenen Blattanlagen stehen in $\frac{2}{5}$ Divergenz. Nach dem angegebenen Gesetz muß das nächste Blatt zwischen den Primordien

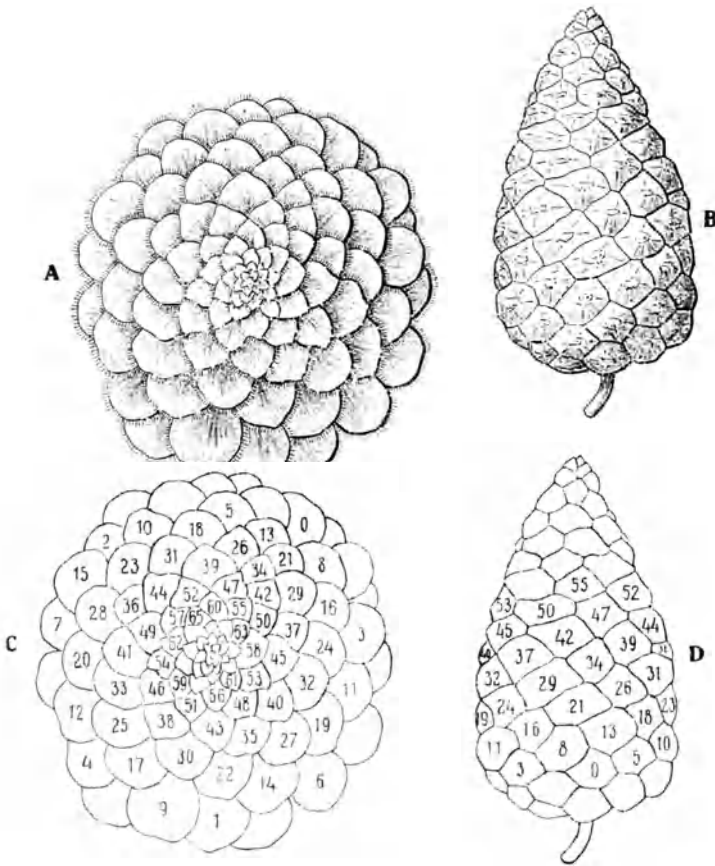


Fig. 14.

A Blattrosette von *Sempervivum tabulaeformae*. Divergenz der Blattstellung $\frac{12}{31}$.
B Zapfen von *Pinus maritima*. Divergenz $\frac{21}{34}$. **C** und **D** dieselben Objekte mit Numerierung der Blätter (nach Payer, **D** mit berichtigter Numerierung).

3 und 4 an der durch den Buchstaben *a* bezeichneten Stelle des Vegetationskegels angelegt werden. Es fällt also gerade über das vorhandene Blatt 1 und setzt die Spirale regelrecht in der $\frac{2}{5}$ Divergenz fort. Das Alternieren der aufeinanderfolgenden Wirtel bei Quirlstellung der Blätter ist, wie Fig. 16 zeigt, durch dieses Gesetz gleichfalls sehr einfach erklärt.

Wenn die Primordialblätter in verschiedener Größe angelegt werden, und ferner wenn der Vegetationspunkt sein Wachstum einstellt, wie das z. B. bei der Blütenbildung der Samenpflanzen der Fall ist, so werden

die Beziehungen zwischen der Größe der Primordien und den Raumverhältnissen am Vegetationspunkt verwickelter. Es treten dann oft weitgehende Aenderungen in der Blattstellung ein.

Gelegentlich wird die Blattstellung durch innere oder äußere Ursachen derart beeinflußt, daß die Blätter nicht gleichmäßig nach allen Seiten um die Sproßachse angeordnet sind, sei es nun, daß die ursprünglich regelmäßig stehenden Anlagen später durch Wachstum verschoben werden, oder sei es, daß schon am Vegetationspunkt die Unregelmäßigkeit eintritt. Auf diese Weise kommen Sproßformen zustande, welche als bilaterale und dorsiventrale den regelmäßig radiär gebauten gegenüberstehen.

Als **radiär** soll hier wie im folgenden ein Gebilde bezeichnet werden, wenn dasselbe eine gleichmäßige Anordnung seiner Teile rings um eine Achse aufweist. Ein solches Gebilde läßt sich durch drei oder mehr durch seine Achse gelegte Ebenen in symmetrische Hälften zerlegen. Eine Fichte, etwa ein Weihnachtsbaum, dessen Seitenzweige alle annähernd gleichmäßig rings um den Stamm ausgebreitet sind, ist radiär gebaut, ebenso zeigt eine Mohnkapsel oder eine Mohrrübe radiäre Symmetrie (Fig. 17 A). Die **bilaterale** Symmetrie ist darin ausgesprochen, daß die Ausbildung und Anordnung der Teile nach zwei entgegengesetzten Seiten der Hauptachse hin eine wesentlich andere ist als in der dazu senkrechten Richtung. Bekannte Beispiele bieten der oberirdische Teil einer Schwertlilie und das Schötchen des Hirtentäschelkrautes (Fig. 17 B). Die bilateralen Gebilde lassen sich durch zwei durch die Längsachse gelegte aufeinander senkrechte Ebenen in symmetrische Hälften zerlegen. Bei den **dorsiventralen** Gebilden ist eine symmetrische Teilung nur in einer einzigen Richtung möglich. Man kann an denselben eine verschieden ausgebildete Bauch- und Rückenseite unterscheiden, und die Ebene, welche durch die Mittellinie dieser beiden Seiten gelegt wird, ist die Symmetrie-Ebene. Die am Boden kriechenden Sprosse vieler

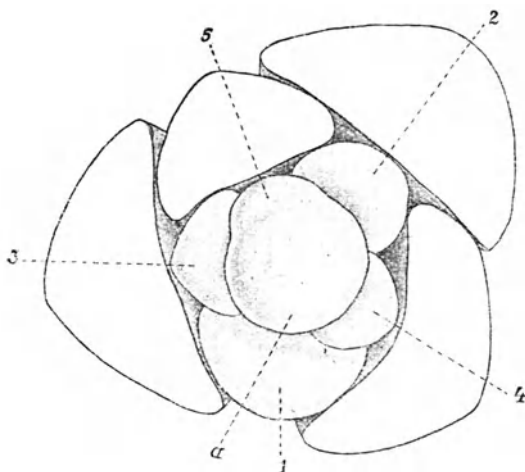


Fig. 15.

Sproßgipfel von *Cryptomeria japonica* von oben ($^{140}/_1$). Die Blattanlagen folgen in der durch die Zahlen bezeichneten Reihenfolge aufeinander. 5 jüngstes Primordialblatt. *a* die Stelle des Vegetationspunktes, an welcher das nächstfolgende Blatt entstehen würde.

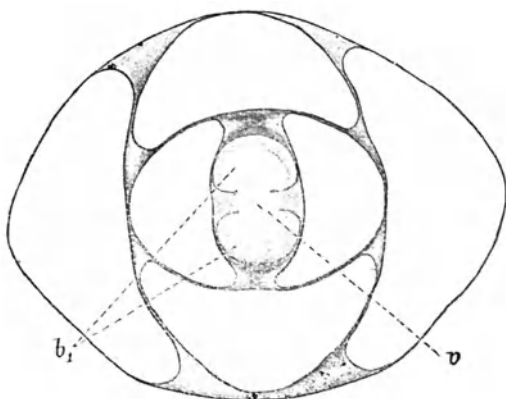


Fig. 16.

Sproßgipfel von *Syringa vulgaris* von oben ($^{70}/_1$). *v* Vegetationspunkt. *b₁* jüngstes Blattpaar.

unterscheiden, und die Ebene, welche durch die Mittellinie dieser beiden Seiten gelegt wird, ist die Symmetrie-Ebene. Die am Boden kriechenden Sprosse vieler

Pflanzen, die Hülsen der Erbse (Fig. 17 C) sind Beispiele für dorsiventralen Bau. Es kann sich bei den organischen Gebilden natürlich nicht um eine vollständige mathematische Symmetrie handeln. Bei der Fichte und dem Irisproß sind die seitlichen

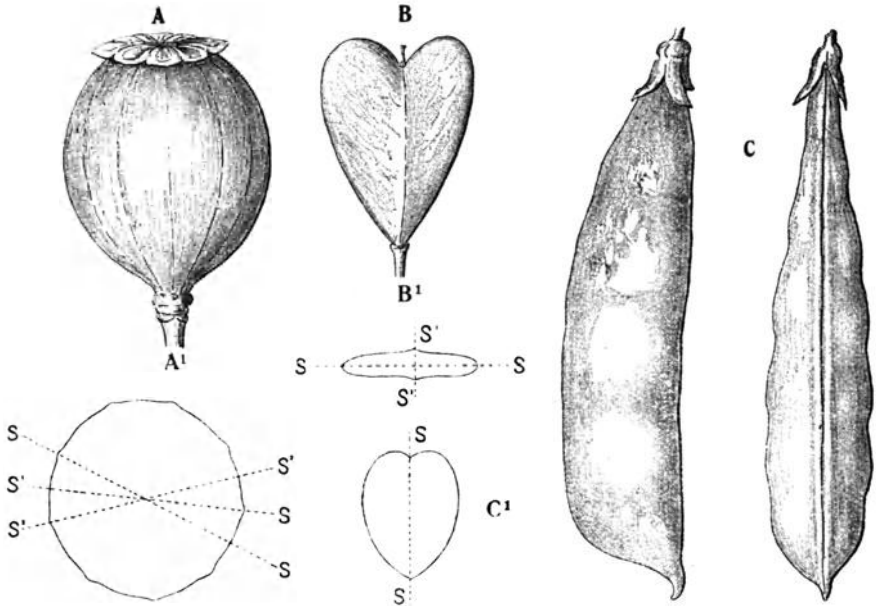


Fig. 17.

A Kapsel des Mohn. B Schote des Hirtentäschelkrautes ($\frac{2}{1}$). C Hülse der Erbse. A¹ B¹ C¹ die Querschnitte der Gebilde, welche zeigen, daß A radiär, B bilateral und C dorsiventral gebaut ist. s—s Symmetrie-Ebene.



Fig. 18.

Unsymmetrisches Blatt der Begonie.

Organe nicht auf gleicher Höhe an der Achse eingefügt; an den Kapseln, Schoten und Hülsen sind immer kleine Unregelmäßigkeiten vorhanden. Es gibt indes auch eine Reihe von dorsiventralen Pflanzen und Pflanzenteilen, bei denen, selbst wenn man von klei-

nen unwesentlichen oder zufälligen Unregelmäßigkeiten absehen will, eine Symmetrie nicht vorhanden ist. Als Beispiel für einen solchen **unsymmetrischen** Bau möge das Blatt der Begonien angeführt werden (Fig. 18).

4. Der Thallus.

Nicht bei allen polar gebauten Pflanzen ist der Sproß so gegliedert, daß wir eine Sproßachse und seitliche Organe, die Blätter, unterscheiden können. Schon bei vereinzelt Samenpflanzen, weit häufiger aber bei den Lebermoosen und fast ausnahmslos bei den Algen und Pilzen ist der Sproß ein ungliederter oder wenig gegliederter Gewebekörper, den man als **Thallus** bezeichnet. Ein einfaches Beispiel eines thallosen Sprosses

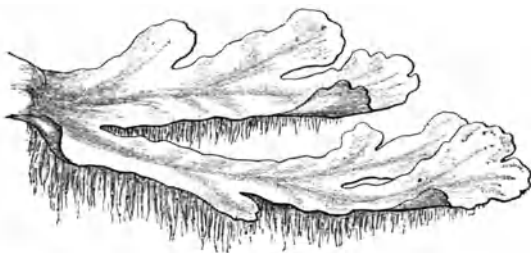


Fig. 19.

Dorsiventral gebauter thalloser Sproß des Lebermooses *Marchantia polymorpha*, welcher mit einem Filz von Haarwurzeln am Boden befestigt ist.

bietet das auf S. 4 abgebildete *Botrydium granulatum*. Der Sproß bleibt dort auch auf der höchsten Stufe der Entwicklung unverzweigt. Bei anderen Algen ist der Sproß oft reichlich verzweigt, wofür die Fig. 8 auf S. 8 ein Beispiel bietet. Bei den thallosen Lebermoosen ist der Sproß ein dorsiventral gebautes, laubartig ausgebreitetes Gebilde, welches dem Boden angeschmiegt wächst und meistens dichotomisch in Seitensprosse zerteilt ist (Fig. 19).

An die Pflanzen mit thallosem Sproß schließen sich nach unten hin Gewächse an, deren einfacher Vegetationskörper eine Unterscheidung von Sproß und Wurzel ausschließt. Dahin gehören die Fadenalgen, von denen einige noch in der Ausbildung der einzelnen Zellen eine Differenz zwischen Basis und Spitze deutlich erkennen lassen, während andere der Polarität entbehren — ferner die meisten einzelligen Pflanzen und endlich die Schleimpilze, deren Vegetationskörper schleim- oder salbenartige Massen ohne bestimmte Formen sind.

Zweites Kapitel. Die Wurzel.

1. Die typische Wurzel der Gefäßpflanzen.

Als Wurzel im weitesten Sinne ist im ersten Kapitel derjenige Teil des Pflanzenkörpers bezeichnet worden, welcher, nach abwärts wachsend, die Pflanze an der Unterlage festsetzt und die Zufuhr von Wasser und Nährstoffen aus der letzteren vermittelt. In den verschiedenen Abteilungen des Pflanzenreiches zeigen die Wurzeln und wurzelähnlichen Organe eine sehr verschiedene Form und Ausbildung.

Die höchst entwickelten Wurzeln treffen wir bei den Gefäßpflanzen, d. i. den Samenpflanzen und den Farnpflanzen an. Dieselben haben im jugendlichen Zustande die Gestalt eines langgestreckten Cylinders, welcher sich nach dem unteren Ende, der Wurzelspitze, hin ein wenig verschmälert und abrundet.

Die **Wurzelhaube**. — Das Längswachstum der Wurzel wird durch ein embryonales Gewebe, den Vegetationspunkt der Wurzel, vermittelt. Er liegt nahe hinter der äußersten Spitze der Wurzel und wird nach außen hin von der Wurzelhaube überdeckt. Die Wurzelhaube, welche von dem Vegetationspunkt her fortgesetzt einen Zuwachs erfährt und also ihre älteren ausgewachsenen Teile nach außen kehrt, ist wie ein Futteral (Fig. 20) über die Spitze der Wurzel gezogen und schützt das weiche Gewebe des Vegetationspunktes gegen Verletzung; zugleich verhindert sie auch, daß die

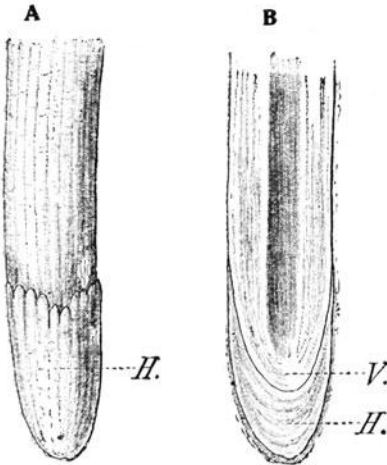


Fig. 20.

A Spitze einer Wurzel der Brennessel ($70/1$). **B** Längsschnitt durch die Wurzelspitze des Kalmus ($14/1$).
V Vegetationspunkt, H Wurzelhaube.

sehr inhaltsreichen jugendlichen Gewebeteile von dem mit der Wurzelspitze in Berührung kommenden Wasser ausgelaugt werden. Die meisten Wurzeln entwickeln sich im Erdboden, bei wenigen geht die Entwicklung in der Luft oder im Wasser vor sich. Bei den in den Boden eindringenden Wurzeln hat die Wurzelhaube noch eine andere Aufgabe zu erfüllen. Indem nämlich die äußeren Zellen der Wurzelhaube zu Schleimquellen, bekommt die Wurzelspitze eine schlüpfrige Beschaffenheit, welche ihr Eindringen zwischen die Bestandteile des Erdbodens wesentlich erleichtert.

Die **Wurzelhaare**. — Für die Aufnahme von Wasser und löslichen Nährstoffen aus dem Boden sind meistens an den Wurzeln eigene Organe, die Wurzelhaare, vorhanden, die an einer in feuchter Luft erwachsenen Wurzel als filziger Ueberzug dem bloßen Auge sichtbar sind. Sie haben die Gestalt dünner, cylindrischer Schläuche und bedecken die Oberfläche der jugendlichen Wurzel bis auf einen unmittelbar über der Wurzelhaube gelegenen Abschnitt (Fig. 21). Wenn sich die Wurzel durch Wachstum verlängert, so rückt die Entwicklung von Wurzelhaaren in gleichem Maße gegen die Spitze vor. Die Wurzelhaare treten zuerst als winzige Höckerchen über die Oberfläche hervor und wachsen schnell heran, indem sie sich zwischen die Bodenteilchen hineinschieben und innig mit ihnen verwachsen.

Wie in dem Abschnitt über die Physiologie später eingehender zu erörtern sein wird, nehmen die Wurzelhaare aus den mit ihnen in Berührung befindlichen Bodenteilen und aus dem im Boden vorhandenen Wasser anorganische Nährstoffe im gelösten Zustande auf und führen sie dem Wurzelkörper zu, durch dessen Leitbahnen sie in den Sproß und in die Blätter gelangen, wo unter der Einwirkung des Lichtes die Assimilation, d. h. der Aufbau komplizierter organischer Verbindungen aus den anorganischen Nährstoffen, vor sich geht.

Die Wurzelhaare besitzen nur eine kurze Lebensdauer, auch im günstigsten Falle gehen sie wenige Zentimeter weit hinter der fortwachsenden Wurzelspitze zugrunde, während weiter vorne durch die neu entstehenden Haare ein Ersatz gebildet wird. Indem die Spitzen der Haupt- und Seitenwurzeln stetig weiter im Boden vorrücken, werden die immerfort neu gebildeten Wurzelhaare mit immer neuen Bodenteilen in Berührung gebracht, so daß eine möglichst vollständige Ausnutzung aller im Boden vorhandenen Nährstoffe durch die Pflanze erfolgen kann.

Die **Seitenwurzeln**. — Die Verzweigung der Hauptwurzeln geht von einem Gewebe im Innern des Wurzelkörpers aus, welches die dem Vegetationspunkt zukommende Eigenschaft eines embryonalen Gewebes bewahrt hat. Die neu auftretenden Vegetationspunkte der Seitenwurzeln können also als Abkömmlinge, als abgetrennte Teile des Vegetationspunktes der Hauptwurzel angesehen werden. Kurz hinter der fortwachsenden Wurzelspitze treten im Innern des Wurzelkörpers die ersten Anlagen der Seitenwurzeln mit Vegetationspunkt und Wurzelhaube auf. Sie durchbrechen die sie bedeckenden Gewebeschichten der Hauptwurzel, dringen in den Boden ein und wachsen und verzweigen sich ebenso wie die Hauptwurzel. Infolge

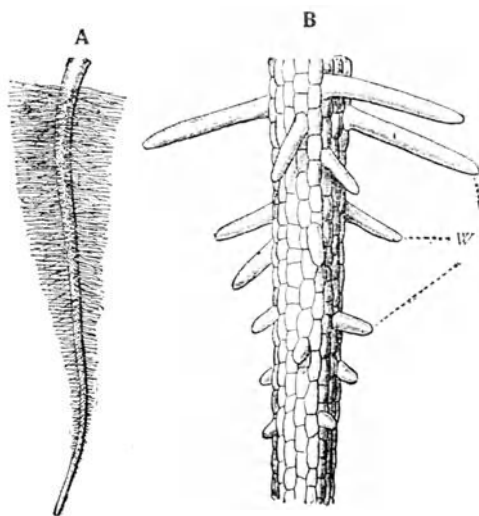


Fig. 21.

- A** Wurzelspitze der Kresse ($\frac{4}{1}$). Die Oberfläche ist bis nahe zur Spitze mit Wurzelhaaren bedeckt.
B Teil einer Wurzel von *Trianea bogotensis* mit jungen Wurzelhaaren *Wh* ($\frac{35}{1}$).

der Beziehung, welche zwischen dem anatomischen Bau der Wurzeln und der Anlage der Seitenwurzeln besteht, sind die letzteren anfänglich meist in regelmässigen Längsreihen an der Abstammungsachse angeordnet. Später pflanzen aber zwischen den vorhandenen Seitenwurzeln an beliebigen Stellen andere Seitenwurzeln hervorzubrechen, so daß dadurch die Regelmäßigkeit der Anordnung gestört wird.

Die Wachstumsrichtung der Hauptwurzel und der Seitenwurzeln niederen Grades ist, wie später gezeigt werden soll, abhängig von der Wirkung der Schwerkraft. Die Befestigung der Pflanze im Erdboden wird wesentlich dadurch erreicht und erhöht, daß die Seitenwurzeln eine von der Hauptwurzel verschiedene Richtung einschlagen und so, indem sie nach allen Seiten hin mit dem Erdreich verwachsen, den Pflanzenstamm sicher verankern. Dabei spielt oft noch der Umstand eine wichtige Rolle, daß die Wurzeln oder einzelne Glieder des Wurzelsystems (Zugwurzeln) sich nachträglich verkürzen und dadurch straff gespannt werden. Die Keimpflanzen vieler Kräuter, die Knollen und Zwiebeln mancher Stauden werden durch eine solche nachträgliche Verkürzung der Wurzeln mehr oder minder tief in das Erdreich herabgezogen.

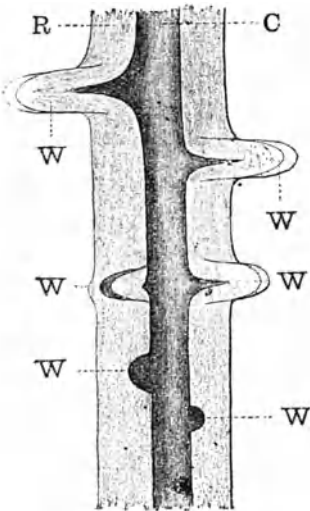


Fig. 22.

Längsschnitt durch eine Wurzel des kriechenden Hahnenfußes mit Seitenwurzeln *W*, welche an dem Zentralkörper *C* der Wurzel entspringen und die Rinde *R* durchbrechen. Die Figur ist etwas schematisch. Um mehrere verschieden große Anlagen von Seitenwurzeln zeigen zu können, wurden die Zwischenstücke der Wurzel verkürzt gezeichnet ($\frac{1}{2}$).

mehrere annähernd gleich starke Seitenwurzeln nach abwärts. Für ein solches Wurzelsystem, wie es z. B. der Apfelbaum zeigt, ist die Bezeichnung Herzwurzel in Gebrauch.

2. Die Adventivwurzeln.

Nicht selten verkümmert die Anlage der Hauptwurzel schon in einem sehr frühen Entwicklungsstadium; die Festhaltung der Pflanze und die Aufnahme von Wasser und Nährstoffen wird dann durch Wurzeln besorgt, welche nachträglich aus der Sproßachse entstehen und welche als Adventivwurzeln zu bezeichnen sind (Fig. 23).

So entbehren z. B. alle monokotylen Samenpflanzen, selbst die riesigen Palmen, der Hauptwurzel. Ein Wurzelsystem, welches, statt aus einer monopodial verzweigten Hauptwurzel, aus zahlreichen büschelig nebeneinander stehenden Adventivwurzeln besteht, wird als Faserwurzel bezeichnet.

In der Regel entspringen die Adventivwurzeln aus den dem Boden genäherten oder in denselben versenkten Knoten der Sproßachse; sie stehen entweder ringsum ziemlich gleichmäßig verteilt, wie es bei den meisten Monokotylen der Fall ist, oder vorwiegend

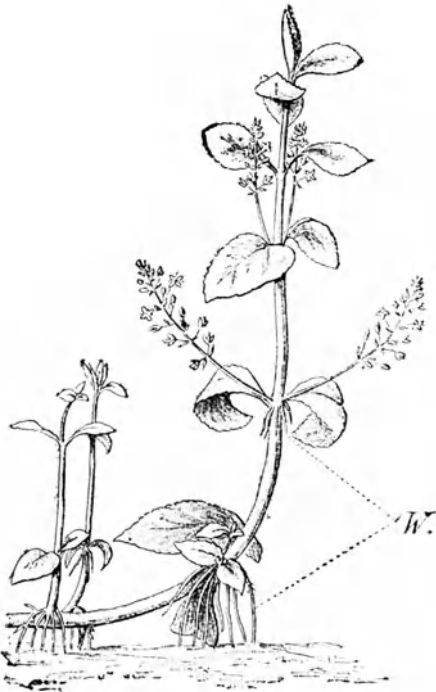


Fig. 23.
Sproß der Bachbunge mit
Adventivwurzeln *W* ($\frac{1}{2}$).

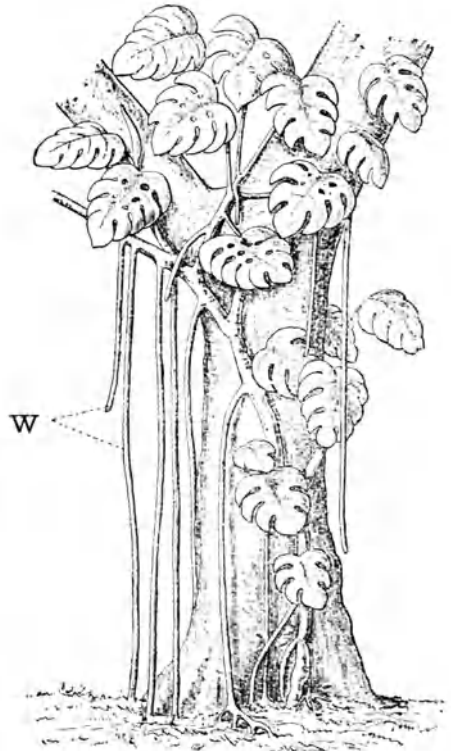


Fig. 24.
An einem Baumstamm emporwachsende
Monstera deliciosa mit langen Luft-
wurzeln *W* (ca. $\frac{1}{10}$).

unter oder neben der Blattinsertion oder an der derselben entgegengesetzten Seite des Sprosses. Bei einigen dikotylen Pflanzen entspringen sie aus der Achsel der Blätter. In vielen Fällen stehen die Adventivwurzeln zu der Blattstellung in keiner nachweisbaren Beziehung; so können z. B. aus den Internodien der Weiden und anderer Holzgewächse unter gewissen Umständen Wurzeln (Adventivwurzeln im engeren Sinne) entspringen.

Luftwurzeln. — Während bei den einheimischen Gewächsen die Adventivwurzeln meist in geringer Höhe über dem Erdboden aus dem Sproß hervorbrechen und alsbald in den Boden eindringen, werden bei manchen tropischen und subtropischen Pflanzen, z. B. bei vielen Aroideen, auch an höher gelegenen Teilen des Sprosses Wurzeln ausgebildet. Sie werden als

Luftwurzeln bezeichnet (Fig. 24). Sie wachsen in der Regel senkrecht abwärts und verzweigen sich, sobald sie in den Erdboden eingedrungen sind.

Bei vielen tropischen Orchideen und auch bei einigen Aroideen, die sich über dem Boden an den Stämmen oder im Geäst der Bäume ansiedeln, finden wir an den Luftwurzeln besondere Einrichtungen, welche diese Organe instand setzen, Wasser aufzusaugen, auch wenn sie nicht mit dem Erdboden in Berührung treten. Die Luftwurzeln sind mit einem

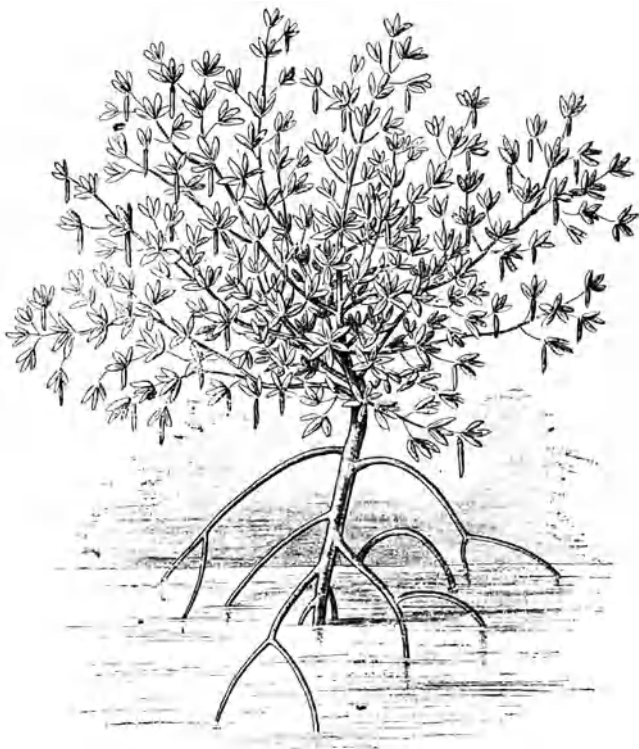


Fig. 25.

Rhizophora mucronata mit Stelzwurzeln (stark verkleinert).

porösen Gewebe, der **Wurzelhülle**, Velamen, umgeben, welches sich bei Regen oder Taubildung mit Wasser vollsaugt, so daß den Pflanzen auch während der trockensten Zeit des Tages die zur Unterhaltung ihrer Lebensprozesse nötige Feuchtigkeit zur Verfügung steht.

Stelzwurzeln. — An seichten, brandungslosen Küsten tropischer Meere findet sich häufig eine eigentümliche Vegetation von Bäumen und Sträuchern aus verschiedenen Verwandtschaftskreisen, welche als Mangroveformation bezeichnet wird. Zur Elutzeit stehen die Pflanzen im Wasser, während der Ebbe ist der sie tragende Schlickboden bloßgelegt. Der untere Teil der Stämme ist gewöhnlich nur schwach entwickelt, er stirbt bisweilen gänzlich ab; weiter oben entspringen am Sproß sogen. Stelz-

wurzeln, d. h. starke Adventivwurzeln, die sich bogenförmig nach unten wenden und in den Boden eindringen, so daß die ganze Pflanze von ihnen wie durch Strebepfeiler aufrecht gehalten wird (Fig. 25).

Stützwurzeln. — Eine auffällige Erscheinung bieten die Luftwurzeln einiger tropischer Feigenbäume dar. Die an den horizontal gerichteten Zweigen entspringenden Adventivwurzeln hängen anfangs als schlaffe, unverzweigte Stränge von oben herab. Sobald sie den Erdboden erreichen, dringt die Wurzelspitze ein und bildet Seitenwurzeln aus, welche sich im Boden befestigen. Durch eine alsbald eintretende Verkürzung des älteren Teiles wird die Luftwurzel straff gespannt und vermag nun ihre Funktionen, Befestigung der Pflanze am Substrat und Aufnahme von Wasser und Nährstoffen, zu erfüllen. Später erfährt der Körper der Luftwurzeln noch ein beträchtliches Dickenwachstum, so daß die Wurzeln zugleich kräftige Stützpfeiler für die weit ausgebreiteten Zweige dieser Bäume bilden. Ein älteres Exemplar von *Ficus religiosa* gleicht mit seiner riesigen Laubkrone infolge der Stützwurzelbildung einem ganzen Walde von einzelnen Stämmen (Fig. 26).



Fig. 26.

Stamm und Hauptäste von *Ficus religiosa* mit Stützwurzeln (stark verkleinert).

Haftwurzeln. — Wie in den angeführten Fällen die Erhaltung des Stammes in aufrechter Stellung durch die Ausbildung der Luftwurzeln zu Stelz- und Stützwurzeln bewirkt wird, so finden wir bei anderen Pflanzen die Befestigung des Sprosses in seiner vorteilhaftesten Lage dadurch erreicht, daß er durch Luftwurzeln an einer aufrechten Stütze, etwa einer Felsenwand, einer Mauer, einem Baumstamm, festgeheftet wird. Ein Beispiel für diese Wurzelart, die man als Haftwurzeln bezeichnet, bietet unter den einheimischen Gewächsen der Efeu. An dem schlanken, biegsamen Stamme entspringen auf der vom Licht abgewendeten Seite zahlreiche faserförmige Adventivwurzeln, welche, in die Ritzen und Unebenheiten der Unterlage eindringend den Sproß befestigen und ihm ermöglichen, höher und höher emporzuklettern (Fig. 27.)

In dem Wurzelsystem des Efeus ist eine Arbeitsteilung eingetreten. Während die im Boden steckenden Wurzeln die Aufnahme von Wasser und Nahrung bewirken, dienen

die Luftwurzeln nur zur Befestigung der Pflanze an der Unterlage. Eine ähnliche Arbeitsteilung ist im Wurzelsystem einiger tropischen Gewächse vorhanden, welche epiphytisch, d. h. vom Erdboden entfernt auf den Zweigen größerer Bäume oder auf Felsblöcken leben. Die Nährwurzeln senken sich von dem erhöhten Standorte aus auf kürzestem Wege zum Erdboden und dringen in denselben ein; die kürzer bleibenden Haftwurzeln wickeln sich um die Aeste des von der Pflanze bewohnten Baumes oder schmiegen sich der Oberfläche der Baumrinde oder des Felsblockes dicht an und befestigen so die Pflanze auf ihrem Wohnplatze. Einige epiphytische, als Baumwürger bezeichnete Ficusarten der Tropen umstricken den sie tragenden Baumstamm mit ihren absteigenden Nährwurzeln so vollständig, daß er schließlich erwürgt wird.

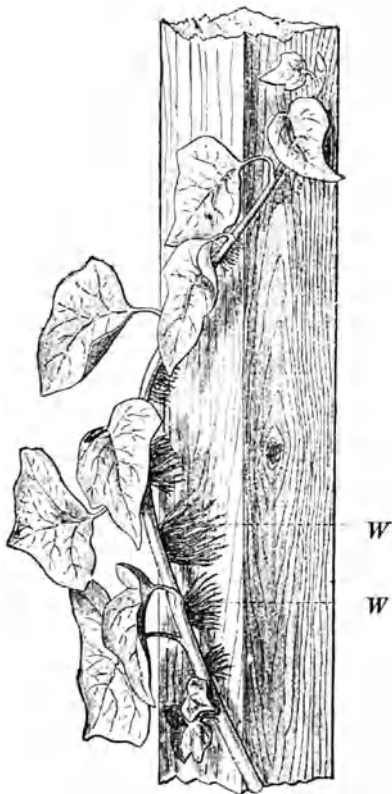


Fig. 27.

Sproß des Efeu mit Haftwurzeln *W* an einer Spalierstange befestigt ($\frac{1}{2}$).

3. Umgebildete Wurzeln.

Gelegentlich haben die Wurzeln der Pflanzen neben oder anstatt der Funktion der Wasser- und Nährstoffaufnahme und der Befestigung der Pflanze am Erdboden andere Lebensverrichtungen übernommen. Wir finden dann in Beziehung zu der neuen Funktion auch den Bau und die Ausbildung der Wurzeln eigentümlich verändert und bezeichnen die letzteren als umgebildete oder metamorphosierte Wurzeln.

Wurzeln als Reservestoffbehälter. —

Bei vielen Pflanzen mit mehrjähriger Lebensdauer werden die Wurzeln zu Reservestoffbehältern ausgebildet, in denen organische Baustoffe, welche von der Pflanze während einer Vegetationsperiode hervorgebracht worden sind, abgelagert werden, um nach Ablauf einer Ruhezeit beim Beginn des neuen Wachstums den neu entstehenden Sprossen zur Nahrung zu dienen. Der Wurzelkörper wird dabei oft sehr stark fleischig verdickt, so daß Knollen oder Rüben entstehen.

Ein bekanntes Beispiel für die Bildung von Wurzelknollen bietet die in den Gärten häufig gezogene Georgine, *Dahlia variabilis*, deren Wurzelsystem im Herbst eine größere Anzahl von knollig verdickten Wurzeln besitzt (Fig. 28). Auch die Knollen der einheimischen Orchideen, der Salep des Handels, sind Wurzeln, welche zu Reservestoffbehältern umgebildet wurden, und zwar entspricht hier jede Knolle einer größeren Anzahl von miteinander verwachsenen Wurzeln. Wenn nur die spindelförmig anschwellende Hauptwurzel eines Wurzelsystems zum Reservestoffbehälter wird, so entsteht eine Rübe. Meist nimmt dann auch der untere Teil des Sprosses noch mit an der Rübenbildung teil. Beispiele dafür sind die als Gemüse bekannten Mohrrüben, Steckrüben u. a. m.

Atemwurzeln. — Einige Pflanzen, welche ihr Wurzelsystem in sauerstoffarmem Sumpfboden oder stagnierendem Wasser entwickeln, besitzen besonders ausgebildete Wurzeln, welche mit der atmosphärischen Luft in Verbindung treten und den tiefer im Wasser oder im Boden lebenden Sproßteilen und Wurzeln die Atemluft zuführen. Derartige Atemwurzeln

verhalten sich insofern von den normalen Wurzeln abweichend, als sie ihre Spitze nach aufwärts richten und ein begrenztes Längenwachstum besitzen.

Sehr charakteristisch sind die Atemwurzeln bei einigen Arten der amerikanischen Gattung *Jussiaea* ausgebildet (Fig. 29). Sie sind stark gedunsen, bestehen aus lockerem, schwammigem Gewebe und erscheinen wegen der in ihnen enthaltenen Luft weiß gefärbt.

Bei der amerikanischen Sumpfzypresse und einigen anderen im Sumpfboden wurzelnden Holzgewächsen treten rings um den Stamm zahlreiche kegelförmige Wurzeläste als Atemwurzeln kniehoch über den Erdboden hervor.

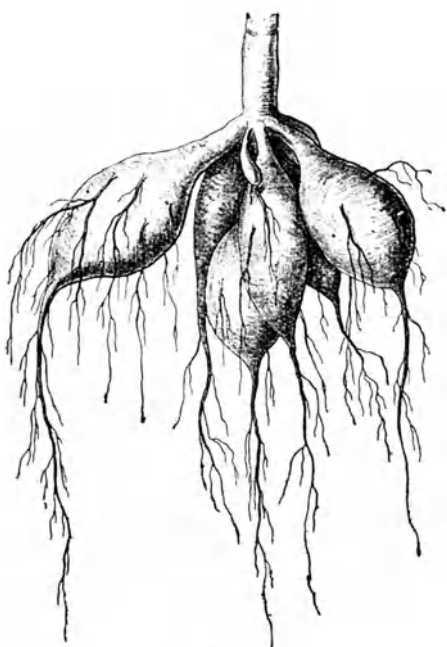


Fig. 28.
Wurzelknollen der Georgine ($\frac{1}{2}$).

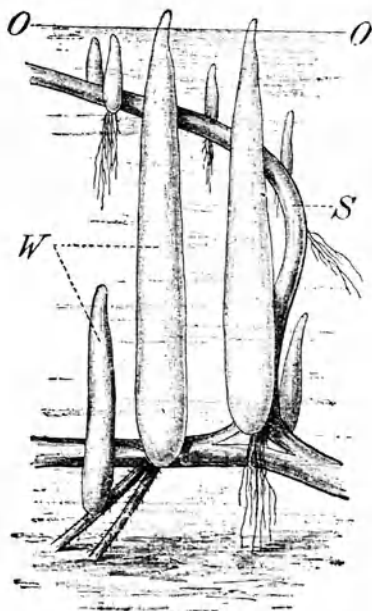


Fig. 29.
Sproßstück von *Jussiaea repens* mit Atemwurzel *W*. *S* unterer Teil eines beblätterten Seitensprosses. *O-O* Wasseroberfläche ($\frac{1}{2}$).

Wurzeln als Assimilationsorgane. — Eine ganz eigentümliche Funktionsänderung ist an den Luftwurzeln einiger an Baumstämmen wachsenden Orchideen und Aroideen beobachtet worden. Bei der auf Java lebenden Orchidee *Taeniophyllum* z. B. ist der Sproß sehr stark verkümmert, vor allen Dingen fehlen die Laubblätter gänzlich, denen normalerweise bei den Pflanzen die Assimilation, d. i. die Verarbeitung der anorganischen Nährstoffe zu organischen Verbindungen, zukommt. Diese Verrichtung haben die Luftwurzeln übernommen, sie sind zu Assimilationsorganen geworden. Dementsprechend haben sie eine flach-bandartige Gestalt und sind mit dem grünen Farbstoff der Laubblätter versehen, an dessen Vorhandensein der Assimilationsvorgang gebunden ist (Fig. 30). Auch bei den Podostemaceen, seltsamen Wasserpflanzen der Tropen, kommen blattartig verbreiterte grüne Wurzeln als Assimilationsorgane vor.

Wurzeldornen. — Bei einzelnen Pflanzen, z. B. der Palme *Acanthorrhiza*, sind einzelne Wurzeln zu scharfen Dornen umgewandelt und gewähren dadurch den Pflanzen einigen Schutz gegen die Beschädigung durch größere Tiere.

Saugwurzeln der Schmarotzer. — Manche Gewächse ersparen sich die Ausbildung eines normalen Wurzelsystems dadurch, daß sie mit besonders gebildeten Saugwurzeln die Nahrungssäfte aus den Wurzeln oder Sprossen anderer Pflanzen entnehmen.

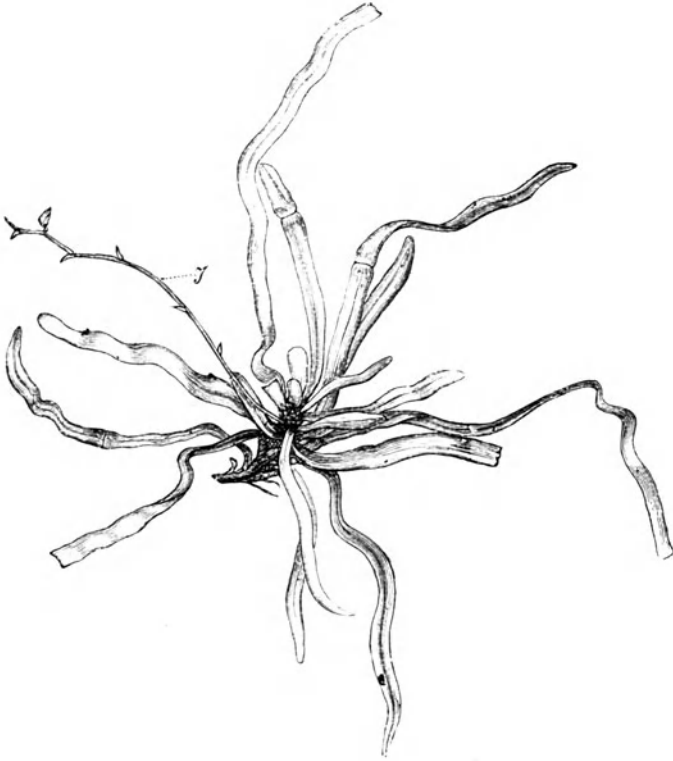


Fig. 30.

Taeniophyllum Zollingeri, eine Orchidee, deren bandartig verbreiterte Luftwurzeln als Assimilationsorgane dienen an Stelle der verkümmerten Laubblätter.

J Blütenproß (nach Goebel).

Zahlreiche Beispiele finden sich auch unter den einheimischen Gewächsen. Die Orbanchen, die Rhinanthusarten und manche ihrer Verwandten besitzen zu Anfang normal gebaute Wurzeln, welche sich im Boden ausbreiten; wo sie mit den Wurzeln benachbarter Pflanzen in Berührung treten, bilden sich warzenförmige Auswüchse, Saugwarzen (Haustorien), von welchen aus Büschel feiner, haarförmiger Fortsätze in das Gewebe der Nachbarpflanze eindringen. Die Mistel, *Viscum album*, wächst als immergrüner Strauch auf den Zweigen größerer Bäume, ihr ganzes Wurzelsystem ist in dem Gewebe der Wirtspflanze verborgen; es besteht der Hauptsache nach aus Seitenwurzeln, welche aus der sehr kurz bleibenden Hauptwurzel entspringen und sich im Innern des bewohnten Zweiges, parallel zur Oberfläche, ausbreiten. Von diesen Wurzeln aus ragen zapfenförmige Saugorgane, die sog. Senker, in radialer Richtung in das Gewebe des Zweiges der Wirtspflanze hinein (Fig. 31).

Reduzierte Wurzeln. — Eine mehr oder minder weitgehende Vereinfachung des Wurzelsystems findet sich bei den freischwimmenden Wasserpflanzen vor, bei denen die Bedeutung der Wurzel als Haftorgan fortfällt.

Bei *Azolla*, einem freischwimmenden Wasserfarn, besitzen die Wurzeln ein begrenztes Längenwachstum. Sobald die Endgröße erreicht ist, wird die Wurzelhaube abgeworfen und die Oberfläche der Wurzelspitze bedeckt sich mit Wurzelhaaren. Die Wurzeln einiger anderer Schwimmpflanzen, wie z. B. der einheimischen Wasserlinsen (*Lemna*), des Froschbiß (*Hydrocharis*) und anderer mehr, sind von Anfang an ohne eigentliche Wurzelhaube. Die Wurzelspitze ist bei ihnen von einer langen, haubenähnlichen, als Wurzeltasche bezeichneten Hülle umgeben, welche indes nicht aus dem Vegetationspunkt der Wurzelspitze,

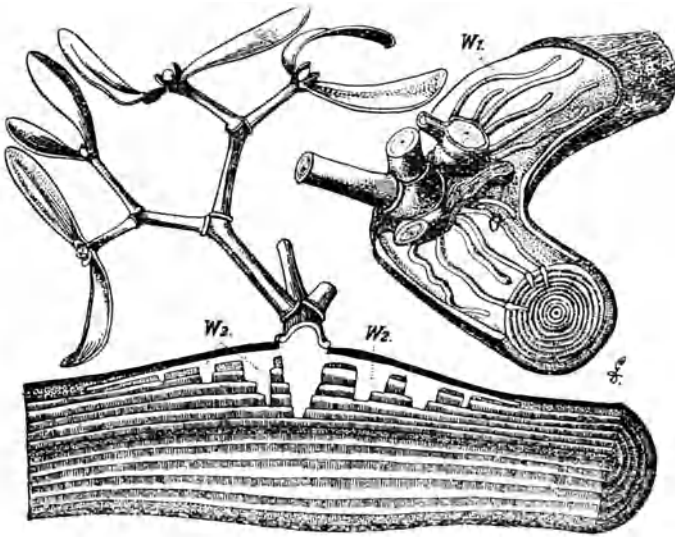


Fig. 31.

Wurzelsystem von *Viscum album*, auf einem Kiefernast.

In der Hauptfigur ist der Ast halbiert, so daß die radial eindringenden Saugorgane W_2 sichtbar werden. In der Nebenfigur sind die parallel zur Oberfläche des Astes verlaufenden Wurzeln W_1 , durch Entfernung des Rindengewebes freigelegt.

sondern aus dem Gewebe der Abstammungsachse hervorgegangen ist. Die meisten oberflächlich schwimmenden Pflanzen besitzen verhältnismäßig lange, ins Wasser hinabhängende Wurzeln, welche verhindern, daß der Pflanzenkörper durch den Wind oder die Bewegung des Wassers umgeworfen wird.

Wurzellose Gefäßpflanzen. — Gänzlich wurzellose Formen sind unter den Samenpflanzen und Farnen verhältnismäßig selten. Wie leicht ersichtlich, müssen bei ihnen die physiologischen Leistungen der Wurzel von anderen Teilen der Pflanze verrichtet werden.

Bei den Orchideen *Coralliorhiza innata* und *Epipogon Gmelini* ist der untere, im humusreichen Waldboden steckende Teil des Sprosses reich verzweigt und vermittelt neben der Fixierung der Pflanze auch die Aufnahme des Wassers und der Nährstoffe. Einigen urwaldbewohnenden Farnen aus der Familie der Hymenophyllaceen und den in feuchten Moosrasen lebenden exotischen Utrikularien fehlen die Wurzeln ebenfalls gänzlich. Die Pflanzen werden durch die in der Unterlage umherkriechenden Sprosse genügend befestigt und die Fähigkeit der Blätter oder der Sproßoberfläche, Wasser aufzunehmen, ersetzt den Mangel besonderer Organe für die Nahrungsaufnahme. Die im Wasser lebenden

Utrikularien, zu denen auch die einheimischen Arten gehören, schwimmen untergetaucht in stehenden oder langsam fließenden Gewässern, sie bedürfen daher einer Festheftung am Boden nicht und sind auch nicht der Gefahr ausgesetzt, durch den Wind oder die Oberflächenbewegung des Wassers beschädigt zu werden. Dasselbe gilt von den oberflächlich schwimmenden wurzellosen Wasserlinsen, *Wolffia arrhiza* u. a. Bei *Salvinia natans*, einem wurzellosen Wasserfarn, übernehmen gewisse Blätter die Leistungen der Wurzeln.

4. Die Wurzel der niederen Pflanzen.

Bei den gefäßlosen Pflanzen, den Moosen, Algen und Pilzen, finden wir, soweit überhaupt eine Gliederung des Körpers in Sproß und Wurzel vorhanden ist, eine weit einfachere Ausbildung des Wurzelsystems, welche zu der einfachen Lebensweise dieser Pflanzen in Beziehung steht.

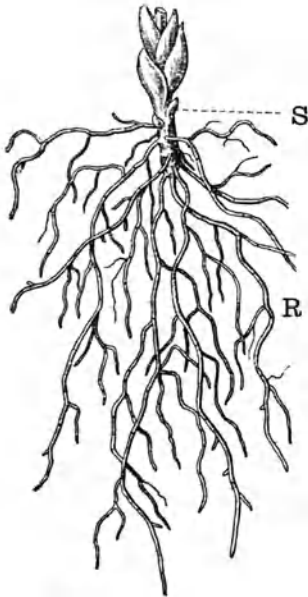


Fig. 32.

Unterer Teil eines Moosstämmchens S mit zahlreichen Rhizoiden R ($1\frac{1}{2}$).

Haarwurzeln. — Die Bewurzelung der Moose wird von einfachen oder verzweigten haarfeinen Fäden gebildet. Dieselben entstehen oberflächlich (exogen) an dem Moosstämmchen: eine Wurzelhaube und ein Besatz von Wurzelhaaren ist bei ihnen nicht vorhanden, sie werden nur durch die Wachstumsrichtung und durch die Leistung als Wurzelgebilde erkennbar (Fig. 32). Gegenüber den Wurzeln der Gefäßpflanzen werden die Wurzelfäden der Moose als **Rhizoiden** oder als Haarwurzeln bezeichnet. Auch bei einigen Algen finden sich ähnliche Bildungen vor. Die in Tümpeln und Wasserläufen wachsenden Characeen oder Armluchteralgen besitzen feine haarförmige Wurzelfäden, welche sich büschelig verzweigen und tief in den Schlamm eindringen. Auch die in Fig. 1 abgebildete kleine Grünalge, *Botrydium granulatum*, bietet ein Beispiel der Rhizoidbildung bei Algen dar.

Die Haftorgane der Meeresalgen. — Die meisten Algen sind Wasserbewohner und nehmen mit der gesamten Körperoberfläche die Nährstoffe aus dem Wasser in sich auf. Bei ihnen haben deshalb die wurzelähnlichen Glieder, wofern überhaupt dergleichen vorhanden sind, nur die Bedeutung von Haft- und Klammerorganen. Sehr auffällig sind dieselben oft bei den größeren Meeresalgen ausgebildet, welche an felsigen Gestaden wachsen, wo eben bei der starken Wasserbewegung eine sichere Befestigung an der Unterlage für die Pflanze von wesentlicher Bedeutung ist. Das flachscheibenförmige oder verzweigte, krallenförmige Haftorgan verwächst dann vollständig mit dem Felsen, so daß es nicht unverletzt von demselben losgelöst werden kann.

Bei den Pilzen wächst gewöhnlich der ganze aus fadenförmigen Strängen gebildete Vegetationskörper, welcher als **Mycelium** (*Mycel*) be-

zeichnet wird, in dem Nährboden verborgen, nur die Fruchträger, welche die der Vermehrung dienenden Keimkörner erzeugen, treten sproßartig

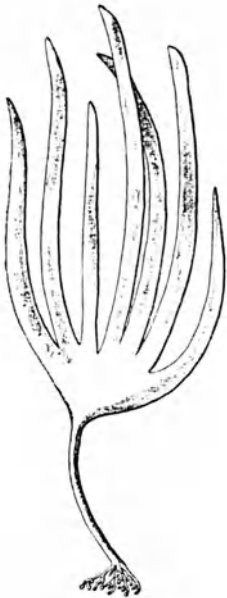


Fig. 33.

Laminaria digitata ($\frac{1}{8}$).
Meeresalge m. verzweigtem, wurzelartigem Haftorgan an der Basis.

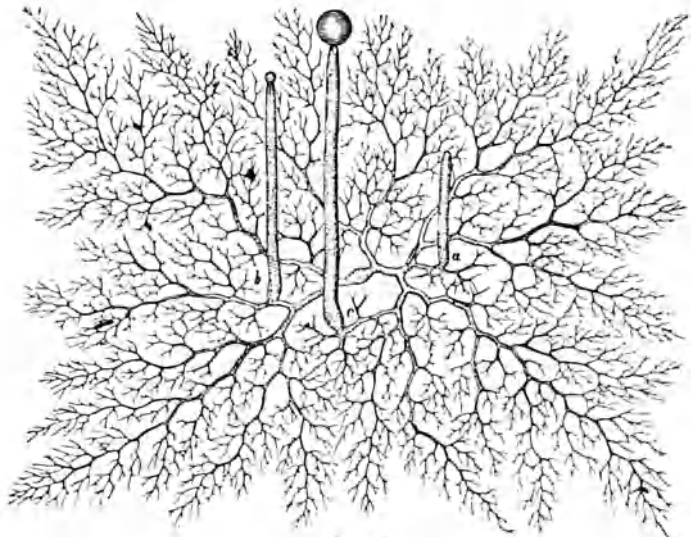


Fig. 34.

Junges Exemplar eines Schimmelpilzes (*Mucor*). *a b c* Fruchträger in verschiedenen Entwicklungsstadien. Alles übrige stellt das reichverzweigte Mycel dar (vergr. nach Kny).

aus ihm hervor. Die morphologische Ausbildung und die Arbeitsteilung in den Organen ist hier von dem Verhalten der übrigen Gewächse so wesentlich verschieden, daß eine Anwendung der morphologischen Begriffe Sproß und Wurzel auf Fruchträger und Mycel nicht angebracht erscheint.

Drittes Kapitel. Der vegetative Sproß.

Wir gehen bei der Besprechung des Sprosses zunächst wieder von den höchstentwickelten Pflanzenformen, den Samenpflanzen, aus. An ihnen sind zwei ihrer Form und Funktion nach verschiedene Sproßarten zu unterscheiden: der vegetative Sproß und die Blüte. Der erstere bildet den Hauptteil des Pflanzenkörpers während der ganzen Lebenszeit. Die letztere tritt erst nach Abschluß einer bestimmten Entwicklungsperiode, oft erst gegen das Ende der Lebenszeit, auf, um die Bildung von Geschlechtsorganen und damit die Fortpflanzung der Pflanzenart zu vermitteln. Ihrem inneren Wesen nach sind die beiden Sproßarten voneinander nicht verschieden, vielmehr ist die Blüte als eine der Fortpflanzung dienende Umbildung (Metamorphose) des vegetativen Sprosses anzusehen. Da indes die äußeren Verschiedenheiten zwischen den beiden meist sehr beträchtliche und scharf ausgesprochene sind, so ist es vorteilhaft, zunächst nur den vegetativen Sproß und später in einem besonderen Abschnitt die Blüte zu besprechen.

1. Die Achse der Laubsprosse.

Bau der Achse. — Als wesentliche Teile des Sprosses haben wir die Sproßachse und die Blätter zu unterscheiden. Die Sproßachsen sind in der Regel radiär gebaut, meist sind es cylindrische oder prismatische Gebilde, welche nach dem Gipfel zu kegelförmig verjüngt sind und mit dem Vegetationspunkt abschließen. Durch den letzteren wird der Längenzuwachs der Sproßachse und die Anlage der seitlichen Glieder, der Seitensprosse und der Blätter, vermittelt. In der Jugend ist die Sproßachse meist grünlich gefärbt und krautartig weich. Bei manchen Pflanzen bleibt die krautartige Beschaffenheit der Achse während der ganzen Lebensdauer erhalten; man bezeichnet solche Pflanzen als Kräuter, die krautige Achse als Krautstamm oder Stengel. Bei vielen langlebigen Gewächsen, den Bäumen und Sträuchern, wird dagegen die Sproßachse verholzt und erlangt dadurch größere Festigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen äußere Einflüsse; sie wird als Stamm bezeichnet.



Fig. 35.

Sproßgipfel der Wasserpest *Elodea canadensis* ($\frac{70}{1}$).
v Vegetationspunkt, b Blattanlagen.

Am Gipfel des Sprosses stehen die Anlagen der seitlichen Glieder dicht gedrängt, indem aber die zwischen denselben liegenden Sproßteile eine nachträgliche Streckung erfahren, werden die Ansatzstellen der Glieder auseinandergerückt, so daß die Sproßachse in blättertragenden Knoten und in Zwischenglieder (Internodien) mit freier Oberfläche gegliedert ist. Die Ausbildung der Zwischenglieder ist bei den

Pflanzenarten außerordentlich verschieden. Neben Pflanzen, welche auf hohen, schlanken Stengeln mit langen Internodien ihre Blätter über die Umgebung emporheben und der Belichtung darbieten, finden sich andere, meist Bewohner sonniger Standorte, welche gar keine Zwischenglieder besitzen, so daß die dicht gedrängten Blätter auf dem Boden eine flach ausgebreitete Rosette bilden; und zwischen diesen beiden Extremen sind alle Uebergänge in sanfter Abstufung vorhanden.

An einigen Gewächsen kommen Sprosse mit deutlichen Internodien, Langtriebe, und solche mit gestauchter Achse, Kurztriebe, nebeneinander vor. Bei der Lärche sitzen z. B. an den langen rutenförmigen Zweigen mit deutlichen Internodien zwischen den Blattansätzen Büschel von grünen nadelförmigen Blättern. Jedes Büschel stellt einen reichbeblätterten Kurztrieb dar, dessen Internodien unentwickelt bleiben (Fig. 36). Auch die Nadelbüschel der Kiefern sind derartige Kurztriebe.

Sproßsysteme. — Es gibt nur wenige Pflanzen, deren Hauptsproß, ohne seitliche Achsen auszubilden, seine Entwicklung mit einer endständigen Blüte abschließt. Man bezeichnet sie als einachsige Pflanzen. Meist tritt eine reichliche Verzweigung ein, die Pflanzen werden zwei-, drei- oder mehrachsig, je nachdem die Achsen zweiter, dritter oder höherer Ordnung den Abschluß bilden.

Die Anlagen der Seitensprosse stehen in den Achseln der Blätter und sind also wie diese ziemlich gleichmäßig über die Oberfläche der Hauptachse verteilt. Indem aber die einzelnen Anlagen sich verschieden verhalten, entstehen bei den mehrachsigen Pflanzen verschiedene Wuchsformen. Bei den Holzgewächsen unterscheidet man Bäume, Sträucher und Halbsträucher. Die **Bäume** werfen die unteren Seitenzweige ab und bilden nur am oberen Teil des Stammes starke Aeste aus, welche sich wiederholt verzweigen. Bei den **Sträuchern** ist der Hauptsproß dicht über der Wurzel verzweigt und die einzelnen Aeste entwickeln sich ähnlich wie die Hauptachse. Die Achsen der **Halbsträucher** sind nur zum Teil verholzt, die jüngsten Seitensprosse bleiben krautartig und werden, nachdem sie Blüten und Früchte getragen haben, abgeworfen, während an den älteren Sprossen neue Seitentriebe entstehen. Aehnliches Verhalten zeigen die zu den krautartigen Gewächsen gehörigen **Stauden**. Auch bei ihnen besitzen die Sproßteile verschiedenes Lebensalter. Während die oberirdischen Sproßteile nach der Fruchtbildung absterben, bleibt der im Boden verborgene Sproßabschnitt erhalten. Aus ihm gehen alljährlich Er-

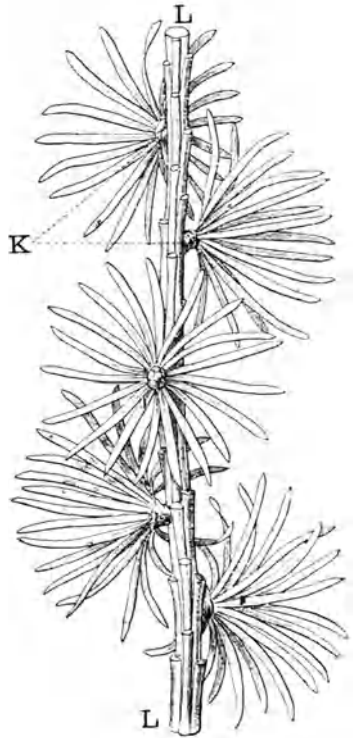


Fig. 36.

Larix europaea. Stück eines Langtriebes L—L mit fünf reichbeblätterten Kurztrieben K.

neuerungssprosse hervor, welche wieder Laubblätter und Blüten erzeugen. Die unterirdischen, ausdauernden Sproßteile der Stauden werden als **Grundstamm** oder **Rhizom** bezeichnet (Fig. 37). Von den Wurzeln sind sie dadurch zu unterscheiden, daß an ihnen Blattnarben oder Schuppenblätter und regelmäßig angeordnete Knospen vorhanden sind.

Wachstumsrichtung. — Wir haben früher gesehen, daß bei der Keimung das die Sproßanlage darstellende Polende der Pflanze sich unter dem Einfluß der Schwerkraft senkrecht aufwärts wendet. Bei sehr vielen Pflanzen, den Bäumen, vielen Sträuchern und Kräutern behält der Haupt sproß diese Wachstumsrichtung während seiner ganzen Entwicklung bei, die Seitensprosse dagegen wenden sich horizontal seitwärts oder unter

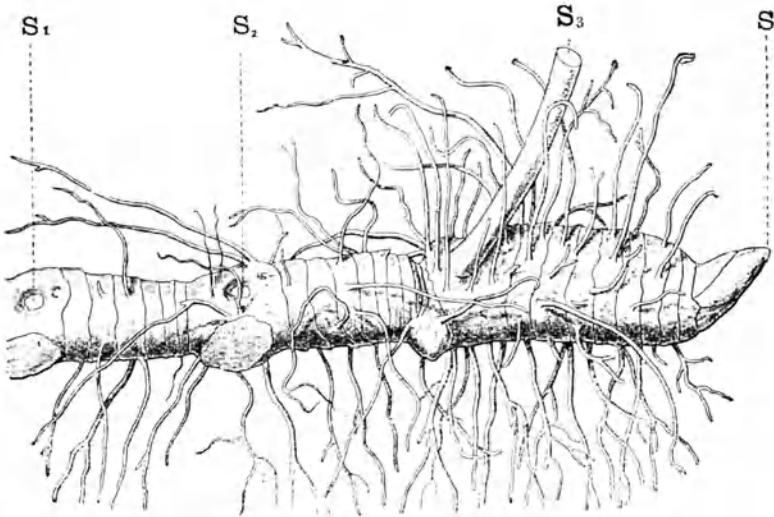


Fig. 37.

Rhizom der Maiblume.

S₁ S₂ die Narben der in den beiden vorhergehenden Jahren entwickelten Laubsprosse
S₃ der diesjährige Trieb. S₄ die Anlage des nächstjährigen Triebes.

einem mehr oder minder spitzen Winkel schräg aufwärts. So entstehen ausgedehnte Sproßsysteme, an denen viele Blattflächen Platz finden, ohne sich gegenseitig im Lichtgenuß zu beeinträchtigen. Manche Pflanzen, deren Hauptachse nicht die nötige innere Festigkeit besitzt, um das ganze Sproßsystem aufrecht zu tragen, gewinnen die aufrechte Stellung dadurch, daß sie an festen Stützen Halt suchen. Die Sproßachse legt sich in einer Schraubenlinie eng um die Stütze herum und gelangt so allmählich nach oben (Fig. 38). Man bezeichnet die Pflanzen mit wingendem Stengel als Schlingpflanzen; die Stangenbohnen in unseren Gemüsegärten, der Hopfen und das deutsche Geißblatt sind bekannte Beispiele.

Aehnlich wie die Schlingpflanzen verhalten sich die Kletterpflanzen, bei denen eigene Haftorgane vorhanden sind, mit denen der aufrechtwachsende dünne Sproß sich an der Stütze befestigt. Hierher gehört das früher schon erwähnte Beispiel des Efeus, bei dem gewisse Wurzeln als

Haftorgane dienen; in anderen Fällen werden Seitensprosse oder Blätter zu Haftorganen ausgebildet (Fig. 39).

Die **Lianen** der tropischen Urwälder sind verschiedenen Verwandtschaftskreisen angehörende Schling- und Kletterpflanzen, deren holzige Stämme oft eine bedeutende Dicke erreichen. Sie klettern bis in die höchsten Gipfel der Waldbäume empor und machen, indem sie sich vielfach umeinander schlingen und von Baum zu Baum hinüberziehen, den Urwald zu einem schwer durchdringlichen Dickicht.

Manchen Pflanzen fehlt die Fähigkeit, ihr Sproßsystem dauernd aufrecht zu stellen, vollständig; die Sprosse kriechen am Boden hin oder

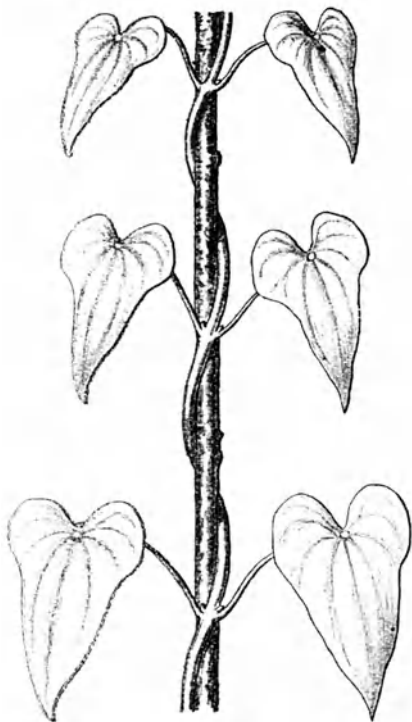


Fig. 38.

Stück des windenden Sprosses von *Dioscorea Batatas* ($\frac{2}{3}$).

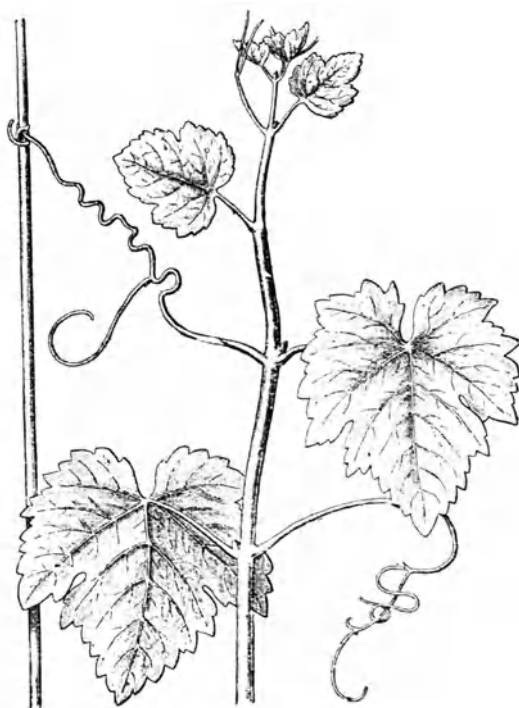


Fig. 39.

Gipfel eines Weinstocks mit Sproßranken. Die eine derselben hat eine Stütze ergriffen ($\frac{1}{2}$).

hängen wohl gar von dem erhöhten Standort der Pflanze herab. Bei den Stauden ist das Rhizom häufig horizontal oder schräg aufwärts gerichtet, die Sprosse aber, welche die Blätter tragen, sind senkrecht gestellt.

2. Umgebildete Sprosse.

Zu den wichtigsten Leistungen der Sproßachse gehört es, die Blätter in eine günstige Lage zum Licht zu bringen und Stoffe von der Wurzel zu den Blättern und in umgekehrter Richtung zu leiten. Wir finden die Sprosse unter den verschiedensten äußeren Umständen durch Bau, Wuchs-

form und Wachstumsrichtung der Sproßachse diesen Aufgaben angepaßt. Nicht selten aber finden sich Sproßachsen, die andere Leistungen verrichten und welche in Beziehung zu der veränderten Funktion eine abweichende morphologische Ausbildung aufweisen. Wir bezeichnen sie als umgebildete oder metamorphosierte Sprosse.

Sproßranken und Kletterhaken. — Es ist oben bei der Erwähnung der Kletterpflanzen kurz angedeutet worden, daß an manchen dieser Gewächse einzelne Sprosse als Kletterorgane dienen.

Die zu Haftorganen gewordenen Seitensprosse weisen meist eine mehr oder minder weitgehende Abweichung von der morphologischen Ausbildung der übrigen Sprosse auf. Sie tragen keine Laubblätter und sind entweder Ranken, d. h. lange, fadenförmige Gebilde von krautartiger Beschaffenheit, welche sich um die Stütze herumschlingen, oder sie stellen kurze, scharf um die Stütze gekrümmte, holzharte Haken dar. Zu Ranken umgebildete Sprosse finden wir z. B. am Weinstock (Fig. 39) und am wilden Wein. Die Kletterhaken sind nur von einigen tropischen Gewächsen bekannt, welche als **Hakenklimmer** bezeichnet werden.

Phyllokladien. — Bei manchen grünen Pflanzen sind die Laubblätter verkümmert, sie stellen kleine Schüppchen dar, welche nicht imstande sind, durch Assimilation die Baustoffe für den Pflanzenkörper zu bereiten. Diese Arbeit wird vielmehr von besonders ausgebildeten Sproßachsen geleistet. So finden wir z. B. an den oberirdischen Sprossen der Spargelpflanze nur schuppenförmige

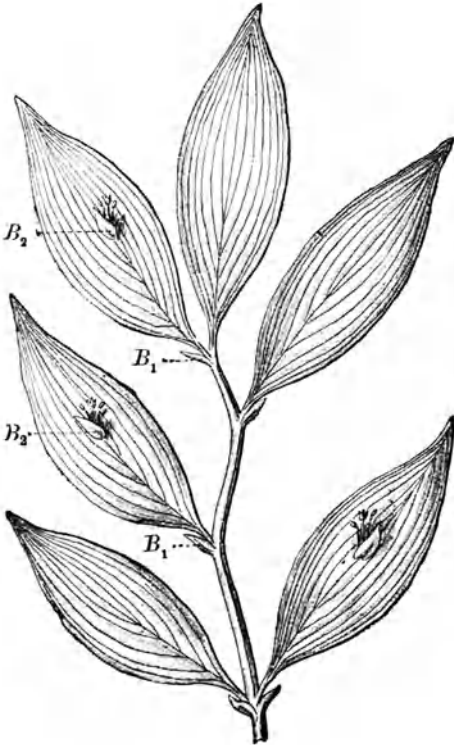


Fig. 40.

Zweig von *Ruscus Hypoglossum* ($\frac{2}{3}$), an welchem in der Achsel schuppenförmiger Blätter B_1 Flachsprosse, Phyllokladien entspringen. Einige derselben tragen in der Mitte ein kleines Blatt B_2 , in dessen Achsel ein Blütenstand steht.

Blätter. In den Achseln derselben entspringen ganze Büschel von Seitensprossen, welche nach der Entwicklung des ersten Internodiums ihr Wachstum abschließen und niemals Blätter hervorbringen. Diese Sprosse sind rundlich nadelförmig gestaltet und blattgrün gefärbt, so daß sie statt der Laubblätter als Assimilationsorgane dienen können. Bei den mit dem Spargel verwandten *Ruscus*arten sind die zu Assimilationsorganen umgewandelten Seitensprosse blattartig verbreiterte Flachsprosse (Phyllokladien, Fig. 40). Auch sie besitzen ein begrenztes Wachstum, indes werden zwei

Internodien ausgebildet. An dem etwa in die Mitte des blattähnlichen Zweiges fallenden Knoten entwickelt sich gewöhnlich ein kleines Blatt, in dessen Achsel ein Blüten sproß entspringt, wodurch die Sproßnatur des blattähnlichen Gebildes ohne weiteres deutlich wird. Aehnlich verhalten sich die Aeste bei dem zu den Euphorbiaceen gehörigen, bei uns in Gewächshäusern kultivierten Strauch *Phyllanthus angustifolius* (Fig. 41).



Fig. 41.

Flachsproß, Phyllokladium, von *Phyllanthus* mit randständigen Blüten, welche in der Achsel kleiner schuppenförmiger Blätter entspringen.

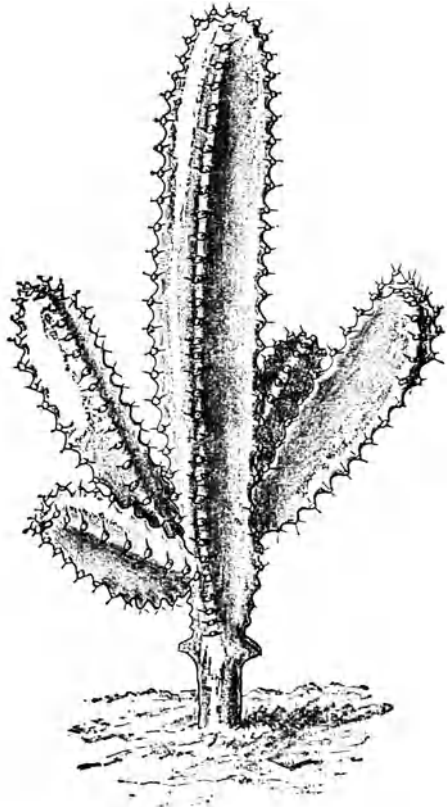


Fig. 42.

Junges Exemplar von *Euphorbia canariensis* ($\frac{1}{2}$).

Wasserspeicher. — Flachsprosse finden wir auch bei manchen zur Familie der Kakteen gehörigen Pflanzen. Es sind dort meist nicht, wie bei *Ruscus*, besondere Seitensprosse höherer Ordnung, welche zu Phyllokladien umgebildet sind, sondern alle Achsen, auch der Hauptsproß, sind blattartig oder scheibenförmig verbreitert und vertreten die fehlenden Laubblätter. Die Flachsprosse stellen indes hier nicht, wie bei *Ruscus*, dünne Gewebepplatten dar, sondern sie sind dickfleischig und bilden mit dem saftreichen Gewebe in ihrem Innern für die an sehr trockenen Standorten lebenden Pflanzen zugleich Wasserspeicher, aus denen das assimilierende Gewebe

zu Zeiten der Dürre die nötige Feuchtigkeit beziehen kann. Auch bei den nicht mit Flachsprossen versehenen Kakteen, ferner bei manchen Arten der Euphorbiaceen (Fig. 42) und einigen anderen Gewächsen, die sehr trockene Standorte bewohnen, oder denen aus anderen Gründen die



Fig. 43.

Alpenveilchen, *Cyclamen europaeum* ($\frac{1}{2}$). Der untere Teil des Sprosses bildet eine Knolle K, in welcher Reservestoffe aufgehäuft sind.

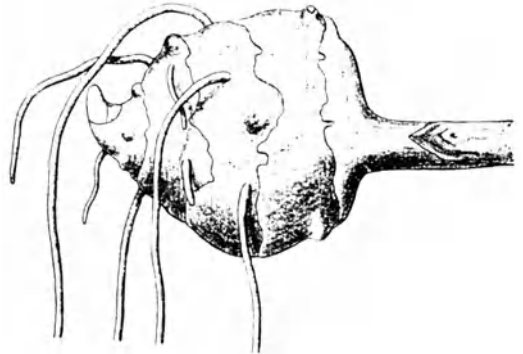


Fig. 44.

Knolle von Topinambur, *Helianthus tuberosus*.

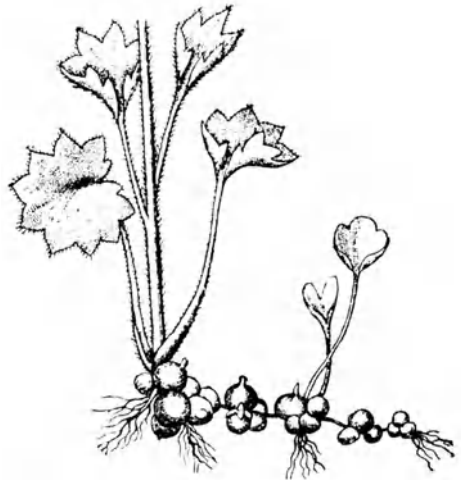


Fig. 45.

Saxifraga granulata. Unterer Teil der Pflanze. Auf dem unterirdischen Zweige sind zahlreiche Brutknöllchen vorhanden.

Wasseraufnahme erschwert ist, sind die Sproßachsen zu fleischig saftigen Wasserspeichern ausgebildet. Man faßt alle derartigen Gewächse als **Stammsukkulenten** zu einer biologischen Gruppe zusammen.

Reservestoffbehälter. — Die Umwandlung von Sprossen zu Reservestoffbehältern kann in verschiedener Weise vor sich gehen. Bei manchen

Pflanzen sind es angeschwollene Sproßabschnitte, in denen die Reservestoffe abgelagert werden. So stellt z. B. die scheibenförmige Knolle des Alpenveilchens das stark geschwollene untere Ende des Sprosses dar (Fig. 43). Die Knolle der Herbstzeitlose ist ein angeschwollenes Internodium des unterirdischen Sprosses. Bei anderen Pflanzen bilden ganze knollenförmig angeschwollene Seitensprosse die Reservestoffbehälter. Dahin gehören die Knollen des Topinambur (Fig. 44) und der Kartoffel (Fig. 46) als allbekannte Beispiele. Von den ebenfalls als Reservestoffbehälter dienenden Wurzelknollen, wie wir sie im vorigen Kapitel bei der Georgine kennen gelernt haben, unterscheiden sich diese aus Sprossen hervorgegangenen Knollen durch den Besitz von Sproßanlagen, Augen, die als Achselknospen der unentwickelten, oft gänzlich unterdrückten Blätter des umgebildeten Sprosses anzusehen sind.

Die biologische Bedeutung der Knollenbildung ist in den angeführten Beispielen leicht ersichtlich. Auf Kosten des Reservematerials entwickeln sich an der Knolle des Alpenveilchens gleich bei Beginn der Vegetationsperiode kräftige Laubblätter, welche nach dem Ergrünen von Anfang an Licht und Wärme des Sommers zur Erwerbung neuen Reservematerials ausnützen können. Die in der Knolle der Herbstzeitlose abgelagerten Baustoffe ermöglichen es dem neuen Seitentriebe, noch im Herbst desselben Jahres lange vor der Entfaltung der Laubblätter Blüten hervorzubringen. Wo, wie bei der Kartoffel und dem Topinambur, jede Pflanze mehrere Knollen erzeugt, dienen diese Gebilde zugleich der Vermehrung der Individuenzahl.

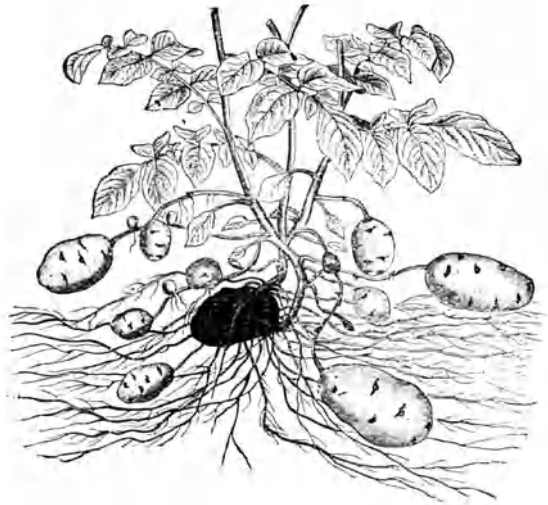


Fig. 46.

Knollenbildung an den unterirdischen Sprossen der Kartoffelpflanze, *Solanum tuberosum*.

indem an jeder Knolle die austreibenden Augen zu selbständigen Pflanzen erwachsen. Das gleiche gilt von der in Fig. 45 abgebildeten *Saxifraga granulata*, welche am Rhizom zahlreiche als Brutknöllchen bezeichnete Sproßknöllchen entwickelt.

Ausläufer. — Die bei vielen Pflanzen auftretenden Ausläufer oder Stolonen, schlanke Seitensprosse, die sich horizontal am oder im Erdboden ausbreiten (Fig. 47) dienen der Vermehrung. An den durch lange Internodien getrennten Knoten entwickeln sich die Achselknospen zu neuen Pflanzen, die durch Adventivwurzeln im Boden befestigt werden. Indem später die Internodien der Ausläufer vergehen, werden die neuen Pflanzen von der Verbindung untereinander und mit der Mutterpflanze gelöst. Die Ausläufer, die sich an den Gartenerdbeeren meist in großer Zahl entwickeln, sind ein bekanntes Beispiel für diese Sproßform.

Dornen. — Endlich muß noch der Umbildung der Sproßachse zu Dornen gedacht werden, welche den Pflanzen in erster Linie einen Schutz

gegen das Gefressenwerden durch größere Tiere gewähren. Gewöhnlich sind es, wie beim Schlehdorn und Weißdorn, kurze Seitensprosse und die

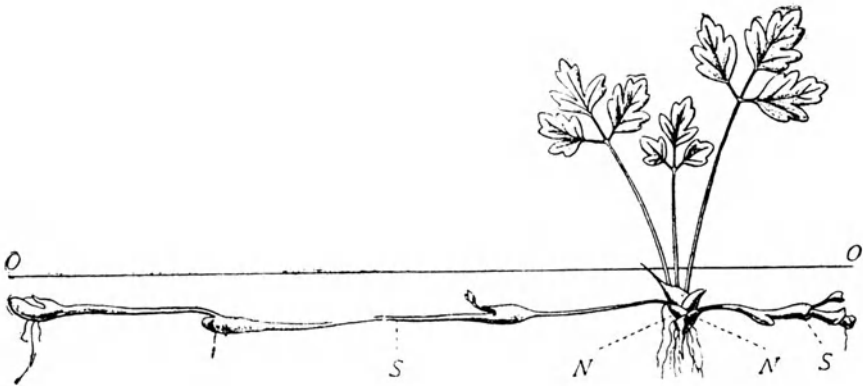


Fig. 47.

Moschuskraut mit unterirdischen Ausläufern *S*, welche in der Achsel von schuppenförmigen Blättern *N* entspringen ($\frac{1}{2}$). *O—O* die Bodenoberfläche.

Spitzen beblätterter Zweige, welche vorne kegelförmig scharf zugespitzt und holzig verhärtet sind (Fig. 48). Sehr weit geht die Dornbildung bei *Colletia cruciata* (Fig. 49), einem amerikanischen Strauch aus der Familie der Rhamnaceen, welcher sehr trockene, sonnige Standorte bewohnt.

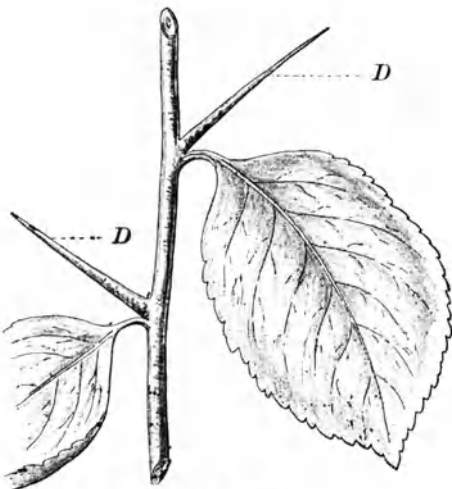


Fig. 48.

Sproßstück von *Crataegus prunifolia*. Die Achselknospen der Blätter sind zu Dornen *D* ausgewachsen.

Alle Sproßachsen sind blattlos und dornförmig gestaltet. Die etwas abgeflachten Dornen sind mit grünem, assimilierendem Gewebe bedeckt und vermitteln neben dem mechanischen Schutz der Pflanze auch die Funktion der mangelnden Blätter.

3. Die Laubblätter.

Entwicklung des Blattes. — Die Blätter sind seitliche Organe der Sproßachsen; sie besitzen ein begrenztes Wachstum und haben im ausgewachsenen Zustande eine bestimmte Gestalt. Sie werden am Vegetationspunkt des Sprosses in aufsteigender Folge als rundliche Höcker, Primordialblätter, angelegt, die untereinander gleichen Querabstand haben. Ein scheinbar ständiger Vegetationspunkt, welcher befähigt wäre, seitliche Organe höherer Ordnung hervorzubringen, fehlt ihnen. Die das Wachstum vermittelnde Gewebepartie liegt nicht an der Spitze, sondern weiter rückwärts (inter-



Fig. 49.
Sproß von *Colletia cruciata* mit
verdornten Flachsprossen.

Entwicklung verschieden beeinflussen, gehen aus einigen derselben Gebilde hervor, welche oft nur entfernte oder gar keine Ähnlichkeit mit den Laubblättern besitzen und welche entsprechend der veränderten Form andere Funktionen als das Laubblatt übernehmen. Wir bezeichnen solche in bezug auf Form und Funktion abgeänderten Blattgebilde als umgebildete oder metamorphosierte Blätter.

Teile des Blattes. — Die Form des ausgewachsenen Laubblattes ist bei der einzelnen Pflanzenart innerhalb enger Grenzen konstant, bei den verschiedenen Pflanzenarten aber findet sich oft schon innerhalb eines engen Verwandtschaftskreises hinsichtlich der Blattgestalt die größte Mannigfaltigkeit. An dem hochentwickeltesten Blatt mancher Samenpflanzen lassen sich drei Abschnitte, nämlich Blattfläche oder Spreite, Blattstiel und Blattscheide, leicht unterscheiden (Fig. 51). Die **Blattspreite**, eine Gewebeplatte, deren Umriß verschiedenartig geformt sein kann, entspricht dem Oberblatt der jungen Anlage. Die Oberseite der Spreite besitzt meistens eine andere Struktur als die Unterseite; die Spreite ist also dorsiven-

kalar); die Spitze des Blattes ist schon ausgewachsen und in den Dauerzustand übergegangen, wenn weiter rückwärts gelegene Teile des Blattes noch im Wachstum begriffen sind.

An dem in Fig. 50 dargestellten Sproßgipfel von *Ranunculus repens* stehen drei Blattanlagen. Schon an der zweitjüngsten Anlage b_2 ist die Teilung des Blattes in zwei Abschnitte, Blattgrund und Oberblatt, zu erkennen. Wie an dem dritten Blatt b_3 zu sehen ist, wächst der Blattgrund schnell heran und bildet eine schützende Hülle um die jüngeren Anlagen. Auch das Oberblatt entwickelt sich schnell, und zwar in der Weise, daß die Spitze zuerst in den Dauerzustand übergeht. Erst verhältnismäßig spät beginnt die Streckung der Gewebezone zwischen Blattgrund und Oberblatt, welche zur Ausbildung des Blattstieles führt.

Bei den Farnen besitzen die Blätter meistens ein Spitzenwachstum, so daß also die der Sproßachse genäherten Blatteile die ältesten sind und zuerst in den Dauerzustand übergehen.

Alle Primordialblätter sind, wie durch das Experiment direkt nachgewiesen werden kann, befähigt, zu grünen Laubblättern sich zu entwickeln. Indem aber innere und äußere Ursachen die Anlagen während ihrer Ent-

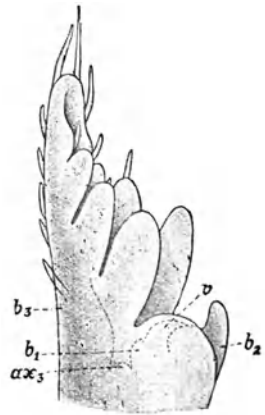


Fig. 50.
Sproßgipfel von *Ranunculus repens* ($32/1$). v der durchschimmernde Vegetationspunkt. b_1 b_2 b_3 Blattanlagen. ax_3 die Achselknospe des dritten Blattes.

tral gebaut. Der **Blattstiel** ist der verschmälerte und mehr oder minder stark verlängerte, meistens stabförmige untere Teil der Spreite, welcher die Blattfläche mit der Sproßachse verbindet. Als **Blattscheide** bezeichnet man den scheidenartig verbreiterten Blattgrund. Nicht selten treten bei Dikotylen am Blattgrunde neben dem Laubblatt andere blattähnliche Gebilde auf, welche von dem eigentlichen Blatt durch den Mangel einer Achselknospe verschieden sind. Sie werden als **Nebenblätter** bezeichnet.

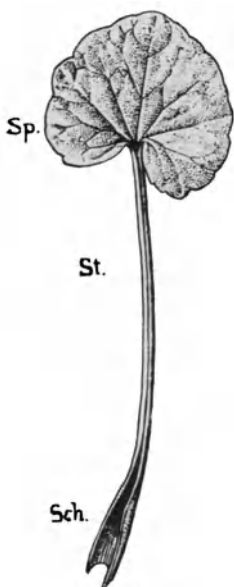


Fig. 51.

Blatt der Feigwurz.

Sp Blattspreite.

St Blattstiel.

Sch Blattscheide.

Nervatur. — Die wichtigste physiologische Funktion des Blattes, die Assimilation, welche unter der Einwirkung des Lichtes vor sich geht, wird vorwiegend durch die grün gefärbte Blattspreite verrichtet. Die flächenförmige Ausbreitung der Spreite hat daher für die Pflanze insofern eine Bedeutung, als auf diese Weise bei möglichst geringem Materialaufwand eine möglichst große Oberfläche dem Lichte dargeboten wird. Die Blattspreite stellt meistens eine dünne Gewebeplatte dar, welche von festeren Strängen, den Blattnerven, durchzogen wird. Die Blattnerven halten die zarte Platte flach ausgespannt und geben ihr Festigkeit gegen die Einwirkung des Regens und des Windes. Außerdem stellen sie die Leitbahnen dar, in welchen das von der Wurzel aufgenommene Wasser und die darin gelösten anorganischen Stoffe, vom Stamm aus zu dem assimilierenden Blattgewebe wandern, und durch welche die von den grünen Blattzellen erzeugten organischen Stoffe dem Stamme zugeführt werden. Diesen mehrseitigen Leistungen entspricht der Verlauf der Nerven in der Blattfläche. Er nimmt stets seinen Ausgang von der Basis der Spreite, d. h. bei sitzenden Blättern von der Anheftungsstelle, bei gestielten von der Einmündungsstelle des Stiels in die Spreite. Nach der Art der Ausbreitung der Nervatur

in der Spreite können zwei Typen des Blattbaues unterschieden werden: erstens die parallel- und bogennervigen Blätter, und zweitens die netznervigen Blätter. Bei den zum ersten Typus gehörigen Blättern treten mehrere annähernd gleichstarke, unverzweigte Nerven an der Basis in die Spreite ein, verlaufen parallel oder im Bogen nebeneinander, um gegen die Spitze hin zu konvergieren. Zarte Quernerven stellen seitliche Verbindungen (Anastomosen) zwischen den einzelnen Hauptnerven her. Dieser Typus des Blattbaues ist besonders in der Abteilung der monokotylen Samenpflanzen vertreten (Fig. 52 A u. B). Die netznervigen Blätter, denen wir besonders bei den Dikotylen und bei den Farnen begegnen, besitzen meist eine reichverzweigte Nervatur, deren einzelne Aeste oft durch zahlreiche Querverbindungen untereinander in Zusammenhang stehen, so daß ein Maschenwerk von Blattnerven vorhanden ist, dessen Lücken durch das Blattgewebe ausgefüllt werden. Man bezeichnet die netznervigen Blätter als fiedernervig, wenn ein Hauptnerv vorhanden ist, der die Blattspreite von der Basis bis zur Spitze durchzieht und an

welchem rechts und links in Abständen die Sekundärnerven entspringen (Fig. 52 C). Ist dagegen eine größere Anzahl annähernd gleichstarker Hauptnerven vorhanden, welche von der Basis der Spreite aus nach verschiedenen Seiten hin durch die Fläche ausstrahlen, so wird das Blatt als handnervig bezeichnet (Fig. 52 D).

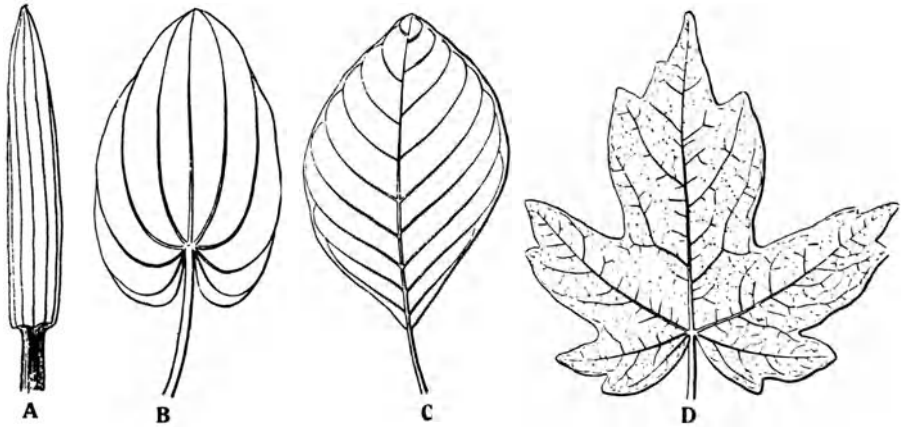


Fig. 52.

A parallelnerviges Blatt des Ruchgrases. **B** bogenennerviges Blatt des Froschlöffel.
C fiedernerviges Blatt des Faulbaums. **D** handnerviges Blatt des Feldahorn.

Zum Schutz der Blattfläche gegen Zerreißung durch Wind oder Regen finden wir die Nervatur in der Nähe des Blattrandes meistens besonders stark ausgebildet, sei es, daß die von den Hauptnerven zum Rande hin auslaufenden Sekundärnerven vor dem Rande umbiegen und bogenförmig zum nchstoberen Sekundärnerven hinüberziehen, oder sei es, daß zwischen den direkt zum Blattrande laufenden Sekundärnerven starke Querverbindungen parallel zum Blattrande vorhanden sind.

Welche Bedeutung die Ausbildung der Randnerven für die Erhaltung der Blattfläche besitzt, beweist das Beispiel der oft mehrere Meter langen Blätter der Bananen (*Musa*), denen die Randnerven fehlen. In windgeschützten Räumen, z. B. in unseren Gwchshusern, bleiben die Riesenbltter ganz; im Freien aber wird ihre Fläche durch den Wind sehr bald bis zum Mittelnerven hin in schmale Zipfel zerschlitzt (Fig. 53). Die Musabltter werden indes durch die Zerreißung in einzelne Zipfel nicht in ihrer Funktion ge-

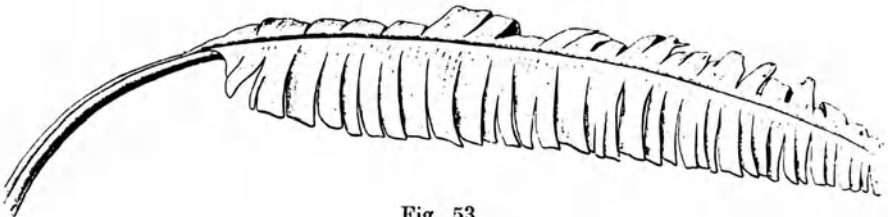


Fig. 53.

Blatt der Banane ($\frac{1}{25}$),
dessen Fläche durch den Wind in schmale Zipfel zerrissen ist.

stört; wäre die Zerreißung durch feste Randnerven verhindert, so wäre sicher der Wind, dem die großen Blätter eine wirksame Angriffsfläche darbieten, die ganzen Blätter, wenn nicht zugleich den Stamm umbrechen und die Existenz der Pflanze an Orten, welche dem Winde ausgesetzt sind, unmöglich machen.

Gestalt der Blattfläche. — Die Größe der Blattfläche steht zu den äußeren Lebensbedingungen der Pflanze in inniger Beziehung. Große Blattflächen bieten für die Pflanze den Vorteil, daß viel Licht aufgefangen wird und also eine ausgiebige Assimilation erfolgen kann. Je größer aber die Blätter sind, desto mehr Angriffspunkte bieten sie für Wind und Regen

dar; es müßte also, wenn die Blattfläche eine bestimmte Größe überschreitet, die Blattnervatur so kräftig ausgebildet sein, daß durch den dazu erforderlichen Materialaufwand der durch die Vergrößerung der assimilierenden Fläche erreichte Vorteil aufgehoben würde. Bei den großen Blättern der in allen botanischen Gärten kultivierten *Victoria regia* und bei anderen ähnlichen Bewohnern ruhiger Gewser wird der Anspruch an den Materialaufwand durch die Tragkraft des Wassers herabgemindert.

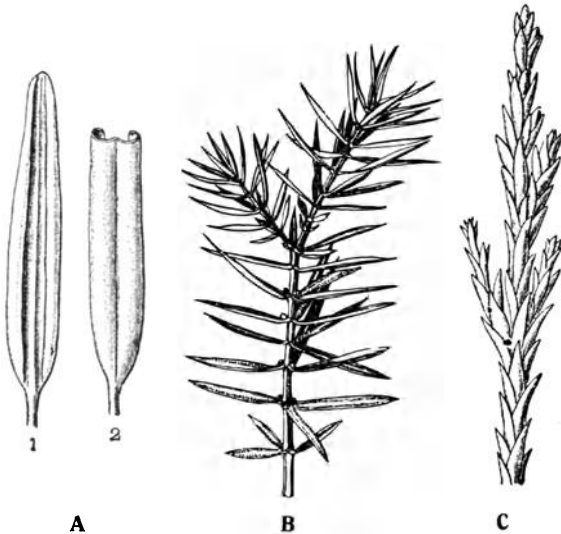


Fig. 54.

A Rollblatt des Sumpfporst ($\frac{?}{1}$). 1 von der Unterseite, 2 von oben. Bei 2 ist die Spitze fortgeschnitten, um die Einrollung zu zeigen. **B** Spro des Wachholder mit nadelförmigen Blättern. **C** Spro von *Sequoia gigantea* mit schuppenförmigen Blättern.

Eine Einrichtung, die Wirksamkeit des Windes und der Niederschläge auf große Blattflächen abzuschwächen, haben wir bei den Bananenblättern in der Zerschlitzbarkeit der

Blattfläche kennen gelernt. In ähnlicher Weise werden bei den Palmen, deren Blätter im Jugendzustande zusammenhängende, regelmäßig gefaltete Blattflächen besitzen, die Blätter nachträglich durch Absterben bestimmter Gewebepartien in regelmäßige Zipfel zerteilt. Bei anderen Pflanzen wird dasselbe Resultat erreicht, indem die Blattfläche sich verzweigt. Sie besteht dann im erwachsenen Zustande aus einzelnen Abschnitten (Blattlappen), welche durch mehr oder minder tiefe Einschnitte voneinander getrennt sind, oder es ist statt einer einzigen größeren Blattfläche eine Anzahl kleinerer Flächen (Blättchen) an demselben Blattstiel ausgebildet. Die Blätter letzterer Art werden als zusammengesetzte oder verzweigte Blätter bezeichnet.

Ein weiterer Umstand, der zur Blattgröße in enger Beziehung steht, ist der, daß die Menge des von der Pflanze durch Verdunstung abgegebenen Wassers um so größer wird, je größer die Oberfläche der Pflanze

ist. Große Blattflächen können also nur bei Pflanzen sich finden, denen eine ausgiebige Wasserzufuhr gesichert ist. Wo die Wasserversorgung eine spärliche ist, können nur Pflanzen mit kleinen Blättern existieren, an denen häufig noch besondere Einrichtungen zur Herabsetzung der Verdunstung sich finden. Eine derartige Einrichtung ist die Ausbildung von **Rollblättern** (Fig. 54 A); die kleine Blattfläche ist nicht flach ausgebreitet, sondern die Ränder sind eingerollt und umschließen an der Unterseite des Blattes eine schmale Rinne, in welcher die Austrittsöffnun-

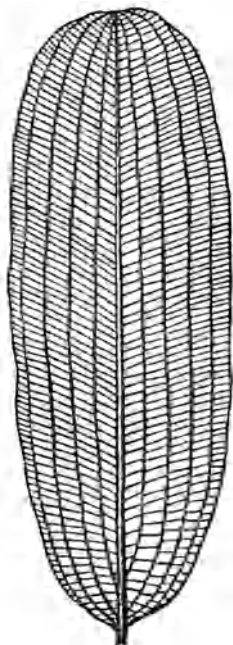


Fig. 55.

Gitterförmiges Blatt von *Ouvirandra fenestralis* ($\frac{1}{2}$).

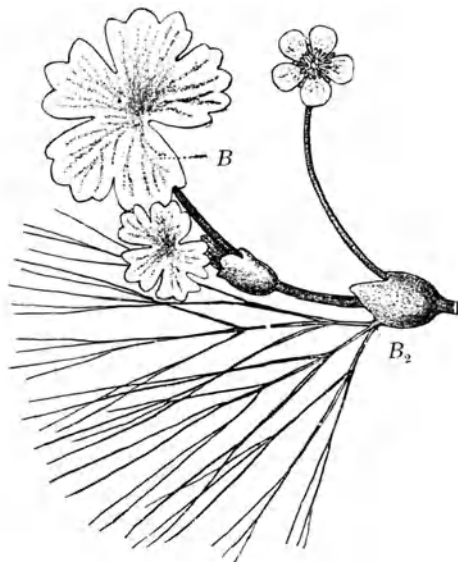


Fig. 56.

Sproß der Wasserranunkel.

B_2 ist ein in zahlreiche feine Zipfel zer-
teiltes Wasserblatt.

B_1 ist ein über die Wasseroberfläche her-
vortretendes Luftblatt.

gen für den Wasserdampf liegen. Die schmale Rinne stellt einen windstillen Raum dar, von welchem aus eine Abgabe des Wasserdampfes an die Atmosphäre nur langsam erfolgen kann.

Bei den **nadelförmigen Blättern** (Nadeln) vieler Coniferen ist die verdunstende Oberfläche dadurch verringert, daß überhaupt keine flächenförmige Ausbreitung der Blattspreite vorhanden ist (Fig. 54 B).

Die **schuppenförmigen Blätter**, die ebenfalls in der Gruppe der Coniferen (Fig. 54 C), aber auch in anderen Pflanzenfamilien sich finden, sind der Stammoberfläche dicht angeschmiegt, so daß die Abgabe des Wasserdampfes hier ebenfalls in einen windstillen Raum erfolgt. Andere Einrichtungen zur Herabsetzung der Verdunstung beruhen auf anatomischen Eigentümlichkeiten der Pflanzenteile und sind in einem späteren Abschnitt des Buches zu besprechen.

Im Gegensatz zu den Gewächsen mit spärlicher Wasseraufnahme stehen die Wasserpflanzen. Den gänzlich anderen äußeren Bedingungen,

unter welchen ihre untergetauchten Laubblätter stehen, entspricht eine Abänderung des Blattbaues, welche meistens schon in der äußeren Gestalt der Blätter deutlich zum Ausdruck kommt. In allen Fällen sind die Wasserblätter so gebaut, daß eine verhältnismäßig große Oberfläche mit dem Wasser in Berührung steht; die Blätter stellen entweder lange schmale Bänder dar, wie bei den meerbewohnenden Seegräsern, oder große dünne Flächen, wie die untergetauchten Blätter der Teichrosen, oder die Blattfläche ist in zahlreiche, bisweilen haarfeine Zipfel aufgelöst, wie bei den Wasserranunkeln (Fig. 56 D_2). Bei *Ouvirandra fenestralis*, einer tropischen Wasserpflanze (Fig. 55), ist sie von vielen fensterartigen Oeffnungen durchbrochen, so daß die ganze Blattfläche ein zartes Gitterwerk darstellt, welches dem Wasser eine im Verhältnis zu der Substanz des Blattes sehr große Berührungsfläche bietet.

Durchlöcherete Blattflächen kommen auch bei einigen Landpflanzen vor, z. B. bei der Aroidee *Monstera* (Fig. 57), welche wegen ihrer schönen Blätter häufig als Zierpflanze (*Philodendron*) gezogen wird, indes hat die Durchlöcherung hier für das Blatt kaum andere Bedeutung als die Zerteilung der Blattfläche zur Verringerung der Angriffsfläche für Wind und Regen.

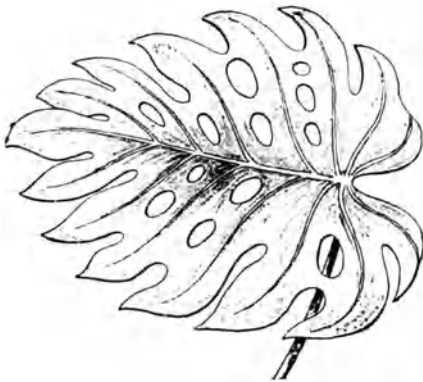


Fig. 57.

Durchbrochenes Blatt von *Monstera deliciosa*.

Manche Wasserpflanzen leben nur zu Anfang ihrer Entwicklung gänzlich untergetaucht, später erreichen sie mit ihren oberen Teilen den Wasserspiegel und entfalten einzelne Teile ihres Vegetationskörpers an der Luft. Bei ihnen finden wir außer den untergetauchten Wasserblättern auch Luftblätter vor, welche, entsprechend der veränderten Lebensbedingung, auch anderen Bau aufweisen als die ersteren. So bilden sich beim Pfeilkraut neben

bandförmigen Wasserblättern später Luftblätter mit pfeilförmiger Spreite. Bei der Wasserranunkel (Fig. 56) sind die Luftblätter flächenförmig ausgebreitet, die Wasserblätter dagegen in fadenförmige Zipfel zerteilt. Ein solches Vorkommen verschiedener Blattformen an derselben Pflanze wird als **Heterophyllie** bezeichnet.

Nur wenige Blattflächen sind ganzrandig, d. h. am Blattrande ohne Vorsprünge und Einschnitte, meist ist der Blattrand ausgezackt oder mit sägezahnähnlichen Vorsprüngen besetzt. Nicht selten läßt sich eine derartige Beschaffenheit des Blattrandes als eine Schutz Einrichtung gegen Verletzung durch das Zusammenschlagen bei windigem Wetter oder gegen das Zerfressenwerden durch Raupen und Käfer deuten. Die Spitze der Blattfläche ist meistens mehr oder minder weit vorgezogen und stellt bei vielen Pflanzen eine Träufelspitze, d. i. eine Abtropfvorrichtung dar zur schnellen Trockenlegung der Blattspreite nach Regenfall (Fig. 58). Bisweilen sind die Besonderheiten in Bau und Gestalt der Blattspitze darauf zurückzuführen, daß dieser Teil als Vorläuferspitze in der Ent-

wicklung voraueilend am jungen Blatt besondere Funktionen erfüllt. So tragen z. B. die Zweigspitzen vieler Lianen, solange sie noch nicht an einer Stütze befestigt sind und deswegen noch nicht die volle Belaubung zu tragen vermögen, nur die Vorläuferspitzen der Blätter als Assimilationsapparate. Bei einigen Monokotylen schließt die Vorläuferspitze wie ein Pfropf den von der Scheide des nächstälteren Blattes gebildeten, die Stammspitze bergenden Hohlraum nach oben hin ab.

Für den Gesamtumriß und die Zerteilung der Blattfläche und für die Form und Stellung der Blättchen bei den zusammengesetzten Blättern läßt

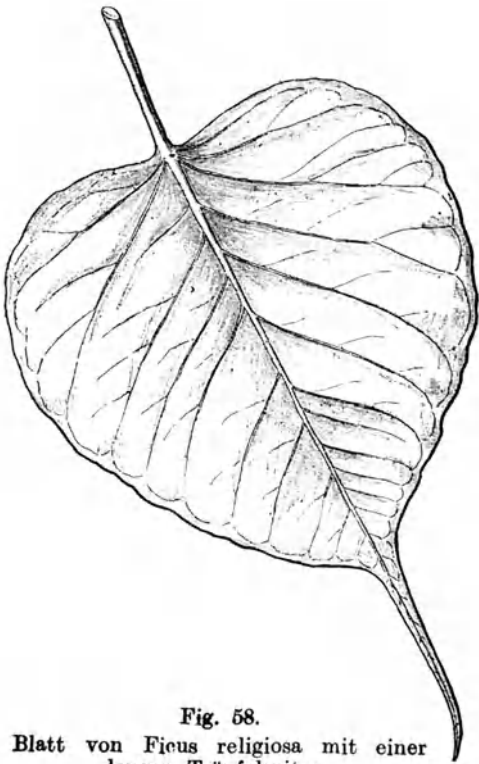


Fig. 58.

Blatt von *Ficus religiosa* mit einer langen Träufelspitze.

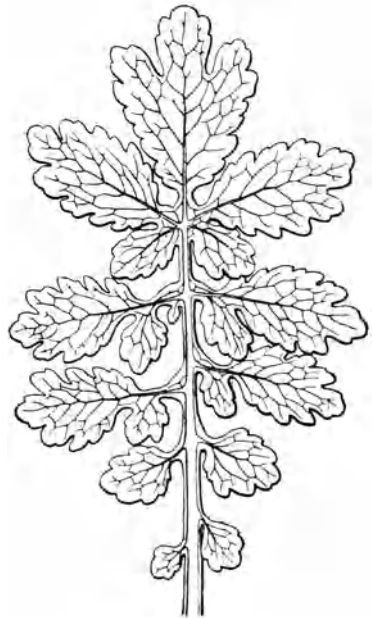


Fig. 59.

Blatt des Schöllkrautes mit ungleich großen und unsymmetrischen Blattabschnitten, welche so angeordnet sind, daß sie bei möglicher Ausnutzung der beleuchteten Fläche einander nicht im Lichtgenuß behindern. (Nach Goebel.)

sich im allgemeinen der Satz aufstellen, daß die Gestalt und Anordnung der die Assimilationsarbeit verrichtenden Flächenteile stets derartig ist, daß die Teile bei möglichst vollständiger Ausfüllung der vom Licht getroffenen Fläche sich gegenseitig in dem Lichtgenusse nicht wesentlich behindern. In dem fiederteiligen Blatt des Schöllkrautes (Fig. 59) sind die Blatfiedern derart ungleichseitig ausgebildet, daß sie möglichst große Flächenteile dem Lichte darbieten, ohne sich gegenseitig zu beschatten. Die unsymmetrische Gestalt und ungleiche Größe der Fiedern in dem doppelt zusammengesetzten Blatt von *Mimosa sensitiva* (Fig. 60) läßt die gleiche Deutung zu. Ebenso kann auch das Vorkommen von gänzlich unsymmetrischen

Blättern und die Anisophyllie, d. i. das Auftreten von ungleich großen Blättern an demselben Sprosse meistens zu dem obigen allgemeinen Satze in Beziehung gebracht werden.

Während meistens die Blattflächen so an den Pflanzen angeordnet sind, daß ihre Oberfläche horizontal gerichtet und dem Lichte zugewendet ist, nehmen bei einigen Pflanzen die Blattflächen durch Drehung eine vertikale Stellung an. Manche Sumpfpflanzen, wie *Typha* und *Sparganium*, deren Wurzeln im sauerstoffarmen Sumpfboden nur eine verhältnismäßig geringe Saugtätigkeit entfalten können, sind auf diese Weise gegen übermäßige Wasserverdunstung geschützt. Gewisse Pflanzen, welche an ihrem natürlichen Standorte intensiver Besonnung ausgesetzt sind, stellen ihre vertikal gerichteten Blattflächen vorwiegend in die Richtung des Meridians, so daß die Fläche derselben von der Mittagssonne nicht getroffen wird. Als Beispiele derartiger Kompaßpflanzen mögen *Sylphium laciniatum* und *Lactuca Sea-*



Fig. 60.

Blatt von *Mimosa sensitiva* (nach Goebel).

Die Blättchen sind unsymmetrisch und von ungleicher Größe. Sie decken die von Licht bestrahlte Fläche, ohne sich gegenseitig zu beschatten.

riola genannt sein. Bei *Allium ursinum* und einigen anderen dreht sich die Blattfläche vollständig um, so daß die morphologische Unterseite zur Oberseite wird.

Blattstiel. — Der Blattstiel befestigt die Spreite an dem Sproß, bringt dieselbe in eine günstige Lage zum Licht und ermöglicht ihr, dem Anprall von Wind und Regen auszuweichen, zugleich stellt der Stiel für den Stofftransport im Innern der Pflanze die Verbindung zwischen Sproß und Blattfläche her. Bei einigen Wasserpflanzen, *Pontederia* und *Trapa*, schwellen die Blattstiele sehr stark auf, sie werden fast ei- oder kugelförmig. In ihnen befinden sich große luffterfüllte Hohlräume, durch welche die Schwimmfähigkeit der betreffenden Pflanzenteile wesentlich erhöht wird. Gelegentlich ist an den Flanken des Blattstieles eine blattspreitenähnliche Verbreiterung vorhanden, die den Blattstiel befähigt, an der Assimilationsarbeit des Blattes direkten Anteil zu nehmen. Der Blattstiel wird dann als geflügelt bezeichnet (Fig. 63 A).

Bei einigen Gewächsen, deren Blattspreiten verkümmert sind, übernimmt der blattartig verbreiterte Blattstiel allein die Assimilation. Man nennt in solchen Fällen das Assimilationsorgan ein **Phyllodium**.

Die Fig. 61 stellt eine Keimpflanze einer Akazie dar, welche im erwachsenen Zustande nur Phyllodien besitzt. Die ersten Blätter der jungen Pflanzen entwickeln indes noch eine zusammengesetzte Blattspreite und die darauf folgenden Blätter zeigen alle Uebergänge zu den Phyllodien, so daß über die morphologische Natur dieser Gebilde als verbreiteter Blattstiele kein Zweifel bestehen kann. Durch die Phyllodienbildung wird im vorliegenden Fall zugleich mit der Verringerung der transpirierenden Oberfläche eine Vertikalstellung der assimilierenden Flächen erreicht.

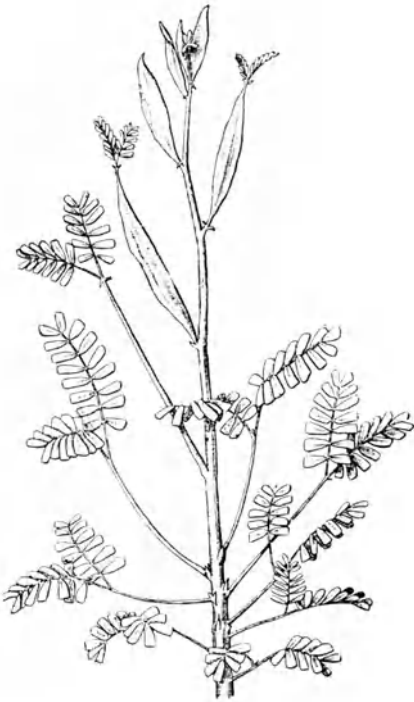


Fig. 61.

Keimpflanze von *Acacia melanoxyloides* (verkleinert). Die unteren Blätter bilden Blattspreiten aus, die oberen sind Phyllodien. Die Uebergangsformen zwischen beiden zeigen, daß die letzteren verbreiterte Blattstiele sind, deren Spreiten verkümmern.



Fig. 62.

Blattscheiden der oberen Blätter einer Umbellifere, *Angelica silvestris*.

Gewöhnlich ist der Blattstiel an dem unteren Rande der Blattspreite eingefügt, nur bei den **schildförmigen** Blättern liegt die Einfügungsstelle des Stieles vom Blattrande entfernt auf der Unterseite der Spreite (Fig. 63B). Die Entwicklungsgeschichte lehrt, daß diese Anheftungsweise dadurch zustande kommt, daß eine dicht am Stielansatz liegende Zone des Oberblattes spreitenartig auswächst und eine Fortsetzung der Blattfläche über den Stielansatz hinaus bildet.

Schildförmige Blätter treten vorwiegend bei Pflanzen mit zerstreuter Blattstellung auf. Sie finden sich bei manchen Wasserpflanzen mit oberflächlich schwimmenden Blättern, an denen die zentrale Anheftung des Blattstieles eine gleichmäßigere Verteilung des von ihm ausgeübten Zuges auf die schwimmende Spreite bewirkt, während zugleich der ringsum freie Blattrand der Wellenbewegung auf der Wasseroberfläche zu folgen vermag, ohne benetzt zu werden. Bei kriechenden oder kletternden Landpflanzen erscheint das schildförmige Blatt besonders geeignet, der Spreite eine günstige Lage zum Licht zu geben. Ein Abfließen des von der Spreite aufgefangenen Regenwassers über den Blattstiel zum Sproß wird durch die Schildform der Fläche unmöglich gemacht.

Den Laubblättern mancher Gewächse, besonders unter den Monokotylen, fehlt der Blattstiel gänzlich, sie werden gegenüber den gestielten Blättern als sitzende Blätter bezeichnet.

Blattscheide. — Eine Blattscheide findet sich an den Blättern der meisten Monokotylen (Fig. 63 C, D). Unter den Dikotylen zeigen z. B. die

Umbelliferen wohlentwickelte Blattscheiden (Fig. 62). Die

Blattscheide stellt den mehr oder minder weit um die Sproßachse herumgreifenden abgeflachten Blattgrund dar. Sie bildet am heranwachsenden Blatt häufig ein Schutzorgan für die von ihr eingeschlossenen jüngeren Sproßabschnitte und deckt im ausgewachsenen Zustande die Achselknospe des Blattes.



Fig. 63.

A Blatt von Citrus mit geflügeltem Blattstiel ($\frac{1}{2}$). B schildförmige Blätter der Kapuzinerkresse ($\frac{1}{2}$). C mittlerer Teil des Blattes des Rispengrases. Bl Blattfläche. S Scheide. L Ligula. D schwertförmiges Blatt der Schwertlilie ($\frac{1}{4}$).

Bei manchen Monokotylen, z. B. den Gräsern und Halbgräsern, bildet die Scheide eine röhrenförmige Umhüllung des Stengels und schützt zugleich die unteren, weichen, noch im Wachstum begriffenen Teile des Internodiums. An der Uebergangsstelle von der Blattscheide zur Blattspreite befindet sich bei vielen Gräsern und gelegentlich auch in anderen Pflanzengruppen auf der Oberseite der Spreite ein häutiger Auswuchs die **Ligula**, welche gleichsam eine Verlängerung der Blattscheide über die Ansatzstelle hinaus darstellt (Fig. 63 C) und welche am heranwachsenden Blatt den die junge Sproßspitze einschließenden Hohlraum der Scheide nach oben hin abschließt. Während im allgemeinen die Fläche der Scheide

ungestielter Blätter direkt in die Blattfläche übergeht, erscheint bei den **schwertförmigen** Blättern der Schwertlilien, des Kalmus und bei einigen anderen Monokotylen die Blattfläche als ein verlängerter kielförmiger Ansatz an der Außenseite der winkelig gefalteten Blattscheide (Fig. 63 D). Die biologische Bedeutung der schwertförmigen Blätter liegt hauptsächlich in der die Wasserverdunstung beeinflussenden Vertikalstellung der assimilierenden Flächen.

Nebenblätter. — Die seitlich am Grunde der Laubblätter mancher Dikotylen entspringenden Nebenblätter sind bisweilen durch einen scheidenförmigen Teil mit dem Blattstiel verbunden, in anderen Fällen stehen sie frei beiderseits neben der Blattinsertion. Gewöhnlich entstehen die Nebenblätter frühzeitig an den Blattanlagen. Sie entwickeln sich bei manchen Pflanzen so früh, daß sie die Sproßspitze vollständig überdecken und eine schützende Hülle für dieselbe bilden. Wenn das nächste Blatt sich entfaltet, werden dann meistens die überflüssig gewordenen Schutzorgane bald abgeworfen. In anderen Fällen entwickeln sich die Nebenblätter zugleich mit dem Blatt und werden zu grünen laubblattähnlichen

Assimilationsorganen (Fig. 64 A). Die tutenförmigen Hüllen, welche bei

einigen Dikotylen, z. B. den Feigenbäumen, dem Tulpenbaum (Fig. 64 C) und den Magnolien, den Sproßscheitel und die jüngsten Blattanlagen schützend umschließen, sind ebenfalls Nebenblattgebilde. Sie werden durch das Wachstum der jüngeren von ihnen eingehüllten Teile des Sprosses schließlich auseinandergedrängt. Bei den Knöterichgewächsen wird die Blatttute an der Spitze durch den fortwachsenden Sproß durchbrochen und bleibt als scheidenförmige Hülle, welche als **Ochrea** oder als **Blattstiefel** bezeichnet wird, am Grunde des Internodiums erhalten (Fig. 64 B).

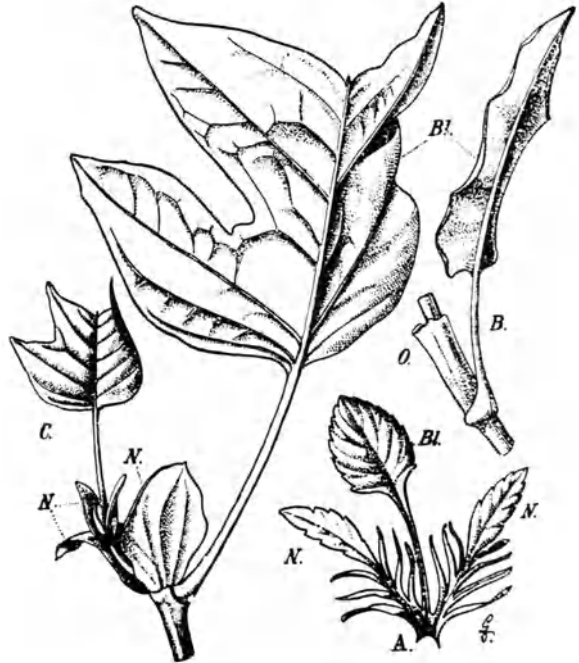


Fig. 64.

A Blatt des Stiefmütterchen mit laubblattartig entwickelten Nebenblättern *N*. **B** Blatt des Knöterich ($\frac{1}{2}$). Die Nebenblätter bilden eine Ochrea, eine den Sproß umhüllende Röhre *O*. **C** Sproßgipfel des Tulpenbaums (nach Payer). Die Nebenblätter des jüngsten Blattes bilden eine schützende Hülle um die jüngeren Sproßteile; die Hülle löst sich in zwei den Nebenblättern entsprechende Teile *N* auf.

Blätter ohne Stiel und Scheide. — Blätter, denen Stiel und Scheide gänzlich fehlen, sind meist mit breitem Grunde dem Sproß angeheftet. Wenn dabei der Grund der Spreitenhälften jederseits vorgezogen ist und mehr oder minder weit um den Sproß herumgreift, so wird das Blatt als **stengelumfassend** bezeichnet (Fig. 65 A). Das stengelumfassende Blatt bildet einen Uebergang zu dem **durchwachsenen Blatt**, bei welchem die um den Sproß herumgreifenden basalen Lappen der Spreitenhälften miteinander vereinigt sind (Fig. 65 B). Wenn zwei an demselben Stengelknoten einander gegenüberstehende Blätter mit ihrer Basis seitlich von der Ansatzstelle zusammengewachsen sind, so heißt das Gebilde ein **verwachsenes Blatt** (Fig. 65 C). Als **herablaufende Blätter** bezeichnet man

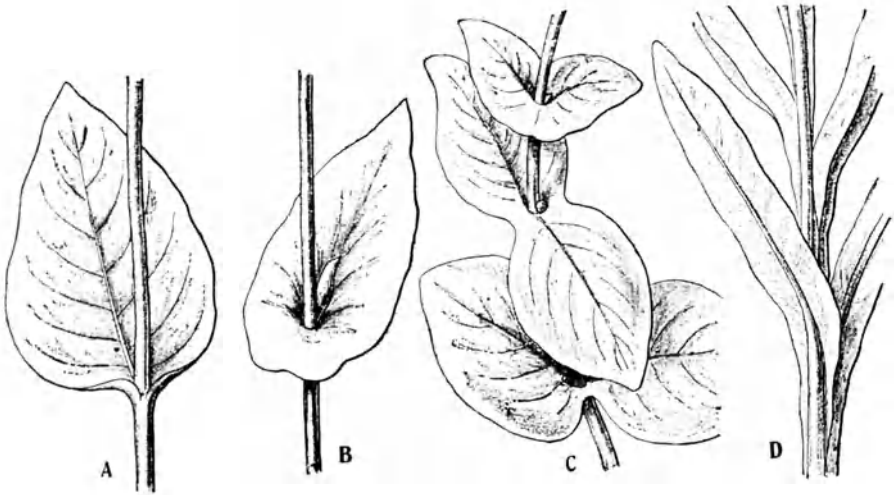


Fig. 65.

A Stengelumfassendes Blatt von *Hieracium amplexicaule* ($\frac{1}{2}$). **B** durchwachsenes Blatt von *Bupleurum rotundifolium*. **C** Sproßstück von *Lonicera Caprifolium* mit verwachsenen Blättern. **D** Sproßstück von *Centaurea montana* mit herablaufenden Blättern.

stiel- und scheidenlose Blätter, deren Blattfläche sich über die Ansatzstelle hinaus an dem darunter gelegenen Stengelinternodium als flügelartige Verbreiterung fortsetzt (Fig. 65 D).

4. Umgebildete Blätter.

Blattranken. — Bei manchen Kletterpflanzen bestehen die Kletterorgane aus umgebildeten Blättern. Der einfachste Fall ist dabei, daß, ohne weitere Aenderung des Blattbaues, der Blattstiel gegen Berührung reizbar ist und sich um die Stütze herumwindet, wie es bei den schildförmigen Blättern der Kapuzinerkresse und anderen der Fall ist.

Weitergehende Metamorphose der Blätter treffen wir in der Familie der Leguminosen an. Dort sind häufig die gefiederten Blattspreiten in

ihrem oberen Teil in eine fadenförmige, einfache oder verzweigte Ranke verwandelt, während sie unten normale Fiederblättchen tragen. Bei *Lathyrus Aphaca* sind nur die Nebenblätter als assimilierende Flächen erhalten geblieben, während das ganze übrige Blatt eine reizbare Ranke darstellt (Fig. 66).

Bei der Keimung entwickelt diese Pflanze erst einige spreitentragende Blätter, an welche sich später in allmählicher Abstufung metamorphosierte Blätter anschließen, bis endlich nur noch Blattranken und Nebenblätter ausgebildet werden (Fig. 67).

Den umgekehrten Fall, wie bei *Lathyrus Aphaca*, finden wir in der zu den Monokotylen gehörigen Gattung *Smilax*. Dort ist die eigentliche Blattspreite wohl ausgebildet, während sich aus dem Blattgrund Ranken entwickeln.

Dornen. — Die Umbildung von Blatteilen oder Blättern zu Dornen, die gegen das Gefressenwerden durch größere Tiere schützen, ist nicht selten. Bei dem in Fig. 69 A abgebildeten Blatt einer *Acacia* sind nur die Nebenblätter derartig entwickelt. Für die



Fig. 66.

Sproßstück von *Lathyrus Aphaca*.
N Nebenblätter. *R* das als Ranke
ausgebildete Oberblatt.

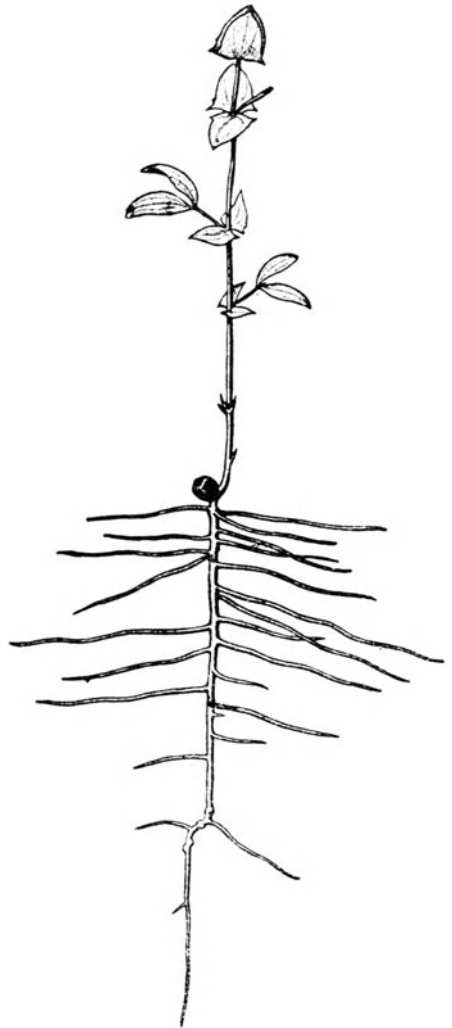


Fig. 67.

Keimpflanze von *Lathyrus Aphaca*.

Die ersten Blätter besitzen noch eine Spreite, an
den späteren wird dieselbe zur Ranke umgebildet.

Umbildung des ganzen Blattes bietet der Sauerdorn, *Berberis*, ein bekanntes Beispiel. Man findet bei demselben oft an einem Sprosse alle Uebergänge von Blättern mit dorniggezähntem Rande bis zu den charakteristischen handförmig geteilten Blattdornen mit Achselknospen, welche

die Blattnatur der Dornen ohne weiteres erkennen lassen (Fig. 69 B). Bei der in Fig. 68 abgebildeten Astragalusart werden die Blattspindeln der paarig gefiederten Laubblätter, indem sie die Fiederblättchen verlieren, nachträglich zu harten Dornen.

Sukkulente Blätter. — Die Blätter vieler Mesembryanthemum- und Sedumarten, ferner diejenigen der Agaven und Aloën und mancher anderen Gewächse, die trockene Standorte bewohnen, haben neben ihrer assimilatorischen Tätigkeit die Funktion von Wasserspeichern übernommen (Fig. 69 C). Man bezeichnet derartige Pflanzen als **Blattsukkulente**. Die Blattspreite ist bei ihnen nicht eine dünne Gewebeplatte, sondern ein



Fig. 68.

Zweig von *Astragalus tragacantha* mit Blattdornen welche aus den Spindeln der gefiederten Blätter hervorgegangen sind.

mehr oder minder dicker, fleischiger außen grün gefärbter Körper. Die im Innern gelegenen saftreichen Gewebeteile liefern bei eintretender Dürre die Feuchtigkeit zur Unterhaltung der Lebensprozesse im Blatte.

Tierfallen. — Eine der merkwürdigsten Blattmetamorphosen ist die Umbildung von Blättern oder Blattteilen der fleischfressenden Pflanzen (Insektivoren) zu Fangapparaten. Bei den wasserbewohnenden Utricularien bilden einzelne Zipfel der vielfach zerteilten Tauchblätter blasenförmige Klappfallen (Fig. 70 a). Der enge Eingang der Blase ist durch eine bewegliche, nur nach innen sich öffnende Klappe verschlossen. Der durch gewisse Lebensvorgänge im Innern der Blase entstehende Unterdruck bewirkt, daß kleine Lebewesen, welche die Klappe von außen berühren, in die Blase hineingesaugt werden, wo sie zugrunde gehen und der Pflanze als Nahrung dienen. Bei den Nepenthesarten, den Sarraceni

en, sind die Blätter oder einzelne Teile derselben zu becher- oder kannenförmigen Gebilden geworden, welche zum Teil mit unterschiedlicher Flüssigkeit gefüllt sind und Fallgruben darstellen, denen die gefangenen Gliedertiere nicht zu entgehen vermögen (Fig. 70 b u. c). Das in Fig. 70 b dargestellte Blatt einer Nepenthesart zeigt dreifache Metamorphose: die Spreite ist zur Kanne umgebildet, der Blattgrund ist als Phyllodium, der Blattstiel als Ranke ausgebildet.

Niederblätter. — Mit dem gemeinschaftlichen Namen Niederblätter hat man ursprünglich gewisse Blattmetamorphosen bezeichnet, welche unterhalb der Laubblattregion an vielen Pflanzen auftreten. Die Analogie zwingt uns aber, gewisse Blattbildungen an der Basis von Seitensprossen, welche hoch oben am Pflanzenkörper entspringen, auch als Niederblätter zu bezeichnen, und an Sprossen, bei denen die Entwicklung der Endknospe

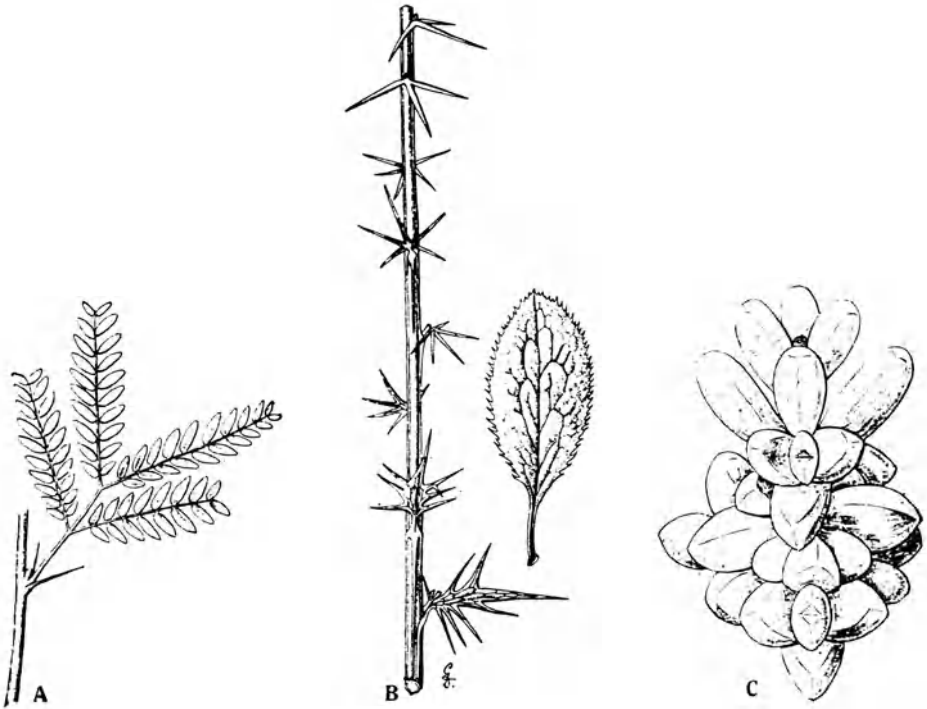


Fig. 69.

A Blatt von *Acacia eburnea*, dessen Nebenblätter zu Dornen umgewandelt sind. **B** Zweig des Sauerdorn mit Blattdornen und Uebergangsformen zwischen Laubblättern und Dornen ($\frac{1}{2}$). **C** Sproß von *Mesembryanthemum elegans* mit dicken fleischigen Blättern.

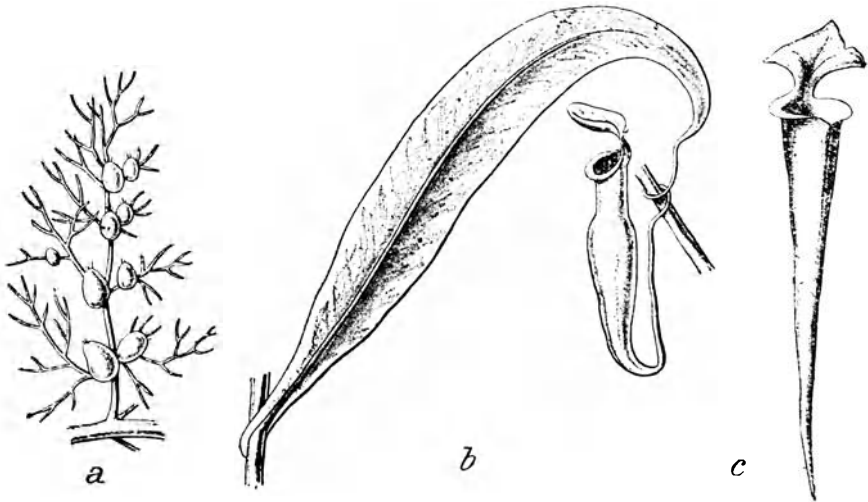


Fig. 70.

a Blattstück von *Utricularia vulgaris* mit zahlreichen Blasen. **b** Blatt von *Nepenthes Mastersii* mit einer kannenformigen Tierfalle ($\frac{1}{3}$). **c** Becherförmiges Blatt von *Sarracenia flava* ($\frac{1}{3}$).

durch Ruheperioden unterbrochen wird, wechseln meistens Laubblätter und Niederblätter miteinander ab. Die Niederblätter gehen aus gleichen Anlagen wie die Laubblätter hervor. Diese Anlagen schlagen aber infolge des Einflusses innerer und äußerer Umstände frühzeitig einen eigenen Entwicklungsgang ein, welcher von dem des Laubblattes wesentlich verschieden ist. Meist werden sie schuppenförmig, indem nur der Blattgrund sich entwickelt, das Oberblatt aber gänzlich oder teilweise verkümmert (Fig. 71). Häufig sind die Niederblätter besonders an unterirdischen Sprossen als die Ueberreste der funktionslos gewordenen und deshalb verkümmerten Laubblätter anzusehen, welche für die Lebensverrichtungen der Pflanze keine Bedeutung mehr haben, in anderen Fällen aber haben dieselben besondere biologische Funktionen übernommen und besitzen dementsprechend eine eigenartige Ausbildung.

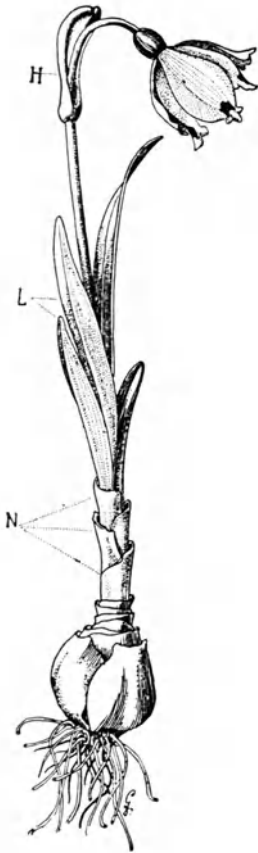


Fig. 71.

Leucojum vernum ($\frac{1}{2}$).
N Niederblätter. L Laubblätter. H Hochblatt.

An manchen unterirdischen Rhizomen mehrjähriger Pflanzen sind die Niederblätter als dicke, fleischige Schuppen entwickelt, deren Gewebe mit Reservestoffen erfüllt ist. Diese **Reservestoffbehälter** sind bei manchen Gewächsen in zerstreuter Stellung an den mit gestreckten Internodien versehenen Rhizomen angeordnet. Bei den **Zwiebeln** vieler Monokotylen steht dagegen eine größere Anzahl von reservestoffreichen Niederblättern dicht gedrängt an einer kurzen Achse. Die Schuppen erlangen hier eine bedeutende Flächenausdehnung; die inneren werden von den äußeren dicht umhüllt, so daß ein festes, knollenähnliches Gebilde entsteht (Fig. 72 A).

Indem die zur Zwiebel vereinigten Niederblätter die Sproßachse und die an derselben vorhandenen Knospen fest umhüllen, sind sie zugleich Schutzorgane für die jugendlichen Anlagen. Die Funktion einer schützenden Hülle für junge Sproßanlagen kommt den Niederblättern auch sonst in vielen Fällen zu. An der Basis der jüngsten Zweige unserer Holzgewächse finden wir im Frühling gewöhnlich einige schuppenförmige Niederblätter, welche eine lederige Beschaffenheit be-

sitzen (Fig. 73). Es sind die **Knospenschuppen**, welche die Anlage des Zweiges im Knospenzustande umhüllten und gegen ungünstige äußere Einflüsse schützten. Wenn sich die Knospe zum Zweig entwickelt, werden die Knospenschuppen abgeworfen. Bei einigen Holzgewächsen sind zwischen den typischen Knospenschuppen und den Laubblättern Uebergangsformen vorhanden, welche erkennen lassen, daß die Knospenschuppen in der Tat als umgewandelte Laubblätter anzusehen sind (Fig. 72 B). An den Knospen einiger Holzpflanzen, z. B. des Schneeballs, *Viburnum* (Fig. 74),

und der meisten Kräuter sind die äußersten Blätter, welche zeitweilig als Schutzorgane der Anlage dienen, nicht abweichend gebaut und entwickeln sich nachträglich gleich den übrigen Blattanlagen zu Laubblättern; man bezeichnet die Knospen in diesem Falle als nackte Knospen.

Derartige nackte Knospen treten in sehr charakteristischer Ausbildung als Ueberwinterungsorgane bei untergetaucht lebenden Wasserpflanzen wie *Utricularia*, *Myriophyllum*, *Potamogeton* u. a. auf. Die Sproßspitze bedeckt sich im Herbst mit Blatt-

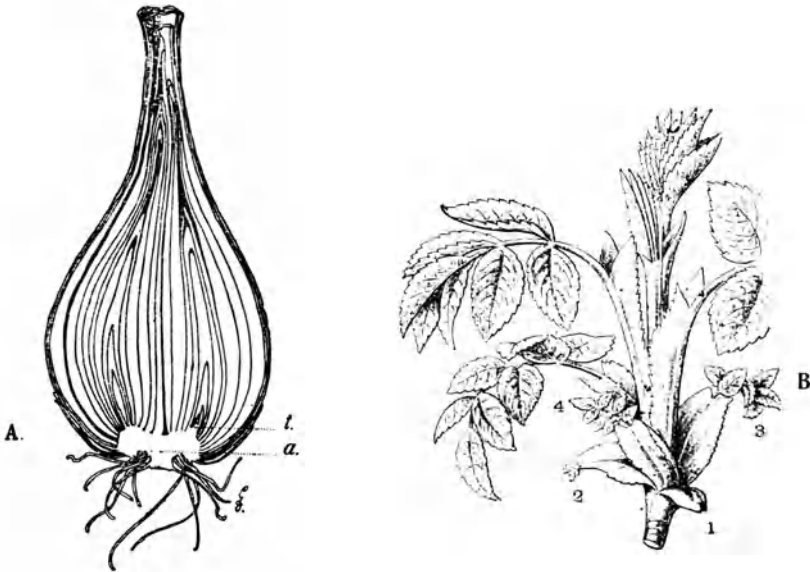


Fig. 72.

A Längsschnitt einer Zwiebel von *Allium Cepa*. *a* der scheibenförmige Teil der Sproßachse, welche die Zwiebelschuppen und die Laubblätter trägt. *t* die Endknospe eines Sprosses, aus welcher sich ein oberirdischer Laubsproß entwickelt. **B** austreibende Zweigknospe einer Rose (nach Payer), am Grunde mit Knospenschuppen und mit Uebergangsformen zwischen diesen und Laubblättern 1—4.

anlagen, welche knospenartig zusammenschließend eine feste kugelige oder keulenförmige Winterknospe (Hibernakel) bilden. Dieselbe löst sich von der sie tragenden Achse ab und ruht während des Winters im Schlamm, um im Frühling die Blätter zu entfalten und am Gipfel durch Wachstum neue Anlagen hervorzubringen.

Zu den Niederblättern kann man endlich auch die Kotyledonen der Keimpflanzen rechnen, deren Leistung als Reservestoffbehälter, als erste Assimilationsorgane oder als Saugorgane zur Aufnahme der im Samenendosperm vorhandenen Nährstoffe früher schon erwähnt worden ist (vgl. S. 5).

Hochblätter. — Als Hochblätter werden die Blattgebilde oberhalb der Laubblattregion des Sprosses bezeichnet, welche in Form, Farbe oder sonstigen Eigenschaften von den Laubblättern verschieden sind (Fig. 71). Sie sind gleichfalls metamorphosierte Laubblätter und oft durch mancherlei Uebergänge mit den Laubblättern verbunden. Hochblätter finden sich nur in der Blütenregion des Sprosses. Die eingehendere Besprechung derselben gehört also in das die Blüte behandelnde vierte Kapitel.

5. Der vegetative Sproß der niederen Pflanzen.

Die gefäßlosen Pflanzen haben, soweit bei ihnen überhaupt ein gegliederter Vegetationskörper vorhanden ist, sehr einfach gebaute Sprosse (Fig 75). Das Stämmchen der Laubmoose ist meistens fadenförmig dünn, bei einigen Arten wächst es senkrecht aufwärts, bei anderen kriecht es am Boden hin, neben einfachen kommen auch reich verzweigte Sproßachsen vor. Bisweilen führt die Arbeitsteilung zur Ausbildung rhizomartig kriechender Sprosse mit verkümmertem Blattbildung, aus denen aufrechte beblätterte Seitensprosse entspringen. Die sitzenden Blätter sind klein und zart, die Nervatur fehlt entweder gänzlich oder es ist eine Mittelrippe vorhanden, die bisweilen noch von Randnerven begleitet wird. Die Blattspreite ist meist einfach und flach ausgebreitet oder muschelartig gekrümmt. Die Blätter der Lebermoose sind häufig gelappt, gespalten oder geteilt und bisweilen mit blasenförmigen Wassersäcken ausgerüstet. Bei den Lebermoosen mit thallosem Sproß sind keine Blätter ausgegliedert, der ganze

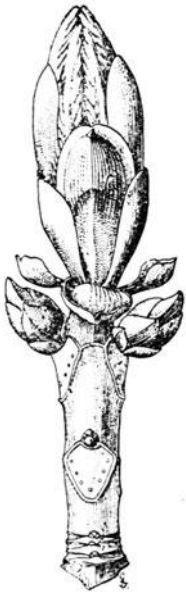


Fig. 73.

Knospenschuppen an der aufbrechenden Knospe der Roßkastanie *Aesculus Hippocastanum*.



Fig. 74.

Nackte Knospe des Schneeballs, *Viburnum Lan-tana*.

Sproß stellt eine laubartige Assimilationsfläche mit dorsiventralem Bau dar, welcher mit zarten Haarwurzeln am Boden befestigt ist (Fig. 19).

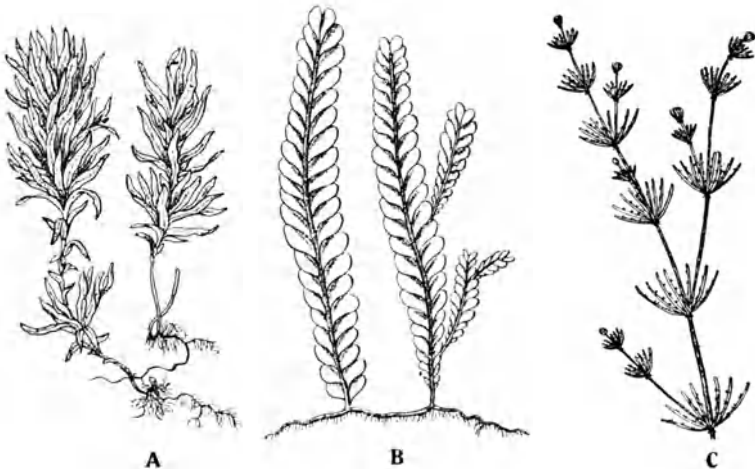


Fig. 75.

A Sprosse eines Laubmooses *Atrichum undulatum*. **B** Sprosse eines beblätterten Lebermooses, *Plagiochila asplenioides*. **C** Sproß einer Armleuchteralge, *Chara contraria*.

Unter den Algen besitzen die Armleuchteralgen verhältnismäßig reichgegliederte Sprosse. Es ist eine Sproßachse mit unbegrenztem Spitzenwachstum vorhanden, aus deren durch längere Zwischenglieder getrennten Knoten Blätter mit begrenztem Wachstum und Seitensprosse entspringen (Fig. 75 C). Die Blätter sind cylindrisch, einfach oder verzweigt, und wie die Zwischenglieder der Sproßachse, grün gefärbt. Die thallosen Sprosse der Meeresalgen besitzen zum Teil gleichfalls eine verhältnismäßig weitgehende Gliederung. So kann man an der Siphonee *Caulerpa*, welche einen sehr einfachen anatomischen Bau aufweist, einen rhizomartig kriechenden bewurzelten Teil unterscheiden, an welchem nach oben hin laubartig ausgebreitete Assimilationsflächen stehen (Fig. 76). Der Sproß der riesenhaften Meeresalge *Macrocystis* ist mit einem wurzelartigen Haftorgan am Meeresboden befestigt; er erhebt sich als cylindrischer Strang bis an die Oberfläche des Wassers und trägt dort blattähnliche seitliche Anhängsel. Die Entstehung dieser blattähnlichen Gebilde weicht von derjenigen der Blätter höherer Pflanzen wesentlich ab. Unmittelbar hinter dem Vegetationspunkt stellt der Sproß eine thallose Fläche dar, aus welcher erst durch nachträgliche Spaltung die Achse und die seitlichen Anhängsel ausgegliedert werden. Häufig sind aber die Sprosse der Algen viel einfacher gebaut, wie die früher schon erwähnten Beispiele von *Dictyota* (Fig. 8) und *Botrydium* (Fig. 1) zeigen.

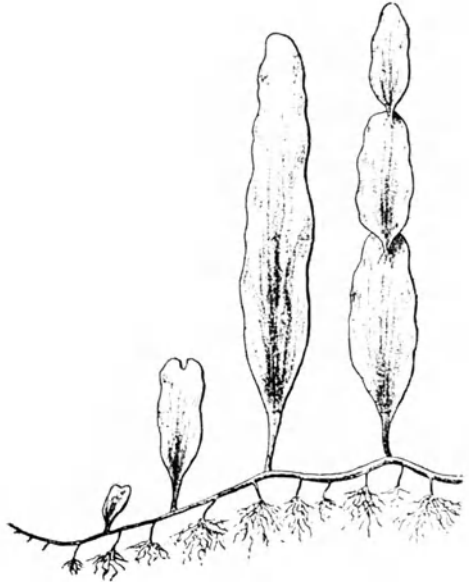


Fig. 76.
Vegetationskörper der Meeresalge
Caulerpa prolifera.

Viertes Kapitel. Die Blüte.

Die Fortpflanzungsorgane, welche die geschlechtliche Fortpflanzung vermitteln, entstehen bei den Gefäßpflanzen an Blättern. Bei vielen Farnen sind die grünen Laubblätter direkt die Träger der hier als Sporangien bezeichneten Fortpflanzungsorgane, bei anderen Gefäßkryptogamen dienen

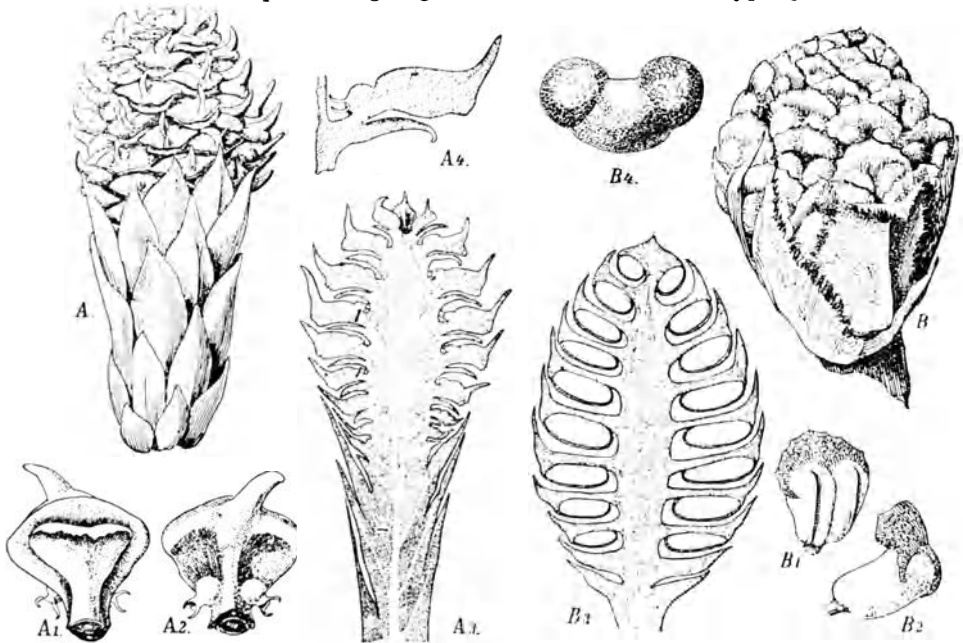


Fig. 77.

A weibliche Blüte von *Pinus silvestris*. A_1 Fruchtblatt von unten, A_2 dasselbe von oben mit den zwei Samenanlagen. A_3 ganze Blüte, A_4 einzelnes Fruchtblatt im Längsschnitt. B männliche Blüte von *Pinus silvestris*. B_1 B_2 einzelnes Staubblatt von unten und von der Seite. B_3 Blüte im Längsschnitt B_4 Pollenkorn stärker vergrößert.

diesem Zwecke besondere, mehr oder weniger modifizierte Blätter, welche als Sporophylle bezeichnet werden. Dieselben stehen entweder zwischen den Laubblättern oder sie sind, wie z. B. bei den Schachtelhalmen und den meisten Bärlappgewächsen, an einem besonderen Abschnitt des vegetativen Sprosses zusammengestellt. Im letzteren Falle kann man den mit Sporophyllen besetzten Sproßabschnitt als eine Blüte bezeichnen. Da indes die Blüten der Gefäßkryptogamen im wesentlichen dieselben morpho-

logischen Verhältnisse aufweisen wie die vegetativen Sprosse und durch alle Uebergänge mit den letzteren verknüpft sind, so bedürfen sie an dieser Stelle keiner besonderen Erörterung.

Die Samenpflanzen besitzen immer besondere, reproduktive Sprosse oder Sproßabschnitte, welche statt der Laubblätter Sporophylle tragen und allgemein als Blüten bezeichnet werden. Die an den Sporophyllen auftretenden, den Sporangien des Farns entsprechenden Fortpflanzungsorgane werden als männliche und weibliche, als Pollensäcke und Samenanlagen, unterschieden. Meist sind an den Blüten neben den Sporophyllen noch andere metamorphosierte Blattoorgane vorhanden, welche schützende Hüllen für die Sporophylle darstellen oder in anderer Weise an dem Zustandekommen der geschlechtlichen Fortpflanzung mitwirken.

Man teilt nach der Beschaffenheit der Blüten die Samenpflanzen in Angiospermen und Gymnospermen. Bei den Angiospermen sind die Sporophylle, welche die Samenanlagen tragen, zu einem geschlossenen, kapselartigen Gehäuse, dem Fruchtknoten, verwachsen; bei den Gymnospermen stehen sie frei nebeneinander an der Blütenachse.

A. Die Blüte der Gymnospermen.

Zu den gymnospermen Samenpflanzen gehören die Nadelholzgewächse und die ausländischen Cycadeen und Gnetaceen. Ihre einfachen Blüten schließen sich in ihrer Ausgestaltung nahe an die bei gewissen Gefäßkryptogamen auftretenden Blütenbildungen an. Nur ausnahmsweise bei den Cycadeen nimmt die Blüte den Gipfel des Hauptsprosses ein; meist sind die Blüten Seitensprosse höherer Ordnung. Nach der Natur der gebildeten Fortpflanzungsorgane werden

Staubblätter und Fruchtblätter unterschieden. Die Blüten der Gymnospermen sind stets eingeschlechtlich; die männlichen

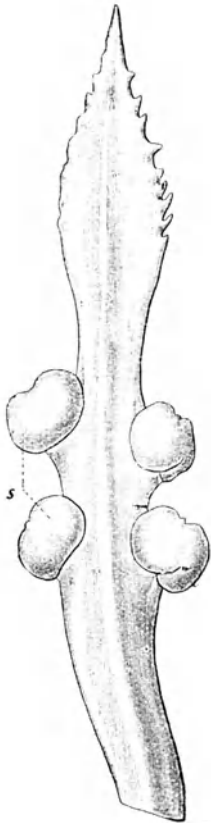


Fig. 78.

Fruchtblatt von *Cycas circinalis* mit vier Samenanlagen s.

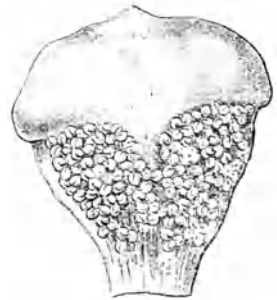


Fig. 79.

Staubblatt von einer *Macrozamia*. Auf der Unterseite stehen zahlreiche Pollensäcke.

Blüten enthalten nur Staubblätter, die weiblichen Blüten nur Fruchtblätter. In den Blüten der Gnetaceen sind die Sporophylle noch von einer Hülle aus zarten Blättern umgeben, die keine Fortpflanzungsorgane tragen und in ihrer Gesamtheit als Perigon bezeichnet werden. Männliche und weibliche Blüten sind bei vielen Arten auf derselben Pflanze vorhanden, bei anderen sind sie auf verschiedene Pflanzen verteilt. Die Blütenachse ist meist verlängert und trägt die Sporophylle oft in

großer Zahl in spiraliger Anordnung oder in alternierenden Quirlen, so daß die gesamte Blüte ein zapfenartiges Aussehen gewinnt (Fig. 77 A u. B).

Die Staubblätter der männlichen Blüten sind gewöhnlich schuppenförmig oder schildförmig und tragen auf der Unterseite meist mehrere Pollensäcke (Fig. 77 B₁ u. 79), d. h. kleine Kapseln, in denen Blütenstaub gebildet wird. Wenn in den weiblichen Blüten Samen gebildet werden soll, so müssen die Samenanlagen vorher mit dem Blütenstaub der männlichen Blüten bestäubt worden sein. Die Eröffnung der Pollensäcke erfolgt durch einen Längs- oder Querriß in der Wand nach der Seite hin, wo die Ausstreuung des Blütenstaubes ungehindert erfolgen kann. Die Fruchtblätter sind bei *Cycas* in der Anlage den Laubblättern sehr ähnlich (Fig. 78), die Blattfläche weist noch Andeutungen einer fiederförmigen Verzweigung auf; bei den meisten übrigen *Gymnospermen* sind sie schuppenartig und tragen auf ihrer Oberseite eine oder mehrere Samenanlagen (Fig. 77 A₂). Diese bestehen aus einem massiven Gewebekörper, dem Samenknochenkern, welcher meistens von einer mantelförmigen Umhüllung, dem Integument, eingeschlossen und nur am vorderen Ende durch eine als Mikropyle bezeichnete porenförmige Oeffnung des Integumentes zugänglich ist. Ein aus der Mikropyle der empfängnisreifen Samenanlage hervordringender Flüssigkeitstropfen fängt den vom Wind herbeigetragenen Blütenstaub auf und zieht ihn beim Eintrocknen in die Samenanlage hinein. Infolge der durch die Bestäubung eingeleiteten Befruchtung wird die Samenanlage zum Samen, der in einem reichlichen Nährgewebe einen geraden, in Sproß und Wurzel gegliederten Embryo enthält. Die weibliche Blüte wird zu einem meist zapfenförmigen Fruchtstand, zwischen dessen holz- oder lederharten Schuppen die Samen bis zur Reife wohl geborgen sind.

B. Die Blüte der Angiospermen.

1. Die Organe der Blüte und ihre räumlichen Beziehungen zueinander.

Die Blütheile. — Die Angiospermenblüte ist ebenfalls ein metamorphosierter Sproß oder Sproßabschnitt, der die Funktion hat, Fortpflanzungsorgane hervorzubringen und die geschlechtliche Fortpflanzung zu vermitteln. Man kann an der Blüte, wie an jedem Sproß, die Achse und seitliche Organe, die Blätter, unterscheiden (vgl. Fig. 80). Die letzteren lassen sich in drei Gruppen einteilen, die man als Blütenhülle (*Perianth*), *Androeceum* und *Gynaeceum* bezeichnet.

Die **Blütenhülle** ist ein unwesentlicher Teil der Blüte insofern, als sie keine Fortpflanzungsorgane trägt, sondern nur als Schutzorgan für die inneren Blütheile fungiert oder durch Anlockung der zur Uebertragung des Blütenstaubes nötigen Insekten doch nur indirekt an der Vermittlung der geschlechtlichen Fortpflanzung beteiligt ist. In manchen Fällen sind die zur Blütenhülle zusammentretenden Blätter alle von ähnlicher Gestalt und Beschaffenheit; man nennt die Blütenhülle dann ein **Perigon**. In anderen Fällen sind die Blätter der Blütenhülle ungleich: die äußeren sind grün gefärbt, von derber, krautartiger Beschaffenheit — man bezeichnet sie in ihrer Gesamtheit als **Kelch** (*Calyx*); die inneren,

nicht grüngefärbten sind zarthäutig und meist auch in der Form von den äußeren verschieden; sie bilden die **Krone** (Corolla).

Auf die Blütenhülle folgt nach innen eine Anzahl von **Staubblättern** (Stamina), meist faden- oder stabförmigen Gebilden, welche an ihrem oberen Ende die Pollensäcke tragen. Die Staubblätter stellen in ihrer Gesamtheit den männlichen Teil der Blüte, das **Androeceum**, dar. Das **Gynaeceum**, der weibliche Blütheil, nimmt die Mitte der Blüte ein. Es besteht gleichfalls aus einer Anzahl von Blattgebilden, den **Fruchtblättern** oder Karpellen, welche zu einem oder mehreren kapselartigen Gehäusen, den **Fruchtknoten**, vereinigt sind. In den Fruchtknoten sind die **Samenanlagen** eingeschlossen, aus denen nach der Befruchtung die Samen der Pflanze sich entwickeln.

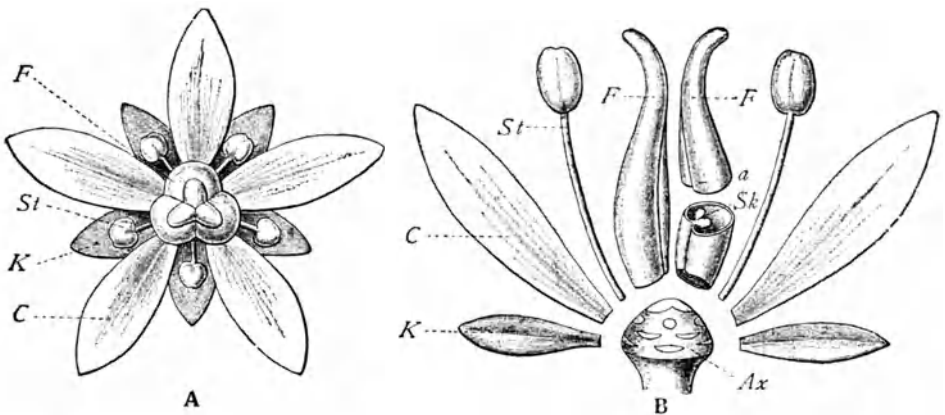


Fig. 80.

Schema der Angiospermenblüte.

A Blüte von oben. **B** zerlegte Blüte (von den gleichartigen Gliedern der einzelnen Blattkreise sind nur je zwei gezeichnet). *Ax* Blütenachse mit den Narben der abgetrennten Blattorgane, *K* Kelchblatt, *C* Kronblatt, *St* Staubblatt, *F* Fruchtblatt. Das Fruchtblatt *F* rechts ist bei *a* durchschnitten um zu zeigen daß dasselbe einen Hohlraum umschließt, in welchem die Samenanlagen *Sk* enthalten sind.

Nicht in allen Blüten finden sich die drei Organgruppen: Blütenhülle, Androeceum und Gynaeceum, vollständig entwickelt. Häufig fehlt die Blütenhülle gänzlich oder es ist nur ein Teil derselben, entweder nur der Kelch oder nur die Krone, vorhanden. Blüten, welche zugleich ein Androeceum und Gynaeceum besitzen, werden zwittrig (monoklin) genannt. Wenn nur eines der beiden, entweder nur das Gynaeceum oder nur das Androeceum, in einer Blüte vorhanden ist, so wird diese als eingeschlechtige (dikline), als weibliche oder als männliche Blüte bezeichnet. Selbstverständlich müssen in diesem Falle zum Zustandekommen der geschlechtlichen Fortpflanzung beiderlei Blüten, männliche und weibliche, bei derselben Pflanzenart vorhanden sein. Finden sich beiderlei Blüten, wie z. B. beim Haselstrauch und bei der Eiche auf derselben Pflanze, so nennt man die Art einhäusig (monözisch); sind die männlichen und weiblichen Blüten auf verschiedene Exemplare der Pflanzenart verteilt wie bei den Weiden, so wird die Art als zweihäusig (diözisch) bezeichnet.

Blüten, denen beiderlei Geschlechtsorgane fehlen, können natürlich die geschlechtliche Fortpflanzung nicht direkt vermitteln. Wir finden derartige Gebilde, abgesehen von gewissen, durch Kultur degenerierten Zierpflanzen, bei einigen Pflanzenfamilien neben vollständigen Blüten. So fehlt z. B. den mit großer Blumenkrone ausgestatteten Blüten am Rande des schirmförmigen Blütenstandes des wildwachsenden Schneeballs, *Viburnum Opulus*, jeglicher Geschlechtsapparat. Die vergrößerte Blütenhülle dient hier für die unscheinbaren geschlechtlichen Blüten als Schauapparat zur Anlockung der Insekten.

Nur bei wenigen Pflanzen nimmt die Blüte die Spitze des Hauptsprosses ein; meist stehen die Blüten als Seitensprosse an vegetativen Sprossen oder an anderen Blüten sprossen. Das Blatt der Abstammungsachse, in dessen Achsel die Blüte steht, wird bei den vegetativen Sprossen als **Deckblatt** oder Tragblatt bezeichnet (Fig. 81); es ist häufig ein in Form und Ausbildung von den Laubblättern verschiedenes Hochblatt. An dem Blüten sproß stehen unterhalb der eigentlichen Blüte meist noch ein oder mehrere Hochblätter, welche

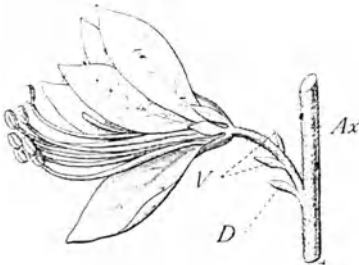


Fig. 81.

Blüte von *Dictamnus*.

Dieselbe steht an der Abstammungsachse *Ax* in der Achsel des Deckblattes *D* und besitzt zwei Vorblätter *V*.

als **Vorblätter** bezeichnet werden. Ihre Stellung an der Achse und ihre Zahl gehören mit zur Charakteristik der Blüten. Die seitlichen Blüten der Monokotylen haben in der Regel ein einziges, mit dem Rücken zum Hauptsproß hingewendetes (adossiertes) Vorblatt. Bei den Blüten der Dikotylen bilden zwei seitliche Vorblätter die Regel, welche man nach der Reihenfolge ihrer Entstehung als α (Alpha)- und β (Beta)-Vorblatt zu bezeichnen pflegt. Bei mehrblütigen Pflanzen entspringen häufig in der Achsel der Vorblätter einer Blüte seitliche Blüten höherer Ordnung, so daß also die Vorblätter der einen Blüte zugleich Deckblätter für andere Blüten sind.

Die Stellung der Blütenteile. — Bezüglich der Anordnung der Blattgebilde an der Blütenachse sind wie bei den Laubblättern die Quirlstellung und die Spiralstellung zu unterscheiden. Während aber die Stellung aller Laubblätter einer Pflanze immer die gleiche ist, können in den Blüten Quirlstellung und Spiralstellung miteinander abwechseln. Sind alle Organe einer Blüte in Quirlen angeordnet, so bezeichnet man die Blüte als **acyklisch**. Stehen alle Organe in Spiralstellung, so ist die Blüte **acyklisch**. Sind einzelne Organgruppen in Quirlen, andere spiralig gestellt, so wird die Blüte **hemicyklisch** genannt.

Die Zahl der zu einem Blattkreis vereinigten Organe bewegt sich innerhalb weiter Grenzen, ist indessen für die einzelne Art meistens konstant. Je nachdem ein, zwei, drei oder mehr Glieder in einem Blattkreis vorhanden sind, wird derselbe als ein-, zwei-, drei- oder mehrteilig, mono-, di-, tri- oder polymer bezeichnet. Wenn die aufeinanderfolgenden Blattkreise in der Blüte isomer sind, d. h. aus gleichviel Gliedern bestehen, so sind zwei verschiedene Anordnungen möglich. Entweder liegen die Insertionen der Glieder beider

Kreise auf denselben Radien, es stehen also die Glieder des inneren Kreises in radialer Richtung gerade vor denen des äußeren: man sagt dann, die Glieder des inneren Kreises sind denen des äußeren **superponiert**. Im anderen, weitaus häufigeren Falle stehen die Glieder des inneren Kreises vor der Lücke zwischen zwei Gliedern des äußeren Kreises; dann bezeichnet man die Stellung derselben als **alternierend**. Sehr häufig ist die Anzahl der Organe in den einzelnen Kreisen verschieden. Die mannigfaltigen Zahlen- und Stellungsverhältnisse, welche so zustande kommen, sind nicht nur bei derselben Pflanzenart stets dieselben, sondern sie zeigen oft auch in größeren Gruppen des Pflanzenreiches weitgehende Aehnlichkeit.

Zur Bezeichnung der Lage der einzelnen Blütenteile bedient man sich einiger leicht verständlicher Ausdrücke (vgl. die Schemata in Fig. 82). Die

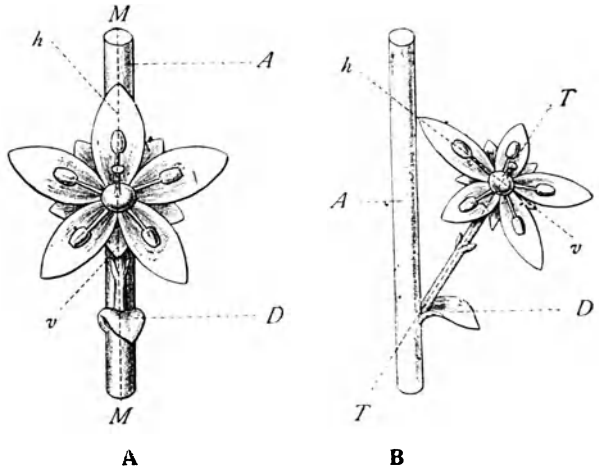


Fig. 82.

Schema einer seitenständigen Blüte.

A von vorne, B von der Seite. A Abstammungssache D Deckblatt. h hinten, v vorne. M—M die Medianebene. T—T Transversalebene, beide senkrecht zur Fläche des Papiers.

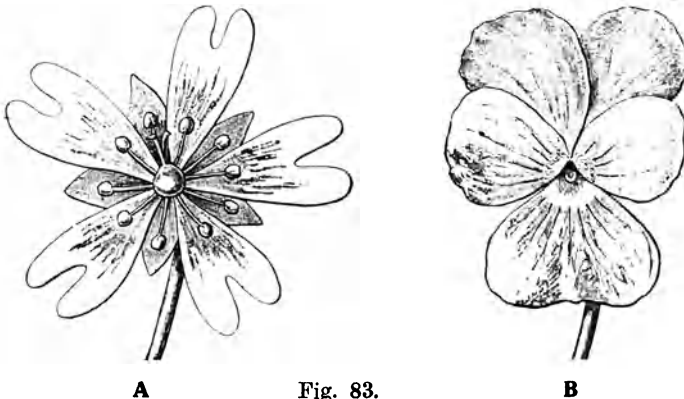


Fig. 83.

A radiäre Blüte des Hornkrautes ($\frac{5}{1}$). B dorsiventrale Blüte des Stiefmütterchens ($\frac{4}{1}$).

der Abstammungssache zugekehrte Seite der Blüte ist **hinten**, die von derselben abgewandte **vorne**. Die durch die Achse der Blüte und zugleich durch die Abstammungssache gelegte Ebene ist die Medianebene oder **Mediane**; sie teilt die Blüten, entsprechend den Ausdrücken vorne und hinten, in eine rechte und linke Seite. Die Ebene, welche rechtwinkelig zu der Mediane

durch die Blütenachse gelegt wird, ist die Transversalebene oder **Transversale**. Die beiden Ebenen, welche die rechten Winkel zwischen Mediane und Transversale halbieren, sind die **Diagonalebene**.

Die **Symmetrieverhältnisse in der Blüte**. — Viele Blüten sind vollkommen radiär gebaut; die Blätter der Blütenhüllen, die Staubblätter und die Karpelle sind ringsherum gleichmäßig an der Achse verteilt und besitzen in den einzelnen Kreisen unter sich die gleiche Größe und Gestalt; derartige Blüten werden als radiäre oder **aktinomorphe** Blüten bezeichnet (Fig. 83 A). Andere Blüten, in denen die Organe der einzelnen Kreise ungleichmäßig um die Achse verteilt und unter sich an Gestalt und Größe verschieden sind, haben unregelmäßige Form. Meist sind die nicht radiären Blüten dorsiventral gebaut, d. h. sie lassen sich durch eine Ebene in zwei symmetrische Hälften zerlegen, sie werden dann **dorsiventrale** oder **zygomorphe** Blüten genannt (Fig. 83 B).

Häufig fällt die Symmetrieebene der dorsiventralen Blüten mit der Mediane zusammen; man nennt die Blüten dann medianzygomorph. Indes sind auch transversalzygomorphe und schrägzygomorphe Blüten, bei denen die Transversale oder eine zwischen Mediane und Transversale fallende Ebene die Symmetrieebene ist, nicht gerade selten. Gänzlich unsymmetrische Blüten kommen nur bei wenigen Gewächsen vor.

Diagramm und Blütenformel. — Man kann die Zahl-, Stellungen- und Symmetrieverhältnisse in einer Blüte leicht übersichtlich durch einen schematischen Grundriß, ein **Diagramm**, darstellen, in welchem die einzelnen Organe nach Uebereinkunft durch besondere Zeichen wiedergegeben werden. Im allgemeinen werden Zeichen gewählt, welche annähernd dem Querschnitt der betreffenden Organe entsprechen. Verwachsungen der einzelnen Blütenteile werden durch graphische Verbindung der betreffenden Zeichen ausgedrückt.

Die Fig. 84 A stellt das Blütendiagramm der Herbstzeitlose, die Fig. 84 B dasjenige des Wiesen-Storchschnabels dar. Mit Hilfe der auch für alle folgenden Diagramme gültigen Zeichenerklärung (Fig. 84 C) sind aus denselben alle Einzelheiten des Blütenbaues ohne weiteres zu ersehen. Die Blüte von *Colchicum* ist radiär und steht seitlich am Sproß in der Achsel eines Deckblattes; Vorblätter sind nicht vorhanden. Das Perigon besteht aus zwei dreigliedrigen alternierenden Wirteln; die beiden ebenfalls dreigliedrigen Staubblattkreise setzen die Alternanz regelmäßig fort. Der Fruchtknoten wird von drei Karpellen gebildet welche wieder mit dem inneren Kreise des Androeceums alternieren. Bei der ebenfalls radiären Blüte des Storchschnabels stehen an dem in der Achsel des Deckblattes entspringenden Blütenstiel zwei seitliche Vorblätter. Die fünf Kelchblätter stehen in einer Spirale in $\frac{2}{5}$ Divergenz angeordnet. Die fünf Kronblätter stehen im Quirl und alternieren mit den Kelchblättern. Das Androeceum besteht aus zwei fünfgliedrigen, alternierenden Staubblattwirteln, deren äußerer dem Kreis der Kronblätter superponiert ist. Die fünf Glieder des Gynaeceums alternieren mit den inneren Staubblättern.

Außer den Diagrammen werden auch noch **Blütenformeln** für die kurze Charakterisierung der Blüten verwendet. In denselben werden die Organgruppen durch einzelne Buchstaben, die Zahl der Glieder in den einzelnen Kreisen durch Ziffern ausgedrückt. Sind einzelne Organe miteinander verwachsen, so werden die betreffenden Ziffern eingeklammert. *P* = Perigon, *K* = Kelch, *C* = Krone, *A* = Androeceum, *G* = Gynaeceum.

Dem Diagramm der Fig. 84 A entspricht also die Formel:

$$P\ 3 + 3\ A\ 3 + 3\ G\ (3).$$

Die Formel für das Diagramm der Fig. 84 B lautet:

$$K\ 5\ C\ 5\ A\ 5 + 5\ G\ (5).$$

Die Blütenformel gibt hauptsächlich nur die Zahlenverhältnisse in der Blüte an, während das Diagramm auch die Stellung der Glieder zueinander und die Symmetrieverhältnisse der Blüte erkennen läßt. Indem aber die Blütenformel nur die wesent-

lichsten Merkmale der Blüte zum Ausdruck bringt, von allen unwesentlichen Bauverhältnissen aber unbeeinflusst bleibt, lassen sich in derselben die prinzipiellen Uebereinstimmungen und Verschiedenheiten im Blütenbau der verschiedenen Pflanzengruppen viel leichter überblicken, als in dem spezialisierenden Diagramm.

2. Die Plastik der Blütenteile.

Die Blütenachse. — Die Blütenachse besitzt ein begrenztes Wachstum; das embryonale Gewebe ihres Vegetationspunktes wird meist ganz zur Ausbildung der Blätter und der Geschlechtsorgane aufgebraucht, so

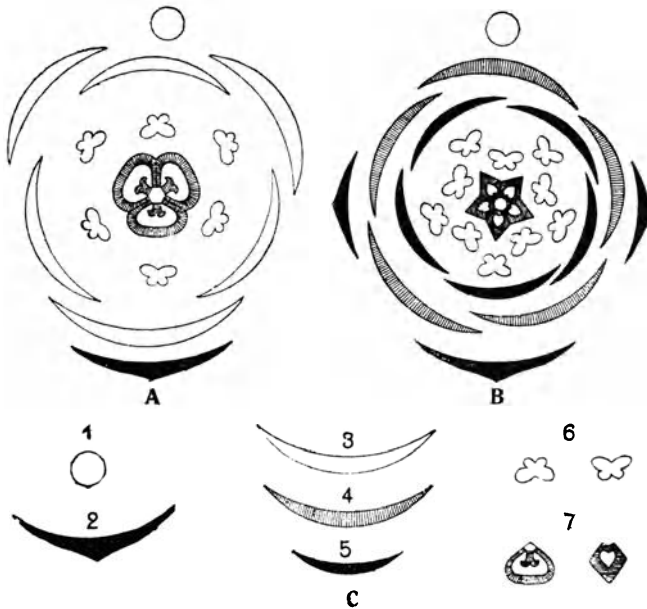


Fig. 84.

Blütendiagramme.

A *Colchicum autumnale*. **B** *Geranium pratense*. (Erklärung im Text.) **C** die Zeichen für die einzelnen Blütenteile: 1 Abstammungsachse, 2 Deck- oder Vorblatt, 3 Perigonblatt, 4 Kelchblatt, 5 Kronblatt, 6 Staubblätter, 7 Fruchtblätter.

daß die innersten Blattgebilde der Blüte direkt auf dem Sproßscheitel oder doch unmittelbar unter demselben entstehen. Der unter der Blüte liegende Teil der Blütenachse wird Blütenstiel genannt. Der obere Teil der Achse, der die Blattkreise der Blüte trägt, heißt der Blütenboden; an ihm sind in der Regel keine Internodien ausgebildet. Meist ist der Blütenboden kreisförmig verbreitert (Fig. 80 **B**, *Ax*), so daß die einzelnen Organe nicht über- und untereinander, sondern nebeneinander auf dem Ende der Achse stehen, wie aus dem schematischen Blütenlängsschnitt in Fig. 85 **A** ersichtlich ist. Man bezeichnet solche Blüten als **hypogyn**, das die Mitte der Blüte einnehmende Gynaeceum als **oberständig**. Indem nun bei manchen Blüten die Zone der Blütenachse, welche die Blüten-

hülle und die Staubblätter trägt, ein stärkeres Wachstum erfährt und sich wie ein Ringwulst über das Zentrum der Blüte erhebt, wird die Achse zu einem schüssel-, becher- oder krugförmigen Gebilde (Unterkelch, Hypanthium), auf dessen Rande die Blütenhülle und die Staubblätter eingefügt sind, während das Gynaeceum frei im Grunde der Vertiefung steht. Diese Form der Blüte, welche als **perigyn** bezeichnet wird, ist durch das Schema in Fig. 85 **B** dargestellt. Die Fruchtknoten perigynen Blüten sind **mittelständig**. Sind endlich die Fruchtblätter mit dem von der Blütenachse gebildeten Becher verwachsen, so daß nur ihre oberen Teile frei über die Ansatzstelle der Blütenhülle und der Staubblätter hervorragen, wie es in Fig. 85 **C** schematisch dargestellt ist, so heißt die Blüte **epigyn**; der Fruchtknoten ist **unterständig** oder **halbunterständig**, je nachdem ein kleineres oder größeres Stück der Karpelle über den Rand des Bechers emporragt.

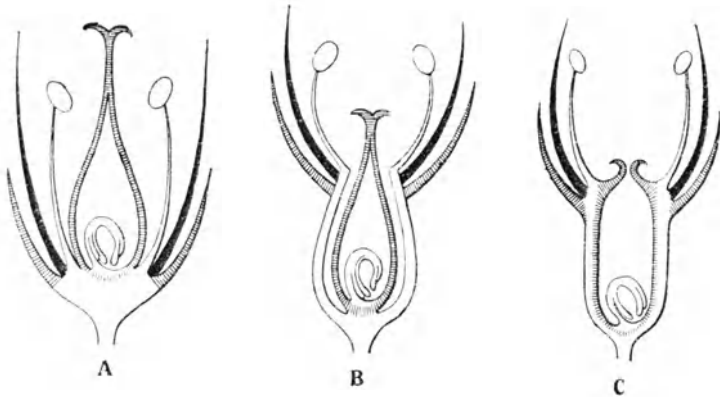


Fig. 85.

Schematische Blütenlängsschnitte. Blütenachse und Staubblätter sind weiß, Kelch- und Fruchtblätter sind schraffiert, Kronblätter sind schwarz gezeichnet; im Innern des Fruchtknotens ist eine Samenanlage angedeutet.

A hypogyne Blüte; Fruchtknoten oberständig. **B** perigyne Blüte; Fruchtknoten mittelständig. **C** epigyne Blüte; Fruchtknoten unterständig.

Bei einigen Pflanzenarten trägt die Achse zwischen den Blattkreisen der Blüte schuppen- oder polsterförmige Auswüchse, **Nektarien**, die Honigsaft absondern. Bisweilen treten diese Auswüchse zu einem Ringwulst oder **Discus** in der Blüte zusammen. Man unterscheidet intrastaminale und extrastaminale Lage des Discus, je nachdem derselbe innerhalb oder außerhalb des durch den Staubblattkreis umgrenzten Teiles des Blütenbodens liegt.

Die Blütenhülle. — Die Blütenhülle wird, wie erwähnt, häufig von zwei Blattkreisen gebildet, von denen der äußere den Kelch, der innere die Krone darstellt. Die Kelchblätter (Sepalen) sind meist von derber Beschaffenheit, ganzrandig und laubgrün gefärbt. Eine Gliederung in Stiel und Spreite ist bei ihnen nicht vorhanden. Sie sitzen mit breiter Basis an der Blütenachse und sind nicht selten mehr oder minder weit miteinander verwachsen, so daß scheibenförmige, röhrenförmige, glocken-

förmige, trichterförmige Kelche entstehen, an denen nur die oberen Teile der Sepalen als freie Zipfel hervortreten.

Ungleichmäßige Ausbildung der Kelchblätter ist nicht gerade häufig. Gelegentlich zeichnet sich eines der Blätter durch besondere Form aus; so ist z. B. in der Blüte der Balsamine ein Kelchblatt bedeutend größer als die übrigen und gespornt, d. h. mit einer aus der Blattfläche nach außen vorspringenden, tutenförmigen Aussackung versehen (Fig. 86 B). Auch an verwachsenblättrigen Kelchen können derartige Unregelmäßigkeiten vorkommen; bei den Labiaten und Leguminosen sind z. B. die Kelche meist zweilippig, indem auf zwei gegenüberliegenden Seiten die Sepalen einander genähert sind und Gruppen bilden, zwischen denen die Verwachsung weniger weit hinaufreicht, als zwischen den einzelnen Gliedern der Gruppe; häufig ist dann auch die Form der Kelchzipfel auf den gegen-

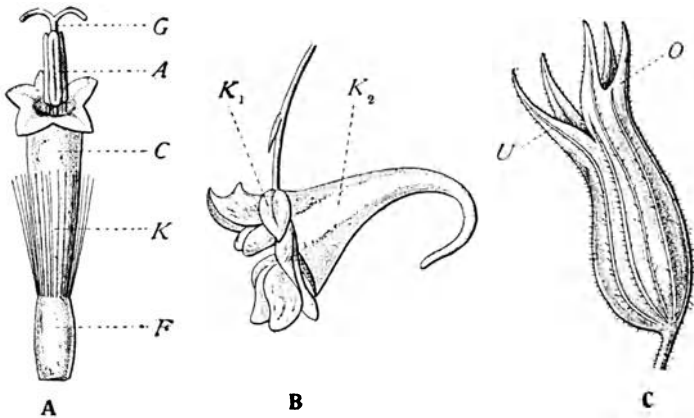


Fig. 86.

- A Blüte einer Composite, deren Kelch *K* in haarförmige Zipfel aufgelöst ist. *F* der unterständige Fruchtknoten. *C* die Krone. *A* die Staubblätter. *G* der Griffel.
B hängende Blüte der Balsamine. Das Kelchblatt *K*₂ ist gespornt und bedeutend größer als das andere sichtbare Blatt *K*₁.
C zweilippiger verwachsenblättriger Kelch von *Calamintha alpina*. *U* Unterlippe, *O* Oberlippe.

überliegenden Seiten verschieden (Fig. 86 C). Bisweilen sind die Kelchblätter an den Blüten nur als kleine, wenig über die Oberflächse der Blütenachse hervortretende grüne Höckerchen entwickelt; in manchen Blüten fehlen sie gänzlich.

Im allgemeinen besteht die Funktion der Kelchblätter darin, daß sie an der jugendlichen Blüte in der Knospenlage mit ihren Rändern dachziegelartig übereinandergreifend oder klappenartig aneinanderschließend die inneren Blütenteile während ihrer Entwicklung schützend umhüllen. Vielfach haben die Kelchblätter auch noch an den geöffneten Blüten und selbst nach dem Verblühen an der sich entwickelnden Frucht als Schutzorgane zu fungieren. An manchen Blüten übernehmen sie andere Funktionen, indem sie die Wirkung der Kronblätter bei Zustandekommen der Befruchtung unterstützen oder bei der Verbreitung der Früchte zum Zweck der natürlichen Aussaat eine Rolle spielen. Bei vielen Compositen z. B. sind die Sepalen nicht blattförmig ausgebildet sondern sie sind in feine haarförmige Zipfel aufgelöst, welche nach dem Abfall der übrigen Blütenteile als Haarschopf oder Pappus an der Frucht erhalten bleiben und als Flugapparat die Fortführung der Frucht durch den Wind ermöglichen (Fig. 86 A).

Die Kronblätter oder **Petalen** übertreffen gewöhnlich die Kelchblätter an **Größe** und sind meist auffällig bunt oder weiß gefärbt. Gewöhnlich sind die Petalen flach blattartig und sitzen mit verschmälertem Grunde an der Achse. Oft ist der untere schmale Teil mehr oder minder lang ausgezogen, so daß man einen flächenförmigen Teil, die **Platte**, und einen stiel-förmigen Teil, den **Nagel**, an dem Kronblatt unterscheiden kann. Wo der Nagel in die Platte übergeht, findet sich manchmal eine Ligula (vgl. S. 46); so wird z. B. in der Blüte von *Silene* durch die Ligulargebilde der Petalen eine **Nebenkron**e gebildet (Fig. 87 A). Blüten, in denen die Petalen frei nebeneinander stehen, heißen freikronblättrig (choripetal) (Fig. 87 B). Häufig sind die Petalen seitlich miteinander zu röhren-, glocken- oder trichterförmigen Gebilden verwachsen; die Blüten heißen dann verwachsenkronblättrig (gamopetal oder sympetal) (Fig. 87 C).

Dorsiventrale Ausbildung der Krone ist sowohl bei freikronblättrigen als bei verwachsenkronblättrigen Blüten weit verbreitet. Zwischen den

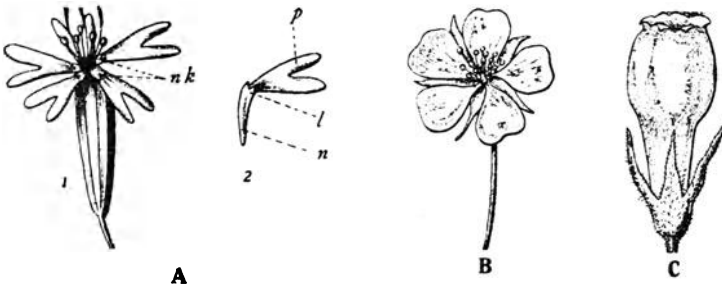


Fig. 87.

A 1 Blüte der Nelke mit Nebenkronen *nk*. 2 ein Kronblatt: *n* Nagel *p* Platte *l* Ligula.
B choripetale Blüte des Fingerkrautes. C sympetale Blüte der Beinwell.

einfachen Fällen, in denen einzelne Kronblätter durch geringe Abweichung in Gestalt und Größe eine Unregelmäßigkeit bedingen und den komplizierten, absonderlich gebauten Kronen, wie sie z. B. bei manchen Polygalen und Utricularien sich finden, sind mancherlei Abstufungen vorhanden. Häufiger vorkommende Fälle sind das Auftreten einzelner gespornter oder kapuzenförmiger Kronblätter, ferner die Schmetterlingsblüten, die Zungenblüten und die Lippenblüten. Die **Schmetterlingsblüten** (Fig. 88 A), in der Pflanzenfamilie der Leguminosen, besitzen eine fünfblättrige, freiblättrige Krone. Das hintere Blatt ist breit und meist flach; es wird **Fahne** (Vexillum) genannt. Die darauffolgenden seitlichen Kronblätter heißen die **Flügel** (Alae); die beiden vorderen, welche dicht aneinanderliegen und oft miteinander verwachsen sind, bilden das **Schiffchen** (Carina). Die **Zungenblüten** (Fig. 88 B) treffen wir bei den Compositen an; sie sind verwachsenkronblättrig und die oberen Teile einiger oder aller Kronblätter bilden einen schmalen, bandartigen Streifen, welcher mehr oder minder weit über den röhrenförmigen Teil der Krone emporragt. Bei den **Lippenblüten** (Fig. 88 C), die in mehreren Pflanzenabteilungen vorkommen, setzt sich der Rand der durch Verwachsung von fünf Kronblättern zustande gekommenen Kronröhre in zwei meist gewölbten, median gestellten Lappen fort. Der hintere

Lappen, welcher hier von zwei Kronblättern gebildet wird, heißt Oberlippe; der vordere, an dessen Bildung drei Kronblätter teilnehmen, heißt Unterlippe. Wenn die Unterlippe eine blasenartige Vorwölbung besitzt, die den Schlund der Kronröhre verschließt, so wird die Krone als **maskiert** oder **personat** bezeichnet (Fig. 88 D). Unregelmäßigkeit der Krone kann auch dadurch zustande kommen, daß einzelne Kronblätter in der Entwicklung zurückbleiben oder gänzlich unterdrückt werden. An dieses Vorkommen schließen sich endlich Fälle an, in denen die Krone vollständig fehlt.

Abgesehen davon, daß die Blumenkrone an der geöffneten Blüte die Staub- und Fruchtblätter gegen Unwetter schützt und unnütze, auf Honig- oder Pollenraub ausgehende Insekten am Besuch der Blüte hindert, dient dieselbe in den meisten Fällen noch zur Beförderung der Fortpflanzung,

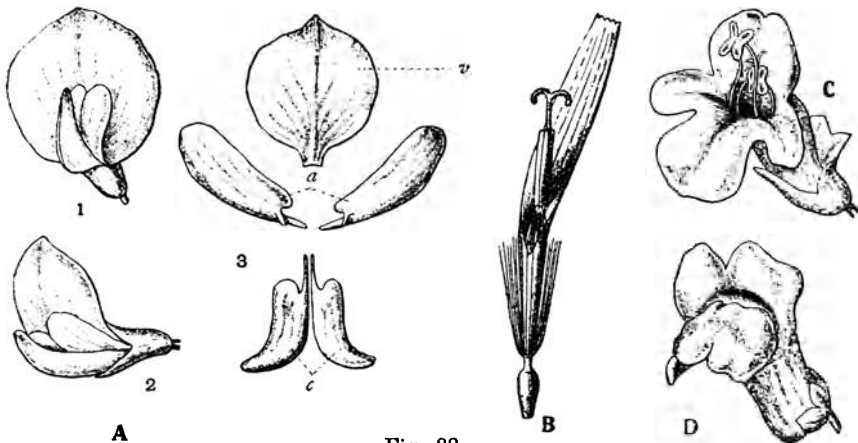


Fig. 88.

A Schmetterlingsblüte. 1 von vorne, 2 von der Seite gesehen: 3 die einzelnen Kronblätter: *v* Fahne, *a* die Flügel, *c* die das Schiffchen bildenden beiden vorderen Kronblätter. **B** Zungenblüte des Löwenzahn. **C** Lippenblüte der Zitronenmelisse. **D** maskierte Lippenblüte des Löwenmaul

indem sie durch Größe, Gestalt und Färbung die Aufmerksamkeit derjenigen honig- oder pollensammelnden Insekten erregt, welche die Uebertragung des Blütenstaubes von Blüte zu Blüte bewirken, und indem sie durch die Form und Stellung ihrer Teile diese nützlichen Besucher zu Bewegungen und Körperstellungen nötigt, durch welche die unfreiwillige Aufnahme und Wiederabgabe von Blütenstaub bewirkt wird.

Ist die Blütenhülle ein Perigon, ist also kein Unterschied zwischen den einzelnen Blättern vorhanden, so können die letzteren in Form und Ausbildung entweder alle kelchartig (calycinisch) oder alle kronartig (corollinisch) sein. Bei einigen Pflanzen findet unter den spiralig angeordneten Blättern der Blütenhülle ein ganz allmählicher Uebergang von calycinischen zu corollinischen Blättern statt. Seitliche Verwachsung der Perigonblätter zu einem röhren- oder glockenförmigen Gebilde ist nicht selten, selbst wenn dieselben in zwei alternierenden Kreisen angeordnet sind; so ist z. B. die sechszipfelige Perigonröhre der Hyazinthe durch Verwachsung von zwei alternierenden, dreigliedrigen Blattkreisen ent-

standen. Das Perigon besitzt bisweilen auch dorsiventrale Ausbildung oder ist selbst gänzlich unsymmetrisch gebaut. Bezüglich der Funktion und der Beziehung derselben zur Gestaltung des Perigons gilt dasselbe, was oben von Kelch und Krone gesagt worden ist.

Das Androecium. — Die Staubblätter sind diejenigen Blütheile, welche in ihrer Form und Ausbildung im allgemeinen am wenigsten ihre Blattnatur verraten. Man unterscheidet an denselben das dem Blattstiel entsprechende *Filament* und das der Blattfläche entsprechende *Connektiv*. Das *Filament* ist gewöhnlich einfach faden- oder stabförmig, nur bei wenigen Pflanzen verzweigt oder blattartig verbreitert. Letzteres ist z. B. bei den meisten Wasserrosen der Fall, wo sich alle Uebergänge zwischen kronblattartigen und fadenförmigen Filamenten finden (Fig. 89 C).

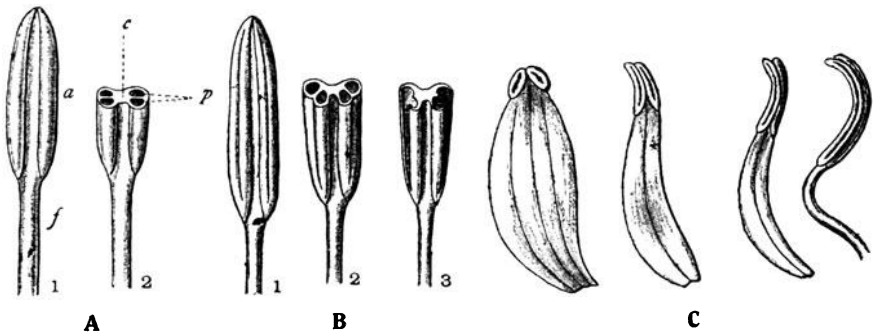


Fig. 89.

A₁ und **B₁** Staubblätter mit verschiedener Anordnung der Antherenhälften. *f* Filament, *a* Anthere. **A₂** und **B₂** dieselben mit durchschnitener Anthere. *c* Connektiv, *p* Pollensäcke. **B₃** Staubblatt nach der Oeffnung der Antherenfächer quer durchschnitten. Je zwei Pollensäcke bilden ein Antherenfach. **C** verschieden geformte Staubblätter aus einer Blüthe der Wasserrose.

Das **Connektiv** ist gewöhnlich ein schmaler Gewebekörper, der die Pollensäcke trägt. Die Gesamtheit der Pollensäcke bildet die Anthere. Meist sind an jeder Seite des Connektivs zwei Pollensäcke zu einer Antherenhälfte vereinigt (Fig. 89). Die Eröffnung der Antheren erfolgt bisweilen durch aufspringende Klappen oder Poren, meistens aber durch einen Längsriß in jeder Antherenhälfte derart, daß die beiden Pollensäcke sich gemeinsam als ein einziges Pollenfach (*Theca*) öffnen (Fig. 89 B₃).

Die Lage der Eröffnungsstelle sowie die Gestalt des Staubblattes und die Anordnung seiner Teile stehen im allgemeinen in Beziehung zu der Art der Pollenübertragung. So sind z. B. in der Blüthe vieler Orchideen (Fig. 90 A, B) die Pollenmassen am unteren Ende der Antheren mit einem Klebscheibchen versehen, welches so angebracht ist, daß die Insekten, die den Honigsaft suchen, es mit ihrem Kopf berühren müssen. Die Pollenmassen werden dadurch an dem Kopf des Insekts festgeheftet und so zu anderen Blüten transportiert. Ein anderes instruktives Beispiel liefern die Blüten der meisten Salbeiarten (Fig. 90 C). Die Staubblätter besitzen hier nur ein kurzes Filament (*f*). Das Connektiv ist dagegen zu einem langen bogenförmig gekrümmten Stab ausgewachsen, welcher an dem oberen Ende eine Antherenhälfte (*a*) trägt. Das untere Ende ist zu einer gekrümmten Platte (*p*) verbreitert, die den Eingang in den Röhrenteil der Blumenkrone verschließt. Das ganze Connektiv ist um seine Anheftungsstelle am Filament leicht drehbar. Schiebt eine Hummel ihren Rüssel in den Schlund der Blüthe, so wird die Platte am Connektiv nach hinten ge-

drückt. Infolgedessen tritt der obere Teil des Connektivs unter der Oberlippe hervor und das an der Vorderseite durch einen Längsriß geöffnete Pollenfach berührt den behaarten Rücken des Insekts und beladet denselben mit Blütenstaub.

Bei einigen Pflanzen sind die Pollensäcke an den vier Kanten des Connektivs, zwei schräg nach innen und zwei schräg nach außen angeordnet, wie es Fig. 89 **A** zeigt. Oftmals sind dieselben durch das Wachstum des Connektivs alle nach der Innenseite oder nach der Außenseite des Staubblattes hin verschoben (Fig. 89 **B**); im ersteren Falle werden die Staubblätter als innenwendig, **intrors**, im letzteren als außenwendig, **extrors**, bezeichnet. Im Blütendiagramm läßt sich die Stellung der Pollensäcke an den Staubblättern durch die Form des Antherenzeichens leicht ausdrücken; so sind in dem Diagramm in Fig. 84 **A** die Staubblätter extrors, in Fig. 84 **B** intrors.

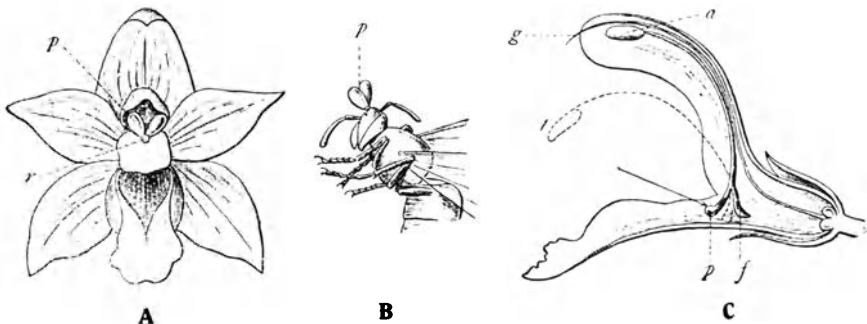


Fig. 90.

A Blüte von *Epipactis* von vorne gesehen. *p* Pollen, *r* Klebscheibe. **B** Vorderleib einer Wespe mit den auf der Stirne festgeklebten Pollenmassen *p*. **C** Längsschnitt der Blüte des Wiesensalbei, *f* Filament des Staubfadens, *a* Antherenhälfte, *p* Platte am Connektiv, *g* der noch nicht völlig entwickelte Griffel. Der Pfeil deutet die Richtung an, in welcher die Platte durch den Rüssel der Insekten verschoben wird. Die punktierte Linie zeigt die Stellung des Staubblattes beim Insektenbesuch.

Der in den Antherenfächern enthaltene Blütenstaub besteht aus mikroskopisch kleinen, kugelförmigen, eiförmigen oder eckigen Körperchen, den **Pollenkörnern** (Fig. 91). Bei Pflanzen, deren Blütenstaub durch den Wind verbreitet wird, sind die Pollenkörner trocken, staubartig und mit glatter Oberfläche versehen. Bei Pflanzen dagegen, deren Blütenstaub durch Insekten von Blüte zu Blüte übertragen wird, sind die Pollenkörner klebrig und an ihrer Oberfläche mit Höckern, Stacheln und anderen Vorsprüngen besetzt, welche das Haften am Insektenkörper erleichtern. Die Pollenkörner des Seegrases (*Zostera marina*), welche durch Wasserströmungen zu den weiblichen Blüten geführt werden, sind eigentümlich fadenförmig gestreckt. Gewöhnlich trennen sich die Pollenkörner bei der Reife leicht voneinander; selten bleiben sie zu vier in sogen. Tetraden oder zu mehreren miteinander verbunden; bei Orchideen (Fig. 90 **A**, **B**) und Asklepiadeen bleiben alle Pollenkörner eines Antherenfaches miteinander in Verbindung und bilden ein Pollinium oder Pollinarium.

In den Blüten mancher Monokotylen und Dikotylen sind die Staubblätter in zwei Kreisen angeordnet, welche miteinander alternieren und

ebenso viele Glieder haben, als die Kreise der Blütenhülle. Die Staubblätter, welche vor den Kelchblättern stehen, werden als Kelchstamina, die vor den Kronblättern stehenden als Kronstamina bezeichnet. Bilden die Kelchstamina den äußeren Kreis, ist also auch zwischen Blütenhülle und Androeceum regelmäßige Alternanz vorhanden, so nennt man die Blüte hinsichtlich der Ausbildung des Androeceums **diplostemōn** (Fig. 92 A). Sind die Kronstamina die äußeren, so wird die Blüte als **obdiplostemōn** (Fig. 92 B) bezeichnet. **Haplostemon** (Fig. 92 C) sind Blüten, bei denen nur ein Kreis von Staubblättern in regelmäßiger Alternanz mit den Kronblättern vorhanden ist. Häufig sind mehr als zwei Staubblattkreise in den Blüten vorhanden, oder es treten die Staubblätter in unbestimmter Anzahl

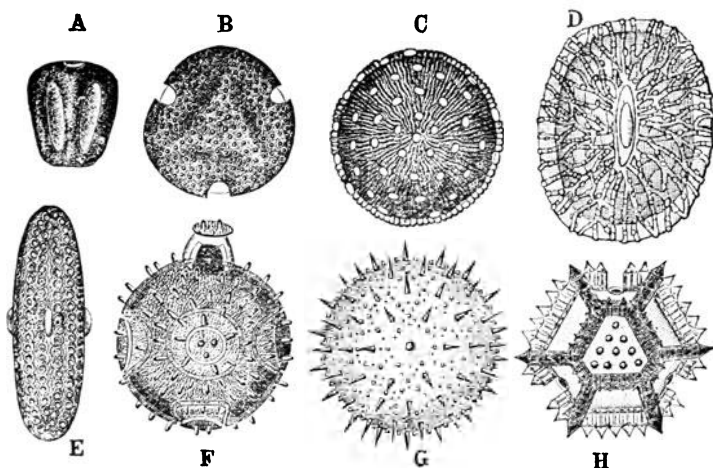


Fig. 91.

Verschiedene Formen von Pollenkörnern (vergrößert).

A von *Alopecurus pratensis*. B von *Tilia platyphyllos*. C von *Polemonium coeruleum*. D von *Pelargonium*. E von *Ruellia anisophylla*. F von *Cucurbita Pepo*. G von *Althaea rosea*. H von *Tragopogon pratensis*.

in spiraliger Anordnung auf. In anderen Fällen wird die Regelmäßigkeit des Blütenbaues dadurch unterbrochen, daß in den Kreisen des Androeceums andere Zahlenverhältnisse vorhanden sind als in der Blütenhülle.

Die Staubblätter stehen entweder einzeln frei auf dem Blütenboden oder sie sind an ihrer Basis mehr oder minder weit miteinander gruppenweise oder zu einer Röhre verwachsen. In manchen Blüten entspringen die Staubblätter scheinbar nicht direkt aus der Blütenachse, sondern sie sind auf die Blätter der Blütenhülle hinaufgerückt. Die Entwicklungsgeschichte lehrt, daß meist auch in solchen Fällen die Staubblätter im ersten Stadium frei neben den Primordien der Blätter der Blütenhülle auf der Oberfläche der Blütenachse hervortreten. Indem aber das Gewebe der letzteren an der Insertionszone der Staubblätter nachträglich ein interkalares Wachstum erfährt, wird die Insertion der Staubblätter derart verschoben, daß sie im fertigen Zustande auf den Blütenblättern angeheftet sind (Fig. 93 C).

Auch Verwachsungen zwischen dem Androeceum und Gynaeceum kommen vor. Besonders charakteristisch treten dieselben in der Familie der Orchideen auf. Dort sind Staubgefäß und der obere Teil des unterständigen Fruchtknotens zu einer Säule (Gynostemium) verschmolzen (Fig. 93 A).

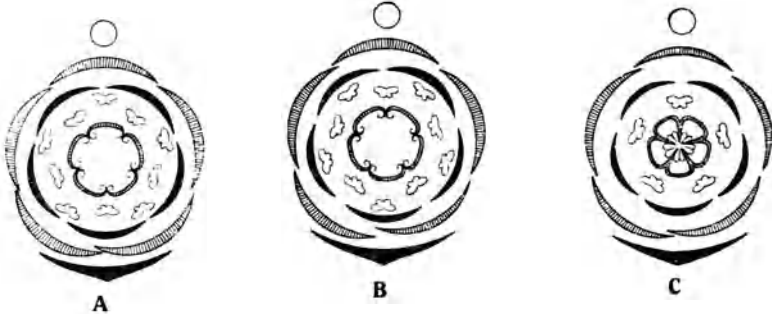


Fig. 92.

Schematische Diagramme: **A** diplostemon. **B** obdiplostemon. **C** haplostemon.

Die Größe der Staubblätter einer Blüte ist nicht immer die gleiche; in der Familie der Cruciferen sind z. B. vier längere und zwei kürzere Staubblätter vorhanden (Fig. 93 B), bei den meisten Labiaten und bei manchen Skrophulariaceen treffen wir zwei längere und zwei kürzere

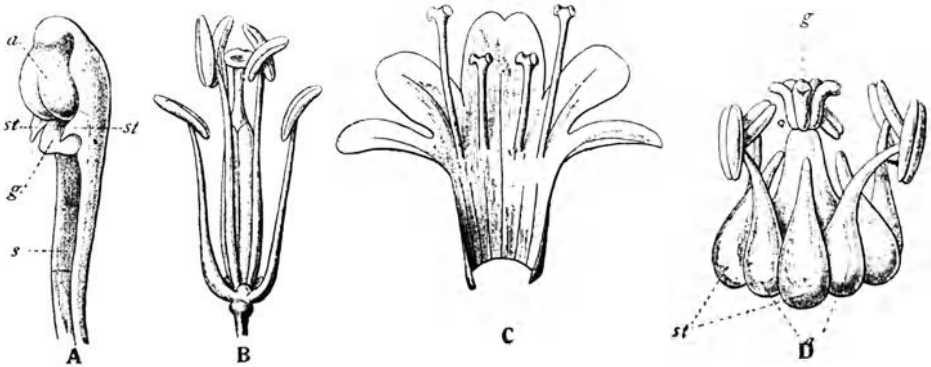


Fig. 93.

A Gynostemium von *Vanilla planifolia*. *s* der durch Verwachsung des Androeceums mit dem Griffel entstandene säulenförmige Teil, *a* Anthere des einzigen fruchtbaren Staubblattes, *st* zwei Staminodien, *g* der obere freie Teil des Gynaeceums. **B** Blüte einer Crucifere nach Entfernung der Blütenhülle; das Androeceum besteht aus zwei kürzeren und vier längeren Staubblättern. **C** aufgeschnittene Blumenkrone einer Labiate; die Staubblätter sind eine Strecke weit mit der Blumenkrone verwachsen. **D** innere Blüten- teile von *Erodium cicutarium*. *a* Staubblätter, *st* Staminodien, *g* Gynaeceum (vergrößert).

Staubblätter an (Fig. 93 C). Formverschiedenheiten innerhalb desselben Androeceums kommen seltener vor und beruhen meistens darauf, daß einzelne Staubblätter nicht ihre volle Entwicklung erlangen, indem die Anthere fehlschlägt (Fig. 93 D). Derartige rückgebildete, unfruchtbare Staubblätter werden **Staminodien** genannt. Sie kommen in den verschiedensten Stadien der Rückbildung vor und bilden einen allmählich

abgestuften Uebergang zu der gänzlichen Unterdrückung einzelner Glieder des Androeceums und endlich zu der Ausbildung rein weiblicher Blüten, in denen oft kein Rest des Androeceums mehr vorhanden ist. In einzelnen Fällen trifft man metamorphosierte Staubblätter an, welche Form und Funktion verändert haben. So sind z. B. die äußeren Staubblätter bei *Anemone Pulsatilla* zu Nektardrüsen umgewandelt.

Das Gynaeceum. — Das Gynaeceum schließt die Blüte ab; die Fruchtblätter sind normalerweise die letzten seitlichen Organe, welche von dem Vegetationspunkt der Blütenachse ausgegliedert werden. Die Zahl der Fruchtblätter, welche zur Bildung des Gynaeceums zusammentreten, wechselt bei den verschiedenen Pflanzengruppen innerhalb weiter Grenzen.

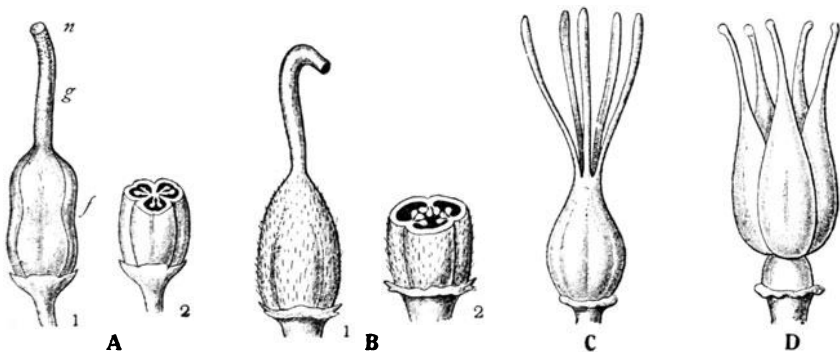


Fig. 94.

A 1 synkarpes Gynaeceum der Meerzwiebel. *f* der dreiteilige Fruchtknoten *g* der Griffel, *n* die Narbe. **2** der querdurchschnittene dreifächerige Fruchtknoten mit zentralwinkelständiger Placentation. **B** 1 synkarpes Gynaeceum des Veilchen mit dreiteiligem Fruchtknoten. **2** der querdurchschnittene einfächerige Fruchtknoten mit parietaler Placentation. **C** synkarpes Gynaeceum des Lein mit fünfteiligem Fruchtknoten und fünf freien Griffeln. **D** apokarpes Gynaeceum der Christrose.

Häufig ist das Gynaeceum einfrüchtig, d. h. es ist nur ein einziger Fruchtknoten vorhanden. Derselbe kann einteilig sein oder aus mehreren Fruchtblättern bestehen; in letzterem Falle nennt man das Gynaeceum synkarp (Fig. 94 **A, B, C**). Wenn dagegen mehrere Fruchtblätter in der Blüte jedes für sich einen einzelnen Fruchtknoten bilden, so ist das Gynaeceum mehrfrüchtig (apokarp) (Fig. 94 **D**).

Der **Fruchtknoten** ist in allen Fällen ein kapselartiges Gehäuse, in dessen Höhlung die Samenanlagen verborgen sind. Am oberen Teil des Fruchtknotens befindet sich die **Narbe**. Dieselbe stellt eine Einrichtung zum Auffangen und Festhalten der Pollenkörner dar. Sie besteht bei den Blüten, welche durch Insekten bestäubt werden, meistens aus einem mit zarten Wärzchen bedeckten Gewebepolster mit klebriger Oberfläche, während die Narben der Pflanzen, deren Blütenstaub durch den Wind übertragen wird, durch reichliche federbusch- oder sprengwedelartige Verzweigung zum Auffangen der vom Wind zugeführten Pollenkörner geeignet sind. Bisweilen ist der obere Teil der Fruchtblätter zu einem säulenförmigen Gebilde, dem **Griffel**, ausgewachsen, von welchem die Narbe über den Fruchtknoten emporgehoben und in eine für die Aufnahme

des Blütenstaubes günstige Lage gebracht wird. An mehrteiligen Fruchtknoten sind häufig ebensoviel Griffel als Karpelle vorhanden, doch sind auch oft die oberen Teile aller Karpelle zu einem einzigen Griffel verwachsen und Uebergangsstadien mit nur teilweise, mehr oder minder weit verwachsenen Griffeln sind gleichfalls nicht selten (Fig. 94).

Das Innere des Fruchtknotens stellt häufig einen einzigen Hohlraum dar; der Fruchtknoten ist einfächerig (Fig. 94 B). Indem aber die verwachsenen Ränder der Fruchtblätter in den Innenraum vorspringen, wird der Hohlraum gekammert, und wenn die eingeschlagenen Ränder der Fruchtblätter in ihrer ganzen Länge bis in die Mitte des Hohlraumes vorspringen und dort miteinander verwachsen sind, so daß der Hohlraum in mehrere völlig getrennte Fächer geteilt wird, so wird der Fruchtknoten mehrfächerig genannt (Fig. 94 A).

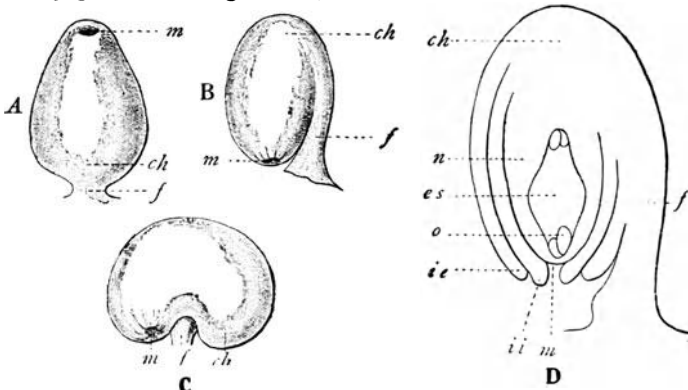


Fig. 95.

A atropse Samenanlage. B anatropse Samenanlage. C kampylotrope Samenanlage (stark vergrößert). D schematischer Längsschnitt einer Samenanlage. *f* Funiculus. *ch* Chalaza. *m* Mikropyle. *ie* äußeres *ii* inneres Integument. *n* Nucellus. *es* Embryosack. *o* Eizelle.

Auf den Fruchtblättern stehen im Innern des Fruchtknotens die Samenanlagen. Bisweilen ist nur eine einzige Samenanlage im Fruchtknoten vorhanden, häufig finden sich mehrere, oft außerordentlich viele. Der Teil der Fruchtblätter, an welchem die Samenanlagen angeheftet sind, wird **Placenta** genannt.

Gewöhnlich bildet der als leistenförmiges Gewebepolster hervortretende Blatt- rand die Placenta. In den einteiligen Fruchtknoten stehen die Samenanlagen meistens an der als Bauchaht bezeichneten Verwachsungsstelle der Blattränder. Auch in mehrteiligen einfächerigen Fruchtknoten sind meist die Samenanlagen an der Fruchtknotenwand längs der Verwachsungsnähte angeordnet; man bezeichnet diese Stellung als wandständige (parietale) Placentation. Bisweilen stehen in einfächerigen Fruchtknoten die Samenanlagen direkt im Grunde der Höhlung oder auf einer zapfenförmig aus dem Grunde der Fruchtknotenöhhlung sich frei erhebenden Zentralplacenta, so daß der Eindruck erweckt wird als seien sie direkt auf der Blütenachse eingefügt. Wie die Entwicklungsgeschichte lehrt, handelt es sich indes in diesen Fällen nur um eine teilweise Verwachsung des Gewebes der Fruchtblätter mit der Blütenachse. Die Stellung der Samenanlagen wird in diesen Fällen als zentrale Placentation bezeichnet. In den mehrfächerigen Fruchtknoten, in welchen die Ränder der Fruchtblätter bis in die Mitte des Fruchtknotens eingeschlagen und miteinander verwachsen sind, stehen die Samenanlagen auf den randständigen Plazenten der Achse des Fruchtknotens ge-

nähert; man bezeichnet diese Stellung als axile oder zentralwinkelständige Placentation. Nur bei wenigen Pflanzen stehen die Samenanlagen statt an den Rändern der Fruchtblätter über die ganze innere Fläche derselben verteilt.

Der wichtigste Teil der **Samenanlage** ist der Samenknochenkern oder Nucellus mit dem Embryosack, welcher die Eizelle einschließt. Der Nucellus stellt einen rundlichen Gewebekörper dar; er wird von einer oder zwei enganliegenden Hüllen, den Integumenten, umgeben, welche nach ihrer gegenseitigen Lage als inneres und äußeres Integument unterschieden werden. Die Integumente lassen nur eine kleine Zugangsöffnung zu dem Nucellus, die Mikropyle frei. Das der Mikropyle gegenüberliegende Ende des Nucellus wird Chalaza genannt (Fig. 95 D).

Die Samenanlage wird durch einen kurzen, als Nabelstrang (Funiculus) bezeichneten Stiel an der Fruchtknotenwand befestigt. Man unterscheidet drei verschiedene Formen der Samenanlage (Fig. 95) zwischen denen es nicht an Uebergängen fehlt: die

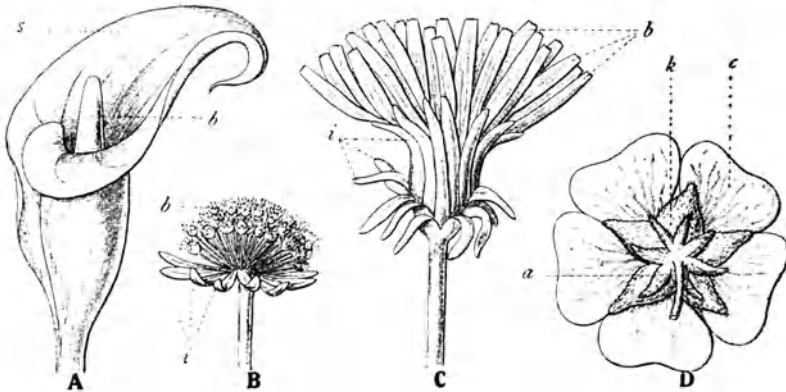


Fig. 96.

A Blütenproß der Kalla ($\frac{1}{3}$). *s* die Spatha *b* der die einzelnen Blüten tragende Kolben (Spadix). B Blütenbolle von *Astrantia major*. *b* Einzelblüten *i* das Involucrum. C Blütenköpfchen des Löwenzahn, *b* Einzelblüten, *i* das Involucrum. D Blüte von *Althaea rosea* von unten gesehen. *a* Außenkelch, *k* Kelch, *c* Krone.

gerade oder atrope Samenanlage ist am Chalaza-Ende gestielt, die Mikropyle ist von der Anheftungsstelle abgewendet; die umgewendete oder anatrope Samenanlage ist seitlich am Funiculus angewachsen und so gerichtet daß die Mikropyle nach der Ansatzstelle des Stieles gewendet ist; die gekrümmte oder kampylotrope Samenanlage ist gebogen und schief am Stiel befestigt. Bezüglich ihrer Lage in dem Fruchtknotenfach werden die Samenanlagen als hängend oder aufrecht bezeichnet, je nachdem sich ihr Körper in dem aufrecht gedachten Fruchtknoten unter oder über der Anheftungsstelle befindet. Die verschiedenen Formen und Stellungen der Samenanlagen werden in der beschreibenden Botanik häufig mit zur Charakteristik von Pflanzengruppen verwendet.

Die Hochblätter. — Die Deckblätter und die Vorblätter unterscheiden sich meistens durch ihre geringere Größe von den Laubblättern, in manchen Fällen sind sie zu kleinen Schüppchen reduziert, oft fehlen sie gänzlich. Bisweilen sind die Hochblätter laubblattartig, bisweilen aber ist ihre Form, Farbe und anatomische Beschaffenheit wesentlich verändert. So sind z. B. bei einigen einheimischen Arten des Wachtelweizens, *Melampyrum nemorosum*, *arvense* und *cristatum*, ferner bei *Ajuga pyramidalis*, *Salvia sclarea* u. a. m. die Deckblätter schön blau oder rot gefärbt;

sie bilden einen Schauapparat, durch den Insekten als Vermittler der Blütenbestäubung angelockt werden. Auch die Spatha, das weiße Blatt unterhalb des Blütenstandes der unter dem Namen *Calla* als Zierpflanze allgemein bekannten *Richardia aethiopica*, ist ein solches blumenblattartig ausgebildetes Hochblatt (Fig. 96 A).

Die Vorblätter sind meist durch ein Internodium der Blütenachse von der Blütenhülle getrennt; nur bei wenigen Pflanzen sind sie so nahe an die Blüte herangerückt, daß sie fast als Teile der Blütenhülle erscheinen. Das ist z. B. der Fall bei den drei grünen Hochblättern des Leberblümchens, *Hepatica triloba*; auch bei den Malvaceen treten die Hochblätter unterhalb des eigentlichen Kelches zu einer verwachsenblättrigen Hülle zusammen, welche als Außenkelch (*Involucrum*) bezeichnet wird (Fig. 96 D). Bei der Buche, dem Haselstrauch u. a. m. bilden die Hochblätter schützende Hüllen für die einfach gebauten weiblichen Blüten. Nach dem Verblühen derselben beteiligen sie sich an der Fruchtbildung: sie bilden eine Fruchthülle (*Cupula*), welche die Früchte mehr oder minder weit umschließt.

Bei den Compositen sind die Blüten in größerer Anzahl zu köpfchenförmigen Blütenständen vereinigt; unterhalb jedes Köpfchens ist ein vielblättriges *Involucrum* von Hochblättern vorhanden (Fig. 96 C). Ebenso findet sich bei den Blütendolden vieler Umbelliferen ein *Involucrum* an der Ursprungsstelle der Doldenstrahlen (Fig. 96 B).

3. Blütenstände.

Bei einigen Pflanzen stehen die Blüten einzeln, bei vielen anderen aber sind mehr oder minder zusammengesetzte Verzweigungssysteme vorhanden, welche nur Blüten tragen und deshalb von dem vegetativen Teil der Pflanze sich auffällig unterscheiden. Sie werden Blütenstände (*Inflorescenzen*) genannt. Im allgemeinen ist die Sproßverkettung in den Blütenständen dieselbe, wie in der vegetativen Region. Wir haben traubige (*racemöse*) und trugdoldige (*cymöse*) Blütenstände zu unterscheiden. Bei den traubigen Verzweigungssystemen ist der Hauptsproß am kräftigsten entwickelt und bildet zugleich die formale Achse des ganzen Systems; sein Vegetationspunkt bleibt häufig als solcher erhalten, während der Vegetationspunkt der Seitensprosse zur Blütenbildung verbraucht wird. In den cymösen Verzweigungssystemen wachsen die Seitensprosse über den mit einer Blüte abschließenden Gipfel des Hauptsprosses hinaus.

Durch verschiedenartige Ausbildung der Hauptachse und durch die Zahl und Stellung der Seitenachsen bekommen manche Blütenstände ein besonderes typisches Aussehen und sind deshalb mit besonderen Namen bezeichnet. Die wichtigsten derselben sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt und durch die Schemata in Fig. 97, 98 und 99 erläutert:

A. Traubige Blütenstände.

I. Die Hauptachse des Blütenstandes ist verlängert.

1. Die seitlichen Blüten sind mehr oder weniger lang gestielt: die *Traube* (Fig. 97 A).
2. Die seitlichen Blüten sind ungestielt:
 - a) die Hauptachse (Spindel) ist nicht fleischig: die *Aehre* (Fig. 97 B). Aehrenförmige Blütenstände mit schlaffer, nach abwärts hängender Spindel werden *Kätzchen* genannt;
 - b) die Spindel ist fleischig verdickt: der *Kolben* (Fig. 97 C).

II. Die Hauptachse des Blütenstandes ist stark verkürzt.

1. Die deutlich gestielten Blüten entspringen scheinbar am Ende der Hauptachse aus einem Punkt: die *Dolde* (Fig. 97 D).
2. Die ungestielten Blüten entspringen dichtgedrängt auf der Oberfläche der verbreiterten Hauptachse: das *Köpfchen* (Fig. 97 E).

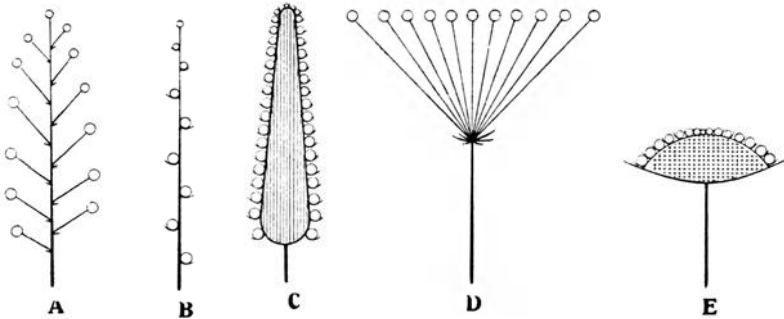


Fig. 97.

Schemata einfacher traubiger Blütenstände; die Einzelblüten sind durch kleine Kreise angedeutet. **A** Traube. **B** Aehre. **C** Kolben (Längsschnitt, der angeschwollene Teil der Blütenstandsachse ist schraffiert). **D** Dolde. **E** Köpfchen (Längsschnitt, der verbreiterte Teil der Achse ist punktiert).

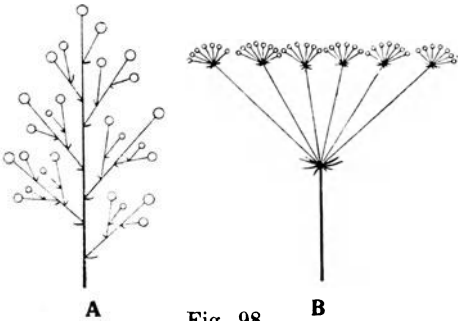


Fig. 98.

A Schema der Rispe.

B Schema der zusammengesetzten Dolde.

Wenn sich die an der Hauptachse des Blütenstandes entspringenden Seitenachsen noch weiter verzweigen, so entstehen zusammengesetzte Blütenstände. Häufiger kommen vor: die zusammengesetzte **Traube** oder **Rispe**, bei welcher die Aeste einer einfachen Traube wieder racemös verzweigt sind (Fig. 98 A) und die zusammengesetzte **Dolde**, eine Dolde, deren Strahlen statt mit einer einzelnen Blüte mit einem Döldchen abschließen (Fig. 98 B).

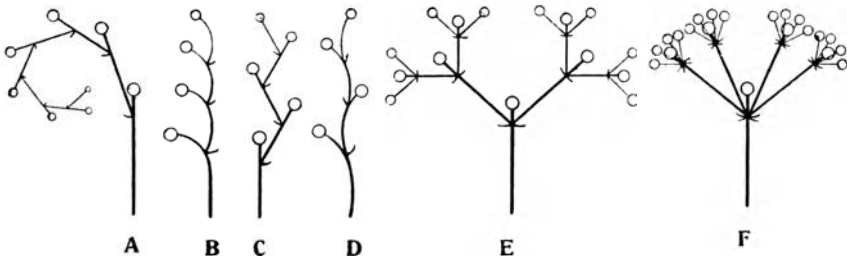


Fig. 99.

Schema der trugdoldigen Verzweigung.

A Schraubel und Sichel. **B** Schraubelsymphodium. **C** Wickel und Fächel. **D** Wickelsymphodium. **E** Dichasium. **F** Pleiochasium.

B. Trugdoldige Blütenstände.

1. Unter der Sproßspitze entspringt je ein Seitenast: das *Monochasium* oder *Sympodium* (Fig. 99 A bis D).
 - a) Die aufeinanderfolgenden Seitensprosse stehen alle an derselben Seite der Abstammungssache: die *Schraubel* (Fig. 99 A und B).

Liegen alle Seitensprosse genau in derselben Ebene, so wird die Verzweigungsart als *Sichel* (Fig. 99 A) bezeichnet stellen sich die Seitensprosse in die Verlängerung der Abstammungssache so entsteht ein *Schraubelsympodium* (Fig. 99 B).
 - b) Die Seitensprosse stehen abwechselnd an verschiedenen Seiten: die *Wickel* (Fig. 99 C und D).

Liegen alle Wickeläste in derselben Ebene so entsteht eine *Fächer* (Fig. 99 C), stehen die Sprosse höherer Ordnung in der Verlängerung der Abstammungssache, so daß eine gerade Scheinachse entsteht, so wird die Wickel als *Wickelsympodium* bezeichnet (Fig. 99 D).
2. Unter der Sproßspitze entspringen je zwei gegenüberstehende Seitensprosse: das *Dichasium* (Fig. 99 E).
3. Unter der Sproßspitze stehen je drei oder mehr Seitensprosse: das *Pleiochasium* (Fig. 99 F).

4. Die Beziehungen zwischen dem Blütenbau und der Blütenbestäubung.

Der Befruchtungsvorgang wird in der Blüte dadurch eingeleitet, daß ein auf die Narbe gelangtes Pollenkorn einen Pollenschlauch treibt, welcher in den Fruchtknoten hinein und bis zur Samenanlage vordringt. Die Blütenbestäubung, d. i. die Uebertragung des Blütenstaubes aus den Staubbeuteln der Staubblätter auf die Narbe des Fruchtknotens, kann in verschiedener Weise erfolgen. Entweder wird die Befruchtung durch Selbstbestäubung, d. i. durch die Bestäubung der Narbe mit dem Pollen der gleichen Blüte, angebahnt (Selbstbefruchtung), oder es tritt Fremdbestäubung ein, indem der Blütenstaub einer Blüte auf die Narbe einer anderen Blüte der gleichen Art übertragen wird.

Abgesehen von wenigen Wasserpflanzen, in denen die Bewegung des Wassers den Transport der Pollenkörner vermittelt, kommen als Vermittler der Fremdbestäubung Wind und Tiere, und unter letzteren hauptsächlich die Insekten, viel seltener Schnecken, Vögel oder Fledermäuse in Betracht. Anordnung der männlichen Blüten in hängenden, leichtbeweglichen Kätzchen wie beim Haselstrauch, langfädige, hängende Staubblätter wie bei den Gräsern, explosionsartig sich öffnende Antheren wie bei der Nessel vermitteln bei windblütigen Pflanzen die Abgabe des Blütenstaubes an den Wind. Die insektenblütigen Pflanzen tragen meistens durch Gestalt, Farbe oder Geruch auffällige Blüten, in denen reiche Pollenmassen oder abgesonderter Nektar die Bestäubungsvermittler zum Geuß locken.

Die zur Samenbildung führende Fremdbestäubung zwischen den Blüten desselben Pflanzenindividuums wird als Nachbarbefruchtung (Geitonogamie) von der als Kreuzbefruchtung oder Kreuzung bezeichneten erfolgreichen Fremdbestäubung zwischen den Blüten verschiedener Pflanzenstöcke derselben Art unterschieden. Eine die Befruchtung bewirkende Fremdbestäubung zwischen den Blüten verschiedener Pflanzenarten, die ausnahmsweise in der Natur vorkommen oder durch das Experiment herbeigeführt werden kann, wird Bastardierung oder Hybridation genannt.

Zahlreiche Einrichtungen im Bau und in der Anordnung der Blüten und ihrer Teile dienen dazu, die Kreuzung oder überhaupt die Fremdbestäubung zu sichern. Dahin gehört vor allen Dingen die Verteilung der weiblichen und männlichen Blütenorgane auf verschiedene Blüten (Diklinie) oder selbst auf verschiedene Individuen

(Dioecie). In Zwitterblüten sind häufig die Narben und Antheren so angeordnet, daß im normalen Verlauf der Dinge der Pollen überhaupt nicht auf die Narbe derselben Blüte gelangen kann. Sehr oft entwickeln sich ferner in den Zwitterblüten die männlichen und die weiblichen Geschlechtsorgane zu verschiedenen Zeiten. Man bezeichnet dieses Verhältnis als Dichogamie; die Blüten sind dann entweder protandrisch oder protogyn. In protandrischen Blüten, für welche die auf S. 68 beschriebene und in Fig. 90 C abgebildete Blüte von *Salvia* als Beispiel dienen kann, wird der Pollen schon gereift abgegeben bevor die Narbe des Fruchtknotens empfängnisfähig geworden ist. Die protogynen Blüten entwickeln die Narbe des Griffels vor der Pollenreife; als Beispiel möge die in Fig. 100 abgebildete Blüte von *Aristolochia Clematitis* dienen. Die verwachsenblättrige Blütenhülle ist unten kesselförmig erweitert, darüber bildet sie eine enge Röhre, welche am oberen Rande in einen zungenförmigen Lappen ausläuft. An

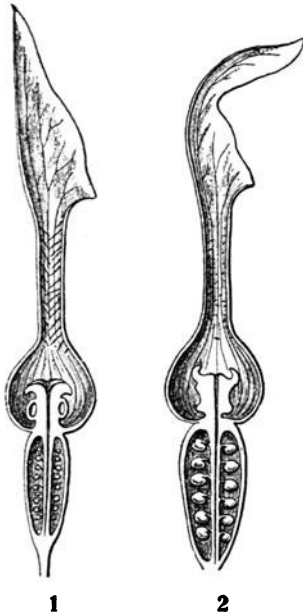


Fig. 100.
Längsschnitt der protogynen Blüte von *Aristolochia Clematitis*. 1 weibliches 2 männliches Stadium.

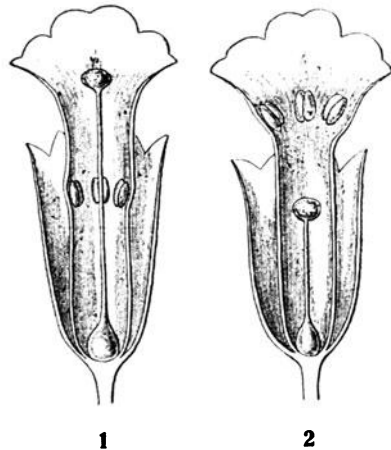


Fig. 101.
Längsschnitt heterostyler Blüten von *Primula officinalis*. 1 langgrifflige 2 kurzgrifflige Form.

der Innenwand entspringen zahlreiche rückwärts gerichtete Haare. Von den inneren Blütenteilen entwickelt sich zuerst die Narbe; sie ist bereits empfängnisfähig, wenn die junge Blüte sich öffnet. Wenn Fliegen, welche mit Pollen aus einer älteren Blüte beladen sind, in die soeben geöffnete Blüte eindringen, so wird ihnen der Weg zu dem Blütenkessel durch die nach innen biegsamen Haare in der Röhre nicht versperrt, wohl aber verhindert der Haarbeseitz die Insekten auf dem gleichen Wege die Blüte zu verlassen. Die Tiere sind für einige Zeit gefangen; bei ihren Bewegungen im Innern der Blüte kommen sie mit der Narbe in Berührung und geben von dem mitgebrachten Pollen an dieselbe ab. Nach der Bestäubung rollen sich die Narbenlappen nach oben ein und die unter denselben der Griffelsäule angewachsenen Staubbeutel öffnen sich, um den reifen Pollen zu entlassen. Bei ihren Befreiungsversuchen werden die Insekten reichlich mit dem neuen Pollen bedudert, bis endlich die Haare in der Schlundröhre verdorren und den Insekten den Ausweg frei geben. Kaum aus dem Gefängnis befreit, dringen die Fliegen aufs neue in frischgeöffnete Blüten ein, in denen sich dann dasselbe Spiel wiederholt.

Bei einigen Pflanzenarten ist das Längenverhältnis zwischen Staubblättern und Griffeln der Blüten nicht an allen Exemplaren das gleiche. Neben Pflanzen in deren

Blüten die Griffel die Staubfäden überragen, stehen andere derselben Art, in deren Blüten die Narbe der Griffel tiefer steht als die Antheren. Diese als Heterostylie bezeichnete Eigentümlichkeit der Arten ist gleichfalls als ein Mittel anzusehen, welches zur Kreuzbefruchtung führt. Ein Beispiel aus der heimischen Flora möge das Verhältnis klarlegen. In Fig. 101 sind zwei Blüten von *Primula officinalis* im Längsschnitt dargestellt, von denen die eine langgrifflig, die andere kurzgrifflig ist. Die Antheren stehen bei der ersteren tief im Grunde, bei der letzteren dem oberen Rande der Kronröhre genähert. Ein Insekt, welches seinen Rüssel in eine kurzgrifflige Blüte einführt wird von den am Schlunde der Blüte stehenden Antheren nur ganz oben mit Pollen beladen. Besucht das Insekt auch fernerhin kurzgrifflige Blüten so kommt der aufgeladene Pollen niemals mit den tiefstehenden Narben in Berührung. Wohl aber findet die Bestäubung statt, sobald das Insekt zu einer langgriffligen Blüte kommt. Umgekehrt findet auch der aus einer langgriffligen Blüte aufgenommene Pollen nur für die Befruchtung einer kurzgriffligen Blüte Verwendung.

Endlich sei von den Einrichtungen zur Sicherung der Kreuzbefruchtung noch die Selbsterilität mancher Blüten erwähnt. Wenn in selbststerilen Blüten auch der Pollen der eigenen Staubblätter auf die Narbe gelangt, so tritt dennoch keine Befruchtung ein, bisweilen keimen die eigenen Pollenkörner auf der Narbe überhaupt nicht. Sobald aber Pollen aus einer anderen Blüte derselben Art auf die Narbe gelangt tritt regelrechte Keimung der Pollenkörner und Befruchtung ein.

Die mannigfaltigen Einrichtungen zur Sicherung der Kreuzbefruchtung lassen erkennen, daß dieser Vorgang für viele Gewächse von Wichtigkeit ist, unumgänglich nötig aber ist die Kreuzbefruchtung zur Ausbildung entwicklungsfähiger Samen nur in wenigen Fällen. Bei vielen Blüten tritt Selbstbefruchtung ein, wenn die Kreuzbefruchtung ausgeblieben ist, und für manche Blüten ist sogar die Selbstbefruchtung die Regel. So finden sich z. B. bei einigen Veilchenarten, bei Sauerklee und vielen anderen neben den großen, sich öffnenden (chasmogamen) Blüten, welche durch auffällige Färbung, durch Honigabsonderung und durch die Form und Anordnung der Blütenteile als Insektenblüten mit obligatorischer Kreuzbefruchtung erscheinen, kleine unscheinbare Blüten, welche stets geschlossen bleiben und durch Selbstbestäubung zur Fruchtbildung kommen. Diese kleinen Blüten werden **kleistogame Blüten** genannt, ihr Auftreten erweist sich als Folge einer Entwicklungshemmung bei der Blütenbildung.

5. Frucht und Samen.

Die Frucht. — Nach der Befruchtung werden Blütenhülle und Staubblätter in der Regel abgeworfen. Der Fruchtknoten aber entwickelt sich zur Frucht. Man unterscheidet an der Frucht die **Fruchtwand (Perikarp)**, welche die durch Wachstum veränderte Fruchtknotenwand darstellt, und die **Samen**, welche aus den befruchteten Samenanlagen der Blüten hervorgegangen sind. Man kann nach der Beschaffenheit der Fruchtwand drei verschiedene Fruchtarten unterscheiden. Bei den **Beerenfrüchten** oder saftigen Früchten sind irgendwelche Gewebeschichten der Fruchtwand fleischig-saftig oder breiartig. Unter den Trockenfrüchten, deren Perikarp durchweg haut- oder lederartig oder selbst holzig hart ist, unterscheidet man die **Nußfrüchte** oder **Schließfrüchte**, welche einsamig sind und bei der Reife geschlossen bleiben, und die **Kapselfrüchte** oder **Springfrüchte**, welche sich zur Aussaat der reifen Samen selbsttätig in bestimmter Weise öffnen.

An dem Perikarp lassen sich drei oft verschieden ausgebildete Gewebeschichten unterscheiden: eine äußere, das Exokarp, eine mittlere, das Mesokarp, und eine innere, das Endokarp. Nach ihrer Ausbildung, nach der Gestalt und Zusammensetzung der Früchte und nach der Art des Aufspringens unterscheidet man verschiedene Fruchtformen, von denen in folgender Tabelle die häufigsten zusammengestellt sind.

I. Trockenfrüchte.

A. Schließfrüchte oder Nußfrüchte.

1. Fruchtwand holz- oder lederartig hart: die *Nuß*.

Beispiel: die Haselnuß.

2. Fruchtwand hautartig, nicht von der Samenschale getrennt: die *Schalfrucht* (*Karyopse*).

Beispiel: das Weizenkorn.

3. Fruchtwand der aus einem unterständigen Fruchtknoten hervorgegangenen Frucht lederartig, nicht völlig mit dem Samen verwachsen: die *Achäne*.

Beispiel: die Früchte der Compositen (Fig. 102, 1).

B. Springfrüchte oder Kapseln.

1. der Fruchtknoten ist aus einem Fruchtblatt gebildet:

- a) die Fruchtwand springt bei der Reife längs der Verwachsungsnaht auf: die *Balgfrucht*;

Beispiel: die Frucht des Rittersporns (Fig. 102, 2).

- b) die Fruchtwand trennt sich bei der Reife der Länge nach in zwei Klappen, welche den Längshälften des Karpells entsprechen: die *Hülse*.

Beispiel: die Frucht der Erbse (Fig. 102, 3).

2. Der Fruchtknoten besteht aus zwei mit den Rändern verwachsenen Fruchtblättern, zwischen denen eine falsche Scheidewand vorhanden ist. Bei der Reife lösen sich die beiden Längshälften der Fruchtwand von einem stehbleibenden Rahmen (Replum) ab: die *Schote*.

Beispiel: die Frucht des Goldlacks [Cheiranthus Cheiri] (Fig. 102, 4).

3. Der Fruchtknoten wird von mehreren Fruchtblättern gebildet:

- a) die Öffnung erfolgt durch Längsrisse, entweder längs der Verwachsungsnaht (septicid) oder in der Mitte zwischen denselben (loculicid): die *Kapsel*;

Beispiel: die Frucht der Herbstzeitlose (Fig. 102, 5 u. 6).

- b) die Öffnung erfolgt quer durch Ablösung eines Deckels: die *Deckelkapsel* (Pyxidium);

Beispiel: die Frucht von Hyocyamus (Fig. 102, 7 u. 8).

- c) die Öffnung erfolgt dadurch, daß einzelne scharf umschriebene Löcher in der Fruchtwand entstehen: die *Porenkapsel*.

Beispiel: die Frucht des Mohns (Fig. 102, 9).

II. Saftige Früchte oder Beerenfrüchte:

1. Unter dem hautartigen Epikarp liegt das fleischig saftige Mesokarp. Das Endokarp ist holzartig hart; gewöhnlich ist nur ein einziger, weicher Same vorhanden: die *Steinfrucht*.

Beispiel: die Zwetsche (Fig. 102, 10).

2. Das Epikarp bildet eine zähe Haut. Das Meso- und Endokarp bilden ein saftiges Fruchtfleisch oder einen weichen Brei (Pulpa), in welchem die harten Samen meist zu mehreren eingebettet sind: die *Beere*.

Beispiel: die Stachelbeere.

Bei einigen Pflanzen gehen aus dem einzelnen Fruchtknoten durch spätere Zerspaltung mehrere samenhaltige Teile hervor, deren jeder scheinbar eine ganze Frucht bildet. Man bezeichnet in diesem Falle das ganze Gebilde als **Spaltfrucht** und die einzelnen Teile desselben als Teilfrucht oder **Merikarpium**.

Ein Beispiel für die Spaltfrucht bieten die Umbelliferen dar, bei denen der unterständige Fruchtknoten an dessen Ausbildung zwei Karpelle teilnehmen, später in zwei Merikarprien sich spaltet, deren jedes eine Achäne darstellt. Man bezeichnet diese Spaltfrüchte deshalb wohl als **Doppelachänium** (Fig. 105 A).

Wenn in einer Blüte mehrere Fruchtknoten vorhanden waren, so gehen aus derselben auch mehrere Früchte hervor; das ganze Gebilde wird als **Sammelfrucht** (**Synkarpium**) bezeichnet. Die Brombeere ist ein solches Synkarpium aus einzelnen Steinfrüchten (Fig. 103 A). Bisweilen nimmt außer den Fruchtknoten auch noch die Blütenachse an der Ausbildung eines Synkarpiums teil; es entstehen dann sogenannte **Scheinfrüchte**. Ein Beispiel bietet die Erdbeere (Fig. 103 B). Der eßbare Teil derselben wird von der fleischig angeschwollenen Blütenachse gebildet, auf deren Oberfläche die kleinen, harten, nußartigen Einzelfrüchtchen sitzen. Auch die Hagebutte der Rose ist eine Scheinfrucht. Der rote oder gelbe urnenförmig ausgehöhlte Teil der Blütenachse bildet eine fleischige Hülle um die aus den Fruchtknoten hervorgegangenen nußartigen Einzelfrüchte (Fig. 105 B).

Man darf die Synkarprien, welche aus dem Gynaeceum einer einzigen Blüte hervorgegangen sind, nicht mit den ebenfalls als Scheinfrüchte bezeichneten Fruchtständen

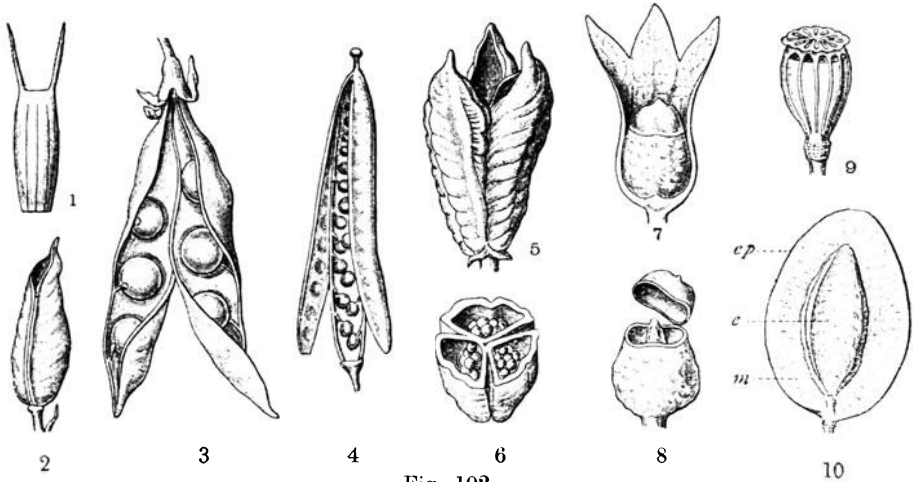


Fig. 102.

Verschiedene Fruchtformen (meist nach Bischoff).

1 Achäne des Zweizahn. 2 Balgfrucht des Rittersporn. 3 aufgesprungene Hülse der Erbse. 4 aufgesprungene Schote des Goldlack. 5 aufgesprungene Kapsel der Herbstzeitlose. 6 dieselbe quer durchschnitten, um zu zeigen, daß die Kapsel septicid aufspringt. 7 Deckelkapsel des Eisenkrautes. 8 dieselbe nach dem Aufspringen. 9 Porenkapsel des Mohn. 10 Steinfrucht des Zwetschenbaumes; das hautartige Epikarp *ep* und das fleischige Mesokarp *m* sind in der vorderen Hälfte fortgeschnitten, so daß das harte Endokarp *e*, welches den Samen einschließt sichtbar ist.

verwecheln an deren Bildung die Gynaceen mehrerer Blüten und nebenbei oft noch Teile der Blütenstandsachse beteiligt sind. Als typisches Beispiel derartiger Fruchtstände kann die Ananas (Fig. 104 A) angeführt werden bei welcher viele Blüten zu einer Aehre vereinigt sind; die Früchte der einzelnen Blüten treten heranwachsend miteinander in Berührung und bilden zusammen die bekannten Scheinfrüchte. Bei der Maulbeere sind selbst die erhalten gebliebenen und fleischig angeschwollenen Perianthblätter noch an der Ausbildung des scheinfruchtartigen Fruchtstandes beteiligt. Auch die Feige (Fig. 104 B) ist eine Scheinfrucht, bei welcher der birnförmige, ausgehöhlte, fleischige Teil der Hauptachse des Blütenstandes eine große Anzahl von Einzelfrüchten umschließt.

Der Same. — Aus der Samenanlage geht nach der Befruchtung der Same hervor. Die inneren Vorgänge, welche diese Umwandlung herbeiführen, werden in dem Abschnitt über die geschlechtliche Fortpflanzung der Angiospermen geschildert werden. An dem reifen Samen unterscheidet man als wesentliche Teile: den Keimling oder **Embryo**, welcher aus der befruchteten Eizelle entstanden ist, und die **Samenschale** (Testa), welche aus einem Teil des Nucellus und den Integumenten hervorgegangen ist. Neben dem Embryo ist oft ein als Sameneiweiß (Endosperm oder Perisperm) bezeichnetes Nährgewebe im Samen enthalten (Fig. 105 C).

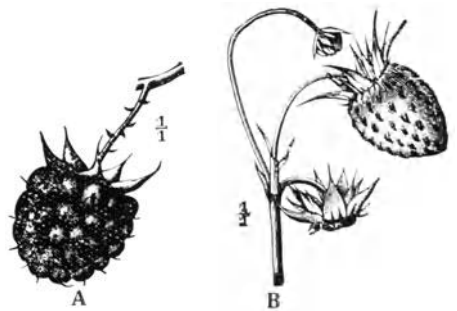


Fig. 103.

A Brombeere. B Scheinfrucht der Erdbeere.

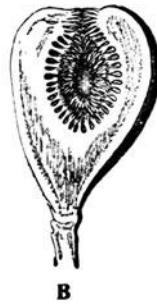
Außerlich ist an dem aus der Frucht entlassenen Samen leicht die Stelle zu erkennen, wo sich der Nabelstrang abgelöst hat; sie wird **Nabel** oder **Hilum** genannt (Fig. 105 Dn). Auch die nunmehr als **Samenmund** bezeichnete Mikropyle tritt meist noch deutlich hervor (Fig. 105 D m). Durch nachträgliches Wachstum des Nabelstranges oder der ihm benachbarten Gewebepartien der Samenanlage entstehen an manchen Samen charakteristische Anhangsgebilde, die als **Samenschwiele** (Caruncula), oder wenn sie einen größeren Teil des Samens mantelförmig umhüllen, als **Samenmantel** (Arillus) bezeichnet werden (Fig. 105 E u. F).



Fig. 104.

A Fruchtstand der Ananas (verkleinert).
B Scheinfrucht der Feige (verkleinert).

Verbreitungsausrüstung. — An den Früchten und Samen der Pflanzen finden sich Einrichtungen, welche die Ausbreitung und Verbreitung der reifen Samen bewirken. Manche Springfrüchte schleudern beim Aufspringen die Samen mehrere Meter weit fort. Der Transport der Samen über weitere Strecken wird durch Wind, Wasser oder Tiere vermittelt. Als besondere Ausrüstung zur Verbreitung durch den Wind besitzen manche Früchte und Samen hautartige Flügel, Haarschöpfe oder Federkronen. Zur Verbreitung durch das Wasser sind die Früchte oder Samen mancher Uferpflanzen durch besondere Schwimmvorrichtungen be-



B

oder Federkronen. Zur Verbreitung durch das Wasser sind die Früchte oder Samen mancher Uferpflanzen durch besondere Schwimmvorrichtungen be-

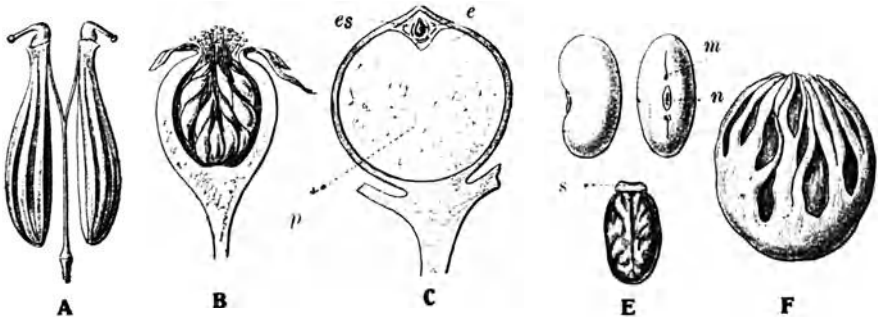


Fig. 105.

A Doppelachänium von *Carum Carvi* ($\frac{1}{2}$). B Längsschnitt der Hagebutte. C Längsschnitt des Samens von *Piper Cubeba*. e Embryo es Endosperm p Perisperm. D Samen der Bohne von der Seite und von vorne. m Samenmund, n Nabel. E Same von *Ricinus communis*. s Samenschwiele (Caruncula). F Samen von *Myristica*, welcher von einem zerschlitzten Samenmantel (Arillus) umhüllt ist.

fähigt. Die Verbreitung durch Tiere geschieht entweder dadurch, daß die Früchte oder Samen sich vermittelst hakenförmiger Anhängsel an dem Haar- oder Federkleid der Tiere festhängen, oder es sind an der Umhüllung des Samens genießbare Teile vorhanden, um derentwillen die Tiere die Samen aufsuchen und fortschleppen. Im letzteren Falle müssen natürlich die Samen selber ungenießbar oder durch eine harte Hülle gegen die Einwirkung der Verdauung geschützt sein. Die genießbare Umhüllung des Samens, die Fruchtwand oder eventuell der Arillus, besitzt meist eine auffällige Färbung und erregt dadurch die Aufmerksamkeit der die Verbreitung vermittelnden Tiere.

Wenn alle Samen einer Pflanze neben dem Stamm der Mutterpflanze zur Keimung gelangten, so würden die Keimpflanzen sehr ungünstige Entwicklungsbedingungen finden. Einmal sind dem Boden an jener Stelle durch das Wachstum der Mutterpflanze schon Nährstoffe entzogen worden; sodann müßten die vielen nebeneinander aufgehenden Geschwisterpflanzen, welche sich anfänglich gleichmäßig entwickeln würden, sich später den Raum, das Licht und die Nährstoffe des Bodens streitig machen. Alle würden gleichmäßig unter diesem Kampf ums Dasein zu leiden haben; nur selten würde eine zur normalen, kräftigen Entwicklung gelangen. Ein weiterer Nachteil würde endlich darin bestehen, daß bei den gedrängt nebeneinander wachsenden Geschwisterpflanzen die Befruchtung der Samenanlagen stets durch den Pollen eines nahe verwandten Individuums erfolgen müßte, wodurch im Laufe der Entwicklung eine Degeneration, eine Schwächung der Existenzfähigkeit der Art zustandekommen kann.

Bei einigen Blütenpflanzen ist die Blüten- und Fruchtbildung ersetzt durch die Ausbildung vegetativer Vermehrungssprosse. In den Blütenständen des Knoblauchs und anderer Laucharten finden wir z. B. an Stelle einzelner Blüten kleine zwiebelartige Brutknospen (Fig. 106) und in den Blütenständen der *Poa alpina* entwickeln sich die Achsen der einzelnen Aehrchen, welche bei den verwandten Gräsern die Blüten tragen, zu kleinen wenigblättrigen Laubsprossen, welche sich später von der Mutterpflanze loslösen und zu selbständigen Stöcken heranwachsen.



Fig. 106.

Blütenstand von *Allium Ampeloprasum*. Acht Blütenknospen sind in Brutzwiebeln umgebildet.

B. Anatomie.*

Erstes Kapitel. Die Zellenlehre.

1. Der Begriff der Zelle.

Die Grundsubstanz des lebenden Pflanzenkörpers und zugleich der Träger des pflanzlichen Lebens ist das Protoplasma. Im wesentlichen haben wir uns dasselbe als eine feinkörnige, schleimflüssige Masse vorzustellen, in welcher einzelne, bestimmt geformte, mikroskopisch kleine Gebilde, Zellkerne und Chromatophoren, verteilt sind. Die Zellkerne stellen in gewissem Sinne die Zentralstelle für die Lebensverrichtungen in dem sie zunächst umgebenden flüssigen Protoplasma dar; sie bilden mit dem letzteren ein einheitliches Ganzes, eine mit gewissen Kräften ausgestattete Lebensinheit im Organismus, welche von Sachs treffend als *Energide* bezeichnet worden ist. Als organisches Grundelement des Pflanzenleibes haben wir also die *Energide* anzusehen, d. h. einen winzigen Protoplasmatropfen mit seinem Zellkern.

Die Zahl der *Energiden*, welche den Pflanzenkörper zusammensetzen, ist außerordentlich wechselnd. Während manche Organismen aus einer einzigen *Energide* gebildet werden, finden wir bei höheren Pflanzen im Zustande größter Entfaltung viele Tausende oder Millionen von *Energiden* im einzelnen Individuum vor.

In der Regel sind die einzelnen *Energiden* oder je mehrere derselben zusammen in eine feste Hülle eingeschlossen, so daß also der ganze Pflanzenkörper aus vielen kleinen Kammern zusammengesetzt erscheint, die je eine oder mehrere *Energiden* beherbergen. Diese Kammern mitsamt ihrem Inhalt werden als **Zellen** bezeichnet; die feste Wand derselben heißt die Zellwand.

Nur in seltenen Fällen, bei einigen niederen Pflanzen, ist der Protoplasmaleib völlig nackt; man nennt derartige Gewächse nichtcelluläre Pflanzen im Gegensatz zu den aus Zellen gebauten cellulären Pflanzen. Da bei den letzteren die einzelnen *Energiden* durch die Zellwände hin-

* Für eingehendere Studien sind zu empfehlen: De Bary, A., *Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane der Phanerogamen und Farne*. Haberland, G., *Physiologische Pflanzenanatomie*; und als Anleitung zu anatomischen Untersuchungen mit dem Mikroskop: Strasburger, E., *Das botanische Praktikum*.

durch miteinander in direkter Verbindung stehen, so ist ein wesentlicher Unterschied zwischen den cellulären und den nichtcellulären Pflanzen nicht vorhanden.

Indem wir die nichtcellulären Pflanzen als Ausnahmen von der Regel gesondert betrachten, können wir im allgemeinen die Zelle als das formale, morphologische Grundelement des Pflanzenkörpers bezeichnen.

An der Zelle können wir nach Vorstehendem den **Zellinhalt** und die **Zellwand** unterscheiden. Wichtigster Inhaltsbestandteil ist das **Protoplasma**, in dem als scharf umgrenzte Gebilde **Zellkern** und **Chromatophoren** hervortreten. Als Ausscheidungsprodukt der letzteren ist die in vielen Zellen sich findende **Stärke** anzusehen. In jugendlichen Zellen füllt das Protoplasma den ganzen von der Zellwand umschlossenen Hohlraum aus; später treten in demselben Tropfen von wässerigem Zellsaft auf, welche als **Vakuolen** bezeichnet werden. Die in der Vakuolenflüssigkeit gelösten Substanzen sind zum Teil Exkrete, d. h. Stoffe, welche bei dem Stoffwechsel der Pflanze abgeschieden wurden und nicht mehr zur Verwendung kommen. Zum Teil aber enthalten die Vakuolen Nährstoffe, welche nur zeitweilig in der Zelle abgelagert wurden, um später beim Ausbau des Pflanzenkörpers Verwendung zu finden. Als ein Umwandlungsprodukt gewisser Vakuolen sind die **Aleuronkörner** anzusehen, welche sich als Reservestoff bei vielen Pflanzen in bestimmten Zellen vorfinden. Außer den genannten Zellinhaltskörpern kommen noch häufig in den Pflanzenzellen kristallinische Ablagerungen vor.

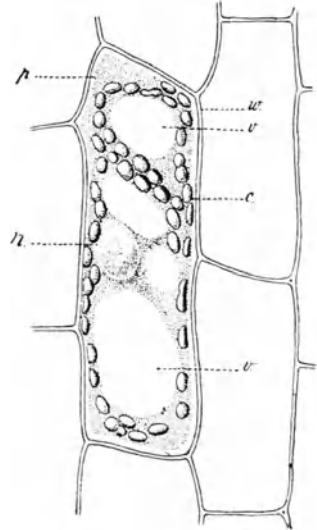


Fig. 107.
Zelle aus dem Blatt einer
Wasserpflanze.
w Zellwand, p Protoplasma,
n Zellkern, c Chromatophoren,
v Vakuole.

2. Der Zellinhalt.

Das Protoplasma. — Das Protoplasma der Pflanzen, kurz auch Plasma genannt, besteht wie dasjenige des Tierleibes zum größten Teil aus Eiweißstoffen und Wasser. Ueber den äußerst komplizierten, molekularen Bau des lebenden Protoplasmas ist zurzeit sehr wenig Sicheres bekannt; ebenso herrschen bezüglich der organischen Struktur der Substanz und ihrer einzelnen Teile viele Zweifel. Neubildung von Protoplasma aus anorganischen Stoffen kann nur dort stattfinden, wo bereits lebendes Protoplasma vorhanden ist, und nur in der Weise, daß das lebende Protoplasma wächst, indem es die der Zelle zugeführten Substanzen assimiliert.

Man kann in der zähflüssigen Plasmamasse der Zelle einen körnchenreichen, inneren Teil, das **Körnchenplasma**, und eine wasserhelle Schicht, das **Wandplasma**, unterscheiden, welches letzteres den Protoplasmakörper

sowohl gegen die Zellwände hin als auch gegen die Vakuolen abgrenzt. Die Protoplasmakörper benachbarter Zellen stehen in sehr vielen Fällen durch zarte, von dem Wandplasma ausgehende Protoplasmafäden (Protoplasmaverbindungen oder Plasmodesmen) in Verbindung, welche die trennende Zellwand in äußerst feinen Poren durchsetzen (Fig. 108).

Da das Protoplasma der Träger aller Lebenserscheinungen ist, so müssen sich in demselben fortgesetzt chemische und physikalische Vorgänge abspielen, die sich größtenteils der direkten Beobachtung entziehen. Von außen aufgenommene Substanzen werden zu komplizierten chemischen Verbindungen verarbeitet, die in den Körperbestand des Protoplasmas eingebaut werden. Die in den Baustoffen gebundene chemische Energie wird durch Abbau in lebendige Kraft umgewandelt. Man bezeichnet den ganzen Komplex dieser Lebenserscheinungen als **Stoffwechsel** und als **Kraftwechsel** des Protoplasmas.

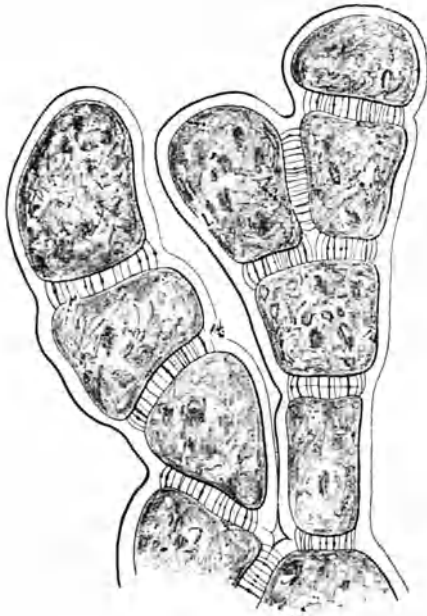


Fig. 108.

Thallusabschnitt der Alge *Chaetopeltis*. Die Innenwände der Zellen sind von zahlreichen Protoplasmaverbindungen durchbrochen. (Nach Kohl.)

Eine sehr auffällige Eigenschaft des lebenden Protoplasmas ist die **Reizbarkeit** d. h. die Fähigkeit auf äußere Einwirkungen in besonderer Weise durch innere Veränderungen zu reagieren, die nicht als direkte physikalische oder chemische Fortwirkung der äußeren Reizursache angesehen werden können. Die eingehendere Betrachtung dieser Lebenserscheinungen gehört in die Physiologie, wo auch die auffälligen **osmotischen Eigenschaften** des Protoplasmas besprochen sind.

Unter den direkt sichtbaren Lebensäußerungen des Plasmas ist die als **Protoplasmaströmung** bezeichnete Bewegungserscheinung am auffälligsten. An günstigen Objekten, wie sie die Zellen mancher Wasserpflanzen darbieten, läßt sich eine Verschiebung der einzelnen Plasmateile gegeneinander und eine Aenderung ihrer Lage zur Zellwand mit dem Mikroskop direkt beobachten.

In manchen Pflanzenzellen ist die Protoplasmaströmung eine normale Erscheinung, in andern kann sie durch äußere Eingriffe, z. B. durch Verwundung hervorgerufen werden; meistens aber vollzieht sich die Umlagerung der Teile des lebenden Protoplasmas so langsam, daß es nicht zu einer direkt wahrnehmbaren Strömung kommt. Wenn das der Zellwand angelagerte Protoplasma in einer Richtung den von einer großen Vakuole eingenommenen Innenraum der Zelle umströmt, so wird die Bewegung als **Rotation** bezeichnet. Häufig erfolgt die Strömung sowohl in dem der Zellwand angelagerten Protoplasma, als in Plasmasträngen, welche das Zellinnere durchziehen in allen möglichen, oft in direkt entgegengesetzten Richtungen. Man nennt diese Form der Bewegung **Zirkulation**. Die Springbrunnenbewegung, bei welcher das Protoplasma in einem die Zelle der Länge nach durchziehenden Strang aufwärts steigt, um längs der

Wände zurückzufließen, und die Glitschbewegung, bei welcher ein einfaches Vor- und Rückwärtsgleiten der Teilchen im wandständigen Protoplasma stattfindet, sind seltener vorkommende Formen der Protoplasmaströmung.

Bei den nackten Plasmakörpern der nichtcellulären Pflanzen kommt neben der Protoplasmaströmung eine Ortsbewegung des ganzen Organismus zustande, welche als amöboide Plasmabewegung gekennzeichnet wird.

Der Zellkern. — Der Zellkern ist ein bestimmt geformtes Protoplasma-gebilde, welches durch eine derbere Hautschicht, die **Kernmembran**, gegen das umgebende flüssige Protoplasma abgegrenzt ist. Im Innern des Kerns befinden sich in einer dem Protoplasma ähnlichen Grund-

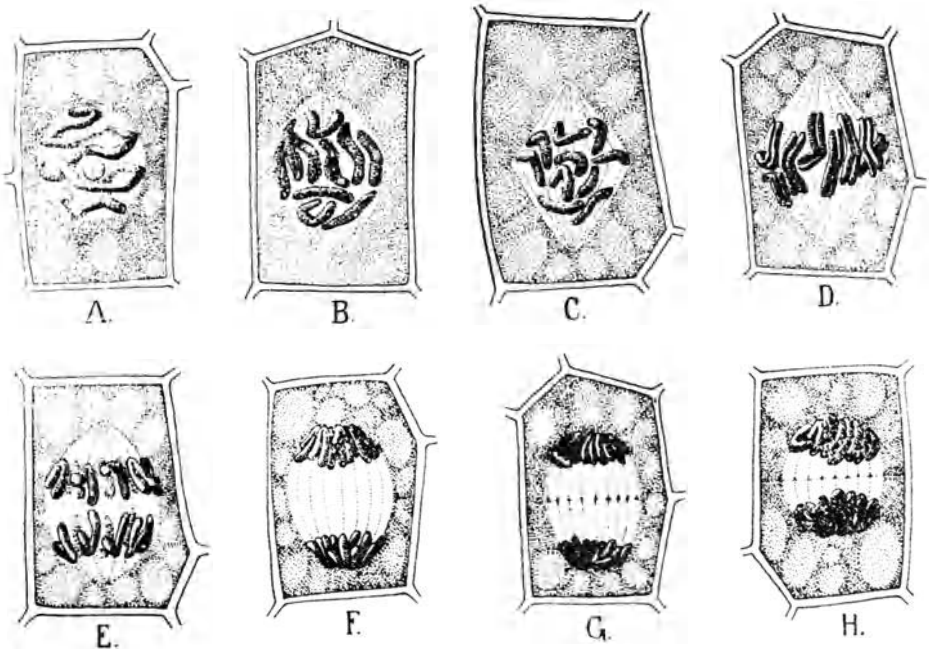


Fig. 109.

Die wichtigsten Stadien der Kernteilung in einer Pflanzenzelle (halbschematisch sehr stark vergrößert).

substanz ein Gerüstwerk aus gegliederten Strängen, welches kurz **Kerngerüst** genannt wird, und ein oder mehrere, stark lichtbrechende **Körnchen**, die man als **Kernkörperchen** oder Nukleolen bezeichnet. Die Fäden des Kerngerüsts enthalten zahlreiche **Körnchen** von einer den Eiweißstoffen nahestehenden Verbindung, welche Nuklein genannt wird. Sie haben im toten Zustande die Eigenschaft, gewisse ihnen in Lösung zugeführte Farbstoffe begierig aufzunehmen und zu speichern, weshalb man sie als die chromatischen Elemente des Kerns bezeichnet.

Die Zellkerne vermehren sich durch Teilung; eine Neubildung von Zellkernen aus dem Protoplasma findet nicht statt, so daß also alle Kerne einer Pflanze aus dem einen Kern hervorgegangen sind, welcher nach der Befruchtung in der Eizelle vorhanden war.

Wenn der Zellkern sich zur Teilung vorbereitet (vgl. Fig. 109) so wird das Kerngerüst allmählich deutlicher und wandelt sich, während die Nukleolen verschwinden, in

ein lockeres Knäuel um, welches in eine bestimmte Anzahl von Fadenstücken, die Kernsegmente oder **Chromosomen**, zerfällt. Die Fadenschleifen spalten sich im weiteren Verlauf der Teilung der Länge nach je in zwei Tochtersegmente. Ungefähr in diesem Stadium verschwindet die Kernmembran; von den Polen der ganzen Kernfigur aus verlaufen strahlig angeordnete Plasmafäden nach dem Kerninnern, so daß eine spindel-förmige oder cylindrische Figur entsteht, welche als **Kernspindel** bezeichnet wird. Die Segmente ordnen sich bald in der Aequatorialebene der Spindel an, sie bilden die **Kernplatte**, wobei sie paarweise, wie sie durch die Spaltung aus den ursprünglichen Fadenschleifen hervorgegangen sind, nebeneinander liegen. In dem folgenden Stadium rücken die Segmente auseinander nach den Polen der Spindel hin, und zwar in der Weise, daß von jedem Paar eine der Längshälften zu dem einen Pol, die andere zum andern Pol hinwandert. Während die Fadenstücke in der Nähe der Spindelpole zu Knäueln zusammenrücken, bildet sich um jede der beiden Gruppen eine neue Kernmembran. Endlich bilden die Fäden in den neuentstandenen Kernen sich wieder zu einem dichten Knäuel um, und es tritt wieder ein Nukleolus auf oder deren mehrere, und die beiden Zellkerne

zeigen dieselbe Beschaffenheit, welche der Mutterkern im Zustand der Ruhe besaß. Der soeben geschilderte Kernteilungsvorgang wird als **Karyokinese** oder **mitotische Kernteilung** bezeichnet; die Kernteilung in den tierischen Zellen verläuft im wesentlichen in gleicher Weise. Während bei der typischen Karyokinese in vegetativen Zellen die Tochterkerne die gleiche Zahl von Chromosomen erhalten wie die Mutterkerne, treten bei der geschlechtlichen Fortpflanzung auch heterotypische Kernteilungen auf, die eine Reduktion der Chromosomenzahl auf die Hälfte in den Tochter- oder Enkelkernen zur Folge haben.

Direkte oder amitotische Kernteilung, bei welcher der Kern durch Einschnürung in zwei oder mehr Teile zerfällt, kommt bei tierischen Zellen häufiger, im Pflanzenreich jedoch nur ausnahmsweise in alternden, einer weiteren Entwicklung nicht fähigen Zellen vor.

Die Chromatophoren. — Als Chromatophoren bezeichnet man eine Reihe bestimmt geformter Gebilde in der Zelle, welche aus einer mit dem Protoplasma nahe verwandten Substanz bestehen. Sie sind häufig die Träger bestimmter Farbstoffe und haben insofern für die Lebenserscheinungen der Pflanzen eine hohe Bedeutung, als sich in ihnen der Prozeß der Stärkebildung abspielt. Im Hinblick auf diese Funktion werden die Chromatophoren wohl auch als Stärkebildner bezeichnet. Man unter-

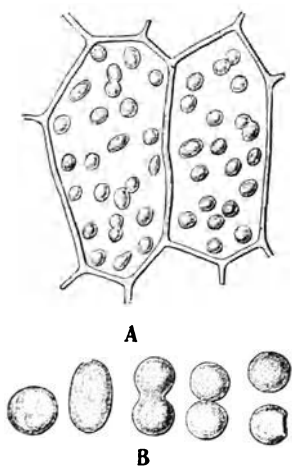


Fig. 110.

A zwei Zellen mit Chlorophyllkörpern, aus einem Moosblatt. **B** aufeinanderfolgende Teilungsstadien eines scheibenförmigen Chlorophyllkörpers.

scheidet unter den Chromatophoren die Chlorophyllkörper (Chloroplasten), die Leukoplasten und die Chromoplasten.

Die Chlorophyllkörper sind durch den als Blattgrün oder Chlorophyll bezeichneten Farbstoff grün gefärbt und finden sich meistens sehr zahlreich in allen Zellen grüner Pflanzenteile. Schon der Umstand, daß das Blattgrün die Grundfarbe aller Vegetation ist, läßt auf die hohe Bedeutung schließen, welche den Chlorophyllkörpern, den Trägern dieses allgemein verbreiteten Farbstoffes, im Leben der Pflanze zukommt. Sie stellen die Elementarorgane dar, in denen sich unter Einwirkung des Lichtes die Assimilation, d. i. die Bildung organischer Substanz aus anorganischen Stoffen vollzieht. Das erste sichtbare Produkt des Vorganges ist bei der großen Mehrzahl der Gewächse die Stärke.

Die Form der Chlorophyllkörper ist meistens kugelig oder scheibenförmig (Fig. 110 A); bei niederen Pflanzen, besonders bei den Algen, kommen auch band-, platten- oder sternförmige oder sonstwie abweichend geformte Chlorophyllkörper vor. Die Körperform ist übrigens bei den Chlorophyllkörpern nicht konstant, sondern es können unter dem Einfluß wechselnder Beleuchtung innerhalb gewisser Grenzen aktive Gestaltveränderungen an den Körpern stattfinden. Die Chlorophyllkörper vermehren sich durch direkte Teilung, indem sie sich durch Wachstum vergrößern, in der Mitte einschnüren und endlich in zwei gleiche Teile zerfallen, deren jeder die ursprüngliche Form annimmt (Fig. 110 B).

In den jugendlichen Pflanzenteilen ist der grüne Farbstoff noch nicht in den Chlorophyllkörpern vorhanden; derselbe bildet sich im Gange der Entwicklung meist unter dem Einfluß des Lichtes aus.

Seiner chemischen Natur nach ist der Chlorophyllfarbstoff eine komplexe Verbindung des Magnesiums. Der Farbstoff läßt sich durch Alkohol aus den Chlorophyllkörpern extrahieren. Die erhaltene Lösung zeigt deutliche Fluorescenz; sie ist grün im durchfallenden Licht, im auffallenden erscheint sie blutrot. Ihr Spektrum zeigt mehrere Absorptionsbänder, unter denen neben der Auslöschung des violetten Teiles ein breites Band im Rot besonders charakteristisch ist. In alternden Pflanzenteilen wird das Chlorophyll und der protoplasmatische Farbstoffträger meistens verändert und zerstört, eine Erscheinung, auf welcher z. B. die Herbstfärbung des Laubes und das Gelbwerden des reifenden Getreides beruht.

Die nicht ergrüneten Farbstoffträger in den jugendlichen Pflanzenteilen werden **Leukoplasten** genannt. Es kommen aber auch in älteren Pflanzenteilen Leukoplasten vor. Sie stimmen in der Form mit den Chlorophyllkörpern überein und bilden wie diese Stärke in ihrem Innern aus. Die Stärke ist indes hier nicht das direkte Produkt der Leukoplasten, sondern es ist die von den chlorophyllhaltigen Zellen eingewanderte Assimilationsstärke, welche in den Leukoplasten in Form größerer Körner ausgeschieden wird. Es handelt sich dabei um eine vorläufige Speicherung der durch die Assimilation gewonnenen Stärke; später wird der Vorrat teilweise veratmet, teilweise zum Aufbau des Pflanzenkörpers aufgebraucht. Man bezeichnet deshalb die von den Leukoplasten ausgeschiedenen Stärkekörner als Reservestärke.

Die Chromoplasten sind Farbstoffträger, welche eine andere als grüne Färbung besitzen. Sie entstehen durch Umwandlung aus Leukoplasten oder aus Chlorophyllkörpern und finden sich vorwiegend in den Kronblättern der Blüten und in farbigen Früchten. Indes sind nicht alle bunten Farben der Blüten und Früchte auf Chromoplasten zurückzuführen; häufig kommen auch Farbstoffe im Zellsaft gelöst vor. Die Chromoplasten haben vorwiegend gelbe und gelbrote Farbe. Ihre Form ist entweder scheibenförmig rundlich, wie die der Chlorophyllkörper, oder sie sind mehr tafelförmig eckig oder sonstwie unregelmäßig gestaltet (Fig. 111).

Die Stärke. — Die in den Chlorophyllkörpern ausgebildete Assimilationsstärke ist meistens nur in der Form kleiner, unregelmäßiger Körnchen vorhanden. Sie wird bald wieder aufgelöst und zu den Stellen des Verbrauches als Baustoff oder Atmungsmaterial fortgeführt, oder sie wandert in chlorophyllose Zellen, um dort von den Stärkebildnern als Reservestärke zeitweilig abgelagert zu werden. Die Substanz des Stärkekornes, das Amylum, ist ein Kohlehydrat, an dessen Zusammensetzung

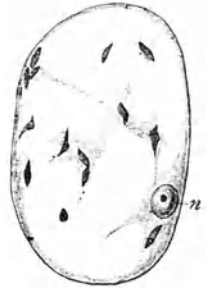


Fig. 111.

Zelle aus demFruchtfleisch von Solanum mit spindelförmigen, orangeroten Chromoplasten. n Zellkern.

Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff in dem Verhältnis beteiligt sind, welches durch die Formel $C_6H_{10}O_5$ ausgedrückt ist. Stärke wird durch Jod blau gefärbt und ist durch diese Reaktion auch in kleinsten Spuren mit Hilfe des Mikroskopes in den Pflanzenzellen nachweisbar. Die Lösung der Stärke in der Zelle erfolgt durch Fermente vom Protoplasma aus.

Die Körner der Reservestärke erreichen oft eine beträchtliche Größe. Häufig wird in jedem Stärkebildner nur ein einziges Stärkekorn ausgebildet. Dasselbe wächst, indem an seiner Oberfläche von dem Stärkebildner immer neue Stärkeschichten abgelagert werden, oft so mächtig heran, daß der Körper des Stärkebildners gänzlich deformiert wird und endlich nur noch wie ein dünner Ueberzug das Korn umgibt (Fig. 112 A).

Gewöhnlich sind die Stärkekörner rundlich; nur wo sie in sehr großer Anzahl in einer Zelle zusammengedrängt sind, wie in den Zellen des Maiskorns, stellen sie unregelmäßig vielflächige Körper dar (Fig. 112 C).

An manchen Stärkekörnern läßt sich eine deutliche Schichtung erkennen, welche dadurch zustande kommt, daß abwechselnd weichere und dichtere Schichten übereinandergelagert sind. Das Schichtenzentrum wird als Kern des Stärkekorns bezeichnet. Manche Körner sind aus ringsherum gleich dicken, konzentrischen Schichten aufgebaut. Andere dagegen sind exzentrisch geschichtet (Fig. 112 B). Das beruht darauf, daß die Hauptmasse des durch das heranwachsende Stärkekorn auseinandergedrängten Stärkebildners sich an der einen Seite des Kornes anhäuft, so daß dort die Produktion der Substanz eine reichlichere ist, als an den anderen Stellen des Umfanges. Wenn in einem Stärkebildner mehrere Stärkekörner gleichzeitig angelegt werden, kommen zusammengesetzte Stärkekörner zustande. Die Teilkörner zeigen dadurch daß ihr Wachstum nach Maßgabe des vorhandenen Raumes erfolgt, ebene Berührungsflächen (Fig. 112 D). Es kommt bisweilen vor, daß ursprünglich getrennte Anlagen von Stärkekörnern innerhalb eines Stärkebildners nachträglich noch von gemeinschaftlichen Stärkeschichten umhüllt werden, so daß mehrkernige Körner entstehen.

Fig. 112.
A 1 Stärkekorn von Pellionia mit aufsitzendem Stärkebildner, 2 Teil eines Stärkebildners nach Entfernung des Stärkekorns. B Stärkekörner aus der Kartoffelknolle. C Maisstärke; die Körner sind infolge dichter Lagerung eckig. D Reisstärke; neben einzelnen größeren zusammengesetzten Stärkekörnern liegen viele eckige Teilkörner ($150/\mu$).

Im allgemeinen ist die in Körnerform in den Pflanzenzellen auftretende Stärke als ein zu vorübergehender Speicherung abgelegtes Nährmaterial anzusehen. Daneben dienen, wie in einigen Fällen wahrscheinlich gemacht worden ist, die spezifisch schwereren Körner im Protoplasma gewisser Zellen als ein Mittel, um der lebenden Substanz der Zelle die Richtung der Schwerkraftwirkung wahrnehmbar zu machen.

Die Vakuolen. — Als Vakuolen bezeichnet man Hohlräume im Protoplasma, welche mit wässriger Flüssigkeit, dem Zellsaft, erfüllt sind. In den jugendlichen Zellen sind keine Vakuolen vorhanden. Sie entstehen erst nachträglich, indem sich im Innern des Protoplasmas Tropfen von Zellsaft ausbilden, welche durch fortgesetzte Ausscheidungen des Protoplasmas sich vergrößern und endlich oft fast den ganzen Innenraum der

erwachsenen Zelle ausfüllen, während das Protoplasma nur noch einen dünnen Belag der Zellwand bildet. Dieser plasmatische Wandbelag in der Zelle wurde früher als Primordialschlauch bezeichnet.

In dem Zellsaft der Vakuolen können sehr verschiedenartige Substanzen in Lösung vorhanden sein. Zum Teil sind es Exkrete, welche im Stoffwechsel der Pflanze keine Rolle mehr spielen, zum Teil sind es Reservestoffe, welche nur zeitweilig in der Zelle abgelagert sind. Eine Reihe von organischen und anorganischen Salzen sind im Zellsaft nachgewiesen worden, über deren Bedeutung für das Leben der Pflanze noch viele Zweifel bestehen. Sehr häufig kommen Gerbstoffe als Vakuoleninhalt vor, die als unbrauchbare Nebenprodukte beim Stoffwechsel der Pflanze anzusehen sind, die aber insofern noch eine Bedeutung für die Pflanzenteile haben, als sie dieselben gegen das Abgefressenwerden durch Tiere schützen. Die Farbstoffe, welche sich im Zellsaft mancher Oberflächenzellen finden, sind gleichfalls als Nebenprodukte des Stoffwechsels anzusehen. Sie verursachen die auffällige Färbung vieler Blüten und Früchte, welche die Aufmerksamkeit der die Pollenübertragung respektive die Samenverbreitung vermittelnden Tiere erregt. Auch in den Blattzellen der rotblättrigen Varietäten einiger Laubbäume, der Blutbuche, des Bluthasel u. a. m. ist gefärbter Zellsaft vorhanden. Nicht selten sind Pflanzensäuren, Alkaloide und andere wasserlösliche Stoffwechselprodukte im Zellsaft nachzuweisen.

Als Reservestoffe sind die Zuckerarten anzusehen, welche im Zellsaft vieler Pflanzen, besonders reichlich in den Zellen des Zuckerrohrs, des Zuckerahorns, der Zuckerrübe, und anderer für die Zuckergewinnung technisch verwerteter Pflanzen vorkommen; ferner das Inulin, welches sich z. B. in den Zellen mancher Compositen in Menge findet und bei Behandlung mit Alkohol in Form von Sphärokristallen ausgeschieden wird (Fig. 113). Eiweißstoffe finden sich häufig im Zellsaft vor. In reifenden Samen mancher Pflanzen werden die eiweißreichen Vakuolen durch Wasserentziehung zu festen Körpern verdichtet, die man als **Aleuronkörner** bezeichnet. Sie sind meist sehr kleine, rundliche Körnchen (Fig. 114 A), nur in wenigen Fällen, wie im Endosperm des Rizinussamen und der Paranaß erreichen sie eine beträchtliche Größe (Fig. 114 B); man kann in diesem Falle bisweilen bestimmt geformte Einschlüsse in dem Aleuronkorn erkennen; ein Kristalloid einer Eiweißsubstanz und rundliche, amorphe Körper die Globoid, welche neben organischer Substanz Phosphorsäure, Magnesium

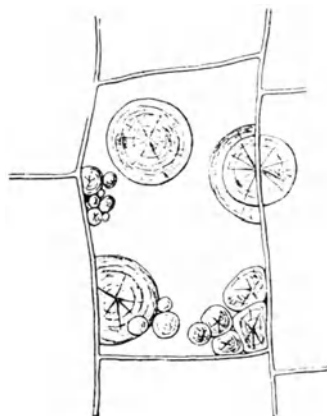


Fig. 113.

Zelle aus der Knolle von *Dahlia variabilis*, in welcher sich nach längerem Liegen in Alkohol, Sphärokristalle von Inulin ausgeschieden haben.

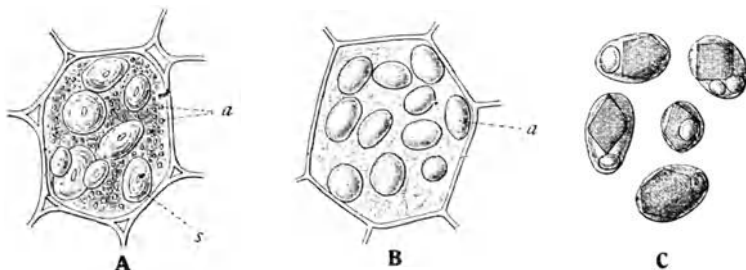


Fig. 114.

A Zelle aus dem Kotyledon der Erbse. *s* Stärke *a* Aleuron. **B** Zelle aus dem Endosperm von *Rizinus*. *a* Aleuron. **C** einzelne Aleuronkörner aus dem Endosperm von *Rizinus* nach Behandlung mit Jodjodkalium. In der Grundsubstanz des Kornes ist ein Kristalloid und ein Globoid erkennbar.

und Calcium enthalten (Fig. 114 C). Eiweißkristalloide treten übrigens gelegentlich auch im flüssigen Vakuoleninhalt auf; sie finden sich ferner in einzelnen Fällen im Zellkern und in den Chromatophoren.

Kristalle. — In gewissen Vakuolen vieler Pflanzen wird Oxalsäure ausgeschieden, welche mit den in Lösung vorhandenen Kalksalzen Calciumoxalat bildet. Dieses wird in Kristallform in der Zelle abgelagert. Kristalle von kohlensaurem Kalk und von Gips kommen dagegen nur äußerst selten im Zellinhalt vor.

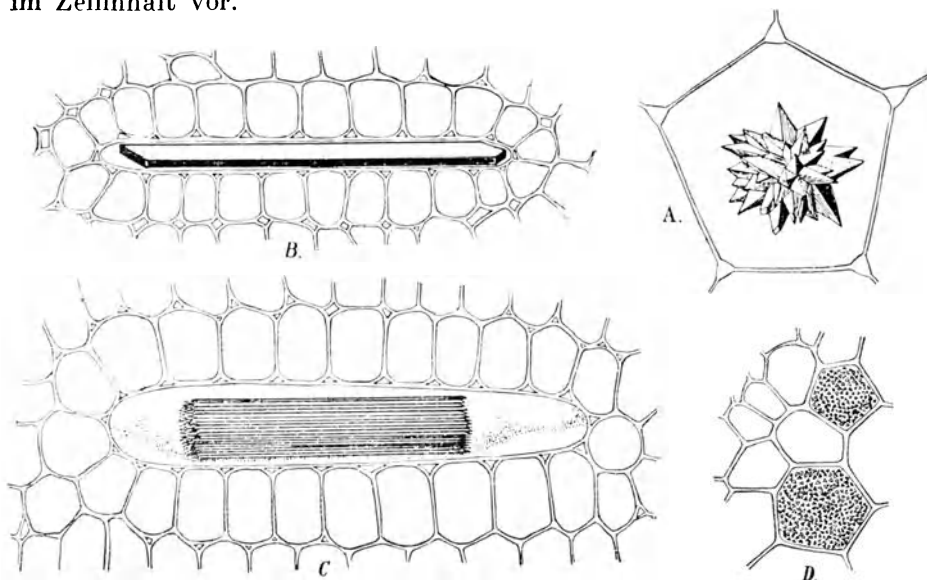


Fig. 115.

A Zelle aus dem Blattstiel von *Begonia* mit einer Druse von oxalsaurem Kalk. **B** Zellen aus dem Blatt von *Agave americana*; in der einen langgestreckten Zelle ist ein stabförmiger Einzelkristall von oxalsaurem Kalk eingeschlossen. **C** Zelle aus dem Blatt von *Agave americana* mit Raphidenbündel. **D** Zellgruppe aus dem Blatt von *Atropa Belladonna*; zwei Zellen sind mit Kristallsand erfüllt.

In manchen Pflanzen sind die oxalatführenden Zellen in Form und Größe von den anderen Zellen wesentlich verschieden; bei anderen treten die Kristalle in allen beliebigen Zellen auf. Häufig bilden sich große Einzelkristalle aus oder es entstehen morgensternförmige Drusen (Fig. 115 A. B). Bei manchen Pflanzen findet sich der oxalsaure Kalk in Form schlanker Nadeln abgeschieden, welche zu Bündeln vereinigt und mit einer Schleimhülle umgeben, in bestimmten Zellen abgelagert sind. Man bezeichnet diese Nadelbündel als Raphiden (Fig. 115 C).

Bestimmte Zellen einiger Blütenpflanzen z. B. der Tollkirsche und des Tabaks sind fast ganz mit kleinen kristallinen Körnchen erfüllt; sie werden Sandzellen genannt (Fig. 115 D).

3. Die Zellwand.

Struktur der Zellwand. — Bei jugendlichen Zellen stellt die Zellwand ein dünnes, dehnbare Häutchen dar, welches mit Wasser durchtränkt ist und gleich anderen organischen Membranen osmotische Eigenschaften besitzt. An manchen Zellwänden sind äußerst feine Durchbohrungen (Poren) nachgewiesen worden, durch welche die lebenden Inhalte be-

nachbarter Zellen mit feinen Protoplasmafäden (Plasmodesmen) in Verbindung stehen (Fig. 108).

Die Zellwand vergrößert sich mit der Zunahme des Zellinhaltes in der Fläche, sehr häufig findet aber auch ein Dickenzuwachs derselben statt, indem neue Zellwandsubstanz vom Protoplasma aus zu der vorhandenen hinzugefügt wird.

Dieser Prozeß kann in verschiedener Weise vor sich gehen. Entweder wird die vom Protoplasma abgegebene Substanz auf der Oberfläche der vorhandenen Zellwand abgelagert — ein solcher Wachstumsvorgang wird als **Apposition** bezeichnet — oder die neugebildeten Molekeln wandern zwischen die Molekelverbände (Micelle), aus denen

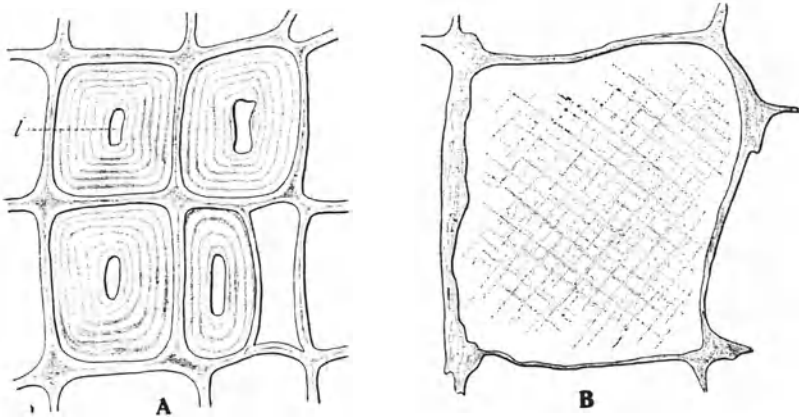


Fig. 116.

A Teil eines Querschnittes durch die Wurzelrinde von *Ginkgo biloba*. Die Wände einiger Zellen sind stark verdickt und deutlich geschichtet. *l* der Hohlraum der Zelle. **B** Zellwand aus dem Mark von *Dahlia variabilis* mit sichtbarer Streifung (nach Strasburger).

die Zellwand aufgebaut ist, hinein und lagern sich auf denselben oder zwischen denselben ab — man nennt diese Art des Wachstums **Intussusception**. Häufig werden vom Protoplasma aus ganze Schichten auf die vorhandene Wand aufgelagert. Es ist wahrscheinlich, daß bei diesem Vorgang in vielen Fällen ein Intussusceptions-Wachstum der einzelnen so entstandenen Wandschichten nebenher geht.

Die ausgewachsene Membran erscheint infolge des Zuwachses oft deutlich geschichtet (Fig. 116 **A**). An vielen nachträglich verdickten Zellwänden sind außerdem in der Fläche der Wand Systeme von zarten Schrägstreifen sichtbar, welche sich bisweilen kreuzen (Fig. 116 **B**). Die in verschiedener Richtung verlaufenden Streifen gehören dann verschiedenen Verdickungsschichten an. Schichtung und Streifung sind darauf zurückzuführen, daß lockere und dichte Schichten in der Wand miteinander abwechseln.

Gewöhnlich bleiben bei der nachträglichen Verdickung der Zellwand einzelne scharf umschriebene Wandstellen im Dickenwachstum hinter den anderen zurück, so daß in der verdickten Wand dünnere Stellen vorhanden sind, welche den Stoffverkehr zwischen den benachbarten Zellen vermitteln. Man bezeichnet die abweichend gebildete Stelle der Wand als **Tüpfel**. Der Zugang zu der dünnen Wandstelle wird **Tüpfelkanal** genannt (Fig. 117 **A**).

Häufig sind die Tüpfel kreisrundlich, bisweilen sind sie spaltenförmig. An manchen Wänden treten die Wandverdickungen gegenüber den unverdickt gebliebenen Wandteilen

sehr zurück; sie bilden nur ringförmige Leisten oder Spiralbänder, zwischen denen die dünnen Wandstellen als breite Streifen liegen (Fig. 117 C). Eine eigenartige Tüpfelbildung zeigen die Wände gewisser Zellen der Nadelhölzer. Dort sind über der kreisrunden, dünnen Wandstelle (Schließhaut), die in ihrer Mitte eine geringe Anschwellung (Torus) zeigt, die Tüpfelkanäle nach dem Zellinneren hin stark verengert, so daß auf beiden Seiten der Schließhaut ein hofartiger Hohlraum gebildet wird. Diese Art der Tüpfel wird als Hoftüpfel oder gehöfter Tüpfel bezeichnet (Fig. 117 B).

Chemische Beschaffenheit der Zellwand. — Die Zellwand besteht in den jungen Zellen der Hauptsache nach aus **Cellulose**, einem Kohlehydrat, welches wie die Stärke die Formel $C_6 H_{10} O_5$ hat. Mit Chlorzinkjod

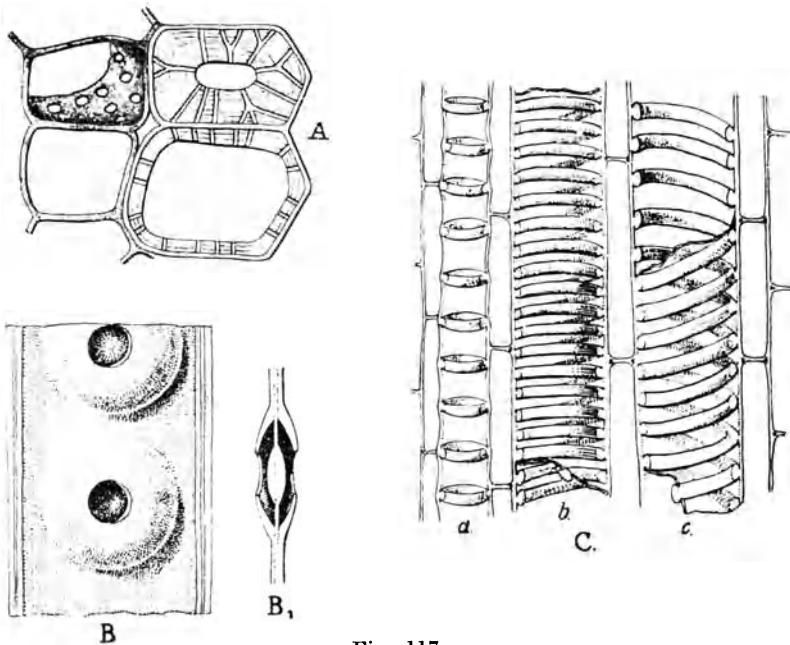


Fig. 117.

A Querschnitt einiger Zellen mit getüpfelter Wand. **B** Stück einer Zellwand mit gehöftem Tüpfel, **B'** ein gehöfter Tüpfel quer durchschnitten. **C**; *a b, c* röhrenförmige Zellen, deren Wand ringförmige und spiralförmige Wandverdickungen in verschiedener Ausbildung aufweist.

oder mit Schwefelsäure und Jod behandelt, nimmt die Cellulose eine blaue Färbung an, von konzentrierter Schwefelsäure und von Kupferoxydammoniak wird sie gelöst. Neben der Cellulose finden sich auch in der jugendlichen Zellwand stets Pektinverbindungen, welche sich mit Chlorzinkjod nicht blau färben und im Gegensatz zur Cellulose nach vorausgegangener Einwirkung verdünnter Säuren in Kalilauge verhältnismäßig leicht löslich sind. In älteren Geweben mit sekundär verdickten Zellwänden besteht die sogen. Mittellamelle, d. h. eine mittlere Membranlamelle zwischen je zwei benachbarten Zellen, vorwiegend aus derartigen Pektinstoffen. In den Wandungen vieler Zellen erleidet die Cellulose im Laufe der Entwicklung nachträgliche Veränderungen. Sehr häufig kommen **Verkorkung** und **Verholzung** vor.

Die **Verkorkung** trifft hauptsächlich solche Celluloseschichten, welche mit der Atmosphäre oder mit dem Wasser in Berührung sind, also alle Oberflächen der Gewächse; indessen kommen auch im Innern der Pflanzenkörper verkorkte Membranen vor. Die Verkorkung kommt durch Einlagerung eines fettartigen Körpers, des Suberins, zwischen die kleinsten Teile der Celluloselamellen zustande. Sie bewirkt, daß die Zellwände für Wasser schwer durchlässig werden. Die verkorkten Wände sind in Schwefelsäure nicht löslich; sie färben sich mit Chlorzinkjod gelb, ebenso mit konzentrierter Kalilauge. Durch Kochen in Kalilauge kann die fettartige Einlagerung aus der Cellulose entfernt werden.

Die **Verholzung** wird ebenfalls durch Einlagerung einer Substanz zwischen die Celluloseteilchen der Zellwände herbeigeführt. Man bezeichnet die eingelagerte Substanz als Lignin. Das Lignin ist kein einheitlicher chemischer Körper, sondern ein Gemisch verschiedener Substanzen von noch nicht genügend aufgeklärter und wechselnder Zusammensetzung. Mit Chlorzinkjod färbt sich die verholzte Membran gelb; mit Phloroglucin und Salzsäure wird eine intensive Rotfärbung erzeugt. Durch Kalilauge oder Salpetersäure kann die eingelagerte Substanz aus der verholzten Zellwand ausgezogen werden, so daß der Rest mit Chlorzinkjod die Cellulosereaktion gibt.

Eine dritte Form nachträglicher Veränderung der Cellulose ist die Einlagerung mineralischer Substanzen. Bisweilen findet man oxalsauren Kalk in Form deutlicher Kristalle in die Grundsubstanz der Zellwand eingebettet. Häufiger aber ist die anorganische Substanz amorph in kleinsten Teilen der organischen Grundlage eingefügt. Das letztere ist bei der **Verkieselung** und **Verkalkung** der Zellmembranen der Fall.

Durch die Einlagerung der Kieselsäure wird die Härte und Festigkeit der Membranen bedeutend erhöht. Wenn man durch Glühen die organische Substanz zerstört, erhält man ein Kiesel skelett der Membran, welches gewöhnlich noch die sichtbaren Strukturverhältnisse der letzteren genau aufweist. Die Verkieselung der Membranen ist im Pflanzenreiche sehr weit verbreitet; in auffälligem Maße ist sie bei den Kiesialgen oder Diatomeen, in der Oberhaut der Schachtelhalme und Gräser zu beobachten.

In ähnlicher Weise wie Kieselsäure ist bisweilen kohlenaurer Kalk in die Cellulose eingelagert, so in den Haaren der Asperifoliaceen, mancher Cruziferen u. a. m. Läßt man eine Säure auf die verkalkten Membranen einwirken, so wird der Kalk unter Gasentwicklung aufgelöst. Bei den Acanthaceen und Urticaceen sind in gewissen Zellen eigentümliche, der Zellwand angehörende Gebilde vorhanden, welche gleichfalls in der hauptsächlich von Cellulose gebildeten Grundsubstanz ihres Körpers massenhaft kohlenaurer Kalk eingelagert enthalten. Besonders schön sind diese Gebilde, welche man als **Cystolithen** bezeichnet, in den Blättern des Gummibaumes, *Ficus elastica*, ausgebildet (Fig. 118). Sie stellen unregelmäßige, eiförmige, mit Warzen bedeckte Körper dar, welche mit einem dünnen, verkieselten Stiel an der Wand befestigt sind und die Zelle fast ganz erfüllen. Wenn man durch Essigsäure den kohlenaurer Kalk aus dem Körper des Cystolithen entfernt, so bleibt ein zartes Zellulosegerüst zurück, an dem man erkennt, daß das Gebilde aus ziemlich gleichmäßigen Schichten zusammengesetzt ist, durch welche rechtwinkelig sich gabelnde radiale Stränge zu den Spitzen der Warzen auf der Oberfläche verlaufen.

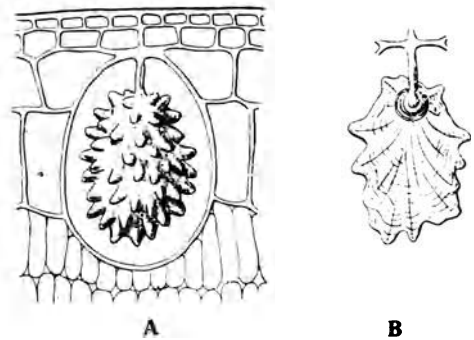


Fig. 118.

A Teil vom Querschnitt des Blattes vom *Ficus elastica* mit einem Cystolithen. **B** optischer Längsschnitt eines entkalkten Cystolithen.

Neben der typischen Cellulose, welche die Zellwände der meisten Gewächse bildet und welche auch die Grundsubstanz der verholzten, verkorkten, verkieselten und verkalkten Membranen ist, kommen im Pflanzenreich noch einige andere, nahe verwandte Stoffe vor, welche für sich allein oder in Verbindung mit Cellulose zur Zellwandbildung Verwendung finden. Die Zellwände der meisten Pilze bestehen aus Pilzcellulose, einer Substanz, welche viel dichter als die gewöhnliche Cellulose ist und im Gegensatz zu der letzteren durch Säuren nicht angegriffen wird. Erst wochenlange Vorbehandlung mit oft erneuter, konzentrierter Kalilauge ermöglicht an ihr die Cellulosereaktion mit Jod und Schwefelsäure.

In dem Endosperm mancher Samen und in den Kotyledonen einiger Embryonen sind die Verdickungsschichten der Zellwände aus einer Cellulosemodifikation gebildet, welche als **Reservecellulose** bezeichnet wird (Fig. 119). Bei der Entwicklung der Keimpflanze wird die Wandverdickung vollständig wieder aufgelöst und zum Aufbau der jungen Pflanze verwendet.

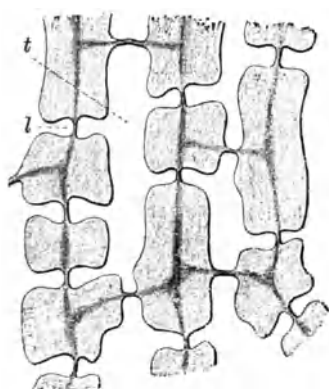


Fig. 119.

Einige Zellen aus dem Endosperm der Dattel im Längsschnitt. *l* der Hohlraum einer Zelle. Die Zellwände sind durch Reservezellulose stark verdickt und mit weiten Tüpfeln *t* versehen.

nur die ursprüngliche Zellwand der Endosperm- oder Kotyledonarzellen bleibt erhalten. Die Substanz der Wandverdickungen, welche offenbar als Reservestoff abgelagert ist, verleiht besonders in manchen Palmsamen dem Gewebe eine hornartige Festigkeit, so daß der Endospermkörper als vegetabilisches Elfenbein zur Knopffabrikation verwendet werden kann.

Endlich sei noch als eine im Pflanzenreich häufiger auftretende Modifikation der Cellulose der **Pflanzenschleim** erwähnt, welcher sich an der Oberfläche mancher Samen und Früchte, aber auch im Innern anderer Pflanzenteile als Bestandteil der Zellwände vorfindet. Der Pflanzenschleim ist von der normalen Zellwandsubstanz dadurch unterschieden, daß er nur in der Trockenheit eine feste Konsistenz

besitzt, bei Wasserzufuhr aber gallertartig aufquillt oder gänzlich zerfließt. Der Pflanzenschleim, welcher normalerweise im anatomischen Bau gewisser Pflanzenteile eine Rolle spielt, ist nicht zu verwechseln mit dem Schleim, der durch pathologische Veränderungen aus der Cellulose entstehen kann und den wir z. B. bei dem Gummifluß unserer Kernobstbäume auftreten sehen.

Nackte und leere Zellen. — In der Definition des Begriffes der Pflanzenzelle ist das Vorhandensein einer Zellwand als ein wesentliches Merkmal anzusehen; der Ausdruck „nackte Zelle“ enthält also im Grunde genommen einen Widerspruch. Es ist indes besonders bei der Fortpflanzung niederer Organismen der Fall nicht selten, daß der Inhalt einer Zelle zeitweilig seine Hülle verläßt, um nach kurzer Dauer sich mit einer neuen Zellwand zu umgeben. Insofern als der aus der Zellhülle ausgetretene Zellinhalt nur einen vorübergehenden Zustand in dem gesamten

Leben des betreffenden Elementarorganes repräsentiert, empfiehlt es sich, für denselben die Bezeichnung „nackte Zelle“ beizubehalten.

Ein Gegenstück zu den nackten Zellen bilden die leeren Zellen, aus welchen der größte Teil des Gewebes der Holzstämmen gebildet wird. Ursprünglich enthalten auch diese Zellen einen lebenden Inhalt; im Verlaufe der Entwicklung aber stirbt das Protoplasma ab und verschwindet fast gänzlich, so daß von der Zelle nur die verholzten Zellwände übrig bleiben: die Höhlung der Zelle ist mit Wasser und Luft erfüllt.

4. Die Entstehung der Zellen.

Zellteilung. — Eine Neubildung von Zellen findet nur dort statt, wo lebendes Protoplasma zum Aufbau derselben vorhanden ist: es handelt sich also meistens nur um die Vermehrung der Zahl der vorhandenen

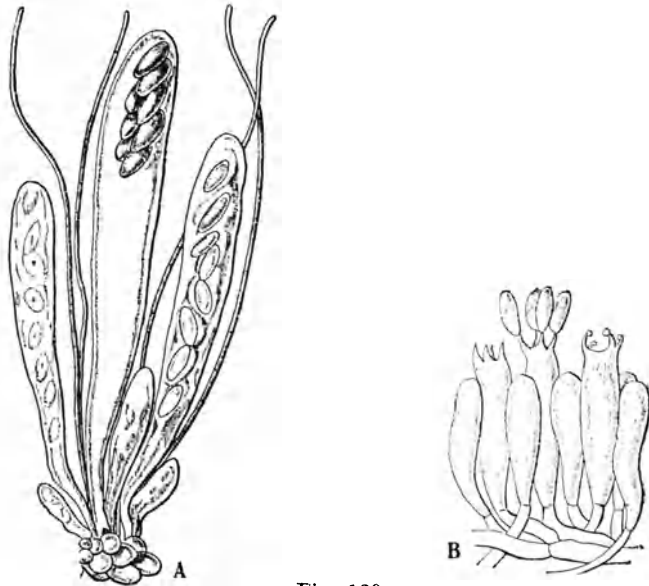


Fig. 120.

A Verschieden alte Sporenschläuche eines Ascomyceten, in denen durch freie Zellbildung je 8 Sporen entstehen. **B** Basidien von einem Agaricus, an denen durch Sprossung je 4 Sporen entstehen. (Stark, vergrößert.)

Zellen. Die einfachste und häufigste Vermehrungsweise der Zellen ist die Teilung. Der Vorgang der Zellteilung spielt sich gewöhnlich in der Weise ab, daß in der auf ihre Maximalgröße herangewachsenen Zelle zunächst der Zellkern sich mitotisch teilt. Zwischen den Tochterkernen wird schon frühzeitig die erste Anlage der jungen Zellwand im Plasma erkennbar, welche die Mutterzelle in zwei Tochterzellen zerteilt, deren jede einen Zellkern und einen Teil des Protoplasmas der Mutterzelle als Mitgift erhalten hat (Fig. 109). — Gewöhnlich tritt die Teilungswand frei im Protoplasma auf und setzt sich erst nachträglich an die Mutterzell-

wand an, nur bei einigen Algen bildet sie anfangs ein ringförmiges Diaphragma an der Mutterzellwand, dessen Oeffnung sich nachträglich schließt.

Bei der Verzweigung von Zellreihen, z. B. an den Rhizoiden der Laubmoose und den Zellfäden, die den Vegetationskörper der höheren Pilze und Algen zusammensetzen, kommt die der Zellteilung vorausgehende Vergrößerung der Mutterzelle dadurch zustande, daß sich ein seitlicher Auswuchs bildet. Ein Teil des Protoplasmas und ein Tochterkern wandert in den Auswuchs ein und wird durch eine sich bildende Teilungswand von der ursprünglichen Fadenzelle abgegrenzt. Dieser als **Sprossung** bezeichnete Vorgang spielt auch bei der Vermehrung der Zellen der Hefepilze und bei der Entstehung von Vermehrungszellen vieler Pilze eine Rolle (Fig. 120 B).

Freie Zellbildung. — Bei der Zellteilung wird die Mutterzelle zur Bildung der Tochterzellen ohne Rest aufgeteilt; findet das nicht statt, bleiben also bei der Zellbildung die Membran und meistens auch ein Teil des Inhaltes der Mutterzelle als solche erhalten, so bezeichnet man den Vorgang als freie Zellbildung.

Ein Beispiel bildet die Sporenbildung in den Sporenschläuchen vieler Schlauchpilze (Ascomyceten). Dort teilt sich der Zellkern wiederholt, bis acht Kerne vorhanden sind. Um jeden derselben sammelt sich eine Portion Protoplasma an und jede der so entstandenen Energiden umgibt sich im Innern der Mutterzelle mit einer neuen Zellwand (Fig. 120 A).

Zellverjüngung und Zellverschmelzung. — Endlich mag hier noch einiger Umformungsvorgänge gedacht werden, welche besonders bei den Fortpflanzungserscheinungen der niederen Pflanzen auftreten. Bei der Zellverjüngung verläßt einfach der Protoplasmainhalt die alte Zellhülle, um sich früher oder später mit einer neuen Zellwand zu umgeben. Die Zellverschmelzung ist das wesentlichste und charakteristische Moment der geschlechtlichen Fortpflanzung; sie geht in der Weise vor sich, daß die wichtigsten Zellinhaltsbestandteile der einen Zelle in die andere hineinandern und mit derselben völlig verschmelzen.

Zweites Kapitel. Die Gewebelehre.

1. Die Zusammensetzung der Gewebe.

a) Die Entstehung der Gewebe am Vegetationspunkt.

Unter den niederen Pflanzen ist eine Anzahl von Arten bekannt, deren Vegetationskörper während der ganzen Lebenszeit aus einer einzigen Zelle besteht (Fig. 121 A). Bei den meisten Pflanzen sind indes mehrere, oft sehr viele Zellen am Aufbau des Vegetationskörpers beteiligt, welche durch Zellteilung aus einer Anfangszelle hervorgegangen sind. In den einfachsten Fällen teilt sich die Anfangszelle in zwei gleichwertige Tochterzellen, welche miteinander in Verbindung bleiben und sich in der gleichen Weise und Richtung weiter teilen. So entstehen Zellfäden aus gleichartigen Zellen (Fig. 121 B). Erfolgen die Teilungen in den Zellen nicht nur in

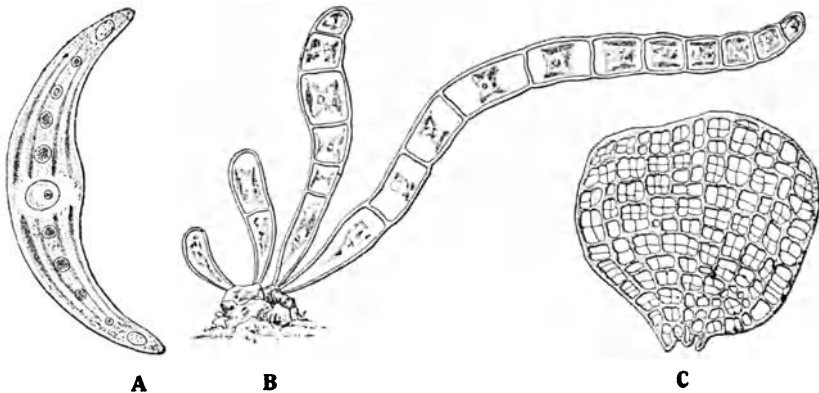


Fig. 121.

A einzellige Alge, Closterium. B junge Pflänzchen der Fadenalge Ulothrix. C Prasiola, eine Alge, deren Vegetationskörper eine Zellfläche bildet.

der Quere, sondern auch in einer dazu senkrechten Richtung, so entstehen Zellflächen (Fig. 121 C), und gehen endlich die Zellteilungen in allen Richtungen des Raumes vor sich, so kommen Zellkörper zustande.

In manchen Zellverbänden ist die Entstehung der neuen Zellen räumlich beschränkt; die unbegrenzte Teilbarkeit kommt nur einer einzigen Zelle, der **Scheitelzelle**, zu, während die von der Scheitelzelle abgegliederten Zellen direkt oder nach einigen weiteren Teilungen in den Dauerzustand übergehen.

Ein einfaches Beispiel für das Wachstum vermittelt einer Scheitelzelle bietet der in Fig. 122 A abgebildete Thallusast der Meeresalge *Stypocaulon*. Die Scheitelzelle *s* teilt sich durch eine Querwand in zwei Zellen, von denen die nach der Spitze zu gelegene als Scheitelzelle erhalten bleibt und sich in gleicher Weise weiterteilt. Die nach rückwärts liegende Teilzelle dagegen erreicht nach einigen weiteren Teilungen den Abschluß ihrer Entwicklung. Ab und an wird von der Scheitelzelle seitlich eine Zelle als Vegetationsscheitel eines Seitenzweiges abgetrennt.

Das Wachstum vermittelt einer Scheitelzelle ist im Pflanzenreich sehr weit verbreitet; wir finden es bei Pilzen, Algen, Moosen (Fig. 122 B) und selbst unter den Gefäßpflanzen bei den Farnen. Bei Moosen und Farnen wechselt die Richtung der aufeinanderfolgenden Teilungswände schon innerhalb der Scheitelzelle regelmäßig ab; es kommen zweischneidige, dreiseitig und vierseitig pyramidenförmige Scheitelzellen an den Vegetationspunkten vor. An den Wurzeln der Gefäßkryptogamen gehen auch

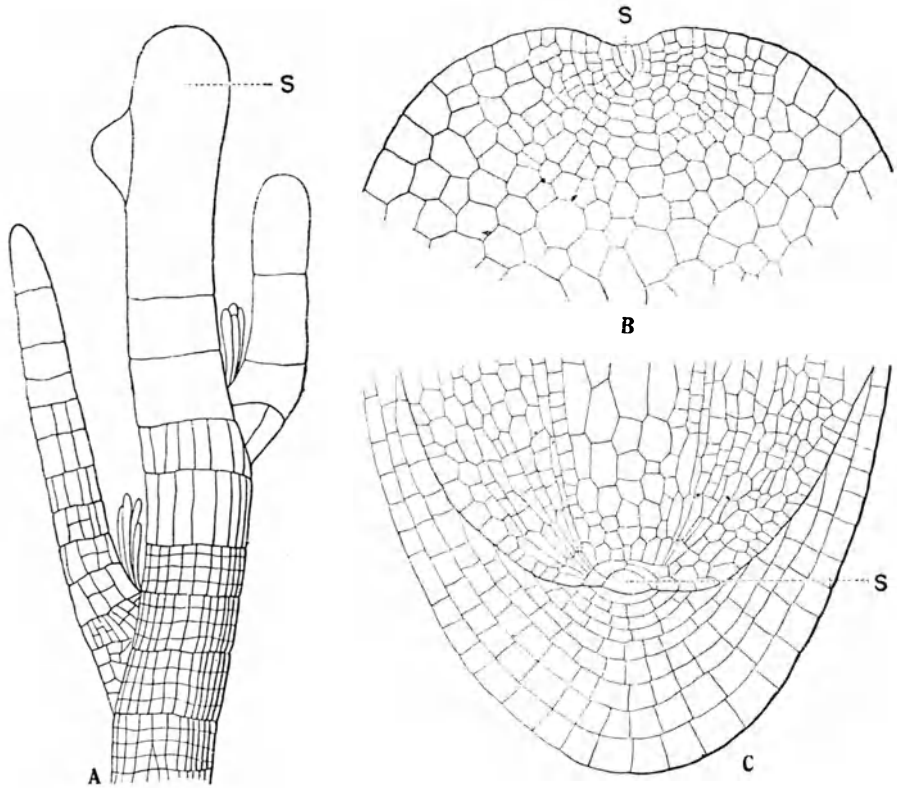


Fig. 122.

A Thallusast der Meeresalge *Stypocaulon* (nach Geyster). **B** Zellanordnung an der Vegetationsspitze des bandartigen Sprosses des Lebermooses *Metzgeria*. **C** Medianer Längsschnitt durch die Wurzelspitze eines Farns (nach v. Tieghem). **S** Scheitelzelle.

die Zellen, welche den Zuwachs der Wurzelhaube bilden, direkt aus der Scheitelzelle hervor (Fig. 122 C). Bei den Samenpflanzen ist es nicht eine einzelne Scheitelzelle, von welcher die Gewebebildung am Vegetationspunkt ausgeht, sondern eine Gruppe von Zellen, ein kleiner Gewebekomplex, den man als Bildungsgewebe oder **Meristem** bezeichnet (Fig. 123).

In dem Meristem vermehrt sich die Zahl der Zellen unausgesetzt durch Teilung und die an die Oberfläche des Bildungsherdess gelangenden Zellen werden den vorhandenen Geweben hinzugefügt, während ein innerer Zellkomplex von ungefähr gleichbleibender Größe den Charakter des Bildungsgewebes dauernd behält. Die Anordnung der Zellen in den vom Meristem ausgebildeten jungen Geweben zeigt eine gewisse

Gesetzmäßigkeit, die zum Teil auf die Richtung der Teilungswand bei der Teilung der Zellen zurückzuführen ist. In zahlreichen Fällen haben die Teilungswände in den jungen Geweben die gleiche Richtung, welche an den Flüssigkeitslamellen in Schärmen beobachtet wird, d. h. die junge Teilungswand schließt sich an die betreffenden Zellwände der Mutterzelle so an, daß sie bei Halbierung des Hohlraumes die geringste zwischen ihnen mögliche Flächenausdehnung besitzt. In einer würfelförmigen Mutterzelle steht also die junge Teilungswand parallel zu den Würfelflächen, in einer prismatischen Mutterzelle entweder senkrecht zur Längsachse oder parallel zu einer Seitenfläche, so daß sie die Längsachse in sich aufnimmt usf. In Schäumen ist die regelmäßige Anordnung mechanisch erklärt durch die Spannung in den Flüssigkeitslamellen. Die gleiche Erklärung ist für die Anordnung der Zellwände in den Pflanzenzellen nicht anwendbar, da in jedem Falle die Lage der jungen Teilungswand bereits bestimmt ist,

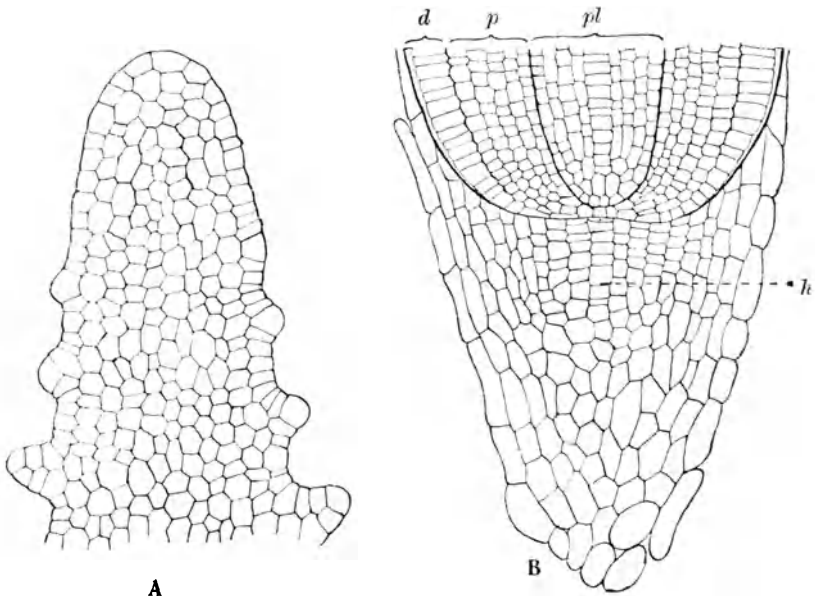


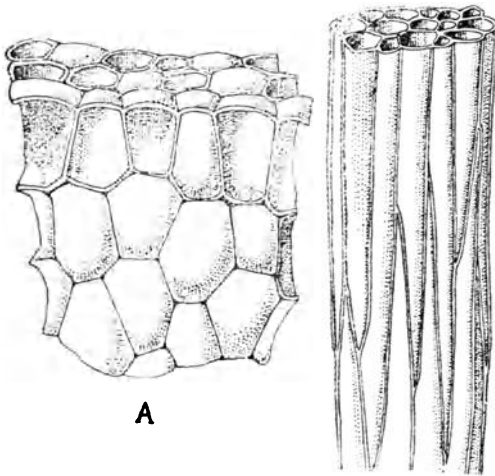
Fig. 123.

A Längsschnitt des Sproßgipfels von *Elodea canadensis* (nach Kny); der Vegetationspunkt besteht aus einem Meristem von gleichartigen Zellen. **B** Längsschnitt der Wurzelspitze von *Hordeum vulgare* (nach Janczewski). *h* Wurzelhaube, *d* Dermatogen, *p* Periblem, *pl* Plerom.

bevor noch die neuentstehende Membran sich an die Mutterzellwand angesetzt hat, also bevor sich in ihr Flächenspannung bemerkbar machen kann. Daß aber die mathematisch definierbare Gesetzmäßigkeit auch hier auf rein mechanische Ursachen zurückzuführen ist, unterliegt keinem Zweifel. Der Plasmaleib der Mutterzelle ist ein zähflüssiger Tropfen, der den Hohlraum vollkommen erfüllt und dadurch der deformierenden Wirkung der Schwerkraft entzogen ist. Durch den Vorgang der Zellteilung werden aus dem einen Flüssigkeitstropfen zwei gleich große, die beiden Plasmaleiber der Tochterzellen, die zusammen den Hohlraum der Mutterzelle erfüllen. Da eine deformierende Wirkung der Schwerkraft ausgeschlossen ist, wirkt auf die Gestaltung der beiden Tropfen, abgesehen von dem modellierenden Einfluß der Hohlform der Mutterzelle, nur das durch die Kohäsion erklärte Bestreben, die Gesamtoberfläche so klein als möglich werden zu lassen. In der Berührungsfäche der beiden Tochterzellen ist also das gleichsinnige Bestreben vorhanden, diese Berührungsfäche zu einer kleinsten Fläche werden zu lassen. Lag die Aequatorialebene der Kernteilungsfigur, in der ja die Trennung der beiden Tochterzellen angebahnt wird, ursprünglich nicht in der Richtung einer kleinsten Teilungswand, so führen die Plasmotropfen Bewegungen aus, durch welche die Tren-

nungsfläche in eine solche Richtung gebracht wird. Die zwischen den Berührungsflächen der Tochterzellen nachträglich ausgeschiedene Teilungswand hat also von Anfang an die gesetzmäßige Lage.*

Unmittelbar am Vegetationspunkt sind die jungen Zellen alle annähernd gleich an Gestalt und Größe; bald aber treten Differenzierungen ein, welche den Anfang der Ausbildung verschiedener Gewebesysteme in dem Pflanzenkörper darstellen. Man kann an vielen Wurzeln und Sprossen schon kurz hinter dem fortwachsenden Scheitel eine Sonderung des Gewebes in drei Teile wahrnehmen. Ein axiler Teil, das **Plerom**, stellt den Anfang des die Leitbündel enthaltenden Achsencylinders dar; er wird mantelartig umhüllt von dem **Periblem**, der jungen Rindenschicht der Achse; die äußerste Zellschicht endlich, die jugendliche



Oberhaut, wird **Dermatogen** genannt (Fig. 123 B). Man kann den Ursprung dieser drei Meristemteile auf einige wenige Zellen am Vegetationspunkt zurückverfolgen, welche als Initialen bezeichnet werden. An den Vegetationspunkten der Wurzeln wird außerdem auch nach der Spitze hin ein Zellkomplex ausgegliedert, das **Kalyp-trogen**, von dem der Zuwachs der Wurzelhaube abzuleiten ist.

b) Formbestandteile der Gewebe.

In den ausgewachsenen Teilen höherer Pflanzen ist die ursprüngliche Gleichmäßigkeit der die Gewebe am Vegetationspunkt zusammensetzenden Zellen vollständig verschwunden.

Die Zellen unterscheiden sich sowohl durch Form und Größe, als auch durch Inhalt und Funktion wesentlich voneinander und außerdem nehmen auch Gebilde an

der Gewebeformation teil, welche wohl aus Zellen hervorgegangen, aber nicht mehr Zellen sind. Ferner sind zwischen den einzelnen Zellen Hohlräume, die Intercellularräume, entstanden, welche für die Lebensverrichtungen der Pflanze Bedeutung haben und oft eigenartige Ausbildung gewinnen, so daß sie als ein Bestandteil des ausgewachsenen Gewebes angesehen werden müssen. Im folgenden sollen die einzelnen Formbestandteile der Gewebe kurz besprochen werden.

* Das Problem von der Richtung der Teilungswand ist eingehender behandelt in Giesenhagens „Studien über Zellteilung“, Stuttgart, Grubs Verlag.

Parenchym und Prosenchym. — Man unterscheidet unter Berücksichtigung der Zellform zwei durch Uebergänge verbundene Grundtypen der Gewebe: das **Parenchym**, dessen Zellen gewöhnlich nur wenig oder nicht gestreckt und mit breiten Flächen aneinandergesetzt sind (Fig. 124 A), und das **Prosenchym**, dessen Zellen schmale Fasern und mit ihren lang-zugespitzten Enden zwischeneinander eingeschoben sind (Fig. 124 B).

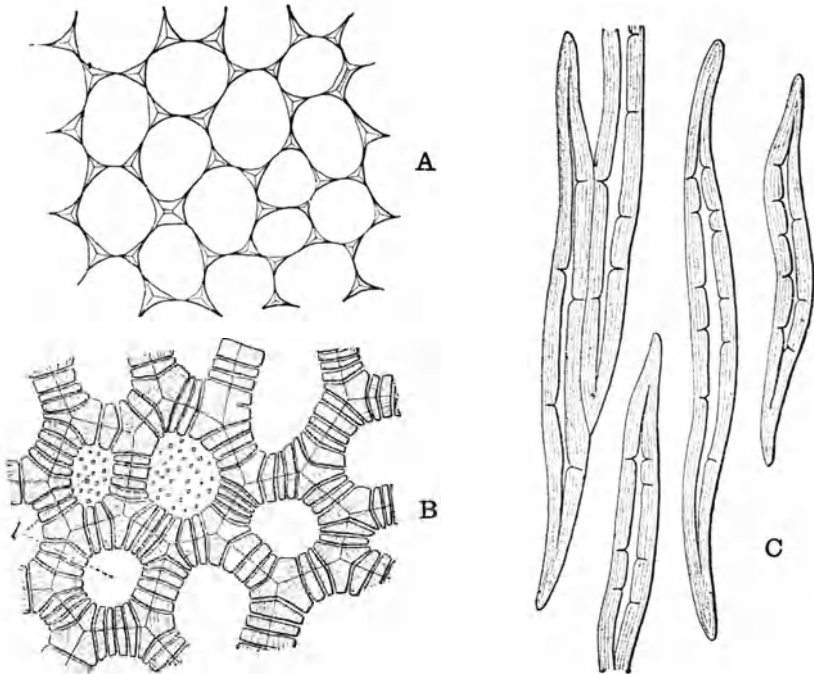


Fig. 125.

A Querschnitt durch das Collenchym eines Dikotylenstengels. Die Zellwände sind nur in den Winkelkanten verdickt. Der Zellinhalt ist nicht gezeichnet. **B** Steinzellen von dem Querschnitt der harten Schale eines Kirschkerns. \uparrow Hohlraum der Zellen. Die Wände der rundlichen Zellen sind stark verdickt und getüpfelt. **C** durch Präparation isolierte Sklerenchymfasern.

Collenchym und Sklerenchym. — Die innere Festigkeit der Pflanzenteile beruht häufig auf dem Vorhandensein eines derbwandigen Skelettgewebes. Das **Collenchym** besteht aus prismatischen Parenchymzellen, deren Wände in den Winkelkanten mit derberen Celluloseleisten besetzt sind, während ihre dünnbleibenden Mittelbahnen den Stoffverkehr zwischen den lebenden Zellkörpern ermöglichen (Fig. 125 A). Das Collenchym ist wachstumfähig und findet sich deshalb vorwiegend in krautigen, noch in der Streckung begriffenen Organen.

In ausgewachsenen Geweben treffen wir dagegen häufig leere Zellen mit verholzter, ringsum gleichmäßig verdickter, getüpfelter Wand. Ein aus solchen Zellen bestehendes Gewebe wird als **Sklerenchym** bezeichnet. Unter den Zellen des Sklerenchyms lassen sich zwei Formen unterscheiden: die

Steinzellen (Sklerenchymzellen), welche parenchymatisch, und die **Sklerenchymfasern**, welche prosenchymatisch sind (Fig. 125 B und C).

Gefäße und Tracheiden. — Die Gefäße sind ein charakteristischer Bestandteil des Gewebes der meisten Angiospermen. Sie stellen lange Röhren dar, welche dadurch entstanden sind, daß in Reihen von übereinanderstehenden Zellen alle Querwände mit weiten Oeffnungen durchbrochen wurden. Ein lebender Inhalt ist in den Gefäßen nicht mehr vorhanden, sie enthalten nur Wasser und Luft und können als Reservoir im Pflanzenkörper angesehen werden, aus denen die benachbarten lebenden

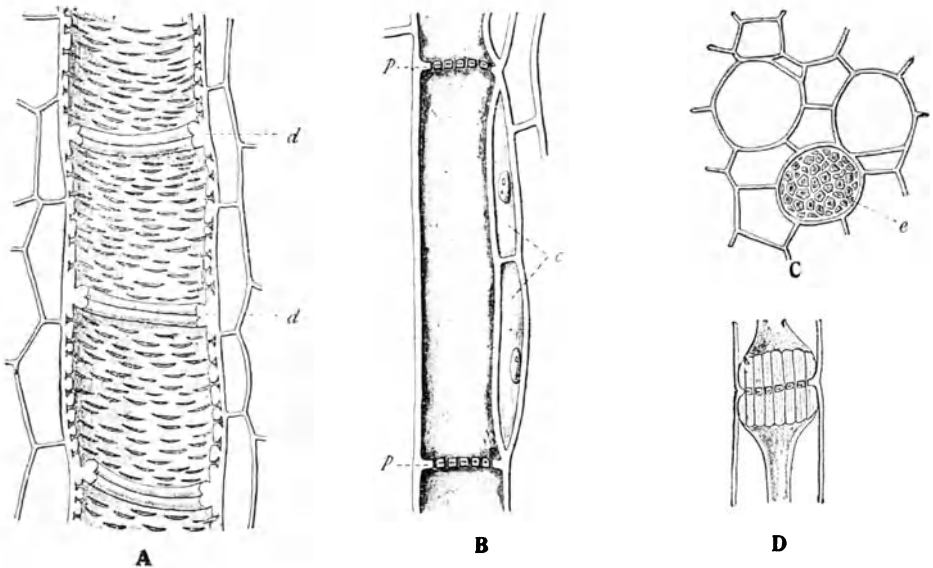


Fig. 126.

A Teil eines Gefäßes im Längsschnitt, bei *d* die Ueberreste der aufgelösten Querwände. Die Gefäßwand ist mit spaltenförmigen Hopftüpfeln versehen. **B** Siebröhre von *Cucurbita Pepo* im Längsschnitt. *p* Siebplatten, *c* Geleitzellen. **C** Querschnitt einiger Siebröhren, bei *s* ist eine Siebplatte von der Fläche sichtbar. **D** Siebplatte mit Callus im Längsschnitt. Nach Alkoholmaterial. Der Inhalt der Siebröhre ist von der Zellwand zurückgetreten und hat sich in der Mitte der Zelle zu einem dicken Strang zusammengezogen.

Zellen im Bedarfsfalle ihr Wasser beziehen. Die Wandung der Gefäße ist verholzt und meistens eigentümlich ausgebildet (Fig. 126 A). Zunächst ist an derselben eine Gliederung wahrzunehmen, welche dadurch hervorgerufen wird, daß die Querwand zwischen den einzelnen an der Gefäßbildung beteiligten Zellen nicht vollkommen verschwunden ist, sondern als ein ringförmiges Diaphragma oder auch als eine gitterartig durchbrochene Platte zurückbleibt. Sodann ist eine auffällige Verdickung der Wandflächen zu bemerken, welche als ringförmige Leisten, als Spiralband, als leiterartiges oder netzförmiges Gitterwerk auftritt oder mehr gleichmäßig die Wand bekleidet, aber dann von zahlreichen gehöften Tüpfeln durchsetzt ist. Man unterscheidet danach Ringgefäße, Spiralgefäße, Treppengefäße, Netzgefäße und Tüpfelgefäße. In dem Holz der Dikotylen sind sehr häufig neben

den Gefäßen auch Tracheiden vorhanden. Dieselben sind prosenchymatische Zellen, welche in der Ausbildung der Zellwand mit den Gefäßen übereinstimmen und wie diese nur Wasser und Luft enthalten. Bei den meisten Farnen und Gymnospermen fehlen die typischen Gefäße, statt derselben treten die Tracheiden ein.

Siebröhren und Geleitzellen. — Die Siebröhren sind gleichfalls ein charakteristischer Bestandteil des Gewebes der höheren Pflanzen; sie werden aus prismatischen Zellen gebildet, welche der Länge nach zu Reihen angeordnet und mit breiter Fläche aufeinandergesetzt sind (Fig. 126 B). Die Querwände zwischen den einzelnen Gliedern sind siebartig durchlöchert; man bezeichnet dieselben als Siebplatten (Fig. 126 C). Gelegentlich kommen auch an den Längswänden zwischen zwei benachbarten Siebröhren solche Siebplatten zur Ausbildung. Durch die Löcher der Siebplatten hindurch steht der Inhalt der einzelnen Siebröhrenglieder in offener Verbindung. Bisweilen werden die Siebplatten durch die Auflagerung einer Wandverdickung von eigenartiger Beschaffenheit auffällig verändert. Man bezeichnet diese Auflagerung als Callus. Sie verengt die Zugänge zu den Poren der Siebplatte häufig zu engen Kanälchen oder verschließt dieselben gänzlich (Fig. 126 D).

Der Inhalt der Siebröhrenglieder besteht im frischen Zustande aus einem dünnen, der Zellwand anliegenden Protoplasmaschlauch, der eine sehr große Vakuole umschließt, in welcher sich gewöhnlich an dem einen Ende des Gliedes eine Schleimansammlung findet, die sich strangartig mehr oder minder weit in die Mitte des Gliedes hinein fortsetzt.

In Alkohol zieht sich der Inhalt der Siebröhrenglieder von der Längswand zurück und bildet einen von einer Siebplatte zur anderen reichenden Strang, welcher sich mit Jod braungelb färbt. Löst man an einem solchen Präparat durch Schwefelsäure die Zellwand fort, so kann man die durch die Poren der Siebplatten hindurchgehenden Protoplasmastränge als zwischen den Inhaltmassen der einzelnen Glieder zurückbleibende Verbindungsfäden deutlich erkennen. Die Siebröhren besitzen eine verhältnismäßig kurze Lebensdauer; in älteren Pflanzenteilen verlieren sie ihren Inhalt und werden zusammengedrückt (obliteriert).

Bei der Ausbildung der Siebröhren wird bei manchen Pflanzen von den zum Siebröhrenglied werdenden Zellen durch eine Längswand eine schmale Zelle abgetrennt, welche sich in eigenartiger Weise weiter entwickelt. Auf diese Weise entstehen in engster Verbindung mit den Siebröhren Reihen schmaler parenchymatischer Zellen mit zarter Wand und dichtem Protoplasmainhalt. Man bezeichnet diese Zellen als **Geleitzellen**. Ueber ihre Funktion wie über die der Siebröhren hat man eine sichere Vorstellung bisher nicht gewinnen können. Wegen des Eiweißreichtums des Zellinhaltes ist man geneigt, die Siebröhren mit ihren Geleitzellen als die Bildungsstätte und die Leitbahn für einen Teil der Eiweißverbindungen im Pflanzenkörper anzusehen.

Milchröhren. — In dem Gewebe einiger Samenpflanzen treffen wir ein System schlauchförmiger, verzweigter Röhren an, welche eine als Milchsaft bezeichnete, meistens weiß, gelb oder rötlich gefärbte Flüssigkeit enthalten. Die Wand dieser Milchröhren besteht aus reiner Cellulose und ist meistens ziemlich zart; in einzelnen Fällen erreicht sie eine beträchtliche Dicke. Mit Rücksicht auf die Entstehungsweise der Milchröhren werden zwei Arten derselben unterschieden: die **gegliederten** Milchröhren (Fig. 127 A), welche in ähnlicher Weise wie die Gefäße durch die Auflösung der Querwände aus Zellreihen hervorgegangen sind, und die **ungegliederten** Milchröhren

(Fig. 127 B), welche durch Wachstum und Verzweigung einer schon in der jungen Pflanze vorhandenen, einzelligen Anlage entstanden sind. Gegliederte Milchröhren kommen z. B. bei den Cichoriaceen und bei vielen Papaveraceen vor, ungegliederte bei den Euphorbiaceen.

Der Inhalt der Milchröhre besteht aus einem sehr zarten, wandständigen Protoplasmaschlauch mit Zellkernen, welcher einen den größten Teil des Röhrenlumens einnehmenden, von Milchsaft erfüllten Vakuolenraum umgibt. Der Milchsaft besteht aus wässrigem Zellsaft, in welchem sehr viele kleine Körnchen, der Hauptsache nach Harze und Kautschuk, suspendiert sind. Der Milchsaft der Euphorbien enthält außerdem spindelförmige oder schenkelknochenförmige Stärkekörner. In der Flüssigkeit gelöst sind Gummi, Zucker, geringe Mengen Eiweiß, Gerbstoff, verschiedene Salze und Alkaloide beobachtet worden. Der Milchsaft steht in den Röhren unter Druck und wird bei Verletzungen des Gewebes aus der Wunde ausgepreßt. An der Luft gerinnt der Saft

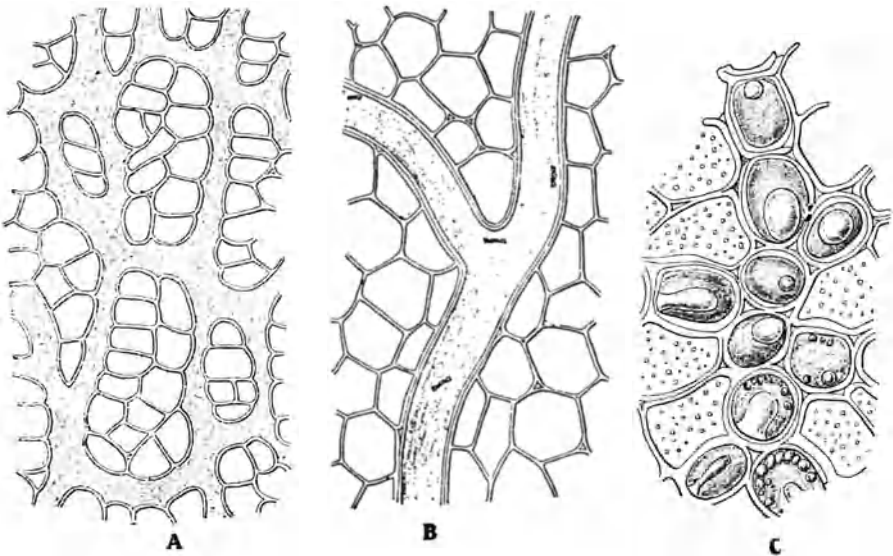


Fig. 127.

A gegliederte Milchröhren aus der Wundrinde von *Scorzonera hispanica*. B Teil einer ungegliederten Milchröhre von *Euphorbia splendens*. C Gerbstoffschläuche aus der Rinde der Eiche (nach Hartig).

schnell und bildet einen provisorischen Wundverschluß. Ob die im Milchsaft enthaltenen Stoffe zum Teil noch für die Ernährung der Pflanze in Betracht kommen, oder ob sie ausgeschiedene Endprodukte des Stoffwechsels darstellen, ist noch nicht in allen Fällen mit Sicherheit entschieden.

Sekretschläuche. — Kalkkristalle, Oeltropfen und Gerbstoffe, die gelegentlich als Inhalt beliebiger Zellen auftreten können, sind bei manchen Pflanzen auf bestimmte Zellen beschränkt, welche sich dadurch und häufig auch durch ihre sonstige Ausbildung von den benachbarten Zellen unterscheiden. Hierher gehören die Kristallschläuche, in denen die Einzelkristalle und die in Schleim eingebetteten Raphidenbündel bei Agave und anderen enthalten sind; ferner die Oelzellen in den Lorbeerblättern, die Gerbstoffschläuche (Fig. 127 C) u. a. m.

Intercellularräume. — Als Intercellularräume werden die Hohlräume in den Geweben bezeichnet, welche zwischen den Zellen liegen. Sie können in verschiedener Weise in dem ursprünglich lückenlosen Gewebe zustande kommen. Sehr häufig sind die Intercellularräume **schizogen**, d. h. dadurch entstanden, daß die aneinandergrenzenden Zellen auseinanderweichen, indem die gemeinsame Wand zwischen ihnen gespalten wird. Seltener ist die **lysigene** Entstehungsweise, bei welcher durch Auflösung ganzer Zellen in einem geschlossenen Gewebekomplex eine Höhlung gebildet wird. **Rhexigen** endlich nennt man die Intercellularräume, welche durch Zerreißen von Zellwänden zustande kommen. Die große Mehrzahl aller

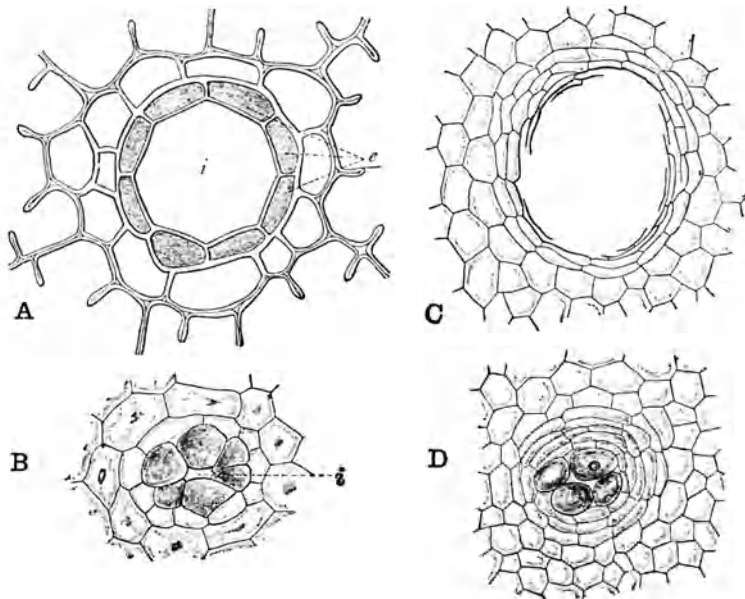


Fig. 128.

A Querschnitt durch einen Harzgang aus dem Blatt von *Pinus austriaca*. *i* Intercellularräum, *e* die denselben auskleidenden Epithelzellen. **B** jüngeres Stadium; zwischen den inhaltsreichen Zellen ist der auftretende Harzgang als schmaler Spalt *i* sichtbar. **C** lysigene Oellücke aus der Fruchtknotenwand von *Citrus*. **D** jüngeres Stadium derselben.

Intercellularräume enthält Luft. Die Räume zwischen den einzelnen Zellen stehen untereinander und durch bestimmte Ausgangsöffnungen mit der atmosphärischen Luft in Verbindung und bilden ein Durchlüftungssystem, durch welches den lebenden Zellen Atemluft zugeführt wird.

Bei einigen Pflanzen kommen neben den luftführenden auch sekrethaltige Intercellularräume vor. Die Harzgänge der meisten Nadelholzwäucher sind z. B. derartige Sekreträume. Sie bilden lange Röhren, welche mit zartwandigen Epithelzellen ausgekleidet sind, von denen aus das Sekret in den Intercellularräum ausgeschieden wird (Fig. 128 A). Ähnliche Sekretgänge finden sich in Sproß, Wurzel und Fruchtschale der Umbelliferen und bei anderen mehr. Die Harzgänge sind schizogen. Im Querschnitt jugendlicher Gewebeteile findet man an der Stelle, welche

später von einem Harzgang eingenommen wird, eine einzige inhaltsreiche Zelle, die sich später in vier oder sechs Zellen teilt; diese weichen an der Berührungskante auseinander, so daß ein enger Intercellulargang entsteht, in dem alsbald ein Sekrettropfen auftritt (Fig. 128 B). Später erweitert und rurdet sich der Kanal, indem die Zahl der secernierenden Epithelzellen durch Teilung vermehrt wird.

Als ein Beispiel lysigener Sekreträume mögen die **Oellücken** der Fruchtknotenwand von Citrus erwähnt sein (Fig. 128 C u. D). In genügend jungen Stadien findet man auf Schnitten rundliche Komplexe inhaltsreicher Zellen. Später lösen sich die Zellen zunächst in der Mitte des Komplexes aus ihrem Verbands, indem die Zellwände verschwinden. Aus dem Inhalt der aufgelösten Zellen geht das Sekret hervor, welches den entstandenen Hohlraum erfüllt. Indem in der Folge immer mehr Zellen der Auflösung anheimfallen, vergrößert sich die Oellücke und die Menge des Sekretes. In Blättern und Früchten anderer Rutaceen und der Myrtaceen sind ähnliche lysigene Oellücken vorhanden.

c) Einteilung der Gewebe.

Die im vorstehenden aufgezählten Formelemente der Gewebe sind im Pflanzenkörper zu Gewebesystemen miteinander verbunden. Man kann die Gewebe der höheren Pflanzen nach verschiedenen Gesichtspunkten einteilen. Nach der Entstehungsfolge lassen sich primäre und sekundäre Gewebe unterscheiden. Man kann ferner die Funktion zur Grundlage der Einteilung machen und Festigungsgewebe, Leitungsgewebe, Speichergewebe, Bildungsgewebe, Assimilationsgewebe, Sekretionsgewebe usw. nebeneinander betrachten. Eine Einteilung der Gewebearten nach ihrer Zusammensetzung und gegenseitigen Lage im Pflanzenkörper führt zur Unterscheidung von Hautgewebe, Leitbündel und Grundgewebe. Die letztere, gewissermaßen topographische Gewebeeinteilung hat den Vorzug, leicht übersichtlich zu sein, und soll deshalb zur Grundlage der folgenden Darstellung gemacht werden. Die physiologisch-anatomische Betrachtungsweise wird dabei durch den steten Hinweis auf die Beziehungen zwischen der Funktion und der Beschaffenheit der einzelnen Gewebesysteme ihre Rechnung finden.

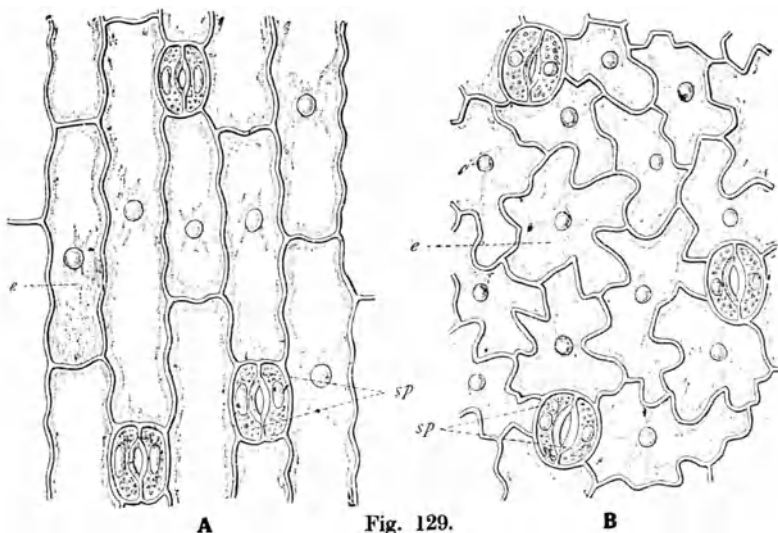
Das **Hautgewebe** überzieht äußerlich alle Teile des Pflanzenkörpers; es ist durch diese Lage und durch das Vorkommen verkorkter Zellwände oder Wandteile am besten charakterisiert. Die **Leitbündel** durchziehen das Innere des Pflanzenkörpers strangartig; nie fehlende Elemente sind Gefäße oder Tracheiden und Siebröhren. Das **Grundgewebe** besteht der Hauptsache nach aus Parenchym in je nach der Funktion veränderter Ausbildung, dem vereinzelt oder in Gruppen andere Formelemente eingefügt sind.

2. Das Hautgewebe.

Das Hautgewebe schützt die Pflanzenteile gegen mechanische Verletzung und gegen das Eindringen von Parasiten, ferner vermittelt und regelt es die Wasserverdunstung und den Gasaustausch im Pflanzenkörper.

a) Die Epidermis.

Die Blätter und die jugendlichen Sproß- und Wurzelteile der höheren Pflanzen sind von einer gewöhnlich einfachen Schicht von Zellen überzogen, welche eine teilweise verkorkte Außenwand besitzen und meistens auch durch den Mangel an Chlorophyllkörpern von dem darunterliegenden Gewebe sich unterscheiden. Diese Hautschicht wird als Epidermis bezeichnet. Die **Epidermiszellen** schließen lückenlos aneinander; nur an bestimmten, mit der Luft in Berührung befindlichen Stellen sind Intercellularräume, die **Spaltöffnungen**, vorhanden, welche von abweichend gebauten Zellen, den Schließzellen, umgeben sind. Zu der Epidermis sind auch die



A Stück der Epidermis der Blattunterseite von *Lilium candidum*. **B** Stück der Epidermis der Blattunterseite von *Ranunculus Ficaria*. *e* Epidermiszelle, *sp* Schließzellen einer Spaltöffnung.

mannigfaltigen **Haarbildungen** zu rechnen, welche sich auf jugendlichen Pflanzenteilen finden. Bisweilen wird die Epidermis mehrschichtig, indem in den ursprünglich einfachen Epidermiszellen Querwände parallel zur Oberfläche auftreten. Bisweilen wird das Hautgewebe in seiner Funktion von einer oder mehreren angrenzenden Zellschichten unterstützt, welche eine dementsprechende Ausbildung erfahren. Man bezeichnet derartige an der Hautbildung teilnehmende innere Schichten als **Hypoderm**.

Epidermiszellen. — Die Epidermiszellen enthalten lebendes Protoplasma mit Zellkern, Leukoplasten und wässrigem Zellsaft. Chlorophyll ist meistens nicht vorhanden, nur bei Schattenpflanzen und bei untergetauchten Teilen der Wasserpflanzen finden sich auch in den Epidermiszellen Chlorophyllkörper vor.

Die Form der Epidermiszellen ist oft an den Teilen derselben Pflanze verschieden. Bisweilen sind die Zellen in der Längsrichtung des betreffenden Pflanzenteiles gestreckt, bisweilen sind die Durchmesser der Epidermiszellen parallel zur Oberfläche annähernd gleich. Die Höhe der Zellen, d. h.

ihr Ausmaß senkrecht zur Oberfläche, ist meist geringer als die seitlichen Dimensionen, doch kommt auch der umgekehrte Fall oder annähernde Gleichheit der Ausmaße nicht selten vor. Bei vielen Epidermiszellen ist die Außenwand mehr oder minder stark kuppelförmig nach außen vorgewölbt oder selbst in eine Papille vorgezogen. Die Seitenwände sind bisweilen wellig verbogen, wodurch die Festigkeit des Zellverbandes bedeutend erhöht wird

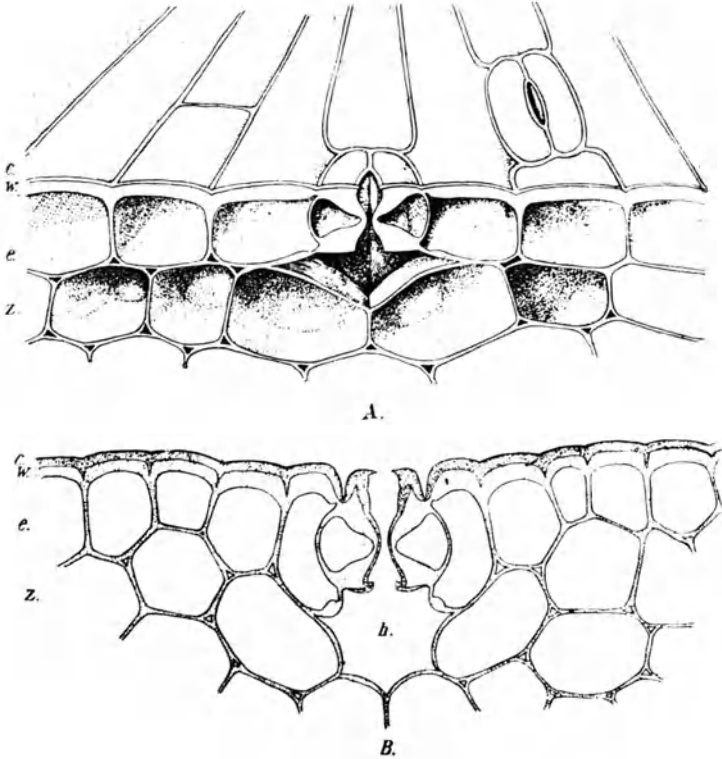


Fig. 130.

A Teil des Oberflächengewebes des Tulpenblattes mit einer ganzen und einer quer durchschnittenen Spaltöffnung. **B** Teil eines Querschnittes des Blattes von *Clivia nobilis*. *e* Epidermiszelle, *c* Cuticula, *w* der aus Cellulose gebildete Teil der Zellwand, *s* Schließzelle der Spaltöffnung, *z* Zellen des inneren Blattgewebes, *h* Atemhöhle.

(Fig. 129). Die Dicke der Seiten- und Innenwände ist meistens nicht sehr beträchtlich, gewöhnlich sind zahlreiche Tüpfel in den Wänden vorhanden. Im Gegensatz dazu finden wir die Außenwand häufig stark verdickt, besonders bei Gewächsen, deren Standortsverhältnisse eine Herabsetzung der Wasserverdunstung erfordern. Die äußerste Schicht der Außenwand wird überall von einer Korklamelle, der Cuticula, gebildet, wodurch die Durchlässigkeit der Wand für Wasserdampf verringert oder aufgehoben wird. Häufig sind auch die der Cuticula zunächst liegenden Schichten der Cellulosewand mit Korkstoff mehr oder weniger imprägniert. Bei Zusatz von Chlorzinkjod nimmt die Cuticula eine braungelbe, der aus Cellulose bestehende Teil de

Wand eine blaue Farbe an; wenn man die Cellulose durch Schwefelsäure zerstört, so bleibt die Cuticula als dünnes Häutchen im Präparat zurück.

Bisweilen ist die Wirkung der Cuticula durch Einlagerung von Wachs-körnchen erhöht oder es bildet sich auf der Oberfläche der Cuticula eine Wachsausscheidung, die entweder nur als zarter, bläulicher Reif erscheint, wie bei unseren Zwetschen und bei den Blättern mancher Sedumarten, oder eine mächtigere Ausbildung gewinnt und in dichter, aus Körnchen oder Stäbchen gebildeter Schicht die Oberfläche bedeckt. Der Wachsüberzug macht die Pflanzenteile zugleich unbenetzbar.

Spaltöffnungen. — Die Verbindung zwischen dem Innern der jungen, von der Epidermis bedeckten Pflanzenteile und der Atmosphäre wird durch die Spaltöffnungen vermittelt. Jede Spaltöffnung besteht aus zwei im Ver-

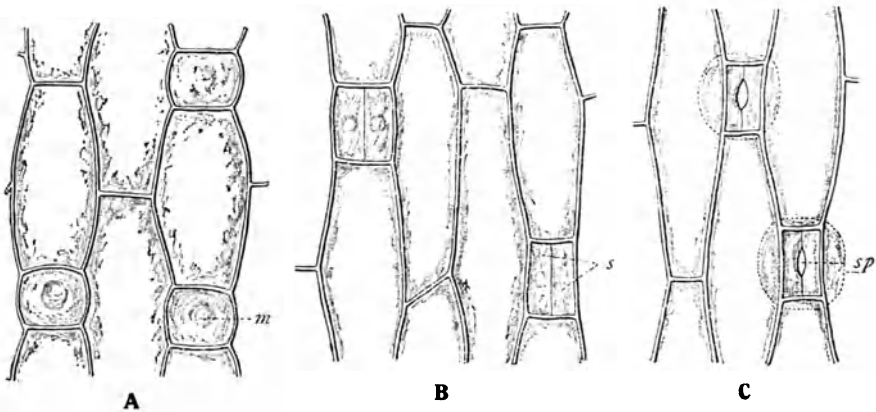


Fig. 131.

Entwicklung der Spaltöffnungen in der Epidermis des Blattes der Schwertlilie.

A jüngstes Stadium; zwischen den gestreckten Epidermiszellen liegen die kurzen, inhaltsreichen Spaltöffnungsmutterzellen *m*. **B** durch eine zarte Längswand sind die Mutterzellen in zwei Zellen *s*, die späteren Schließzellen der Spaltöffnung, geteilt.

C durch Auseinanderweichen der Schließzellen ist die Spalte *sp* entstanden.

bande mit den Epidermiszellen stehenden Schließzellen, zwischen denen sich eine Spalte als Eingangsöffnung in das Innere des Gewebes befindet (Fig. 129). Unterhalb der Spaltöffnung befindet sich im Gewebe meist eine größere Interzellularlücke, welche als Atemhöhle bezeichnet wird (Fig. 130). Die Schließzellen besitzen lebendes Protoplasma mit Zellkern und Chlorophyllkörpern und enthalten gewöhnlich viel Stärke. Sie haben von oben gesehen meistens Bohnenform; an ihren beiden Enden sind sie fest miteinander verwachsen, während der mittlere Teil der Berührungseite an die Spalte grenzt. Auf dem Querschnitt erkennt man, daß die Zellwand an den verschiedenen Seiten ungleich stark verdickt ist. Häufig sind oberhalb und unterhalb des eigentlichen Spalteneinganges leistenförmige Vorsprünge an den Zellen vorhanden, welche auf dem Querschnitt als Zacken oder Hörnchen erscheinen (Fig. 130). Die Cuticula der Epidermis setzt sich über die Oberfläche der Schließzellen meist bis in die Atemhöhle hinein fort. Die ungleichmäßige Ausbreitung der Verdickungsschichten bewirkt, daß die Form der Schließzellen verändert wird, wenn der durch den Inhalt

auf die Wand ausgeübte Druck sich ändert. Sind die Zellen mit Wasser reichlich versehen, so sind sie stark gekrümmt; die Ränder der Spalte sind möglichst weit auseinandergerückt und lassen einen weiten Zugang zu der Atemhöhle und zum Blattinnern offen, so daß Wasserdampf ungehindert austreten kann. Wird das Wasser durch Verdunstung allmählich vermindert, so strecken die schlaff werdenden Zellen sich mehr und mehr gerade, die Ränder der Spalte rücken ganz nahe aneinander und vermindern, indem sie dem Wasserdampf den Ausweg erschweren, die Verdunstung.

Die den Schließzellen unmittelbar benachbarten Zellen (Nebenzellen) sind bei manchen Pflanzen anders gebaut als die übrigen Epidermiszellen. Sie stellen meistens Uebergangsformen zwischen den gewöhnlichen Epidermiszellen und den

Schließzellen dar und wirken in manchen Fällen mit bei dem Oeffnen und Schließen der Spalte.

Die Spaltöffnungen finden sich hauptsächlich nur an solchen Pflanzenteilen, welche mit der Luft in unmittelbarer Berührung stehen. Bei den Wasserpflanzen sind die untergetauchten Teile ganz oder fast ganz ohne Spaltöffnungen, die Schwimmblätter haben sie auf ihrer Oberfläche. Bei den Landpflanzen ist dagegen die Zahl der Spaltöffnungen meist auf der Blattunterseite größer als auf der Oberseite, häufig ist die Oberseite der Blätter gänzlich von Spaltöffnungen frei.

Die Spaltöffnungen werden schon früh an dem jungen Blatte angelegt. Bei sehr jungen Blättern von Iris (Fig. 131) erkennt man zwischen den mehr gestreckten Epidermiszellen einzelne kurze, inhaltsreiche Zellen als die Mutterzellen der Spaltöffnungen. Die

beiden Tochterzellen werden zu Schließzellen, zwischen denen unter Spaltung der Trennungswand die Eröffnung der Spalte erfolgt.

Neben den Spaltöffnungen, welche die Ausgänge der luftthaltigen Intercellularräume darstellen, finden sich bei vielen Pflanzen ähnliche Spaltöffnungen, welche zur Ausscheidung von Wassertropfen eingerichtet sind. Dieselben werden als **Wasserspalt** bezeichnet. Sie unterscheiden sich von den Luftspalten hauptsächlich durch ihre Größe und durch die Unbeweglichkeit der Schließzellen. Die Wasserspalt liegen meist in der Nähe des Blattrandes über den Gefäßbündelendigungen; der Intercellularräum der Wasserspalt steht mit den luftführenden Intercellularräumen nicht in direkter Verbindung.

Haarbildungen. — Indem einzelne Epidermiszellen oder Gruppen derselben über die Oberfläche emporwachsen, entstehen Trichome, d. h. Haare oder haarähnliche Gebilde, welche die Oberfläche der meisten jungen

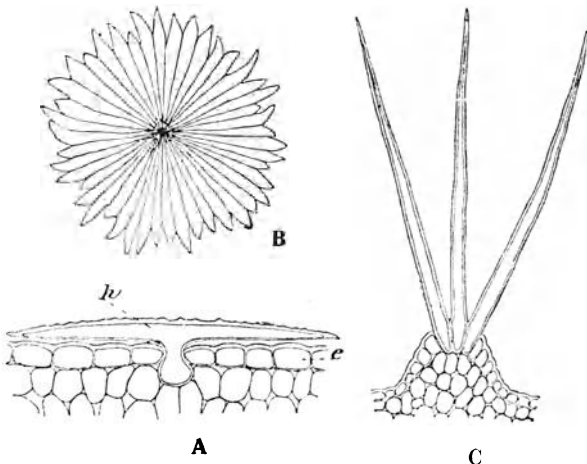


Fig. 132.

A Stück vom Längsschnitt des Blattes von *Cheiranthus Cheiri*; *e* Epidermis, *h* einzelliges, zweiarmiges Haar, welches mit einem kurzen Stiel zwischen den Epidermiszellen eingefügt ist. **B** Sternhaar von *Hippophaë rhamnoides* von oben gesehen. **C** Schnitt durch die Basis eines Büschelhaares von *Althaea rosea*.

Pflanzenteile mehr oder minder dicht bedecken. In vielen Fällen bleiben die zu Haaren auswachsenden Epidermiszellen ungeteilt, die Haare sind also einzellig. In anderen Fällen treten Teilungswände auf, so daß Zellreihen, Zellflächen und Zellkörper entstehen. Die äußere Gestalt der Haare ist häufig kegelförmig oder cylindrisch; nicht selten kommen Verzweigungen

vor und zwar können, wie das Beispiel von *Cheiranthus Cheiri* (Fig. 132 A) beweist, auch einzellige Haare verzweigt sein. Bisweilen geht die Verzweigung des Haargebildes schon von der zum Haar auswachsenden Epidermiszelle aus. So werden z. B. bei *Althaea rosea* die Haarmutterzellen, noch bevor sie über die Epidermis hervortreten, in zwei, drei, vier oder mehr gleichwertige Zellen geteilt, die zu kegelförmigen Haaren auswachsen. Man bezeichnet diese Haarbildungen als Büschelhaare (Fig. 132 C). Zu den verzweigten Haaren sind auch die Sternhaare zu rechnen, bei denen vom oberen Ende eines wenig über die Epidermis hervortretenden Stieles eine größere Anzahl von Seitenzweigen parallel zur Oberfläche des Pflanzenteils nach allen Richtungen hin ausstrahlt. Oft sind diese Strahlen dicht gedrängt und seitlich miteinander verwachsen, wie es z. B. bei den Schuppenhaaren des Sanddorns (Fig. 132 B) der Fall ist.

An ihrem oberen Ende sind die Haare und ihre Aeste meist spitz ausgezogen, bisweilen ist jedoch sowohl bei einzelligen als auch bei mehrzelligen Haaren das obere Ende abgerundet oder kopfig verdickt.

Bei manchen Haargebilden bleibt der lebende Inhalt dauernd erhalten, bei anderen geht er bald zugrunde und an seine Stelle tritt Luft in den Hohlraum der Haarzellen ein. Die Lebensdauer der Haare ist sehr verschieden; während bei einzelnen Pflanzen die Haare für die ganze

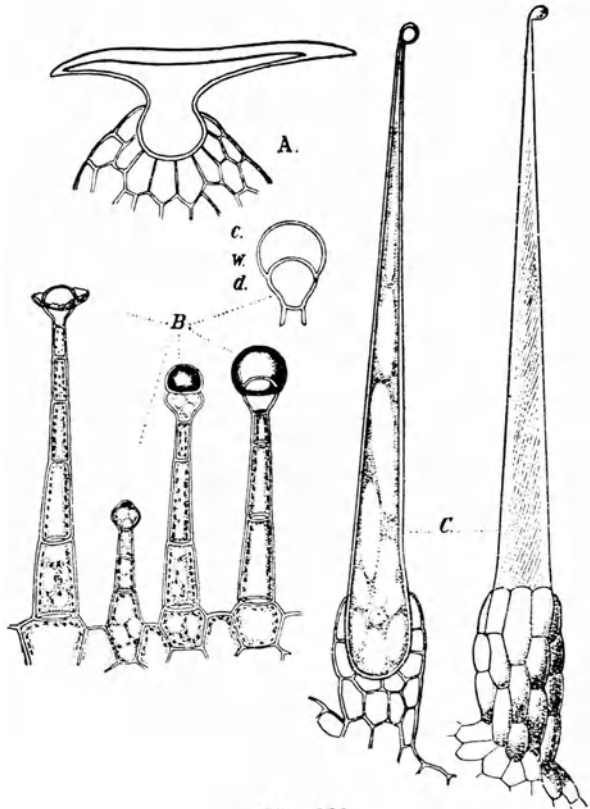


Fig. 133.

A Klimmhaar des Hopfens. B Drüsenhaare der chinesischen Primel, *d* die das Oel abscheidende Endzelle des Haares. An der oberen Hälfte derselben ist die Cuticula *c* von der Zellulosewand *w* abgehoben, der Hohlraum zwischen den beiden Wandschichten enthält das abgeschiedene Oel. C Brennhaar der Brennnessel rechts von außen, links im Längsschnitt.

Lebenszeit der Epidermis erhalten bleiben, sind bei anderen die ganz jugendlichen, noch nicht ausgewachsenen Teile mit Haaren bedeckt, welche später abgeworfen werden; so sind z. B. die Blätter der Buchen in der frühen Jugend silberhaarig, im ausgewachsenen Zustande aber völlig kahl.

Manche Haarbildungen haben für die Lebensverrichtungen der Pflanze eine leicht erkennbare Bedeutung, man kann nach der Funktion verschiedene Trichomarten unterscheiden, von denen einige häufiger auftretende im folgenden kurz besprochen werden sollen.

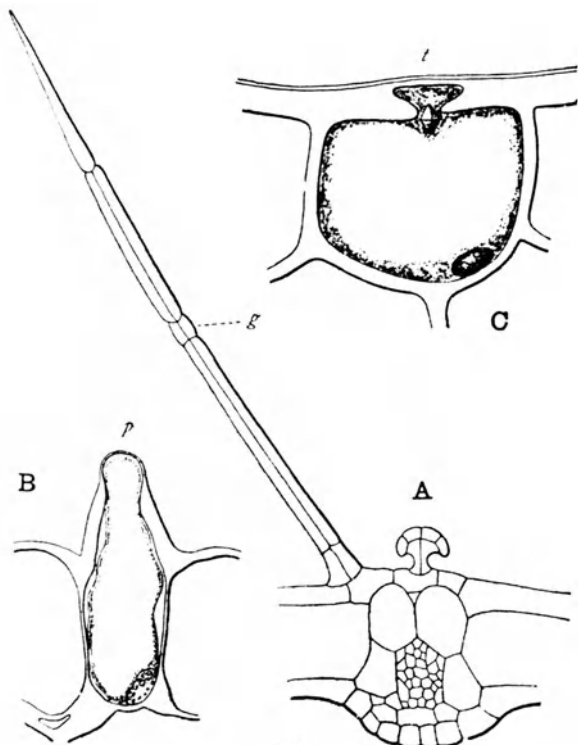


Fig. 134.

A Teil des Blattquerschnittes von *Aldrovandia vesiculosa* mit einer Fühlborste, *g* Gelenkzellen der Fühlborste. **B** Oberhautzelle eines Staubfadens von *Opuntia vulgaris* mit einer Fühlpapille *p*. **C** Oberhautzelle einer Ranke von *Cucurbita Pepo* mit einem Fühltüpfel *t*.
(Nach Haberlandt.)

Endzelle oder eine Zellgruppe vorhanden, die das Sekretionsorgan darstellt (Fig. 133 B). Das Sekret wird in der Zellwand und zwar zwischen der Cuticula und der Cellulosemembran der Außenwand abgelagert. Indem die Menge des Sekretes sich allmählich vergrößert, wird die Cuticula mehr und mehr von der Zelle abgehoben, bis sie endlich zerreißt und das Sekret entläßt. Den Drüsenhaaren sind die Leimzotten in ihrer Funktion ähnlich. Sie bilden schuppenartige Zellflächen oder Zellkörper, die aber ebenfalls aus einzelnen Epidermiszellen hervorgegangen sind. Leimzotten kommen an den Winterknospen mancher Bäume, z. B. der Roßkastanie, vor. Das harzige Sekret derselben überzieht beim Austreiben der Knospen die jugendlichen Blätter und schützt sie gegen zu starke Wasserverdunstung. Bisweilen sind die als Sekretionsorgane dienenden Zellen der Oberhaut überhaupt nicht haarartig über die Fläche emporgehoben. Sie

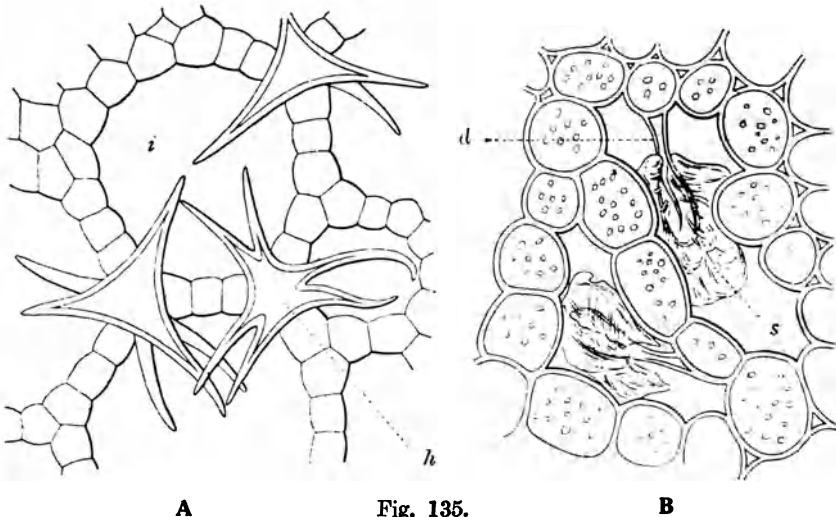
Als **Wollhaare** bezeichnet man lange, zylindrische, mit Luft erfüllte Haare, welche in dichtem Filz die Oberfläche der Epidermis überziehen. Sie bilden ein Mittel zur Herabsetzung der Wasserverdunstung in der Pflanze, indem sie über der Epidermis ein System ruhender Luftschichten abschließen, durch welches die Abgabe des Wasserdampfes an die Atmosphäre nur langsam erfolgen kann. Eine gleiche Funktion erfüllen die Schuppenhaare und die Sternhaare, deren Form oben beschrieben worden ist.

An den Sprossen des Hopfens stehen zweiarmlige Haare mit sehr fester Wand. Dieselben haken sich leicht in die Unebenheiten der Gegenstände ein, mit denen die Sprosse in Berührung kommen. Sie unterstützen dadurch den windenden Sproß der Pflanze, indem sie denselben an der umschlungenen Stütze befestigen. Man bezeichnet diese hakenförmigen Haare, die sich auch bei anderen Pflanzen finden, als **Klimmhaare** (Fig. 133 A).

Die **Drüsenhaare**, welche bei sehr vielen Pflanzen, z. B. bei den Labiaten, den Primeln, den Pelargonien u. a. m., sich finden, sondern Sekrete, meistens ätherische Oele ab. Auf kürzerem oder längerem zylindrischen Stiel ist bei ihnen eine kugelförmige

stellen dann Zellen oder Zellgruppen dar, welche im Verbande der übrigen Epidermiszellen liegend durch die Beschaffenheit ihres Inhaltes und ihrer Außenwand von letzteren verschieden sind. Man bezeichnet sie je nach ihrem Umfang als Drüsenflächen oder Drüsenflecken. Die den Honigsaft abcheidenden Drüsenflecken, welche in zahlreichen Blüten, aber gelegentlich auch außerhalb derselben, auftreten, werden Nektarien genannt. Bei der Pechnelke und andern schützt das von Drüsenflächen des Stengels abgechiedene klebrige Sekret gegen den Besuch kriechender Tiere, die dem Blütenhonig nachstellen. In der Epidermis vieler Blätter treten Wasser und Kalk absondernde, als Hydathoden bezeichnete Drüsenflecken auf.

Den Drüsenhaaren ähnlich sind auch die **Schleimhaare** der Wasserpflanzen. Sie sondern an ihrer knopf- oder keulenförmigen Endzelle einen zähen Schleim ab, der die jungen, noch nicht ausgewachsenen Teile der Wasserpflanzen einhüllt und gegen die Auslaugung ihres Inhaltes durch das umgebende Wasser schützt. Auch bei einzelnen Landpflanzen kommen ähnliche Schleimhaare zur Ausbildung.



A Fig. 135. B

Innere Haare **A** aus dem Querschnitt des Sprosses von *Limnanthemum cristatum*. *i* großer Interzellularraum, *h* vielarmige Haarzelle, deren Arme in verschiedene Interzellularräume hineinreichen, **B** aus dem Längsschnitt durch eine Blattbasis von *Aspidium Filix mas* (nach Tschirch). *d* inneres Drüsenhaar, dessen Kopf mit dem erhärteten Sekret *s* überzogen ist.

Als Schutz gegen Tierfraß sind die **Brennhaare** anzusehen, welche z. B. bei den einheimischen Brennnesseln in typischer Ausbildung auftreten (Fig. 133 C). Die Brennhaare sind einzellig und kegelförmig. Ihre Basis ist stark angeschwollen und steckt in einer von den umgebenden Epidermiszellen gebildeten Tasche. Das obere allmählich verjüngte Ende schließt mit einem kugelförmigen Knöpfchen ab. Die Zellwand ist gegen die Spitze des Haares hin verkieselt und infolgedessen sehr zerbrechlich. Bei der Berührung der mit Brennhaaren besetzten Pflanzenteile bricht die Spitze der in die Haut eindringenden Brennhaare ab, der Zellsaft fließt aus und erzeugt das lästige Jucken der unsichtbaren Verletzungen.

Gleichfalls zum Schutz gegen Tierfraß, zugleich aber auch als Haft- und Klimmorgane dienen die **Stacheln**, für die wir bei den Rosen und Brombeeren typische Beispiele finden. Die Stacheln sind feste, holzharte Zellkörper, welche mit breiter Basis den Pflanzenteilen aufsitzen, nach oben hin sich schnell verschmälern und in einer scharfen, bisweilen hakenförmig gekrümmten Spitze endigen. Sie sind, wie ihre Entwicklungsgeschichte lehrt, aus Epidermiszellen durch Wachstum und Zellteilung hervorgegangen und unterscheiden sich dadurch wesentlich von den Dornen, die durch Umwandlung von Sprossen und Blättern entstehen.

Die langen Haare, welche die Samenschale mancher Pflanzen bedecken, z. B. die Wollhaare am Samen der Baumwollpflanze, der Pappeln und Weiden (Fig. 3) bilden einen **Flugapparat**, welcher die Verbreitung des Samens durch den Wind ermöglicht.

Ein besonderes Interesse erwecken die als Sinnesorgane zur Wahrnehmung von Berührungseizen dienenden **Fühlborsten** und **Fühlpapillen** reizbarer Pflanzenteile. Auf den für den Tierfang eingerichteten Blattflächen der *Dionaea* und *Aldrovandia* (Fig. 134 A) stehen z. B. vereinzelt Borsten, welche derart mit einer Gelenkstelle versehen sind, daß ein schwacher Druck durch den als langer Hebelarm wirkenden starren Teil der Borste verstärkt auf einige an der Gelenkstelle liegende dünnwandige Zellen übertragen wird und damit in dem lebenden Protoplasma dieser Sinneszellen Vorgänge auslöst, welche schließlich zu einer selbsttätigen ruckartigen Bewegung der Blattfläche führen. An den gegen Berührung empfindlichen Staubfäden einiger Blüten, z. B. bei *Berberis vulgaris* und *Opuntia* (Fig. 134 B), sind die Epidermiszellen zu kurzen Höckern oder Papillen ausgewachsen, welche eine dünnere Wandstelle derart über die Oberfläche emporheben, daß ein leiser Druck oder Stoß von dem in die Papille hinaufreichenden lebenden Zellinhalt direkt wahrgenommen werden kann. An den sensiblen Ranken mancher Kletterpflanzen, wie z. B. des Kürbis, ist die zartere Wandstelle der Epidermiszellen nicht über die Oberfläche emporgerückt, so daß sie nur als eine Tüpfelbildung in der verdickten Außenwand der Epidermiszellen erscheint, die als **Fühltüpfel** bezeichnet wird (Fig. 134 C).

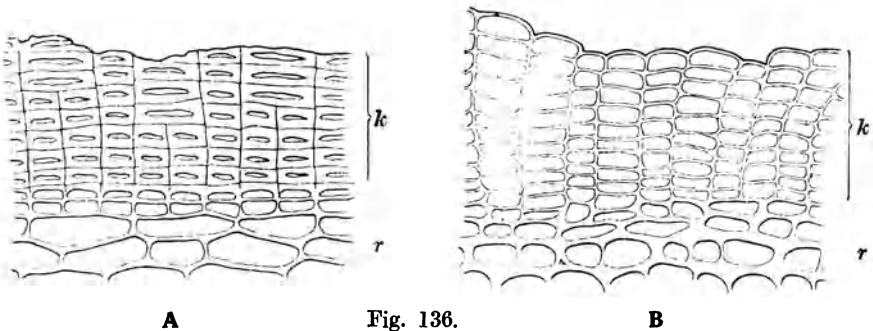


Fig. 136.

A Querschnitt durch die äußere Rinde von *Rhamnus Frangula*. **B** Querschnitt durch die äußere Rinde von *Cytisus Laburnum*. *k* Korkschicht, *r* Rindenparenchym. Der Zellinhalt ist nicht gezeichnet.

Endlich sind auch die aus der Epidermis der jungen Wurzelteile entspringenden **Wurzelhaare** (Fig. 21) hier zu erwähnen, welche als Aufnahmeorgane für Wasser und Nährstoffe dienen.

Es kommen bei den Pflanzen, wenn auch vereinzelt, **Haarbildungen** vor, die nicht der Epidermis angehören, sie werden als **innere Haare** bezeichnet. Einige Beispiele (Fig. 135) mögen hier anhangsweise Erwähnung finden. Bei manchen Wasserpflanzen, z. B. den Seerosen, finden wir im Innern des Sprosses und des Blattes einzelne Parenchymzellen zu geweihtartig verzweigten Haaren ausgewachsen, welche in die weiten Intercellularräume hineinragen. In dem Rhizom des Wurmfarne *Aspidium Filix mas* treten **Drüsenhaare** auf, die sich als Auswüchse einzelner Parenchymzellen in den Intercellularräumen entwickeln. Eine **Cuticula** ist bei ihnen nicht vorhanden, das Sekret tritt frei an der Außenseite des kopfigen Zellendes hervor.

b) Das Korkgewebe.

An ausdauernden Pflanzenteilen, welche in die Dicke wachsen, geht die Epidermis mit allen zu ihr gehörenden Bildungen früher oder später zugrunde. An ihrer Stelle finden wir dann eine mehr oder minder mächtige graue oder bräunliche Gewebeschicht, deren Zellwände verkorkt sind und deren äußerste Zellen meist Luft enthalten. Diese, die älteren Pflanzenteile umhüllende Gewebeschicht wird als **Korkschicht** bezeichnet. Die Kork-

zellen sind ziemlich gleichmäßig tafelförmig und in regelmäßigen radialen Reihen angeordnet (Fig. 136). Sie schließen, wie die Epidermiszellen, lückenlos aneinander und bilden dadurch sowie durch die Beschaffenheit ihrer Wände und durch den Luftgehalt für die Pflanzenteile eine schützende Hülle gegen Verwundung, gegen das Eindringen von Parasiten, gegen Wärmeverlust und gegen Wasserverdunstung. In manchen Fällen ist die Wand der Korkzellen nur dünn, bisweilen, z. B. bei *Cytisus Laburnum*, erreicht sie dagegen eine beträchtliche Dicke und man kann dann mit Hilfe geeigneter Reagentien erkennen, daß die Wand aus mehreren Schichten von verschiedener Beschaffenheit besteht. Die Mittellamelle ist verholzt, jederseits grenzt an dieselbe eine breitere verkorkte Schicht, welche nach dem Zellinnern zu von einer Lamelle aus reiner Cellulose überkleidet ist.

Die Korkschicht, welche die älteren Pflanzenteile umgibt, ist an bestimmten Stellen von Durchlaßöffnungen, den **Rindenporen** oder **Lenticellen**,

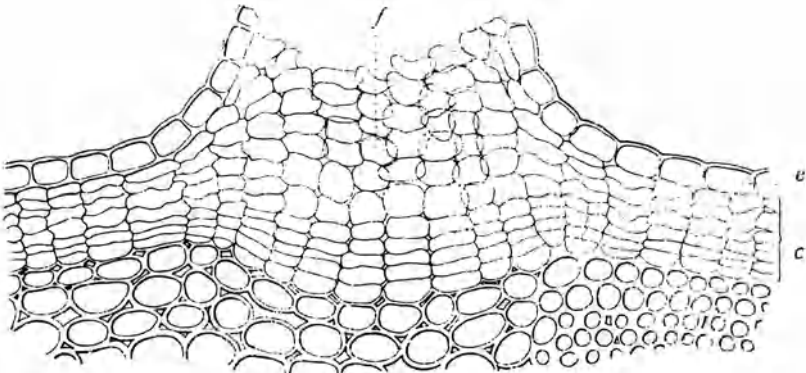


Fig. 137.

Lenticelle im Kork des Sprosses von *Sambucus nigra*.
e Epidermis, c Korkschicht, f Füllzellen.

zellen, durchbrochen (Fig. 137). Die Lenticellen sind eng umschriebene Partien des Korkgewebes, in welchen die Zellen nicht lückenlos aneinander schließen, sondern abgerundet sind und Interzellularräume zwischen sich lassen, welche sich als Luftkanäle in radialer Richtung bis in das Innere des Pflanzenteiles fortsetzen und das Interzellularsystem desselben mit der atmosphärischen Luft in Verbindung bringen. Die Zellen der Rindenporen werden Füllzellen genannt; sie unterscheiden sich von den Korkzellen außer durch ihre lockere Verbindung wesentlich dadurch, daß sie einen lebenden Plasmahalt und eine zarte, unverkorkte Wand besitzen. An der äußeren Mündung der Rindenporen gehen die Füllzellen durch Vertrocknen zugrunde.

Die Entstehung des Korkgewebes an den älteren Pflanzenteilen geht in der Regel von einer unterhalb der Epidermis, bisweilen etwas tiefer im Gewebe liegenden Zellschicht aus; bisweilen bilden die Zellen der Epidermis selber den Ursprung. Im ersten Anfangsstadium sieht man in den betreffenden Ursprungszellen Querwände parallel zur Oberfläche des Pflanzenteiles auftreten (Fig. 138). Die dadurch entstehenden Tochterzellen vergrößern sich durch Wachstum und je eine derselben teilt sich fortgesetzt durch

gleichgerichtete Teilungswände. Auf diese Weise geht aus jeder dieser Zellen nach außen hin eine radiale Zellreihe hervor, deren Zellwände verkorken und deren Zellinhalt später durch Luft ersetzt wird. Die Schicht der sich fortgesetzt teilenden Zellen wird als **Korkcambium** oder **Phellogen** bezeichnet. Zur Bezeichnung der Korkschicht samt dem dazu gehörigen Korkcambium ist der Ausdruck **Periderm** in Gebrauch. Bei den meisten Pflanzen werden von den Zellen des Korkcambiums nicht nur nach außen, sondern auch nach dem Innern des Pflanzenkörpers hin neue Zellen abgeschnitten. Die dadurch entstehenden Zellschichten, welche **Phelloderm** genannt werden, schließen sich in ihrer Ausbildung den Zellen des nach innen zu unmittelbar an sie grenzenden Grundgewebes an; ihre Wände bleiben unverkorkt.

Durch die Ausbildung der Korkschicht unterhalb der Epidermis wird die letztere von dem Zusammenhang mit dem lebenden Gewebe des Pflanzenteiles abgeschnitten und geht zugrunde. Entsteht das Korkcambium in tieferen Schichten der Rinde, so werden dadurch alle weiter außen gelegenen

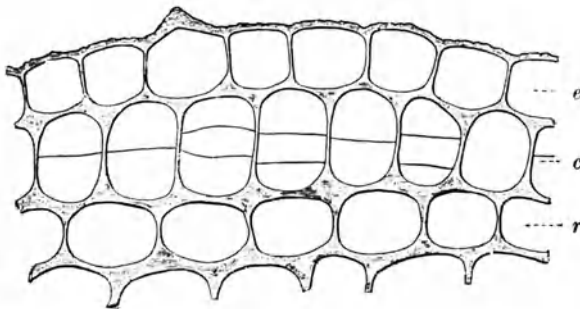


Fig. 138.

Beginnende Korkbildung in der Zellschicht unter der Epidermis des Sprosses von *Habrothamnus corymbosus*. *e* Epidermis, *c* Zellschicht, aus welcher der Kork hervorgeht, *r* parenchymatische Rindenzellen.

Rindenteile zum Absterben gebracht und endlich als **Borke** abgeworfen. Bei manchen Holzpflanzen, z. B. der Buche, bleibt das zuerst auftretende Korkcambium dauernd erhalten und erzeugt fortgesetzt neue Korkzellen.

Bisweilen erreicht die Korkschicht eine beträchtliche Dicke; bekannt ist die mächtige Korkbildung bei der Korkeiche, *Quercus suber*, welche den Flaschenkork liefert. Bisweilen werden aber die äußersten Korkzellen in dem Maße abgestoßen, wie von innen her ein Zuwachs erfolgt, so daß, wie z. B. bei der Buche, auch im hohen Alter die Korkschicht nicht viel mächtiger erscheint als in den ersten Lebensjahren. Die meisten Holzgewächse bilden später von Zeit zu Zeit in tiefergelegenen Rindenschichten neue Korklagen aus; alles außerhalb derselben gelegene Gewebe stirbt ab und wird zur Borke.

Bei den Arten, deren erste Korkschicht in tiefer gelegenen Zellschichten der Rinde angelegt wurde, treten auch die späteren Korklagen als zusammenhängende Schicht in tieferen Rindenschichten auf, so daß also jedesmal ein mantelförmiger Teil der Rinde abgeschnitten und der Borke hinzugefügt wird. Man bezeichnet diese Borkenbildung z. B. beim Weinstock als **Ringelborke**. Bei anderen Pflanzen schneiden die später auftretenden Korkschichten, indem sie mit ihrem Rande sich an die äußerste Korklage ansetzen, nur kleinere, schuppenförmige Stücke aus der Rinde heraus; die so gebildete Borke wird **Schuppenborke** genannt, ein Beispiel bietet die Platane.

Kork tritt bisweilen auch als Verschuß von Verletzungen, besonders an saftreichen Teilen des Pflanzenkörpers, auf. Wenn z. B. ein Blatt verwundet wird, so werden von den an die Wunde grenzenden unverletzten Zellen einige tafelförmige Zellen durch Wände abgeteilt und zu Korkzellen ausgebildet, ebenso bildet sich an einer zerschnittenen Kartoffel auf der Schnittfläche eine dünne Korksicht als Wundverschuß aus. Auch die Narben, welche durch das Abfallen der Blätter an unseren Laubbäumen entstehen, sind durch Korkgewebe verschlossen, dessen Zellen schon vor der Ablösung des Blattes angelegt wurden.

3. Das Grundgewebe.

Das Grundgewebe füllt den Raum zwischen dem Hautgewebe und den Leitbündeln der Pflanzenteile aus. In den Sprossen mancher höheren Pflanzen sind die Leitbündel zu einem Netzwerk von cylindrischer Gestalt verbunden, sie bilden mit dem von ihnen eingeschlossenen Grundgewebe, welches als Mark bezeichnet wird, einen massiven Achsencylinder (Stele), welcher aus dem Plerom des Vegetationskegels hervorgegangen ist (Fig. 139). Die

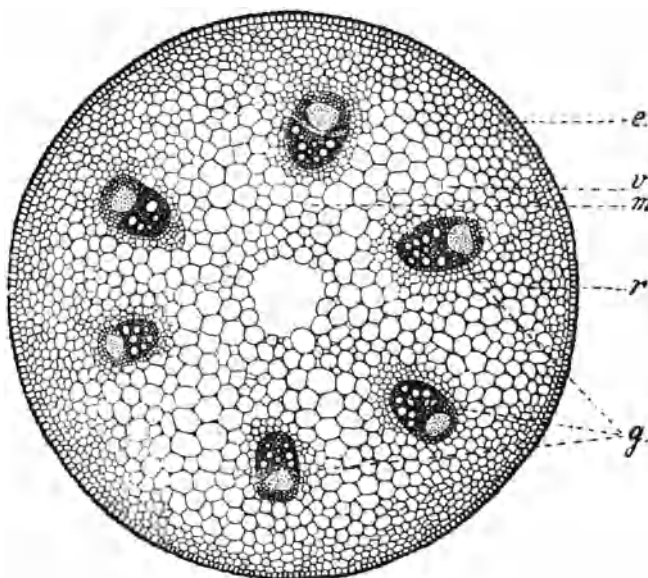


Fig. 139.

Querschnitt eines dikotylen Sprosses, welcher die Anordnung der Gewebesysteme zeigt. *e* das Hautgewebe, *g* die Gefäßbündel. Der übrige Teil des Querschnittes wird vom Grundgewebe eingenommen. *m* Mark, *r* Rinde, *v* Markverbindung.

mantelförmige Grundgewebemasse, welche den Raum zwischen dem Leitbündelcylinder und dem Hautgewebe ausfüllt, heißt **primäre Rinde** oder **Außenrinde**. Die

Grundgewebepartien, welche durch die Maschen des Leitbündelcylinders hindurch die Verbindung zwischen der Außenrinde und dem Mark herstellen, werden **Markverbindungen** genannt. In Pflanzenteilen, in denen die Leitbündel zu einem zentralen Strang zusammentreten, kann natürlich kein Mark, sondern nur Außenrinde als Grundgewebe vorhanden sein.

Das Grundgewebe besteht gewöhnlich zum größten Teil aus parenchymatischen Zellen verschiedener Ausbildung, indes kommen auch prosenchymatische Elemente in größerer Menge vor. Man kann nach der Art der physiologischen Leistungen verschiedene Gewebesysteme im Grundgewebe unterscheiden, von denen das Assimilationsgewebe, das Speichergewebe und das Festigungsgewebe die wichtigsten sind und im folgenden eingehender besprochen werden sollen. Die Sekretbehälter, welche häufig einen Bestandteil des Grundgewebes darstellen, die Milchsafschläuche,

Harzgänge, Oellücken, Kristallzellen usw. sind in der Regel nicht zu beträchtlichen Gewebemassen miteinander verbunden, sondern mehr vereinzelt zwischen die übrigen Elemente des Grundgewebes eingebaut.

Das Assimilationsgewebe. — Die Zellen des Assimilationsgewebes sind durch den Chlorophyllgehalt scharf charakterisiert; da die Assimilation nur bei Durchleuchtung der chlorophyllhaltigen Zellen erfolgt, so findet sich das Assimilationsgewebe nur an denjenigen Stellen des Pflanzenkörpers, welche dem Lichte zugänglich sind, d. h. nahe der Oberfläche, in der Regel unmittelbar unter dem Hautgewebe. In den Sprossen der Pflanzen sind dementsprechend nur die äußersten Lagen der primären Rinde als Assimilationsgewebe ausgebildet und sobald die Epidermis der Sprosse durch eine dickere Korkschicht ersetzt wird, ist das Assimilations-

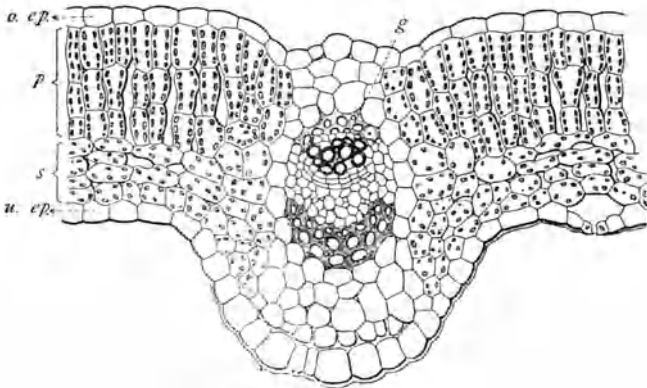


Fig. 140.

Blattquerschnitt von *Raphanus sativus*. *o. ep.* Epidermis der Blattoberseite, *p* Palisadenparenchym, *s* Schwammparenchym, *u. ep.* Epidermis der Blattunterseite, *g* Leitbündel des querdurchschnittenen Blattnerven (nach Haberlandt).

gewebe außer Funktion gesetzt. Dünne, flächenförmige Pflanzenteile dagegen, wie die meisten Laubblätter, bestehen zum größten Teil aus chlorophyllhaltigen Zellen.

Das Assimilationsgewebe wird ausschließlich von parenchymatischen Zellen gebildet, zwischen denen luftführende Intercellularräume vorhanden sind. In den Blättern sind häufig die Zellen des Assimilationsparenchyms nach ihrer Lage zum einfallenden Licht verschiedenartig ausgebildet (Fig. 140). An der dem Licht zugekehrten Oberseite des Blattes sind die mit zahlreichen Chlorophyllkörpern versehenen Zellen senkrecht zur Blattfläche gestreckt und besitzen also eine prismatische oder zylindrische Gestalt; sie schließen zu einem dichten Lager zusammen und lassen meist nur an den Längskanten schmale Luftkanäle zwischen sich frei. Man bezeichnet diese Ausbildungsform des Assimilationsgewebes als Palisadenparenchym. An der Blattunterseite dagegen sind weite Intercellulargänge zwischen den mehr rundlichen oder unregelmäßig gestalteten Chlorophyllzellen vorhanden. Diese Gewebeform wird als Schwammparenchym bezeichnet.

Die Zellen des Schwammparenchyms sind verhältnismäßig arm an Chlorophyllkörpern; darauf und auf dem reichen Luftgehalt des Gewebes

beruht die bleichgrüne Färbung, welche die Unterseite mancher Laubblätter von der kräftig grünen Oberseite unterscheidet. Neben den bifacialen Blättern mit verschieden gebauter Ober- und Unterseite kommen, wenn auch seltener, isolaterale und zentrisch gebaute Blätter vor, bei denen ringsherum Palisadenparenchym vorhanden ist oder bei denen das ganze Assimilationsgewebe von Schwammparenchym gebildet wird.

Das Speichergewebe. — Wie das Assimilationsgewebe durch seinen Chlorophyllgehalt, so ist das Speichergewebe durch den Gehalt an Reservestoffen wie Stärke, Aleuron, Reservecellulose usw. charakterisiert. Seiner Funktion entsprechend finden wir das Speichergewebe stets als vor-

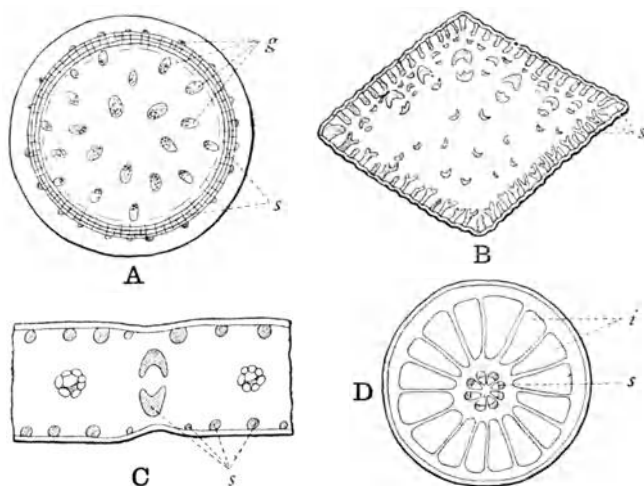


Fig. 141.

Verteilung des Festigungsgewebes in den Organen.

A Querschnitt des Blütenschaftes von *Ornithogalum Eclonii* — das mechanische Gewebe *s* schließt zu einem ununterbrochenen Ringe zusammen, *g* die Gefäßbündel. **B** Querschnitt des Blattes von *Dasylium junceum* und **C** Teil des Blattquerschnittes von *Phoenix* (Haberlandt), *s* das aus strangartigen Faserbündeln bestehende mechanische Gewebe. **D** Querschnitt des Stammes von *Myriophyllum spicatum*. Der Sproß besteht der Hauptsache nach aus Parenchym, in welchem große Lufträume *i* vorhanden sind. Das mechanische Gewebe *s* ist der Achse des Organs genähert. **A**, **B** und **C** sind biegungsfeste Konstruktionen, **D** ist zugfest gebaut.

wiegenden Bestandteil aller Reservestoffbehälter, der Wurzelknollen, der Sproßknollen, des Samenendosperms, mancher Kotyledonen u. a. m.; aber auch in den Sproßachsen der nicht metamorphosierten Pflanzenteile und in den Blättern ist Speichergewebe ausgebildet. Es besteht meist aus polyedrischen Parenchymzellen, zwischen denen die Intercellularräume nur sehr schwach entwickelt sind oder gänzlich fehlen. In den Laubblättern besteht das Speichergewebe oft nur aus einer einfachen Schicht von Parenchymzellen, welche die Gefäßbündel überkleidet, sie wird als Parenchym- oder Stärkescheide bezeichnet und stellt zugleich die Leitbahn dar, in welcher die im Blatt erzeugten Assimilationsprodukte von Zelle zu Zelle in den Sproß hinabwandern. Die mit Stärkekörnern versehenen Zellen der Stärke-

scheide im Sproß gewisser Gelenkpflanzen und in der aus Grundgewebe bestehenden Wurzelhaube der Gefäßpflanzen sind in der neueren Zeit als Sinnesorgane zur Wahrnehmung des durch die Schwerkraft ausgeübten Reizes gedeutet worden.

Zum Speichergewebe muß auch das Wassergewebe gerechnet werden, ein wasserreiches Parenchym, welches das Innere sukkulenter Pflanzenteile erfüllt und ein Wasserreservoir darstellt, aus welchem in Zeiten der Trockenheit die übrigen Gewebe die zur Unterhaltung ihrer Lebenstätigkeit nötige Feuchtigkeit beziehen. In manchen Wassergeweben sind die Längswände der Parenchymzellen so gebaut, daß sie bei Wasserabgabe sich in regelmäßige Harmonikafalten legen und bei Wasseraufnahme wieder gestreckt werden können.

Das Festigungsgewebe. — In lebenden Pflanzenzellen sind infolge des Saftdruckes, welcher im Innern vorhanden ist, die Zellwände straff gespannt. Die innere Festigkeit, welche die Gewebe dadurch erhalten, genügt,

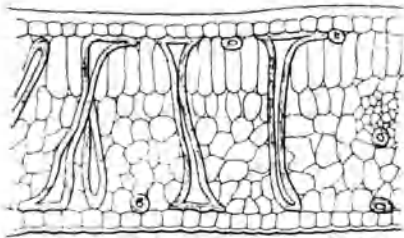


Fig. 142.

Teil des Blattquerschnittes von *Roupala villosa*. Dem assimilierenden Gewebe sind einzelne Sklerenchymzellen eingefügt.

um jugendliche Pflanzenteile von geringer Ausdehnung entgegen dem eigenen Gewicht und den Angriffen äußerer Kräfte aufrecht zu erhalten. Die Erscheinung des Welkens beruht darauf, daß bei starker Wasserverdunstung der Saftdruck in den Parenchymzellen verloren geht. Wenn durch Wasseraufnahme der Verdunstungsverlust wieder aufgehoben wird, nehmen die durch Welken schlaffen Pflanzenteile ihre Haltung wieder an. In älteren Pflanzenteilen finden wir eigene Festigungsgewebe ausgebildet, welche vorwiegend die innere Festigkeit der Organe bedingen und dieselben in stand setzen, sich aufrecht zu erhalten und den durch Wind und Regen ausgeübten Zug-, Druck- und Biegungswirkungen zu widerstehen. Die Zellen der Festigungsgewebe besitzen verdickte Wände und stehen miteinander in festem Verbands; auf diese Weise werden bisweilen strangartige Gewebestreifen gebildet, welche innerhalb der Elastizitätsgrenze die Zugfestigkeit des Schmiedeeisens erreichen oder gar noch übertreffen. In Pflanzenteilen, welche noch im Wachstum begriffen sind, wird das Festigungsgewebe von Collenchymsträngen gebildet, welche, da ja die Zellen einen lebenden Inhalt und wachstumsfähige Wände besitzen, der Streckung des Organes durch Wachstum zu folgen vermögen. In ausgewachsenen Pflanzenorganen dagegen, die eine längere Lebensdauer besitzen, besteht das Festigungsgewebe aus Sklerenchym, welches in einzelnen Fällen durch Umwandlung aus dem Collenchym entsteht, meist aber durch besondere Differenzierung einzelner Grundgewebepartien zustande kommt. Vorwiegend spielen dabei Sklerenchymfasern eine Rolle; Gruppen von Steinzellen kommen meist nur vereinzelt vor und sind von untergeordneter Bedeutung. Nur in den Steinschalen mancher Samen und Früchte, z. B. in der Wandung der Kirsch- und Zwetschenkerne, sind die Steinzellen in dichtem Gefüge zu gewölbeartigen Konstruktionen vereinigt, welche eine hohe Festigkeit gegen Druck und Stoß besitzen.

Die Gesamtheit des Festigungsgewebes einer Pflanze wird als das mechanische System derselben bezeichnet. Die einzelnen Teile des mechanischen Systems sind im Pflanzenkörper in der Weise angeordnet, daß mit möglichst geringem Material die größte Leistungsfähigkeit erreicht wird (Fig. 141). In den freigestreckten oberirdischen Pflanzenteilen, welche vorwiegend der durch den Wind, durch Regen und Schneedruck und durch

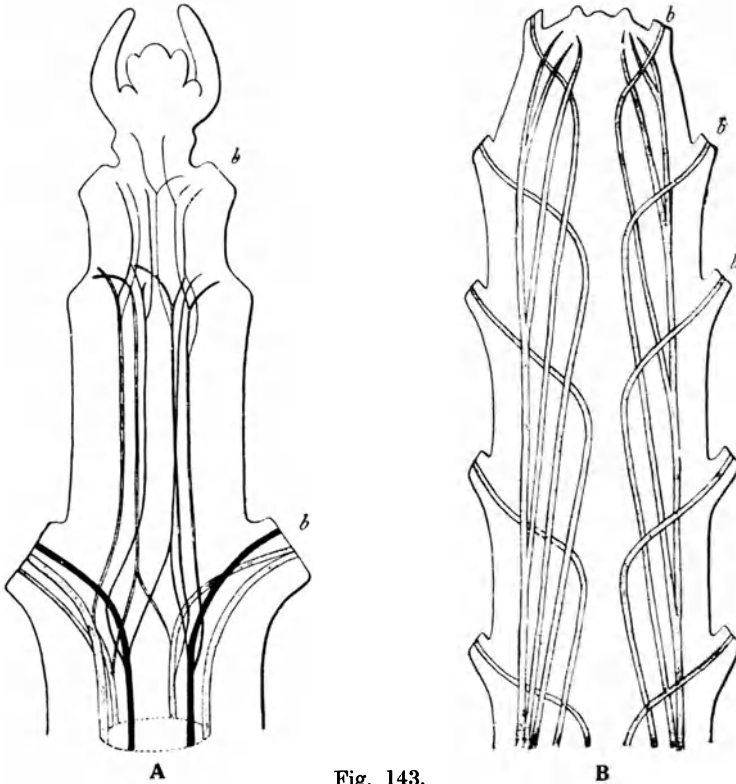


Fig. 143.

A Schema des Leitbündelverlaufes in einer dikotylen Pflanze (nach Nägeli). **B** Schema des Leitbündelverlaufes in einer monokotylen Pflanze (nach Falkenberg). *b, b* Blattbasen.

das eigene Gewicht veranlaßten Biegung zu widerstehen haben, sind die Stränge des Festigungsgewebes möglichst weit an die Peripherie der Organe verlegt.

In derselben Weise, wie in der Ingenieurtechnik T-förmige Eisenbalken und Röhren zur Herstellung von biegungsfesten Konstruktionen Verwendung finden, sehen wir in manchen oberirdischen Pflanzenteilen die Biegungsfestigkeit dadurch erreicht, daß einzelne Streifen von Festigungsgewebe an gegenüberliegenden Seiten des Organes nahe der Oberfläche verlaufen, oder daß das Festigungsgewebe im Innern eines zylindrischen Pflanzenteiles einen röhrenförmigen Mantel darstellt, welcher auf dem Querschnitt als ein mit dem Umfange konzentrischer, der Oberfläche genäherter Ring erscheint. Die neuerdings in der Technik vielfach verwendeten Piloten von Eisenbeton, bei denen ein röhrenförmiges Gitter mit Eisendraht in eine Betonsäule eingebettet ist, ahmen geradezu die Festigungs-konstruktion eines jungen Dikotylen-sprosses nach, in dessen Grundgewebe der durch Sklerenchymstränge gefestigte Leitbündelcylinder eingebettet ist (Fig. 143 A).

Viele unterirdische Pflanzenteile, Wurzeln und Rhizome, ferner die Sprosse der flutenden Wasserpflanzen werden durch die Wirkung der äußeren Kräfte nicht auf Biegung, sondern hauptsächlich auf Zug in Anspruch genommen. Dementsprechend ist in ihnen das Festigungsgewebe der Achse genähert und meist zu einem axilen Strang vereinigt (Fig. 141 D). Gelegentlich kommen auch im Grundgewebe vereinzelte sklerenchymatische Zellen vor; ein typisches Beispiel bieten die verästelten Sklerenchymzellen in dem Blattgewebe der *Camellia* und anderer Pflanzen (Fig. 142), deren wesentlichste biologische Bedeutung darin zu sehen ist, daß sie eine Deformation der Assimilationsfläche bei eintretendem Wassermangel verhindern.

4. Die Leitbündel.

Der Verlauf der Bündel. — Die Leitbündel oder Gefäßbündel stellen die Leitungsbahnen für Wasser und Nährstoffe im Pflanzenkörper dar.

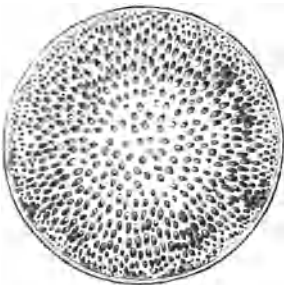


Fig. 144.

Querschnitt des Sprosses einer monokotylen Pflanze.

Sie durchziehen strangartig alle Teile des Pflanzenkörpers, Wurzeln, Sproßachsen und Blätter. Am einfachsten ist die Anordnung der Leitbündel in den Wurzeln; dort ist ein einziger zentraler Leitbündelstrang vorhanden, von dem aus ähnliche Stränge in die Seitenwurzeln abgehen. Im Sproß ist der Verlauf der Leitbündel bei den einzelnen Pflanzen sehr verschieden und oft außerordentlich kompliziert. Bei einigen einfacher organisierten Formen ist nur ein einziges Bündel im Sproß vorhanden, das ihn der Länge nach durchzieht und Aeste in die seitlichen Organe entsendet. Gewöhnlich verlaufen viele Leitbündel nebeneinander im Sproß und bilden dadurch, daß sie sich wiederholt verzweigen oder miteinander verschmelzen, ein

maschenartiges Gerüstwerk, dessen äußerste Verzweigungen in die Blätter hinein verlaufen (Fig. 143). Die im Sproß befindlichen Strecken der zu den Blättern abbiegenden Stränge werden als Blattspuren bezeichnet. Meist ist das ganze Leitbündelnetz des Sprosses aus Blattspursträngen gebildet; stammeigene Bündel, d. h. solche Bündel, welche nur dem Sproß angehören, kommen selten vor. In den Sproßachsen der Dikotylen ist das von den Leitbündeln gebildete Maschenwerk meist in Form eines Cylindermantels angeordnet, welcher das Mark umhüllt und seinerseits von der Außenrinde und dem sie bedeckenden Hautgewebe umkleidet wird (Fig. 143 A). Auf dem Querschnitt des Sprosses der Dikotylen stehen also die Querschnitte der Bündel in einem Kreise (Fig. 139). Auch bei den Gymnospermen und bei manchen Farnen ist die Verteilung der Bündel in der Sproßachse eine ähnliche.

Die meisten Monokotylen weisen dagegen einen andern Typus des Bündelverlaufes auf (Fig. 143 B). Die Bündel vereinigen und verzweigen sich auch hier, wenngleich nicht so häufig als bei den Dikotylen. Die freien Endverzweigungen treten aber nicht direkt in die Blätter ein, sondern sie durchziehen noch eine größere Strecke weit den Sproß, indem sie schräg aufsteigend sich zuerst der Sproßmitte nähern und dann bogenförmig

zurückgekrümmt zur Blattinsertion verlaufen. Auf dem Querschnitt findet man infolge dieses Verlaufes die Bündelquerschnitte ungleichmäßig verteilt (Fig. 144). Da die Bündel nicht alle gleichweit bis zur Sproßmitte vordringen, bevor sie sich zum Eintritt in das Blatt zurückkrümmen, so sind verhältnismäßig wenig Bündel in der Nähe der Sproßmitte sichtbar, während dieselben am Rande dichter gedrängt erscheinen. Eine scharfe Scheidung des Grundgewebes in Mark- und Außenrinde tritt bei dem Leitbündelverlauf der Monokotylen nicht hervor, indes pflegt man auch hier den die Sproßmitte einnehmenden bündelarmen Teil als Mark, die peripherische Schicht unterhalb des Hautgewebes als Außenrinde zu bezeichnen.

Bisweilen tritt nur ein Bündel in jedes Blatt ein, um sich in der Blattfläche mehr oder minder reichlich zu verzweigen, gewöhnlich aber zweigen sich zu jedem Blatt mehrere Bündel ab, welche gemeinsam mehr oder minder weit die Blattmitte durchziehen, um von dort in die Blattfläche auszustrahlen oder Seitenäste dahin abzugeben. Die Leitbündel des Blattes verlaufen im Innern der Blattnerven. Was bei der Besprechung des Laubblattes über den Verlauf und die Verteilung der Blattnerven gesagt worden ist, gilt demnach auch von der Ausbreitung der Bündel in den Blattflächen. Die Mittelrippe und stärkere Seitennerven schließen bisweilen mehrere Leitbündel ein, die zarteren Auszweigungen höherer Ordnung enthalten stets nur ein einziges Bündel, die äußersten Enden der Blattnerven und Leitbündel endigen entweder frei in dem als Mesophyll bezeichneten Grundgewebe der Laubausbreitung, oder sie schließen sich anderen Nerven an.

Die Zusammensetzung der Bündel. — Die wichtigen Bauelemente der Leitbündel, Gefäße oder Tracheiden einerseits und Siebröhren andererseits, sind nicht regellos im Bündel verteilt, sondern sie sind mit anderen Elementen zu Gruppen vereinigt, welche als Gefäßteile resp. als Siebteile des Bündels bezeichnet werden.

Neben den Siebröhren mit ihren Geleitzellen und neben den Gefäßen sind im Siebteil und im Gefäßteil der Bündel meist noch Sklerenchymfasern und Parenchymzellen anzutreffen. Im Siebteil werden die Sklerenchymfasern als **Bastfasern**, die Parenchymzellen als **Bastparenchym** bezeichnet, im Gefäßteil werden sie **Holzfasern** resp. **Holzparenchym** genannt.

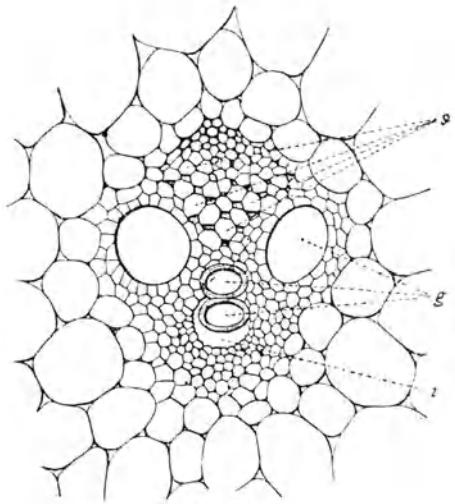


Fig. 145.

Querschnitt durch das collaterale Gefäßbündel von *Saccharum officinarum*. *s* Siebröhren, *g* Gefäße. Der Siebteil liegt nach außen zu vor dem Gefäßteil. *i* Inter-cellularraum.

Gewöhnlich ist in jedem Bündel ein Gefäßteil und ein Siebteil vorhanden. Dieselben sind in den Sproßachsen meist so angeordnet, daß der Gefäßteil nach der Sproßmitte zu, der Siebteil nach außen hin gelegen ist. Man bezeichnet diese Anordnung als **collateral** (Fig. 145). Da die Leitbündel ohne Drehung aus der Sproßachse in die Blätter ausbiegen, so muß in den Blattnerven der Siebteil des Leitbündels nach der Unter-

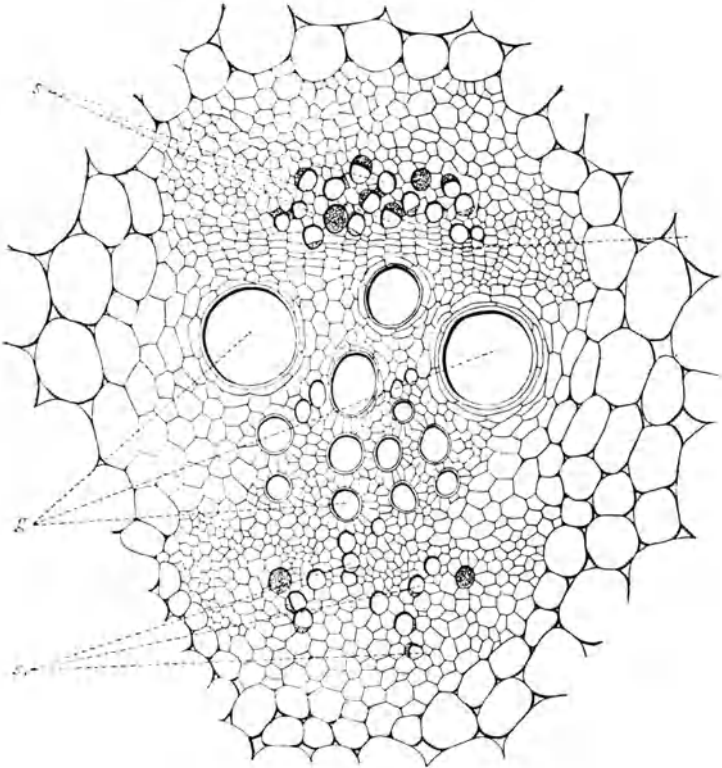


Fig. 146.

Querschnitt durch das bicollaterale Leitbündel von *Cucurbita Pepo*. *s* Siebröhren des äußeren, *s₁* Siebröhren des inneren Siebteils, *g* Gefäße, *c* Cambium.

seite, der Gefäßteil nach der Blattoberseite zu gelegen sein. In einigen dikotylen Pflanzenfamilien, z. B. den Cucurbitaceen und Solanaceen, ist an der Innenseite des Gefäßteils ein zweiter Siebteil ausgebildet; derartige Bündel werden **bicollateral** genannt (Fig. 146). **Konzentrisch** nennt man die Leitbündel, bei denen der eine Teil rings um den anderen herumgreift. Bei den Leitbündeln mancher Farne bildet der Gefäßteil den zentralen Teil des Bündels. Es kommt aber z. B. bei Cykadeen und Monokotylen auch der umgekehrte Fall vor, daß der Siebteil von dem Gefäßteil eingehüllt wird.

Der zentrale Bündelstrang (Zentraleylinder) der Wurzeln ist als eine Vereinigung mehrerer Leitbündel anzusehen; es sind meist meh-

rere Siebteile und mehrere Gefäßteile vorhanden, dieselben liegen aber nicht wie im Sproß von außen nach innen nebeneinander, sondern die Gefäßteile sind radial um den Mittelpunkt des Sproßquerschnittes angeordnet und zwischen je zweien derselben liegt ein Siebteil (Fig. 147). Zwischen den Siebteilen und den Gefäßteilen ist eine schmale Schicht von Parenchymzellen, das Verbindungsgewebe, eingeschoben. Ebenso ist auch

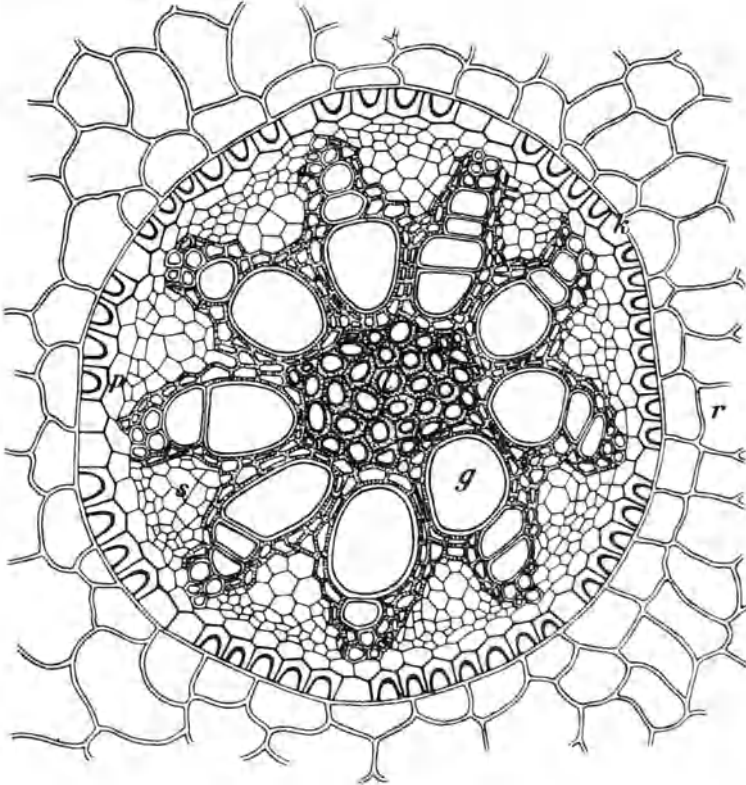


Fig. 147.

Querschnitt durch den Bündelstrang der Wurzel von *Veratrum album*.
g ein Gefäß, *s* ein Siebteil, *p* Pericambium, *k* Endodermis, *r* die Rinde der Wurzel.
(Nach Tschirch.)

der ganze Bündelstrang von einer ununterbrochenen, meist einschichtigen Lage von zarten prismatischen Parenchymzellen umhüllt, welche als **Pericambium** (Pericykel) bezeichnet wird. Die Zellen des Pericambiums bleiben lange Zeit in entwicklungsfähigem Zustande. Sie geben den Anlagen der Seitenwurzeln im Innern des Wurzelkörpers den Ursprung.

In den Wurzeln der Dikotylen ist die Zahl der Siebteile und Gefäßteile meist gering; es kommen zwei bis sechs, seltener mehr Gefäßgruppen und ebensoviele Siebteile vor. Man bezeichnet die Bündelstränge dementsprechend als zweimächtig, dreimächtig usw. (diarch, triarch usw.). In dem vielmächtigen (polyarchen) Zentralcyylinder der Monokotylenwurzel

kommen bisweilen 50 und mehr Gruppen von Gefäßteilen und Siebteilen vor (Fig. 147).

Die an den Bündelstrang der Wurzel grenzenden Zellen des Rindenparenchyms bilden eine als **Endodermis** bezeichnete Schutzscheide. Ihre Zellwände sind häufig stark verdickt und teilweise verkorrt; nur dort, wo die radialen Gefäßteile sich der Endodermis nähern, bleiben in vereinzelt Zellen die Wände unverdickt. Diese Durchlaßzellen vermitteln hauptsächlich den Stoffverkehr zwischen Bündelstrang und Wurzelrinde. Das Vorkommen einer Endodermis ist übrigens nicht auf den Bündelstrang der Wurzeln beschränkt, die Gefäßbündel der Farne z. B. besitzen ebenfalls eine Endodermis und ebenso manche Rhizome von Blütenpflanzen. In den oberirdischen Sproßachsen und in den Blättern der Blütenpflanzen tritt die Stärkescheide an die Stelle der Endodermis (Fig. 149 *gs*).

5. Das sekundäre Dickenwachstum.

Das Cambium. — In den Sprossen mancher Gewächse, z. B. bei den Farnen und den Monokotylen, erreichen die Leitbündel nach einer gewissen

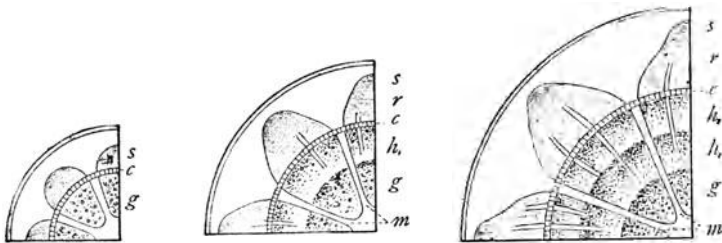


Fig. 148.

Teil eines Sproßquerschnittes in verschiedenen Stadien des Dickenwachstums, schematisch. *s* Siebteil, *g* Gefäßteil des ursprünglich vorhandenen Bündels, *c* das Cambium, *r* sekundäre Rinde, *h* sekundäres Holz, *h*₁ die Zuwachszonen verschiedener Jahre, *m* Markstrahl.

Zeit eine endgültige Ausbildung, welche normalerweise nachträglich nicht mehr verändert wird. Solche Leitbündel werden als geschlossene Bündel bezeichnet. Ihnen stehen die offenen Leitbündel gegenüber (Fig. 146), bei denen zwischen dem Siebteil und dem Gefäßteil ein Bildungsgewebe, das Cambium, vorhanden ist, welches neue Zellen zu dem Siebteil und zu dem Gefäßteil hinzufügt. Das Cambium besteht aus einer Schicht prismatischer, inhaltsreicher Zellen, welche die Fähigkeit haben, fortgesetzt durch Teilung nach beiden Seiten hin neue Zellen zu erzeugen. Die nach dem Gefäßteil hin gelegenen neuen Zellen bilden sich bald zu Gefäßgliedern oder Tracheiden oder zu Holzfasern oder Holzparenchym aus, die nach dem Siebteil zu von Cambium erzeugten jungen Zellen werden zu Siebröhren, zu Bastfasern oder zu Bastparenchym. Die Gesamtproduktion des Cambiums an Gefäßen, Holzfasern und Holzparenchym wird als **sekundäres Holz**, die Gesamtproduktion an Siebröhren, Bastfasern und Bastparenchym wird als **sekundäre Rinde** bezeichnet (Fig. 148).

An denjenigen Sprossen, welche einen netzförmigen Leitbündelzylinder besitzen, tritt bald nach Beginn der Cambiumtätigkeit in den Bündeln, auch in den die Maschen des Bündelzylinders durchsetzenden Markverbindungen,

des Grundgewebes ein Cambium auf, so daß das Cambium in seiner Gesamtheit einen ununterbrochenen Zylindermantel darstellt, welcher auf dem Sproßquerschnitt als Cambiumring erscheint. Das Cambium der Markverbindungen wird im Gegensatz zu dem in den Bündeln auftretenden Fascicularcambium als Interfascicularcambium bezeichnet (Fig. 149); es setzt durch Erzeugung neuer Parenchymzellen die Markverbindungen instand,

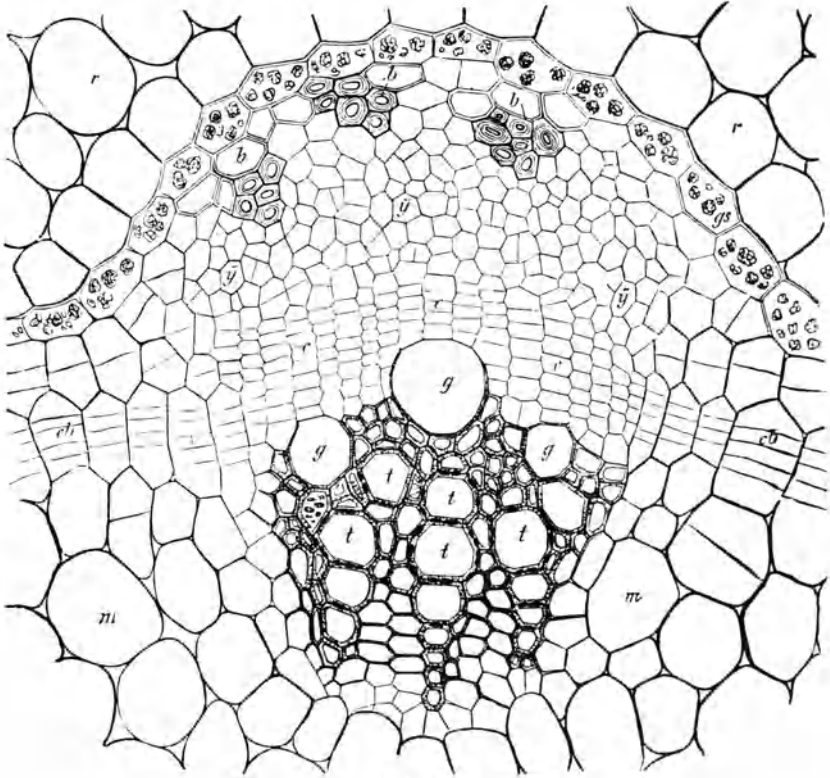


Fig. 149.

Teil vom Querschnitt des hypokotylen Gliedes einer Rizinuskeimpflanze.
m Parenchymzellen des Markes, *r* Parenchymzellen der Rinde, *b* und *y* Zellen des Siebteils, *g* und *t* Gefäße, *c* Fascicularcambium, *cb* Interfascicularcambium, *gs* Stärkescheide.
(Nach Sachs.)

dem Dickenwachstum der Leitbündel zu folgen, und läßt aus ihnen im Laufe der Entwicklung lange schmale Streifen von parenchymatischem Gewebe hervorgehen, welche den durch die Tätigkeit des Cambiums verdickten Sproß von der Rinde bis zum Mark durchsetzen und als **Markstrahlen** bezeichnet werden. Andere Markstrahlen entstehen dadurch, daß gewisse Zellen des Fascicularcambiums, nachdem sie eine Zeit hindurch Holz- und Rindenelemente erzeugt haben, nur noch Markstrahlenparenchym ausbilden. Die so entstandenen Markstrahlen reichen entsprechend dieser Entstehungsweise nicht ganz bis zum Mark in das Innere des Sprosses hinein,

sondern endigen mehr oder minder weit vom Sproßzentrum entfernt im Holzkörper. Sie werden als sekundäre Markstrahlen bezeichnet.

In den Wurzeln der Dikotylen und Gymnospermen tritt zwischen den Siebteilen und Gefäßteilen des Zentralcyinders gleichfalls ein Cambium auf und die einzelnen Partien verbinden sich dann seitlich zu einem Ringe, der auf dem Querschnitt anfangs als wellig verbogene Kreislinie erscheint (Fig. 150 A). Später gleichen sich durch das Wachstum die Undulationen des Cambiumringes mehr und mehr aus, so daß endlich ebenso wie in den Sprossen mit ringförmiger Anordnung der Gefäßbündel ein gleichmäßiger Cambiumgürtel ringsum vorhanden ist, welcher nach innen neues Holz, nach außen neue Rinde erzeugt. Markstrahlen kommen hier ebenso wie dort dadurch zustande, daß gewisse Gruppen von Cambiumzellen entweder von

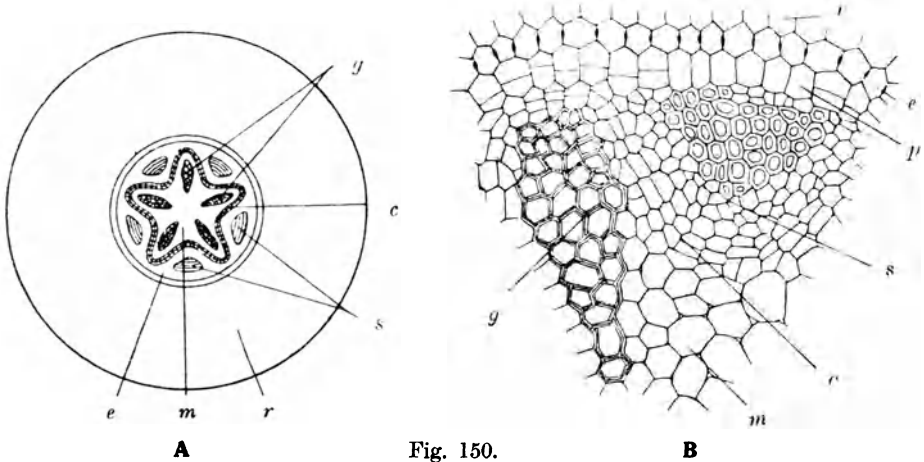


Fig. 150.

A Schematisches Querschnittbild der Hauptwurzel von *Vicia Faba*. **B** Teil vom Querschnitt des Leitbündelstranges der Hauptwurzel von *Vicia Faba* nach Ausbildung des Cambiums (nach Haberlandt). *g* Gefäßteil, *s* Siebteil, *c* Cambium, *e* Endodermis, *r* Rinde, *m* Mark, *p* Pericykel.

Anfang an, oder nachdem sie eine Zeitlang Holz- und Rindenelemente gebildet haben, nur Markstrahlenparenchym erzeugen. Indem die in den verschiedenen Abschnitten der Vegetationsperiode von Cambium erzeugten Zellen eine verschiedenartige Ausbildung erfahren, kommt in dem sekundär gebildeten Holzkörper langlebiger Pflanzenachsen eine auf dem Querschnitt makroskopisch wahrnehmbare Zonenbildung zustande. Da bei unseren einheimischen Holzgewächsen die aufeinanderfolgenden ringförmigen Zonen in der Regel je einer Jahresproduktion des Cambiums entsprechen, so werden dieselben als **Jahresringe** bezeichnet.

Holz und Rinde. Wie sich aus dem Vorgang des sekundären Dickenwachstums ohne weiteres ergibt, besteht die sekundäre Rinde der Hauptsache nach aus den Siebröhren und ihren Geleitzellen, den Bastfasern und dem Bastparenchym, während das sekundäre Holz im wesentlichen aus den Gefäßen oder Tracheiden, den Holzfasern und dem Holzparenchym aufgebaut ist. Die prosenchymatischen Elemente, Bastfasern und Holzfasern stellen in ihrer Gesamtheit ein Festigungsgewebe dar, die Siebröhren der Rinde und die Gefäße und Tracheiden des Holzes bilden ein Leitungsgewebe, während die lebenden Zellen des Bast- und Holzparenchyms hauptsächlich als Speichergewebe in Betracht kommen,

zwischen denen die ebenfalls lebenden Parenchymzellen der Markstrahlen die Verbindung herstellen. In einigen Hölzern finden sich Uebergangsbildungen zwischen Holzfasern und Holzparenchym, nämlich Prosenchymzellen, deren Wand die Ausbildung der Holzfasern aufweist, während der lebende Inhalt dauernd erhalten und zur Speicherung von Nährmaterialien geeignet bleibt. Derartige, als **Ersatzfasern** bezeichnete Elemente vereinigen in sich die Funktion des Festigungs- und des Speichergewebes. Das Mengenverhältnis der Festigungs-, Leitungs- und Speichergewebe wechselt von Fall zu Fall. So überwiegt in den Holzstämmen der Laubbäume gewöhnlich das Festigungsgewebe, d. h. die Holzfasern, während in dem Holz der Wurzeln das Leitungsgewebe, d. h. Gefäße und Tracheiden, eine größere Rolle spielt. Im Holzkörper der aus Sproßachsen oder Wurzeln hervorgegangenen Reservestoffbehälter oder Wasserspeicher übertrifft oftmals das Speichergewebe in dem Grade die übrigen Gewebe, daß die Gefäße und Holzfasern nur als isolierte Gruppen in den mächtigen Parenchymmassen eingebettet erscheinen.

Einzelne der parenchymatischen Zellen in Rinde, Holz und Markstrahlen sind nicht selten als Sekretschläuche ausgebildet. Besonders häufig trifft man in der Begleitung der Sklerenchymfaserbündel in Holz und Rinde sogenannte Kammerfasern an, quer gefächerte Fasern, welche in jeder Zelle einen Kristall von oxalsaurem Kalk enthalten. Auch intercellulare Sekretbehälter, wie z. B. die Harzgänge, treten bisweilen in Holz und Rinde auf.

In den ausgewachsenen Gewebeelementen des Holzkörpers langlebiger Pflanzen pflegen sich in späteren Jahren noch nachträgliche Veränderungen zu vollziehen, die man in ihrer Gesamtheit als die **Verkernung** des Holzes bezeichnet. Im wesentlichen besteht die Verkernung in einer Ablagerung von Harzen, Holzgummi, Gerbstoffen oder irgendwelchen Farbstoffen in den Wandungen sowohl als in den Hohlräumen der Zellen und Gefäße. Das durch die Einlagerung gebildete Kernholz ist meistens bedeutend dunkler, schwerer und fester, als die nicht verkernete äußere Zone des Holzkörpers, welche als Splintholz bezeichnet wird; es ist durch die Einlagerung für die Emporleitung des Wassers untauglich gemacht, gewinnt aber für die mechanische Festigkeit des Holzstammes an Bedeutung. Neben der Verkernung tritt in dem älteren Holz vieler Bäume und Sträucher häufig noch eine andere sekundäre Erscheinung auf, welche als **Tyllenbildung** bezeichnet wird. Die Schließhäute einzelner Tüpfel zwischen den Gefäßen und den angrenzenden Holzparenchymzellen wölben sich in den Hohlraum der Gefäße hinein und werden zu blasenartigen Ausstülpungen (**Tyllen**), in welche der Zellinhalt der Parenchymzellen hineinreicht. Der Hohlraum der Gefäße wird endlich oft ganz von den Tyllen erfüllt (Fig. 151).

Bisweilen wird der Bau des Holzes in Sproß- und Wurzelknollen dadurch sekundär verändert, daß nachträglich im Innern des ausgebildeten Holzkörpers neue Bildungsherde (sekundäre Cambien) auftreten, von denen aus neues Holz und neues Rindengewebe zwischen die schon vorhandenen Gewebeelemente eingeschoben wird. Auf solche Weise kommt z. B. die Maserbildung in dem Rhizom der officinellen Rhabarberpflanze zustande.

Um von dem Bau und der Anordnung der einzelnen Teile in den durch sekundäres Wachstum verdickten Sprossen und Wurzeln eine räumliche Vorstellung zu gewinnen, genügt die Betrachtung dreier zueinander senkrechter Schnittflächen des Gewebekörpers: des Querschnittes, des radialen und des tangentialen Längsschnittes. Der Querschnitt verläuft rechtwinklig zur Längsachse und stellt eine annähernd kreisförmige Fläche dar, deren Umfang von der Epidermis oder von dem an deren Stelle getretenen Periderm gebildet wird. Der Längsschnitt verläuft parallel mit der Achse des Organes, schneidet also die Querschnittfläche unter rechtem Winkel. Entsprechend der kreisförmigen Ausbildung des Querschnittes bezeichnet man einen Längsschnitt als radial, wenn die Linie,

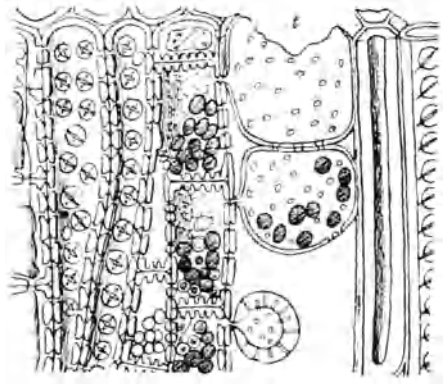


Fig. 151.
Längsschnitt aus dem Holz der Eiche.
t Hohlraum eines Gefäßes mit Tyllenbildung.
(Nach Hartig.)

in welcher er die Querschnittfläche schneidet, einen Radius der letzteren darstellt, wenn also die Schnittfläche die Längsachse des Organs in sich aufnimmt. Ein tangentialer Längsschnitt dagegen verläuft in einiger Entfernung von der Achse des Organes; die Linie, in welcher er die Querschnittfläche schneidet, stellt eine Sehne in dem von der letzteren gebildeten Kreise dar. Da die Markstrahlen als schmale Streifen die sekundären Zuwachsschichten der Sprosse und Wurzeln in radialer Richtung durchziehen, so werden sie von den radialen und tangentialen Längsschnitten in verschiedener Weise getroffen, und geben durch die Figur, welche sie auf einer beliebigen Schnittfläche darbieten, ein Erkennungsmerkmal dafür ab, in welcher Richtung der betreffende Schnitt geführt worden ist (Fig. 152). Auf dem Querschnitt sind die Markstrahlen meist mit bloßem Auge oder mit der Lupe als schmale Streifen sichtbar, welche nach dem Mittelpunkt des Schnittes konvergieren. Auf dem radialen Längsschnitt stellen die Markstrahlen sich als schmale, parallel laufende Bänder aus gestreckten Parenchymzellen dar. Der tangentielle Längsschnitt zeigt die Querschnitte der Markstrahlen, meist kurze, strichförmige Gruppen von rundlichen Zellen. Als Beispiele für die Zusammensetzung des durch sekundäres Dickenwachstum entstandenen Holzkörpers sollen im folgenden das Kiefernholz und das Lindenholz an der Hand einiger Abbildungen näher besprochen werden.

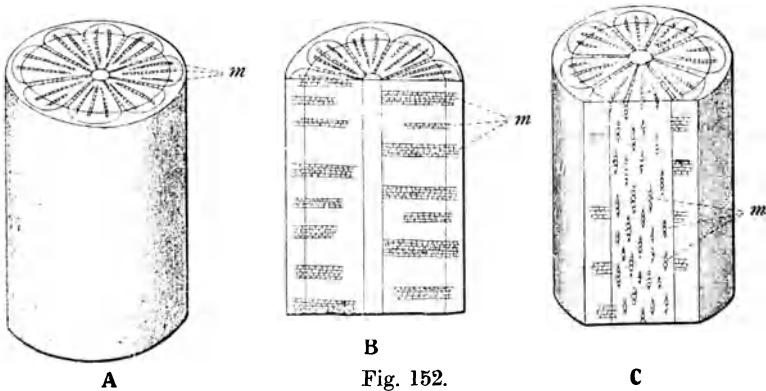


Fig. 152.

Schemata eines Sproßstückes einer dikotylen Pflanze. Bei A ist nur eine Querschnittfläche sichtbar, in B ist außerdem eine radiale und in C eine tangentielle Schnittfläche hergestellt. *m* Markstrahlen.

Das Kiefernholz ist wie dasjenige aller Coniferen sehr einfach gebaut. Dasselbe besteht, abgesehen von den Harzgängen und den sie begleitenden Parenchymzellen, nur aus Tracheiden mit hohetüpfelten Wänden, deren Lagen von zahlreichen Markstrahlen durchsetzt werden. Die letzteren stellen in ihrer Gesamtheit das Speichergewebe dar, während die Funktionen der Wasserleitung und der Festigung den Tracheiden zukommen. Die Fig. 153 stellt ein Stück Kiefernholz mit den drei regelmäßigen Schnittflächen dar. Der Querschnitt A B C D zeigt einen einreihigen Markstrahl (*m*) als schmalen radialen Streifen. Die Tracheiden des Frühjahrsholzes sind weiter und haben weniger stark verdickte Wände als diejenigen, welche zu Ende der Jahresperiode gebildet werden. Wo das dünnwandige, weitlumige Frühjahrsholz an das dickwandige englumige Herbstholz des Vorjahres anschließt, markiert sich eine scharfe Grenze (*ig*) zwischen den aufeinanderfolgenden Jahresringen. Vereinzelt verlaufen Harzgänge (*h*) mit den zu ihnen gehörenden Parenchymzellen (*p*) durch das Holz. In der Fig. 153 ist ein Harzgang im Querschnitt gezeichnet.

Die gehöften Tüpfel befinden sich meistens auf den radialen Wänden der Tracheiden. Auf dem radialen Längsschnitt B C F E sehen wir also die Tüpfel von oben als Doppelkreise. Der innere Kreis wird von dem Eingang in den Tüpfelkanal gebildet, der äußere Kreis markiert den Umfang der hohartigen Erweiterung desselben.

Die Tracheiden (*tr*) sind sehr langgestreckt und an den Enden allmählich zugespitzt und zwischeneinander eingeschoben. In der Figur sind nur kurze Abschnitte

der Tracheiden sichtbar. Ein Markstrahl ist der Länge nach getroffen und erscheint als ein Parenchymband quer zur Längsrichtung der Tracheiden. Die mittleren Zellreihen dieses Parenchymbandes bestehen aus typischen Markstrahlzellen mit lebendem Inhalt, an sie schließt sich nach oben und unten ein Saum von Tracheiden an. Häufig bestehen die Markstrahlen aus einer weit größeren Anzahl von Zellreihen. Die Tracheidensäume fehlen in vielen Fällen gänzlich. Anatomische Verschiedenheiten dieser Art, wie auch die Anordnung und Zahl der Hoftüpfel, die Ausbildung der Harzgänge u. a. m., gestatten dem Mikroskopiker selbst an einem kleinen Holzsplitterchen zu bestimmen, von welcher Baumart das Holz stammt.

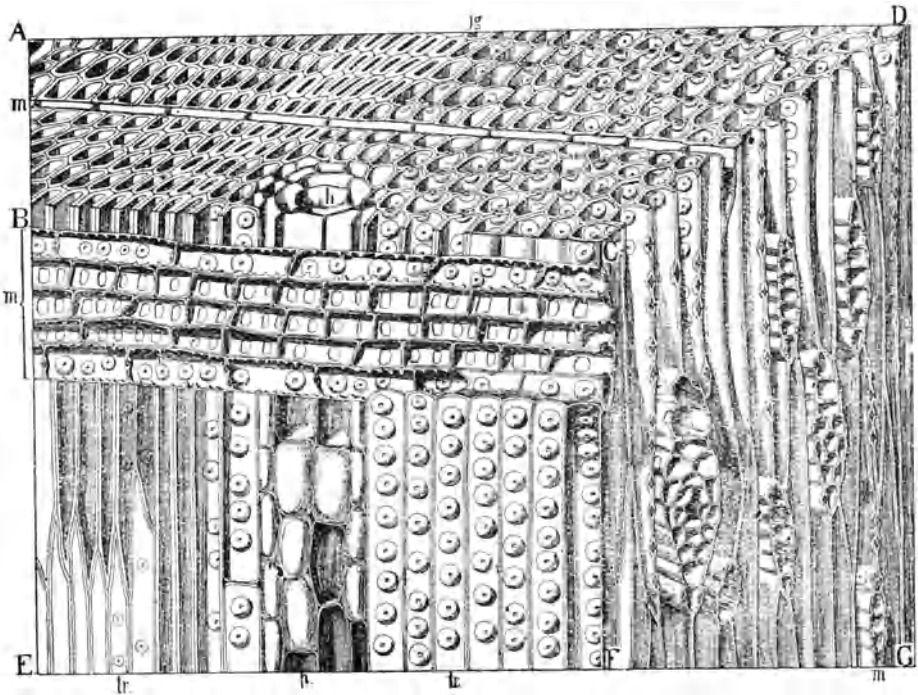


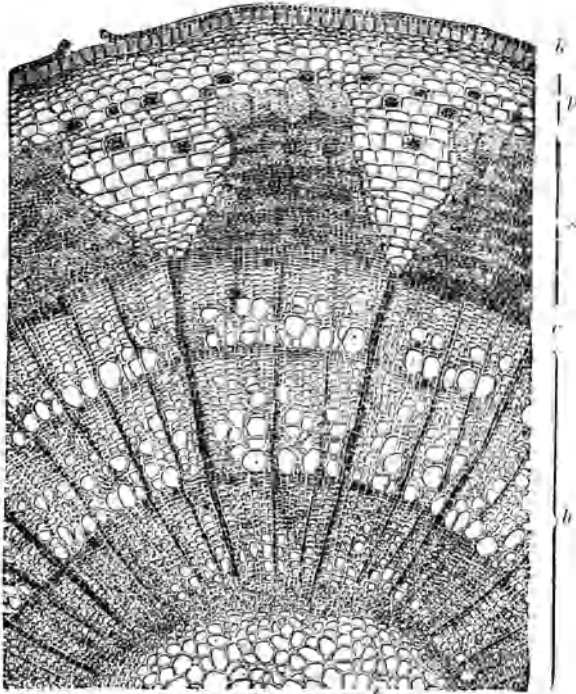
Fig. 153.

Kiefernholz, stark vergrößert. **A B C D** Querschnitt. **B C F E** radialer Längsschnitt. **C D G F** tangentialer Längsschnitt des Holzkörpers. *m* Markstrahl, *tr* Tracheiden, *jr* Jahresringgrenze, *h* Harzgang, *p* Parenchymscheide des Harzganges.

Der tangentiale Längsschnitt **C D G F** zeigt die Querschnitte der meist einreihigen Markstrahlen. In einem breiteren Markstrahl verläuft ein Harzgang. An den Wänden der Tracheiden sind zahlreiche Hoftüpfel quer getroffen.

Der Bau des Lindenzweiges, der im folgenden betrachtet werden soll, bietet uns ein Beispiel für den Bau der dikotylen Holzstämmen. Fig. 154 stellt einen Teil des Zweigquerschnittes dar. Das Zentrum des Querschnittes wird von großzelligem Mark eingenommen. An dasselbe grenzen zunächst die Gefäßteile der Bündel, welche vor Beginn des sekundären Dickenwachstums im Sproß vorhanden waren. Darauf folgt ein breiter sekundärer Holzkörper *h* mit Jahresringen, der von den Markstrahlen in radialer Richtung durchzogen wird. Während das Frühlingsholz viele Gefäße und weite Holzfasern und Holzparenchymzellen enthält, besteht das am Ende der jährlichen Zuwachsperiode gebildete Holz fast nur aus engen, schmalen Holzfasern. Im Frühling des nächsten Jahres setzt die Tätigkeit des Cambiums ohne Uebergang wieder mit der Ausbildung von Frühjahrs Holz ein, so daß zwischen den einzelnen Jahresringen eine scharfe Grenze entsteht.

An der äußeren Grenze des Holzkörpers liegt der Cambiumring *c*, leicht erkennbar an der Zartheit der Zellwände und der Regelmäßigkeit der Zellanordnung in seiner Nachbarschaft. Nach außen hin schließt sich an den Cambiumring die sekundär gebildete Rinde *sr* an, in welcher Bastfasern und dünnwandige Elemente, Siebröhren und Rindenparenchym ohne besondere Regelmäßigkeit der Anordnung miteinander abwechseln. Die Markstrahlen setzen sich zum Teil als schmale Zellreihen auch durch die Rinde fort, zum Teil verbreitern sie sich ganz bedeutend und zerteilen den Querschnitt der sekundären Rinde in einzelne trapezförmige Abschnitte (Rindenstrahlen), an deren äußerer, schmaler Seite die ältesten Teile der sekundären Rinde, d. h. die Siebzellen und Bast-



mk

Fig. 154.

Querschnitt eines dreijährigen Lindenzweiges (nach Kny), *mk* Mark, *pr* primäre Rinde, *c* Cambium, *h* sekundäre Holzkörper, *sr* sekundäre Rinde, *k* Korkschicht.

fasern, liegen, welche vor Beginn des Dickenwachstums in dem Sproß vorhanden und mit den unmittelbar an das Mark grenzenden Gefäßen und Holzfasern zu Leitbündeln vereinigt waren.

Außerhalb der sekundären folgt dann die primäre Rinde *pr*, welche aus einigen Schichten parenchymatischer Zellen gebildet wird. Sowohl in der primären Rinde als auch im Markstrahlenparenchym der sekundären Rinde sind einzelne Kristallzellen mit morgensternförmigen Drusen von oxalsaurem Kalk vorhanden.

An die primäre Rinde schließt sich nach außen hin das Korkcambium und die aus demselben erzeugte mehr oder minder mächtige Korkschicht *k* an, welche im vorliegenden Beispiel außen noch von der schon stellenweise zersprengten Epidemis überkleidet ist.

Der radiale Längsschnitt, von dem in Fig. 155 ein Teil dargestellt ist, zeigt uns zunächst die Markstrahlen als mehr oder minder breite Bänder von parenchymatischen

Zellen, welche quer zu der Längsrichtung der übrigen Gewebelemente verlaufen. In dem Holz erkennt man leicht die meist ziemlich weiten Gefäße und die Tracheiden an den mit spiraligen Verdickungsleisten versehenen und meist (besonders in den vom Cambium entfernteren Teilen) behöft getüpfelten Wänden. Die Holzfasern stellen sich als lange, an beiden Enden spitz ausgezogene Sklerenchymfasern dar, die Zellen des Holzparenchyms lassen in ihrer Form und Anordnung erkennen, daß sie durch Querteilungen aus prosenchymatischen Zellen entstanden sind. Ihre Wände sind fein getüpfelt. Im ausgewachsenen Holz enthalten nur die Markstrahlzellen und die Holzparenchymzellen einen lebenden Protoplasmgehalt, alle übrigen Elemente, die Gefäße, die Tracheiden und die Holzfasern sind mit Luft und Wasser erfüllt. In der Rinde

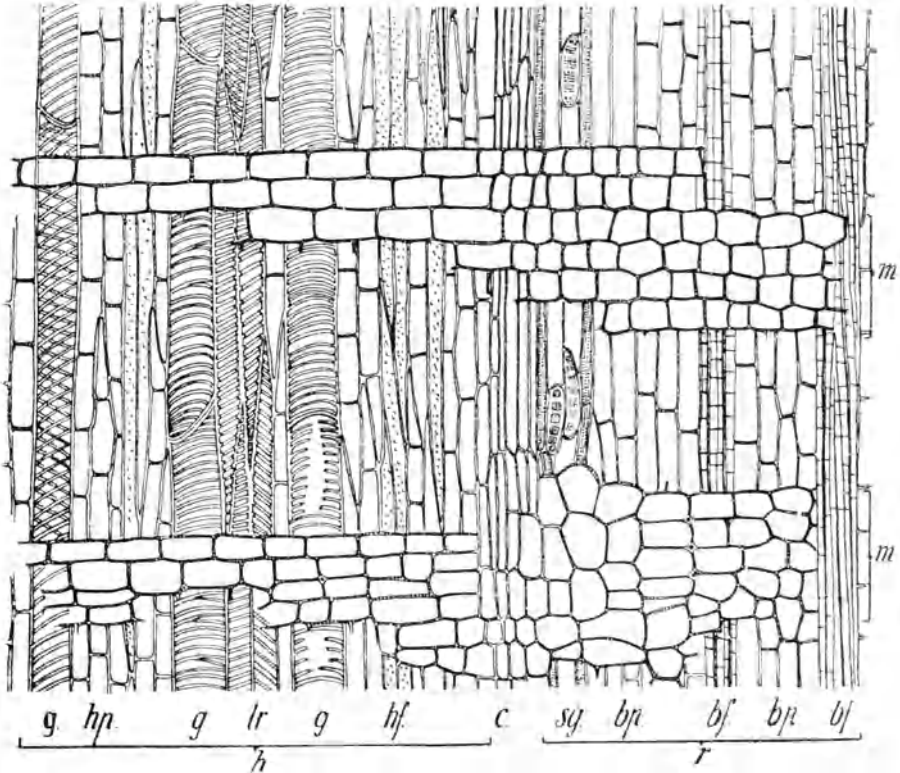


Fig. 155.

Teil vom radialen Längsschnitt eines Lindenastes.

r das Gewebe der sekundären Rinde. *sg* Siebröhren mit Geleitzellen, *bf* Bastfasern, *bp* Bastparenchym, *c* Cambium. *h* das Gewebe des Holzkörpers, *g* Gefäße, *tr* Tracheiden, *hf* Holzfasern, *hp* Holzparenchym, *m* Teil eines angeschnittenen Markstrahls.

läßt uns der radiale Längsschnitt die Siebröhren mit ihren Geleitzellen, die Bastfasern und das Bastparenchym unterscheiden. Die Wände der Bastfasern sind fast bis zum Verschwinden der Zelhöhlung verdickt, infolgedessen besitzen die Bastfaserstränge der Lindenrinde eine sehr hohe Festigkeit, worauf die technische Verwendbarkeit des Lindenbastes beruht.

Der tangentielle Längsschnitt des Lindenastes zeigt, je nachdem er mehr oberflächlich nur durch das Rindengewebe geführt ist oder, tiefer eindringend, den Holzkörper getroffen hat, ein verschiedenes Aussehen. Der Tangentialschnitt der Rinde (Fig. 156) enthält neben den Querschnittflächen der stark verbreiterten primären Mark-

strahlen auch die aus kürzeren oder längeren Reihen rundlicher Zellen bestehenden Querschnitte sekundärer Markstrahlen. Im übrigen zeigen die Elemente der Rinde, die Siebröhren mit den Geleitzellen, die Bastfasern und das Rindenparenchym gleiches Aussehen wie auf dem Radialschnitt.

Im Tangentialschnitt durch das Holz (Fig. 157) sind alle Markstrahlen als ein- oder wenigreihige vertikale Streifen von rundlichen Zellen sichtbar. In ihrer Nähe liegen meist einige Holzparenchymzellen, ferner Holzfasern, Gefäße und Tracheiden wie auf dem Radialschnitt.

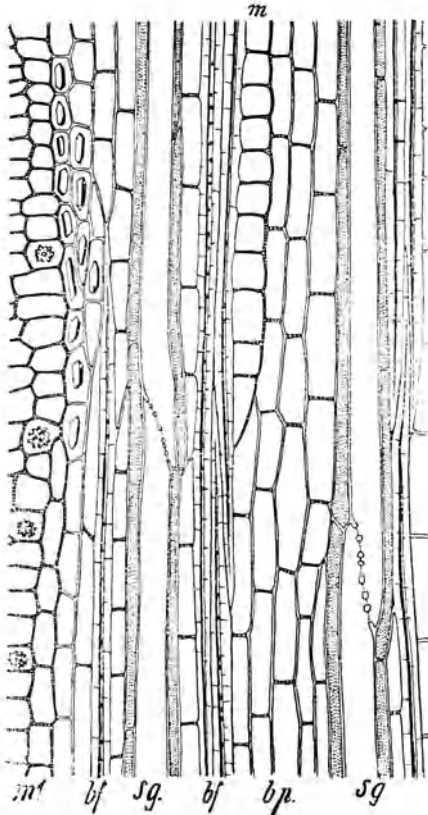


Fig. 156.

Tangentialer Längsschnitt durch die Rinde eines Lindenastes. *sg* Siebröhren mit Geleitzellen, *bf* Bastfasern, *bp* Bastparenchym, *m* Querschnitte schwacher Markstrahlen, *m'* Teil eines verbreiterten primären Markstrahls.

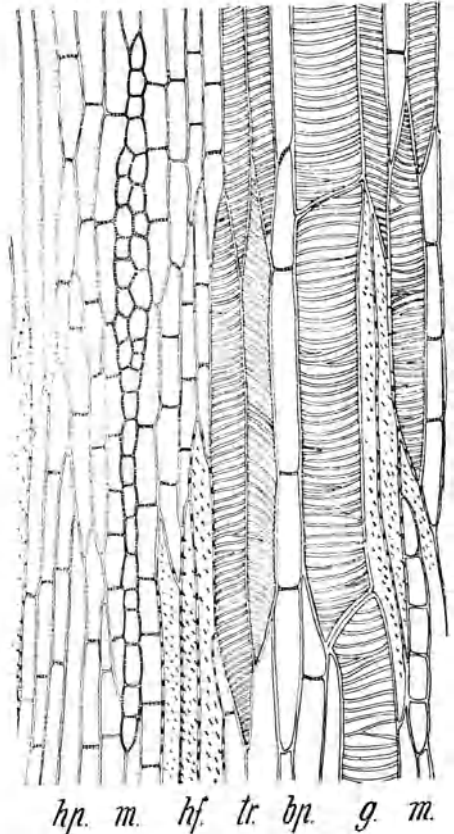


Fig. 157.

Tangentialer Längsschnitt durch das Holz eines Lindenastes. *g* Gefäße, *tr* Tracheiden, *hf* Holzfasern, *hp* Holzparenchym, *m* Querschnitt eines Markstrahls.

Eine besondere Art sekundärer Veränderungen in der Zusammensetzung des Achsengewebes ist bei gewissen krautigen Dikotylen aus den Gruppen der Rosifloren und Myrtifloren beobachtet worden, bei denen das unter der Endodermis liegende Pericambium der Wurzel und unterirdischer Sprosse periodisch nach außen einige Schichten von Parenchymzellen und eine neue Endodermis hervorbringt. Auf diese Weise entstehen um den Gefäßbündelzylinder mehrfache Lagen, in denen Parenchym-schichten mit Endodermen abwechseln. Man hat dieses neugebildete Gewebe als Polyderm bezeichnet.

6. Das Dickenwachstum der Monokotylen und Pteridophyten.

In der Abteilung der monokotylen Pflanzen ist das sekundäre Dickenwachstum nicht so allgemein verbreitet, als bei den Dikotylen, nur bei verhältnismäßig wenigen Formen, den baumartigen Liliaceen, wie z. B. *Dracaena*, werden ausdauernde Stämme gebildet, die ihren Umfang sekundär vergrößern. Der Dickenzuwachs geht dabei von einem unterhalb der

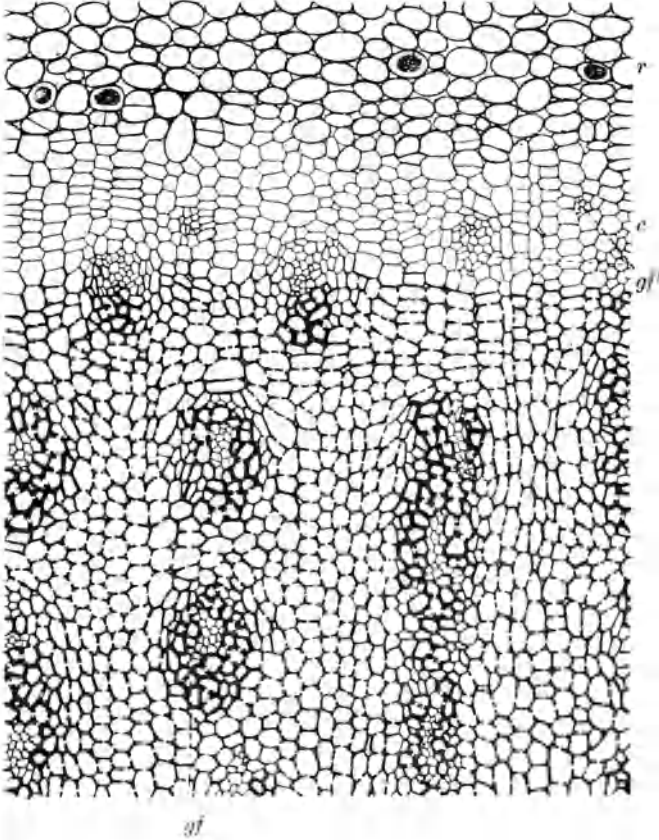


Fig. 158.

Querschnitt durch den Stamm von *Dracaena*.

r die Rinde mit einzelnen Raphidenzellen, *c* das Cambium, *gf* ein konzentrisches Leitbündel, *gf'* Leitbündelanlagen im Cambium (nach Kny).

primären Rinde gelegenen Cambiumring, einer Zone von meristematischen Zellen, aus (Fig. 158). In diesem verhältnismäßig breiten Gewebestreifen werden fortgesetzt Grundgewebezellen und vereinzelte neue Gefäßbündel ausgebildet. Der Querschnitt des sekundär erzeugten Gewebes zeigt also ebenso wie der Querschnitt des primären Monokotylenstammes eine große Anzahl von Leitbündeln, welche regellos im Grundgewebe verteilt sind.

Bei den Gefäßkryptogamen ist nur in zwei Fällen, bei *Isoëtes* und *Botrychium*, ein sekundäres Dickenwachstum bekannt. Im Sproß der

ersteren Pflanze ist ein Cambiumring vorhanden, welcher aber hauptsächlich nur parenchymatisches Rindengewebe produziert. Bei *Botrychium* findet sich in dem dünnen Stämmchen zwischen dem Siebteil und dem Gefäßteil der Bündel ein Cambium, welches einen geringen Dickenzuwachs zustande bringt. Eine wirkliche Holzbildung findet auch hier nicht statt. Die fossilen Ueberreste von den Gefäßkryptogamen früherer Erdperioden lassen oft ein sehr mächtiges Dickenwachstum erkennen. Wir können also annehmen, daß das Dickenwachstum bei *Isoëtes* und *Botrychium* Ueberreste einer vormals allgemeiner verbreiteten Erscheinung sind.

7. Das Gewebe der gefäßlosen Pflanzen.

Die niederen Pflanzen besitzen einen bei weitem einfacheren anatomischen Bau als die Gefäßpflanzen. Bei den Formen, deren Vegetationskörper aus einzelnen Zellen, einfachen Zellreihen oder Zellflächen besteht,

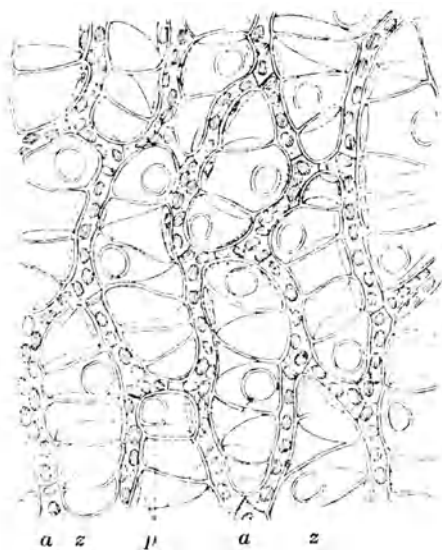


Fig. 159.

Teil von der Blattfläche eines Torfmooses.
Stark vergrößert.

a die chlorophyllhaltigen Zellen, *z* die leeren Zellen mit spiralförmigen Verdickungsleisten an der Wand, *p* die Oeffnungen, durch welche das Wasser eindringt.

kann ja von einer Gewebebildung und Gewebedifferenzierung nicht die Rede sein. Aber schon unter den Pilzen, deren Vegetationskörper von verzweigten Fäden, den Hyphen, gebildet wird, kommt in einigen Fällen durch die enge Verflechtung und Verwachsung der Hyphenäste die Ausbildung von Gewebekörpern zustande, deren Zusammensetzung trotz der gänzlich abweichenden Entstehungsweise mit dem Parenchym der höheren Pflanzen Ähnlichkeit besitzt. Man bezeichnet derartige Gewebe als Pseudoparenchym. Einzelne Bildungen wie die zähen dickwandigen Fasern und die weitleumigen wasserführenden Schläuche in den Mycelsträngen des Hausschwamms, die Milchsaftschläuche im Fruchtkörper des Reizers und seiner Verwandten weisen darauf hin, daß auch schon auf dieser niederen Stufe der Gewebebildung Differenzierung und Arbeitsteilung eintreten kann. Bei manchen Algen läßt sich die Entstehung der Gewebe-

körper gleichfalls auf eine Verschmelzung verzweigter Fäden zurückführen. Andere Formen zeigen Uebereinstimmung mit den Gefäßpflanzen, indem Scheitelzellen oder Meristeme mit fortgesetzt teilungsfähigen Initialen die Gewebebildung vermitteln. Häufig wird eine Hautschicht von festeren Zellen ausgebildet und die Zellen des Innern lassen bisweilen große Unterschiede in ihrer Ausgestaltung erkennen. So finden sich bei der riesenhaften Meeresalge *Macrocystis* Zellen, welche in Form und Ausbildung den Sieb-

röhren der höheren Pflanzen sehr nahe kommen. Die Laminarien, Meeresalgen, welche wie die vorhin genannte Form zu den Braunalgen gehören, haben ein sekundäres Dickenwachstum ihrer cylindrischen Achsen. Es ist ein peripherisches Cambium vorhanden, welches Jahr um Jahr neue Gewebezonen zu den vorhandenen hinzufügt und zu einer Ausbildung typischer Jahresringe Veranlassung gibt.

Die Gewebebildung der Moose steht gleichfalls noch auf ziemlich niederer Stufe. Die Stämmchen, soweit es sich um beblätterte Formen

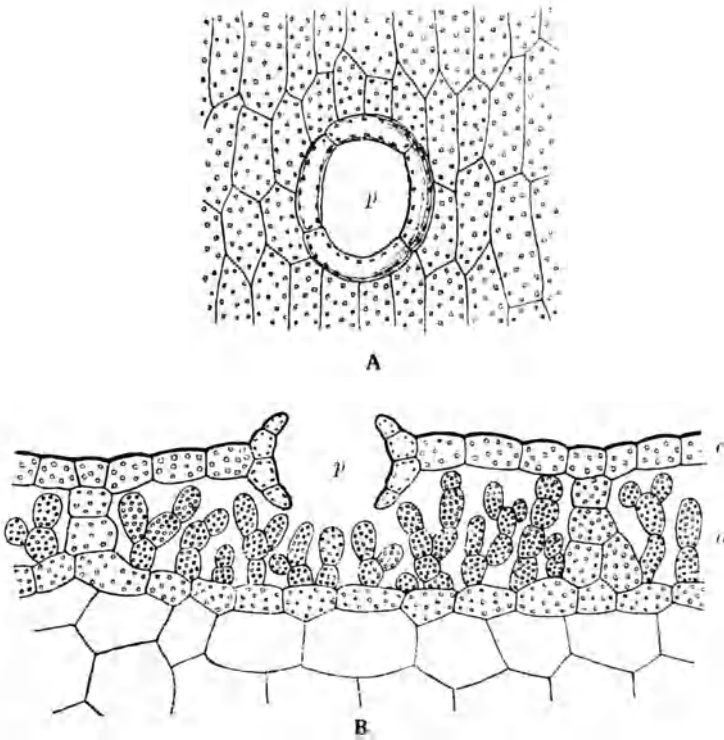


Fig. 160.

A Stück der Oberfläche des thallosen Sprosses von *Marchantia*. **B** Querschnitt durch den thallosen Sproß. *p* Aetoporus, *e* Epidermis, *a* Assimilationszellen.

handelt, bestehen oft aus gleichmäßigen Parenchymzellen; bei einigen Laubmoosen ist eine derbere Rindenschicht und ein zentraler Strang dünnwandiger, länggestreckter Zellen vorhanden, die wahrscheinlich bei der Stoffleitung im Stämmchen eine Rolle spielen. Die Blätter sind meist einschichtig, höchstens findet sich ein mehrschichtiger Mittel- oder Randnerv. An der Oberfläche des Stämmchens und in den Blattflächen der Torfmoose sind neben den Zellen mit lebendem Inhalt größere leere Zellen vorhanden, deren durchlöchernte Wandung eine spiralbandartige Wandverdickung aufweist (Fig. 159). Diese porösen, leeren Zellen, welche miteinander in Verbindung stehen, versorgen, indem sie ka-

pillar Wasser aufnehmen und fortleiten, den Sproßgipfel mit Feuchtigkeit und dienen, indem sie das Wasser längere Zeit gegen Verdunstung geschützt festhalten, zugleich als Wasserreservoir für die lebenden Zellen der Pflanze. Aehnliche Einrichtungen sind von einer Anzahl anderer Laubmoose, z. B. von dem bei uns in Wäldern häufigen *Leucobryum*, bekannt.

Unter den thallosen Lebermoosen aus der Reihe der Marchantiaceen sind einige durch höhere Gewebedifferenzierung ausgezeichnet. Die Gattungen *Marchantia* und *Fegatella* z. B., die auch in der einheimischen Flora vertreten sind, haben eine scharfbegrenzte Epidermis mit Atemporen an der Oberseite ihres Thallus (Fig. 160). Unter der einschichtigen Epidermis liegen kammerartige Intercellularräume, aus deren Boden kurze Reihen rundlicher, chlorophyllhaltiger Zellen hervorsprossen, welche das Assimilationsgewebe repräsentieren. Der untere, dem Erdboden zugekehrte Teil des Vegetationskörpers wird von großen Parenchymzellen gebildet, zwischen denen einzelne Schleimzellen liegen.

Endlich möge hier noch das Vorkommen von Spaltöffnungen an den Sporenkapseln der Laubmoose Erwähnung finden. Die Wand der Laubmooskapseln, in denen die Sporen ausgebildet werden, ist im jugendlichen Zustande aus grünen Zellen gebildet, welche zwischen sich ein System von Intercellularräumen haben. Die Ausgangsöffnungen, durch welche diese lufthaltigen Hohlräume mit der Außenluft kommunizieren, sind Spaltöffnungen, welche in der Ausbildung der sie umgebenden Zellen der Hautschicht in manchen Fällen durchaus an die Spaltöffnungen der Gefäßpflanzen mit ihren Schließzellen erinnern.

Zweiter Abschnitt.

Die Physiologie der Pflanzen.*

Die Physiologie ist die Lehre von den Lebenserscheinungen und Verrichtungen der Pflanzen und ihrer Organe. Wir können zwei Gruppen von Lebensvorgängen im Pflanzenleben unterscheiden: das vegetative Leben und die Fortpflanzung. Als vegetatives Leben bezeichnen wir die Lebensäußerungen, welche sich auf die Ausgestaltung und Erhaltung des Pflanzenindividuum s beziehen; unter dem Begriff der Fortpflanzung sind alle Vorgänge zusammengefaßt, welche die Neubildung von Individuen und damit die Erhaltung der Pflanzenart bewirken.

Erstes Kapitel. Das vegetative Leben.

1. Die äußeren Lebensbedingungen.

Alle Lebensäußerungen des Pflanzenkörpers sind als das Resultat des Zusammenwirkens zweier Faktoren anzusehen. Die äußeren Umstände, unter denen der Pflanzenkörper sich befindet, liefern Kraft und Stoff für die Lebensvorgänge; die innere Struktur des Pflanzenkörpers ist maßgebend für die Form, in welcher die Lebensäußerung in die Erscheinung tritt. Jeder Lebensvorgang ist anzusehen als das Endglied einer im Pflanzenkörper sich abspielenden komplizierten Reihe chemischer und physikalischer Vorgänge, zu denen der Anstoß von den in der Außenwelt gegebenen Lebensbedingungen ausgeht. Wie aber der Bau der lebenden Substanz der Pflanzen durch die Komplikation ihrer organischen Struktur von der bloßen Molekularstruktur der organischen Materie sich unterscheidet, so treten auch in den Lebenserscheinungen der Organismen Kraftformen auf, welche nicht in ihrer Gesetzmäßigkeit, wohl aber in ihrer Wirkungsweise von den in der organischen Natur wirksamen physikalischen und chemischen Kräften verschieden sind. Die Reizbarkeit der lebenden Substanz des Pflanzenkörpers, ihre Fähigkeit, sich zu bewegen, zu wachsen und sich zu teilen, ferner Anpassungserscheinungen,

* Für eingehendere Studien sind zu empfehlen: Pfeffer, W., Pflanzenphysiologie, und Jost, L., Vorlesungen über Pflanzenphysiologie, und als Anleitung zu experimentellen pflanzenphysiologischen Untersuchungen: Detmer, W., Das pflanzenphysiologische Praktikum.

Regeneration, Fortpflanzung und Vererbung sind Vorgänge, in denen die Wirkungsweise komplexer physiologischer Kräfte zum Ausdruck kommt. Sie sind in ihren letzten Gründen vorerst ebenso wie das geistige Element in den Lebensäußerungen der Tiere einer rein mechanischen Erklärung durch das Spiel einfacher chemischer und physikalischer Kräfte unzugänglich.

Unter den äußeren Umständen, welche für das Leben der Pflanze als Quellen von Kraft und Stoff Bedeutung haben, sind als die wichtigsten zu nennen: die Wärme, das Licht, das Vorhandensein von Wasser und Nährstoffen und von Sauerstoff. Die den Pflanzen in der atmosphärischen Luft dargebotene Sauerstoffmenge ist in der Natur als konstante Größe gegeben. Nur durch das Experiment ist es uns möglich, ihre Einwirkung auf den Pflanzenkörper zu modifizieren. Licht und Wärme, Wasser und

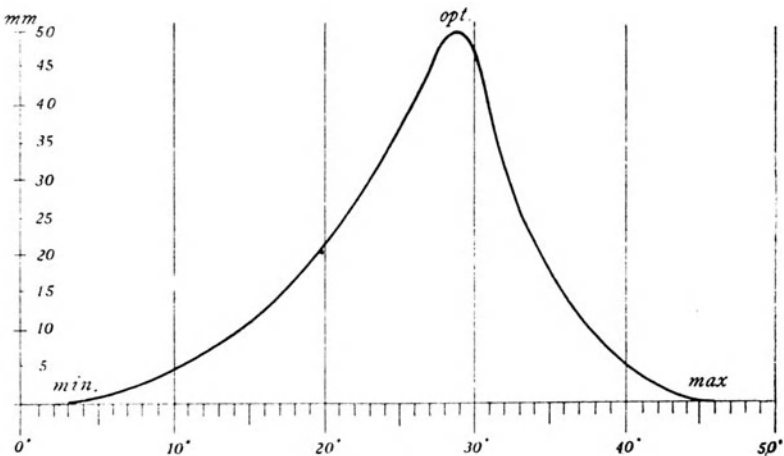


Fig. 161.

Kurve, welche das Längenwachstum der Wurzel einer dikotylen Pflanze in gleichen Zeiträumen unter dem Einfluß verschieden hoher Temperatur darstellt.

Nahrungszufuhr schwanken aber hinsichtlich der Intensität auch unter natürlichen Verhältnissen innerhalb weiter Grenzen. Die verschiedenen Intensitätsgrade, in denen die äußeren Lebensbedingungen der Pflanze dargeboten werden, üben auf die Lebensäußerungen derselben ganz verschiedene, oft geradezu entgegengesetzte Wirkungen aus. Während z. B. ein mittlerer Wärmegrad dem Wachstum der Pflanzen förderlich ist, sehen wir bei sehr niederen und bei sehr hohen Temperaturen das Wachstum gänzlich erlöschen. Man unterscheidet deshalb hinsichtlich der Einwirkung der äußeren Umstände auf die Lebensfunktionen der Pflanzen drei Intensitätsgrade als sogen. Kardinalpunkte, das Minimum, das Optimum und das Maximum. Das Minimum ist derjenige niederste Intensitätsgrad des Lichtes, der Wärme oder der Stoffzufuhr, bei welchem die Lebensäußerungen der Pflanze überhaupt beginnen. Sinkt der Intensitätsgrad unter das Minimum herab, so tritt zunächst eine Sistierung der Lebensfunktionen und endlich der Tod ein. Als Optimum bezeichnet man denjenigen mittleren Stärkegrad der äußeren Einflüsse, der für die Lebensvorgänge der Pflanze am

zuträglichsten ist. Das Maximum endlich gibt diejenige Intensitätshöhe der äußeren Einwirkung an, oberhalb welcher keine Aeußerung der Lebensfunktionen mehr wahrnehmbar ist.

Man pflegt die Einwirkung der äußeren Umstände auf die Lebenstätigkeit der Pflanze in einer auf rechtwinkelige Koordinationen bezogenen Kurve darzustellen, für welche die Intensität der äußeren Lebensbedingungen die Abscissen, die Intensität der Lebensvorgänge in der Pflanze die Ordinaten liefern. In Fig. 161 ist z. B. die Einwirkung der Wärme auf das Wachstum der Wurzel einer einheimischen Pflanze in dieser Weise dargestellt. Der Verlauf der Kurve ergibt, daß etwa bei + 4 Grad das Wachstum beginnt, daß bei 28 Grad die Wurzel am kräftigsten wächst, und daß bei Temperaturen von 45 Grad und darüber das Wachstum gänzlich aufhört. Die einzelnen Pflanzenarten zeigen hinsichtlich der Lage der drei Kardinalpunkte individuelle Verschiedenheiten, welche aus dem Bau des Pflanzenkörpers und der Organisation der lebenden Substanz erklärt werden müssen. Es sollen im folgenden die Wirkungen der verschiedenen äußeren Umstände mit Beziehung auf diese Tatsache kurz besprochen werden.

Die Wärme. — Die Teile des Pflanzenkörpers besitzen im allgemeinen annähernd dieselbe Temperatur, wie die sie umgebenden Medien, Erde, Wasser und Luft. Temperaturunterschiede können einmal dadurch entstehen, daß die Wärme des Mediums, wie es ja bei der Luft nicht selten ist, plötzlich wechselt. Sodann aber werden auch durch chemische und physikalische Prozesse im Innern des Pflanzenkörpers Temperaturschwankungen erzeugt, welche bisweilen imstande sind, auf längere Zeit eine Temperaturdifferenz zwischen der Pflanze und ihrer Umgebung zu unterhalten, So wird z. B. von den oberirdischen Teilen der Pflanzen durch Strahlung Wärme abgegeben, ferner wird in ihnen bei dem Prozeß der Wasserverdunstung Wärme gebunden, so daß häufig die Eigenwärme des Pflanzenkörpers um eine meßbare Größe hinter der Außenwärme zurücksteht. Dagegen kann der intensive Atmungsprozeß in keimenden Samen, in aufblühenden Blütenknospen u. a. m. eine zeitweilige Erhöhung der Temperatur gegenüber der Umgebung bewirken.

Der Skalenabschnitt des hundertteiligen Thermometers von 0 Grad bis zu 50 Grad bezeichnet ungefähr die Temperaturgrenzen, innerhalb welcher bei unseren einheimischen Pflanzen überhaupt Lebensvorgänge sich abspielen können. Nehmen wir die Pflanzen anderer Himmelsstriche mit in Betracht, so verschieben sich die Zahlen etwas. An arktischen Algen sind z. B. selbst in dem einige Grade unter 0 abgekühlten Meerwasser noch Lebenserscheinungen beobachtet worden, und bei vielen Pflanzen des tropischen und subtropischen Gebietes liegt das Minimum der zum Leben nötigen Wärme mehr oder minder weit über dem Gefrierpunkt. Eine entsprechende Verschiebung kann auch bezüglich des Wärmemaximums stattfinden, und während das Optimum, die Temperatur, in welcher die gediehlichste Entwicklung stattfindet, für die einheimischen Gewächse zwischen 25 und 30 Grad liegt, ergeben sich für die arktischen und für die tropischen Pflanzen entsprechend niedrigere bzw. höhere Zahlen.

Gegen die Temperaturen, welche unterhalb des Minimums liegen, verhalten sich die Vegetationskörper der einzelnen Pflanzen sehr verschieden. Die Flechten, viele Pilze und Moose, die Bäume und Sträucher im Winterzustande, die Rhizome der Stauden und die Sporen und Samen der Pflanzen können ziemlich hohe Kältegrade ertragen, ohne zu sterben. Sie nehmen bei Wiedereintritt wärmerer Witterung ihre Lebenstätigkeit

wieder auf. Saftige Pflanzenteile dagegen, wie die Blätter und Blüten der Bäume und Sträucher, die krautartigen Teile der Stauden und die Kräuter erleiden schon meist bei Temperaturen wenig unter dem Gefrierpunkt Veränderungen, welche ihr Absterben herbeiführen.

Meistens ist dabei der Mangel an genügender Wasserzufuhr als direkte Todesursache anzusehen. Während nämlich die Wasseraufnahme durch die Wurzeln in der Kälte aufhört, geht die Wasserverdunstung aus den saftigen Organen ungehindert fort, so daß ein Vertrocknen und damit der Tod der Zellen eintritt. Wirkliche Eisbildung findet im Innern der Pflanzen erst statt, wenn die Temperatur einige Grade unter den Gefrierpunkt gesunken ist. Es tritt dann ein Teil des Wassers aus den Zellen in die Intercellularräume und erstarrt dort zu nadelförmigen Kristallen. Dieser Vorgang tötet an sich die Zellen noch nicht und es gelingt bisweilen, wenn man durch langsames Auftauen den Zellen Gelegenheit gibt, das ausgeschiedene Wasser wieder aufzunehmen, gefrorene Pflanzenteile wieder ins Leben zu bringen. Im gewöhnlichen Verlauf der Dinge geht aber das abgegebene Wasser durch Verdunstung verloren, oder es erfüllt bei plötzlichem Auftauen die Intercellularräume und bringt dadurch die Pflanzenteile zum Absterben.

Temperaturgrade, welche über dem Maximum liegen, bewirken in saftigen Pflanzenteilen ein Gerinnen des Protoplasmas und damit den Tod der Zellen. Trockene Pflanzenteile können dagegen ohne Schaden höhere Wärmegrade ertragen. Trockene Sporen und Samen verlieren bisweilen selbst bei Erhitzen auf 100 Grad ihre Keimfähigkeit nicht. Die Sporen einiger Spaltpilze halten sogar längere Einwirkung kochenden Wassers ohne Schaden aus.

Das Licht. — Wie bei Besprechung der Wärme können wir auch hier zunächst die Frage aufstellen, ob die Pflanzen imstande sind, eigenes Licht zu erzeugen. Im allgemeinen ist das nicht der Fall, nur bei einigen niederen Pflanzen, Bakterien und Pilzen, ist ein Selbstleuchten infolge intensiver Atmung nachgewiesen worden.

So leuchtet z. B. das Mycel des *Hallimasch*, eines einheimischen, im Holz der Bäume schmarotzenden Hutpilzes im Dunkeln mit schwachem, phosphorartigem Scheine. Das Leuchten toter Fische und des abgelagerten Fleisches der Schlachttiere in den Vorratsräumen der Metzger und Schlachthäuser ist auf das Vorhandensein selbstleuchtender Spaltpilze zurückzuführen. Auch die Erscheinung des Meeresleuchtens wird zum Teil durch selbstleuchtende Bakterien verursacht.

In anderen Fällen, in denen eine Lichtausgabe von Pflanzen beobachtet werden kann, handelt es sich um Reflexion des aufgenommenen Tageslichtes.

So finden wir an den Vorkeimen des in Felshöhlen wachsenden Leuchtmooses *Schistostega osmundacea* wasserhelle, kugelförmige Zellen, in denen an der vom einseitig einfallenden Lichte abgewendeten Seite einige Chlorophyllkörper liegen (Fig. 162). Die Lichtstrahlen werden infolge der Strahlenbrechung im vorderen Teil der Zelle auf die Gruppe der Chlorophyllkörper vereinigt und kehren von dort, soweit sie nicht absorbiert werden, auf dem gleichen Weg zurück, so daß die Pflänzchen dem Auge des Beschauers in smaragdgrünen Glanze erscheinen.

Was nun das Lichtbedürfnis der Pflanzen anbetrifft, so kann zunächst der allgemeine Satz aufgestellt werden, daß alle grüngefärbten Pflanzenteile wenigstens zeitweilige Beleuchtung erfordern, um ihre Funktionen erfüllen zu können.

Lassen wir Samen einer grünen Pflanze unter Lichtabschluß keimen, so entwickeln sich die Keimlinge nicht in normaler Weise. Es entstehen bleichgelbliche Pflanzen von abnormer Gestalt, welche nach kurzer Entwicklungsdauer zugrunde gehen. Man bezeichnet solche Pflanzen als etiolierte Pflanzen, die Gesamtheit der durch die Verdunkelung an ihnen hervorgerufenen Erscheinungen als Etiolament. Die auffälligste Erscheinung an etiolierten Pflanzen ist das Ausbleiben der Chlorophyll-

bildung in den Zellen des Assimilationsgewebes, nur in wenigen Ausnahmefällen, z. B. bei Keimpflanzen der Nadelhölzer, bildet sich auch im Dunkeln der grüne Farbstoff aus.

Der Nachteil, welchen erwachsene, mit Chlorophyll versehene Pflanzen durch den gänzlichen Lichtabschluß erleiden, beruht, abgesehen von der Etiolierung der im Dunkeln sich entwickelnden Teile, hauptsächlich darin, daß die Kohlensäurezerersetzung, ein wichtiger Faktor bei dem Aufbau der organischen Substanzen im Pflanzenkörper, gänzlich unterbleibt, — eine tiefgreifende Ernährungsstörung, durch welche endlich der Tod der Pflanze herbeigeführt werden muß.

Für die grünen Pflanzen liegt demnach das Minimum der Lichtintensität über dem Nullpunkt. Das Belichtungsoptimum, der Grad der Helligkeit, welcher die Lebensfunktionen am meisten begünstigt, ist für die einzelnen

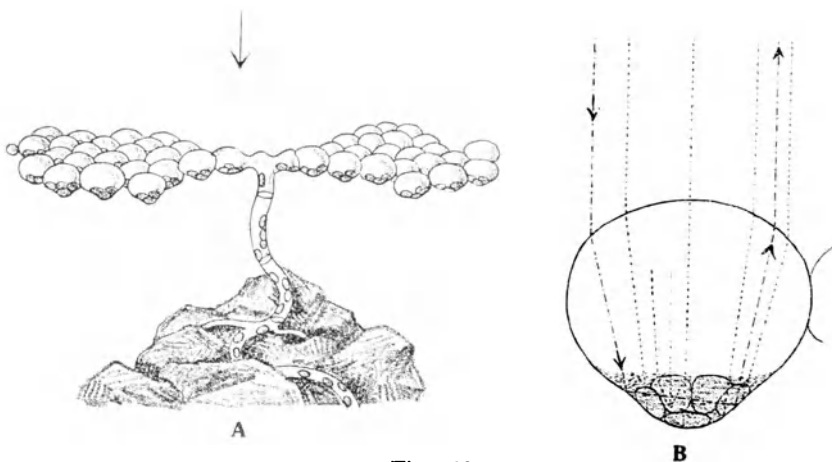


Fig. 162.

A Vorkeim des Leuchtmooses *Schistostega osmundacea*. **B** Schema des Strahlenganges in einer einzelnen Vorkeimzelle. Die Pfeile deuten den Gang der Lichtstrahlen an (nach Noll).

mit Chlorophyll versehenen Gewächse sehr verschieden. Viele Rotalgen gedeihen in großen Meerestiefen, zu denen nur ein gedämpftes Licht hinabdringt. Viele Moose und Farne und auch manche Blütenpflanzen wachsen im tiefsten Waldesschatten oder im Halbdunkel von Felsspalten und Höhlen. Die meisten höheren Pflanzen dagegen bedürfen zu ihrer gedeihlichen Entwicklung zeitweiliger Beleuchtung durch direktes Sonnenlicht, und dem Pflanzenwuchs sonniger Berghänge, den Steppenpflanzen und Wüstenpflanzen ist selbst eine täglich wiederkehrende Einwirkung grellsten Sonnenlichtes zuträglich. Entsprechend der wechselnden Lage des Optimums ist auch das Helligkeitsmaximum für die einzelnen Pflanzenarten verschieden. Den Schattenpflanzen schadet längere Einwirkung des direkten Sonnenlichtes. Für die Pflanzen, welche diesen höchsten in der Natur dargebotenen Helligkeitsgrad ertragen, ist es schwer, ein Maximum der Beleuchtungsintensität festzustellen. Versuche, welche mit konzentriertem Sonnenlicht angestellt wurden, machen es wahrscheinlich, daß eine zeitweilige Steigerung der Lichtstärke dauernde Schädigung des Chlorophyllapparates hervorzuführen vermag.

Die nicht grün gefärbten Pflanzen, z. B. die Pilze, verhalten sich in

Beziehung auf das Lichtbedürfnis verschieden. Während einige bei dauernem Lichtabschluß ein in Gestaltveränderungen oder in funktionellen Störungen sich äußerndes Etiolement erfahren, können andere ohne Schaden im Dunkeln wachsen. Manche chlorophyllfreien Pflanzen erfahren durch die Beleuchtung sogar eine Verzögerung ihrer Entwicklung oder werden gar durch Licht von gewisser Intensität getötet.

Setzt man z. B. einen festen Nährboden, in welchem entwicklungsfähige Typhusbakterien gleichmäßig verteilt sind, in einzelnen Teilen dem direkten Sonnenlicht aus, während man andere Teile etwa durch darübergelegte Stanniolstreifen beschattet, so werden die Keime in den von der Sonne beschienenen Teilen getötet. Nur in den beschatteten Teilen des Nährbodens entwickeln sich die Spaltpilze zu makroskopisch erkennbaren Kolonien (Fig. 163).



Fig. 163.

Kulturplatte von Typhusbazillen, welche nach der Aussaat teilweise dem Sonnenlicht ausgesetzt war. Einzelne Stellen waren dabei durch aufgelegte Stanniolstreifen, welche das Wort Typhus bildeten, beschattet. Nur dort haben sich Bakterienkolonien entwickelt, so daß die Buchstaben jetzt in der durchsichtigen Platte deutlich hervortreten (nach Hans Buchner).

Neben der Intensität ist auch die Richtung der Lichtstrahlen von Bedeutung. Solange eine Pflanze allseitig annähernd gleichmäßig nur von diffusum Licht getroffen wird, kommt diese Art der Lichtwirkung natürlich nicht zur Geltung, sobald aber der Pflanzenkörper einseitig beleuchtet wird, können in demselben Bewegungserscheinungen hervorgerufen werden, deren Endresultat zu der Richtung der Lichtstrahlen in bestimmter Beziehung steht. Man bezeichnet die Fähigkeit der Pflanzen, durch Bewegungen auf die Einwirkung einseitiger Beleuchtung zu reagieren, als Heliotropismus. Da hierbei die Art der Lichteinwirkung nur den Anstoß zu der Lebensäußerung gibt, die dadurch ausgelöste Reihe von Lebensvorgängen, welche die heliotropische Bewegung bewirken, aber nicht als direkte Fortwirkung des Lichteinflusses angesehen werden kann, so gehört der Heliotropis-

mus in das Gebiet der Reizerscheinungen, welches später im Zusammenhang behandelt werden soll.

Wasser und Nährstoffe. — Das Wasser gehört zu den wichtigsten Lebensbedingungen der Pflanzen, ohne Wasser müssen alle Lebenserscheinungen aufhören. Die Menge des zum Leben nötigen Wassers ist aber für die einzelnen Pflanzen sehr verschieden. Während sehr viele Wasserpflanzen mit ihrem ganzen Vegetationskörper im Wasser leben und oft schon durch kurze Unterbrechung des vollen Wassergenusses getötet werden, sind die meisten Landpflanzen in stände, auch einem verhältnismäßig trockenen Erdboden mit ihren Wurzeln die nötige Wassermenge zu entziehen. Manche Arten sind mit Einrichtungen versehen, welche ihnen gestatten, Wasser in ihrem Innern aufzuspeichern; sie werden dadurch in den Stand gesetzt, auch zu Zeiten, in denen ihnen von außen kein Wasser zugeführt wird, ihre Lebensprozesse zu unterhalten. Wieder

andere Formen, z. B. die meisten Moose und Flechten, können ohne dauernden Schaden zeitweilige Austrocknung ertragen.

Pflanzen, die infolge ihrer besonderen Organisation mit sehr geringen Mengen von Feuchtigkeit auszukommen vermögen, wie die Gewächse der Wüsten und Steppen, werden als *Xerophyten* bezeichnet; ihnen stehen die *Hydrophyten* gegenüber, z. B. die Wasser- und Sumpfpflanzen und die Krautvegetation der tropischen Regenwälder, die an eine große Feuchtigkeit ihrer Umgebung angepaßt sind. Die meisten Vertreter unserer einheimischen Flora sind *Mesophyten*, die sich mit einer mittleren Feuchtigkeit begnügen.

Mit dem Wasser werden von der Pflanze die anorganischen Nährsalze aufgenommen, außer ihnen kommt als Nährstoff noch die Kohlensäure der Luft in Betracht. Das Mengenverhältnis, in welchem die Nährsalze und die Kohlensäure den aufnehmenden Pflanzenorganen zur Verfügung stehen, ist für die Lebensverrichtungen der Pflanze nicht ohne Bedeutung. Zu geringe Mengen der Nährstoffe schädigen selbstverständlich den Ernährungsprozeß; aber auch zu große Mengen können schädlich wirken, indem sie Wachstumshemmungen hervorrufen oder in anderer Weise die Lebenstätigkeit der Pflanzen ungünstig beeinflussen.

Pflanzen, die einen verhältnismäßig hohen Salzgehalt des Bodenwassers ohne Schaden ertragen, wie die Gewächse des Meeresstrandes und in der Umgebung salzhaltiger Quellen des Binnenlandes, werden als *Halophyten* bezeichnet.

Auf nahrungsarmen Böden, oder wenn sonst ungünstige Ernährungsbedingungen gegeben sind, stellt sich bei vielen Pflanzen statt der normalen Form Zwergwuchs (*Nanismus*) ein, indem die Zahl und Größe der zur Ausbildung gelangenden Glieder auf ein Minimum beschränkt ist; umgekehrt kann bei überreichlicher Ernährung Riesenzwuchs auftreten. In der Landwirtschaft und im Gartenbau muß der Mangel an Nährstoffen im Boden künstlich durch Düngung ersetzt werden.

Der Sauerstoff. — Der Sauerstoff ist allen höheren und den meisten niederen Pflanzen zur Unterhaltung ihrer Lebensprozesse unbedingt nötig. Nur einige gärerregende Pilze und Bakterien sind imstande, bei Sauerstoffabschluß zu leben, bei allen übrigen werden durch Entziehung des Sauerstoffes die Lebensäußerungen sistiert, es tritt ein Zustand latenten Lebens ein, den man als *Asphyxie* bezeichnet. Wird nach einer nicht zu langen Zeit der Pflanze wieder Sauerstoff zugeführt, so weicht der Starrezustand und die Lebensfunktionen setzen allmählich wieder ein; längeres Verbleiben im sauerstofffreien Raum führt den Tod der Pflanze herbei.

Den Wasserpflanzen steht der im Wasser absorbierte Sauerstoff zur Verfügung. Den Landpflanzen liefert für ihre oberirdischen Organe die atmosphärische Luft den Sauerstoff, aber auch die unterirdischen Teile bedürfen des Gases. Gewöhnlich findet sich in den Hohlräumen zwischen den einzelnen Bodenpartikelchen und in dem den Boden durchtränkenden Wasser absorbiert eine genügende Sauerstoffmenge vor. In luftarmem Sumpfboden, oder wenn durch Verschlämmung des Bodens — etwa durch zu reichliches Begießen einer Topfpflanze — die Luft aus dem Boden verdrängt wird, können die unterirdischen Organe der Pflanzen nicht gedeihen, es sei denn, daß sie, wie die meisten Sumpf- und Wasserpflanzen, durch intercellulare Lufträume mit Atemluft versorgt werden, oder daß sie, wie die auf S. 23 (Fig. 29) erwähnte *Jussiaea*, besondere Organe besitzen, welche einen Zutritt der atmosphärischen Luft auch zu den im Boden steckenden Teilen ermöglichen.

Die Menge des Sauerstoffes, welche den Pflanzen in der Atmosphäre dargeboten ist, beträgt ungefähr 21 Prozent. Wenn man den Sauerstoffgehalt der Luft künstlich steigert, so wird zunächst die Lebenstätigkeit der Pflanze noch gefördert, steigt die absolute Sauerstoffmenge über ein bestimmtes Maß hinaus, so treten Störungen im Stoffwechsel ein, welche endlich die Pflanze zum Absterben bringen.

2. Der Stoffwechsel.

Die Ernährung. — Die Stoffe, aus denen der Körper der Pflanzen zusammengesetzt ist, sind außer dem Wasser der Hauptsache nach Kohlehydrate, Eiweißsubstanzen und Fette. Die grünen Gewächse vermögen

die organischen Verbindungen im Innern ihres Körpers aus den anorganischen Elementarstoffen aufzubauen, so daß also zu ihrer Ernährung nur die Aufnahme von anorganischen Substanzen nötig ist. Die aufgenommenen Stoffe werden als Nährstoffe bezeichnet. Die Pflanzen, denen der grüne Farbstoff mangelt, sind bei ihrer Ernährung auf die Aufnahme organischer Verbindungen angewiesen. Sie gewinnen die für sie nötigen organischen Nährstoffe in verschiedener Weise. Die Fäulnisbewohner (Saprophyten) eignen sich Teile von abgetöteten, in Zerfall begriffenen Tier- und Pflanzenkörpern an, die Schmarotzer (Parasiten) befallen lebende Tiere oder Pflanzen und berauben sie unter mehr oder minder erheblicher Schädigung der zum eigenen Gedeihen nötigen Stoffe. Als Insektivoren bezeichnet man Pflanzen, welche mit Hilfe besonderer Baueinrichtungen imstande sind, lebende Tiere einzufangen und zu töten, und die lösliche Körpersubstanz derselben zur eigenen Ernährung zu verwenden. Wir werden im folgenden zunächst die Ernährungsverhältnisse der chloro-



Fig. 164.

Wasserkultur einer Maispflanze. Um die Einrichtung des Deckels und das Innere des Gefäßes erkennbar zu machen, sind das zum Verschließen des Spaltes im Deckel dienende Papier und die Papphülse des Glaszylinders in der Zeichnung fortgelassen. Erklärung im Text auf S. 149.

phyllhaltigen Pflanzen besprechen und später auch auf die Eigentümlichkeiten der Saprophyten und Parasiten und der Insektivoren kurz eingehen.

Die Herkunft der Nährstoffe. — Wenn wir die Substanzen, aus welchen der Pflanzenkörper besteht, durch chemische Analyse in ihre elementaren Bestandteile zerlegen, so erhalten wir in allen Fällen Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Kalium, Calcium, Magnesium, Eisen, Phosphor und Schwefel. Außerdem treten in vielen Fällen noch Silicium,

Natrium, Lithium, Aluminium, Zink, Mangan, Chlor, Jod, Brom und seltener auch Nickel, Kobalt, Kupfer, Strontium und Baryum in Pflanzenaschen auf. Nur die erstgenannten zehn Elemente sind demnach im allgemeinen als wesentliche Bestandteile des Pflanzenkörpers zu bezeichnen. Es müssen also durch die Ernährung diese Elemente in den Pflanzenkörper eingeführt werden. Mit dem Wasser, welches den Erdboden durchtränkt, nehmen die Landpflanzen durch ihre Wurzeln zugleich die darin in kleinen Mengen gelösten phosphorsauren, schwefelsauren und salpetersauren Salze des Kalium, Calcium, Magnesium und Eisens auf und erlangen damit alle die Elementarsubstanzen, welche für ihre Ernährung wesentlich sind, mit alleiniger Ausnahme des Kohlenstoffes. Der letztere stammt aus dem Kohlendioxyd der Luft und wird direkt von den oberirdischen grünen Teilen der Pflanzen aufgenommen und zum Aufbau der organischen Verbindungen verarbeitet.

Als eine Ausnahme von der Regel ist die Tatsache anzusehen, daß die Leguminosen mit Hilfe gewisser parasitischer Organismen zur Deckung ihres Stickstoffbedarfs auch den freien Stickstoff der Atmosphäre sich anzueignen vermögen. Die eingehendere Besprechung dieser Erscheinung gehört in einen anderen Abschnitt (vgl. S. 167).

Um die Bedeutung der einzelnen anorganischen Nährstoffe der Pflanze nachzuweisen, bedient man sich der künstlichen Ernährung in Wasserkulturen. Ein hoher, mehrere Liter fassender Glaszylinder wird mit destilliertem Wasser angefüllt, in welchem die anorganischen Pflanzennährstoffe in geringer Menge gelöst sind. In Nährlösungen, welche alle wesentlichen Nährstoffe enthalten, entwickeln sich die Pflanzen normal bis zur Samenbildung. Fehlt dagegen der Nährlösung einer der wesentlichen Nährstoffe, so ergibt sich als bemerkenswertestes Resultat, daß die Keimlinge sich nur so lange normal entwickeln, als die im Samen vorhandenen Reservestoffe ausreichen.

Das Mengenverhältnis der einzelnen Substanzen kann innerhalb ziemlich weiter Grenzen verschieden sein, da die Pflanzen infolge eines spezifischen Wahlvermögens stets nur so viel aus der Lösung aufnehmen, als zu ihrem Gedeihen erforderlich ist. Indes ist eine stärkere Konzentration der Nährsalze zu vermeiden, da dieselbe die Pflanzen schädigt. Als eine brauchbare Nährlösung kann die folgende empfohlen werden:

1000 g destilliertes Wasser,	0,2 g phosphorsaurer Kalk,
0,5 „ Salpeter,	0,2 „ schwefelsaure Magnesia,
	0,1 g Eisenvitriol.

Auch das folgende Rezept wird als brauchbare Nährlösung für Wasserkulturen empfohlen:

1000 g destilliertes Wasser,	0,25 g Chlorkalium,
1 „ salpetersaurer Kalk,	0,25 „ schwefelsaure Magnesia,
	0,25 g phosphorsaures Kali,
	einige Tropfen einer schwachen Eisenchloridlösung.

Das in dieser Lösung neben den unerläßlichen Nährstoffen noch vorhandene Chlor ist nicht unbedingt notwendig für die Pflanzen, indes scheint es, daß in manchen Fällen die Basen in der Form von Chloriden besser von der Pflanze aufgenommen und verarbeitet werden können.

Den mit einer solchen Nährlösung gefüllten Zylinder bedecken wir mit einem Porzellandeckel oder mit einem mit Paraffin überzogenen Korkstopfen, welcher einen etwa 1 cm breiten Einschnitt bis zur Mitte besitzt (Fig. 164). In dem Einschnitt befestigen wir mit einem Wattebausch eine Keimpflanze etwa von Zea-Mais so, daß die Wurzel in die Nährlösung taucht, während die Sproßspitze über dem Deckel emporragt. Der von der Maispflanze nicht eingenommene Teil des Einschnittes wird, um Staub und Pilzkeime fernzuhalten, mit weißem Papier überklebt, das zugleich zur Etikettierung der Versuchspflanze dient. Um die Ansiedlung von Algen in der Nährlösung zu verhindern, setzt man den Glaszylinder in eine Hülse von lichtdichter Pappe. Die in der Nährlösung vorhandenen Stoffe genügen, um die Pflanze, auch nachdem die

im Samen vorhandenen Reservestoffe verbraucht sind, dauernd zu ernähren; man muß nur dafür sorgen, daß von Zeit zu Zeit ein Luftstrom durch die Nährlösung geleitet wird, damit es den sich reichlich entwickelnden Wurzeln nicht an Atemluft fehlt, und daß die Lösung ab und an erneuert wird.

Aufnahme der Nährstoffe. — Der Körper der Landpflanzen ist, wie wir früher gesehen haben, überall mit einer Hautschicht umgeben, welche für Wasser schwer durchlässig ist. Der Eintritt des Wassers und der darin gelösten anorganischen Stoffe kann deshalb nur an ganz bestimmten Stellen des Pflanzenkörpers, nämlich an den jüngsten Teilen der Wurzeln, vor sich gehen.

Die Erde, in welcher die Pflanzen wachsen, besteht zum größten Teil aus kleinsten Gesteinstrümmern von verschiedener chemischer Beschaffenheit. Zwischen diesen unregelmäßig gestalteten Bodenteilchen

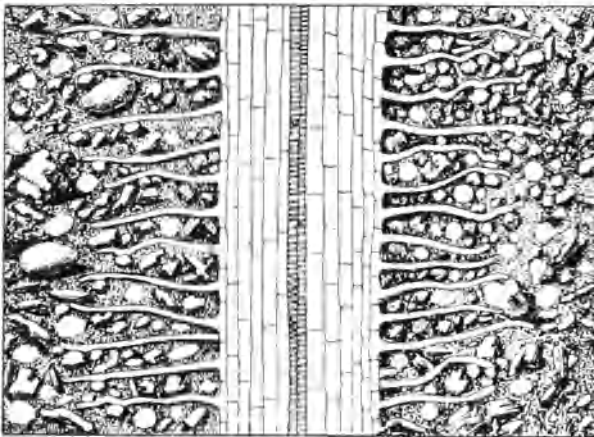


Fig. 165.

Längsschnitt einer Wurzel mit Wurzelhaaren im Erdreich. (Vergrößert.)

bleiben kleine Hohlräume, welche zum Teil mit Luft erfüllt sind. Das im Boden enthaltene Wasser überzieht in mehr oder minder mächtiger Schicht die einzelnen Bodenteilchen und kleidet also gewissermaßen die Hohlräume zwischen denselben aus (Fig. 165).

An den jüngsten Teilen der Wurzeln wachsen die Oberflächenzellen zu Wurzelhaaren aus, diese schieben sich bei ihrem Wachstum zwischen die kleinen Gesteinsteilchen des Erdbodens hinein und verwachsen innig mit ihnen. Wenn man eine Wurzel vorsichtig aus dem Boden herausnimmt, so findet man die jüngsten Teile derselben mit Erdteilen bedeckt, welche durch die Wurzelhaare festgehalten werden. Die Wurzelhaare sind zarte Schläuche, sie besitzen eine dünne Cellulosewand, welche dem Wasser den Durchtritt auf osmotischem Wege ermöglicht.

Die Aufnahme des Wassers durch die Wurzeln der Pflanzen läßt sich durch ein einfaches Experiment erläutern, welches zugleich über die Menge des aufgenommenen Wassers Aufschluß gibt. Die in Fig. 166 dargestellte weithalsige Flasche besitzt unten seitlich ein kurzes Ansatzrohr, in welches die rechtwinklig gebogene graduierte Röhre mit einem Gummistopfen wasserdicht eingefügt ist. In die ganz mit Wasser angefüllte

Flasche wird eine Pflanze mit Hilfe eines halbierten Korkstopfens so eingesetzt, daß die Wurzel sich im Wasser befindet, der Sproß aber über den Hals der Flasche hervorragt. Die Einfügungsstelle im Hals der Flasche wird ringsherum mittelst eines aus Wachs und Kolophonium zusammengeschmolzenen Kittes luftdicht verkittet. Der Wasserspiegel in der graduierten Röhre wird mit einer Oelschicht bedeckt und dadurch vor Verdunstung geschützt. Nach Einsetzung der Pflanze wird das Niveau des Wassers in der graduierten Röhre an der Teilung abgelesen. Nach einiger Zeit ist das Wasser in dem Rohr gesunken und die erneute Ablesung ergibt die Menge des von der Pflanze aufgenommenen Wassers.

In dem mit den Bodenteilen in steter Berührung befindlichen Wasser sind die für die Pflanze nötigen anorganischen Stoffe in geringer Menge gelöst, so daß mit der Aufnahme des Wassers zugleich auch die Nährsalze dem Pflanzenkörper zugeführt werden. Indes sind auch die Wurzeln der Pflanze imstande, durch Ausscheidung einer Säure gewisse feste Bodenbestandteile zu lösen und dadurch zur Aufnahme durch die Wurzelhaare vorzubereiten.

Legt man z. B. in die Erde eines Blumentopfes, in welchem eine Pflanze kultiviert wird, eine polierte Marmorplatte, so findet man nach einiger Zeit die polierte Platte überall dort, wo sie mit dem Wurzelsystem der Pflanze in Berührung kam, deutlich angeätzt.

Ist die Gesamtmenge der im Bodenwasser gelösten Salze zu groß, so leidet die Pflanze durch die Erschwerung der osmotischen Wasseraufnahme. Aus einer nicht zu großen Konzentration der Bodensalze entnimmt die Pflanze die einzelnen Nährstoffe in der ihr zusagenden Menge. Sinkt die Konzentration eines der nötigen Nährstoffe im Bodenwasser unter das für die Pflanze erforderliche Minimum herab, so wird dadurch das Gedeihen der Pflanze begrenzt, wenn auch die übrigen Nährstoffe im Ueberfluß vorhanden sind.

In dem zum Anbau von Kulturpflanzen verwendeten Ackerboden geraten am leichtesten der Stickstoff, der Phosphor und das Kali ins Minimum. Sie müssen deshalb durch Düngung dem Boden wieder zugeführt werden. Man unterscheidet in Landwirtschaft und Gartenbau natürlichen Dünger wie Stallmist, Jauche, Kompost, in dem alle Pflanzennährstoffe in zusagender Menge enthalten sind und künstlichen Dünger wie Chilisalpeter, Kalkstickstoff für Stickstoff; Guano für Stickstoff und Phosphor; Superphosphat, Thomasschlackmehl, Knochenmehl für Phosphor; Kalisalze wie die Staßfurter Abraumsalze für Kali.

Die Düngung ist aber nicht lediglich als ein Ersatz der mangelnden Nährstoffe im Boden anzusehen, sie bezweckt vielmehr gleichzeitig eine Verbesserung der physikalischen Bodenbeschaffenheit. Deshalb kann der natürliche Dünger nicht vollständig durch Kunstdünger ersetzt werden.

Als Oeffnungen für den Eintritt der Kohlensäure in den Pflanzenkörper sind bei den höheren Gewächsen die Spaltöffnungen anzusehen. Sie stellen eine offene Verbindung zwischen der in den Intercellularräumen enthaltenen inneren und der äußeren Luft her. Die an die Intercellular-

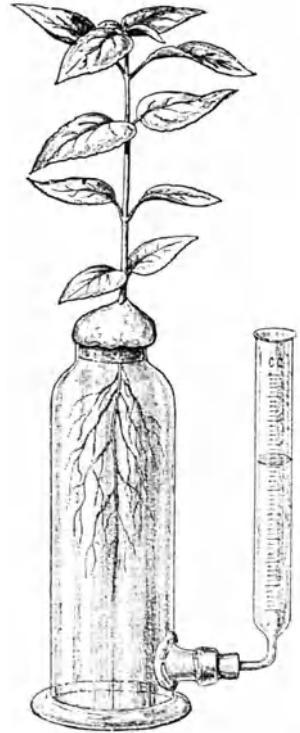


Fig. 166.

Apparat (nach Pfeffer) zur Messung der von der Wurzel einer Pflanze aufgenommenen Wassermenge.

räume grenzenden Zellen des Assimilationsgewebes entnehmen die Kohlensäure direkt aus der Luft der Intercellularen, und durch die Spaltöffnungen hindurch findet fortgesetzt ein Ausgleich des Kohlensäuregehaltes der inneren und äußeren Luft statt.

Bei Wasserpflanzen, deren Oberhaut nicht durch eine starke Cuticula unwegsam gemacht wird, treten Wasser, Nährsalze und Kohlensäure direkt aus der Umgebung in die Zellen ein.

Bei gewissen als Wurzelschmarotzer bezeichneten Gefäßpflanzen haben die Wurzeln die Befähigung zur Aufnahme der anorganischen Nahrung aus dem Erdboden teilweise oder gänzlich verloren. Sie gewinnen ihren Bedarf an Wasser und Nährsalzen dadurch, daß ihre verkümmerten Wurzeln durch Saugwarzen (Haustorien) mit den normalen Wurzeln benachbarter Pflanzen verwachsen und sich die von diesen gewonnenen Nahrungssäfte aneignen. Die einheimischen Gattungen der Rhinanthen in der Familie der Scrophulariaceen liefern dafür zahlreiche Beispiele. Bei wurzellosen Schmarotzern, wie der Kleeseide und ihren Verwandten, treten ähnliche Haustorien an den oberirdischen Organen auf. Die Mistel und viele tropische Schmarotzer aus der Familie der Loranthaceen, Balanophoraceen und Rafflesiaceen dringen mit ihren wurzelähnlichen Organen direkt in das Gewebe der Wirtspflanze ein.

Der Transport des Wassers und der Nährsalze im Pflanzenkörper. —

Der Vorgang, durch welchen im Pflanzenkörper aus der Kohlensäure und dem aus dem Boden entnommenen Wasser unter dem Einfluß des Lichtes die Kohlenstoffverbindungen erzeugt werden, wird Assimilation genannt. Die Assimilation findet in dem Assimilationsgewebe der oberirdischen Pflanzenteile, vor allen Dingen in den Blättern, statt. Während die Kohlensäure der Luft direkten Zutritt zu diesen Organen hat, ist es nötig, daß das von der Wurzel aufgenommene Wasser mit den darin gelösten Nährsalzen zu ihnen transportiert wird.

Die Menge des bei der Assimilation zum Aufbau der Kohlehydrate verbrauchten Wassers ist gering. Viel bedeutender ist die Wassermenge, welche durch Verdunstung von den Zellen abgegeben wird. Man bezeichnet die Abgabe von Wasserdampf durch die Pflanze als Transpiration. Wir können uns den Vorgang im allgemeinen so vorstellen, daß die Zellen des Assimilationsgewebes Wasser in Dampfform in die Intercellularräume abscheiden, von wo es durch die Spaltöffnungen in die Atmosphäre gelangt. Der dadurch entstehende Verlust wird zunächst aus den weiter rückwärts liegenden Zellen gedeckt, welche ihrerseits aus den Leitbündeln ihren Wasserbedarf entnehmen. Die Wasserbewegung, welche in dieser Weise gewissermaßen durch eine von den transpirierenden Zellen ausgehende Saugung veranlaßt ist, wird als Transpirationsstrom bezeichnet.

Die Abgabe von Wasser in Dampfform durch die Pflanze läßt sich leicht durch einige Versuche zeigen. An einer Topfpflanze werden die Wände des Topfes und die Oberfläche der Erde durch Ueberbinden mit Guttaperchapapier gegen Wasserverdunstung geschützt und die Pflanze mit einer Glasglocke überdeckt. Durch die Transpiration der Pflanze wird die unter der Glocke abgeschlossene Luftmenge mit Wasserdampf gesättigt, der sich teilweise in Form von Wassertropfen an den Wänden der Glocke niederschlägt.

Um über die Menge des durch Transpiration von der Pflanze abgegebenen Wassers eine Vorstellung zu gewinnen, dient der folgende Versuch.

Man bringt eine beblätterte Topfpflanze, bei welcher Topf und Erde in ähnlicher Weise wie oben gegen Abgabe von Wasser an die Luft geschützt sind auf die eine Schale einer Wage und stellt durch Auflegen von Gewichten auf die andere Schale das Gleichgewicht her. Schon nach kurzer Zeit hat sich, hauptsächlich durch die

Transpiration, das Gewicht der Pflanze so weit vermindert, daß die Schale mit den Gewichten nach unten sinkt (Fig. 167). Indem man durch Auflegen von Gewichten auf die Schale mit der Pflanze das Gleichgewicht wieder herstellt, kann man bestimmen, wieviel die Gewichtsabnahme einer Pflanze in einer bestimmten Zeit beträgt. Indes ist die gefundene Gewichts-differenz nicht ganz auf die Rechnung der Transpiration zu setzen, da während der Versuchszeit auch noch durch andere Vorgänge, durch Assimilation und durch Atmung eine, wenn auch geringe Beeinflussung des Gewichtes der Pflanze im positiven oder negativen Sinne stattgefunden haben kann. Zu genaueren Untersuchungen über den Wasserverbrauch transpirierender Pflanzenteile verwendet man das Potometer (Fig. 168), ein gebogenes dünnes Glasrohr, in dessen kurzen aufrechtstehenden Schenkel ein frisch abgeschnittener Pflanzenteil wasserdicht verkittet wird, während der lange horizontale Schenkel mit einer genauen Skala versehen ist.

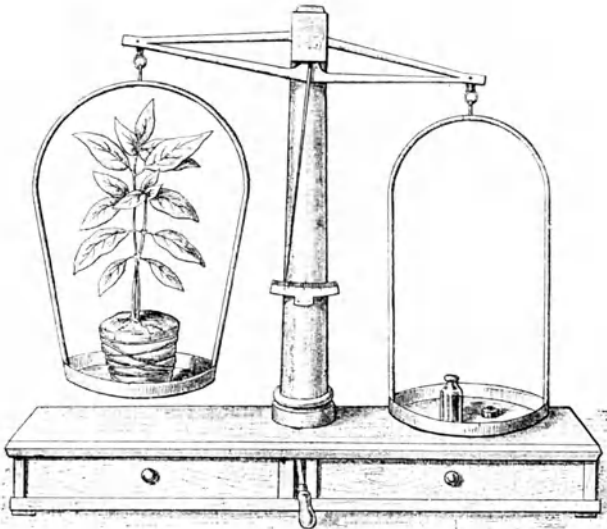


Fig. 167.

Versuch zur Bestimmung der von einer Pflanze in einer gewissen Zeit verdunsteten Wassermenge. Erklärung im Text.

Zu Anfang des Versuches wird die Röhre ganz mit Wasser gefüllt. Durch den Wasserverbrauch des Pflanzenteiles verringert sich die Wassermenge, indem die Endfläche der Wassersäule in dem horizontalen Teil des Potometerrohres sich längs der Skala verschiebt.

Die Menge des durch Verdunstung von der Pflanze abgegebenen Wassers ist von den äußeren Umständen abhängig. Wenn der Wassergehalt der Atmosphäre sich dem Sättigungsgrade nähert, wird die Transpiration der Pflanzen auf ein Minimum beschränkt.

Die Spaltöffnungen können durch Aenderung der Spaltweite die Transpiration beeinflussen. Wenn die Spalten geschlossen sind, so wird das Ausströmen des die Interzellularräume erfüllenden Wasserdampfes sehr verlangsamt und infolgedessen auch die Wasserabgabe der Zellen bedeutend erschwert. Im Lichte sind, wenn den Pflanzen genügende Wassermengen zur Aufnahme zur Verfügung stehen, die Spaltöffnungen weit offen und gestatten eine reichliche Transpiration.

Zum Nachweis der Tatsache, daß die Abgabe des Wasserdampfes hauptsächlich durch die Spaltöffnungen erfolgt, dient die von Stahl angegebene Kobaltprobe. Kobaltpapier, d. h. Fließpapier, welches mit Kobaltchlorür getränkt worden ist, zeigt in völlig trockenem Zustande eine blaue Farbe, bei Zutritt feuchter Luft nimmt es je nach der zugeführten Feuchtigkeitsmenge früher oder später eine rote Farbe an. Befestigt man auf beiden Blattseiten einer Camellia oder einer anderen großblättrigen Pflanze, die nur auf der Blattunterseite Spaltöffnungen führt, je eine Scheibe Kobaltpapier, die zur Abhaltung der Luftfeuchtigkeit mit einer dünnen Scheibe von Marienglas bedeckt wird, so tritt an der Blattunterseite schnell Rötung des Kobaltpapiers ein, während die Scheibe auf der Blattoberseite ziemlich lange die blaue Farbe behält.

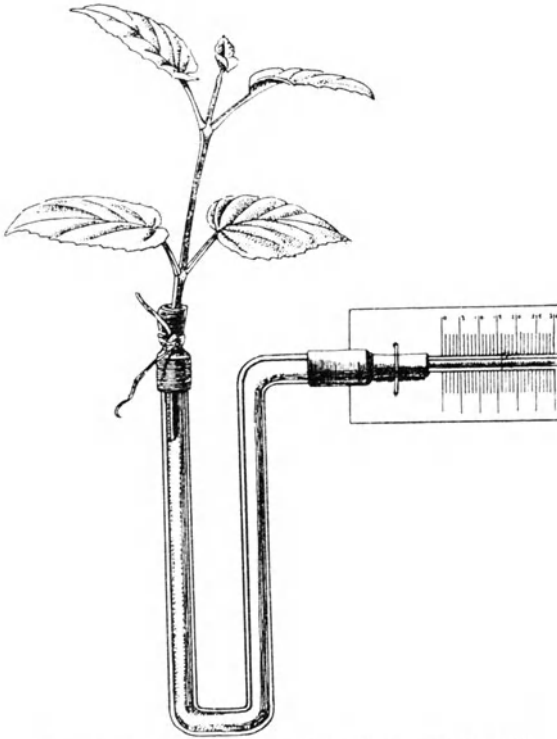


Fig. 168. Potometer. Siehe Text auf S. 153.

Die Pflanzen der Wüsten und Steppen, die Pflanzen, welche auf einem sehr salzhaltigen Boden oder in kaltem, sauerstoffarmem Sumpfboden wachsen, sind auf eine geringe Wasseraufnahme angewiesen. Wir finden dementsprechend bei ihnen besondere Einrichtungen, welche geeignet sind, die Transpiration herabzusetzen. In dem Abschnitt über die Morphologie der Pflanzen haben wir in der Ausbildung von Rollblättern und Schuppenblättern, in der Unterdrückung der Blattbildung bei den Stammsukkulenteu, in der Entwicklung einer dicken Cuticula, deren Wirkung oft noch durch Auf- oder Einlagerung von Wachs erhöht wird, und in der Bedeckung der Pflanzenteile mit Woll- oder Schuppenhaaren derartige Einrichtungen kennen gelernt. Auch die Verlagerung der Spaltöffnungen in tiefe Gruben und die Beschränkung ihrer Zahl und Größe dienen zur Herabminderung der verdunsteten Wassermenge.

Die Erfahrung, daß in kalten Frühlingsnächten die jungen Triebe der Bäume vertrocknen, weil die Wurzeln in dem stark abgekühlten Boden nicht die genügende Wassermenge aufzunehmen vermögen, beweist, daß die Menge des durch die Wurzel aufgenommenen Wassers von dem Wasserverbrauch in den oberirdischen Organen nicht direkt bestimmt wird. Umgekehrt wie hier kann auch die Menge des von der Wurzel aufgenommenen Wassers den Bedarf in dem Sprosse bedeutend übersteigen. Das Wasser wird dann von der Wurzel her mit einer gewissen Kraft in den Sproß hineingepreßt (Wurzeldruck) und kann in Tropfenform an den Blättern hervorgepreßt werden. (Guttation.)

Bei vielen Gewächsen erfolgt die Ausscheidung des tropfbaren Wassers durch besondere, als Hydathoden bezeichnete Organe, deren Ausgangsöffnungen häufig in Gestalt von Wasserspalten an den Blättern auftreten. In anderen Fällen, z. B. bei vielen Grasblättern, dringen die Tropfen aus

Rissen in der Cuticula hervor, oder sie werden an zarteren Stellen der Oberhaut durch die mit Wasser durchtränkte Zellwand hervorgepreßt.

Wenn wir ein in einem Topf ausgepflanztes Exemplar von *Alchemilla vulgaris* um die Transpiration möglichst zu verringern, mit einer gut schließenden Glasglocke überdecken und durch Erwärmung vom Boden her die Tätigkeit der Wurzel in dem gut durchfeuchteten Erdreich möglichst steigern, so sehen wir schon nach kurzer Zeit an den Blätzzähnen Wassertropfen hervortreten. Im Sommer kann man, wenn nach warmen Nächten durch hohen Feuchtigkeitsgehalt der Luft die Transpiration der Gewächse vermindert ist, bei zahlreichen Kräutern z. B. der Gartenerdbeere diese Erschei-

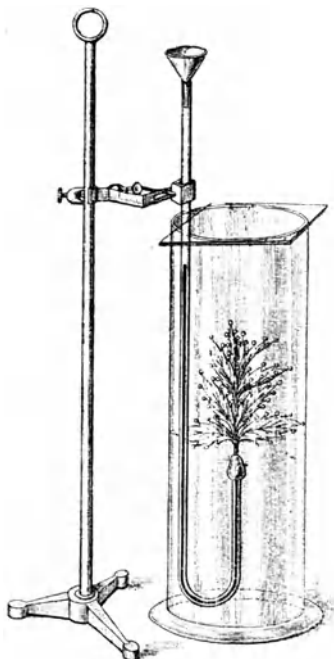


Fig. 169.

Apparat zum Nachweis der Tatsache, daß durch Druckkräfte Wasser durch den Sproß und in Tropfenform aus den Blättern hervorgepreßt werden kann.

Erklärung im Text S. 155.

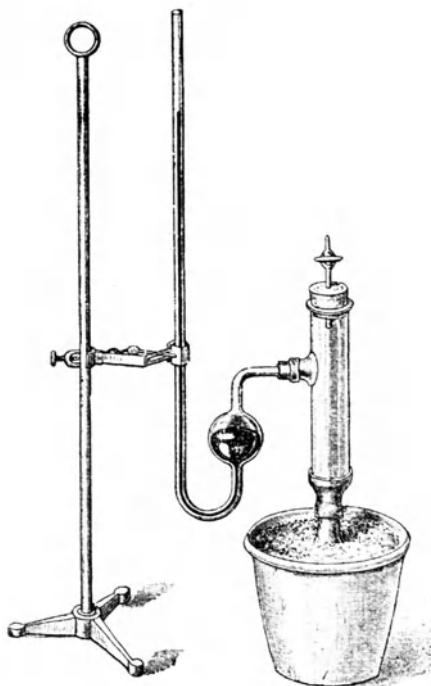


Fig. 170.

Apparat (nach Pfeffer) zur Bestimmung des Wurzeldruckes.

Erklärung im Text S. 156.

nung auch in der freien Natur beobachten; sie darf nicht verwechselt werden mit der Taubildung, welche darauf beruht, daß die in der Luft enthaltene Feuchtigkeit sich auf den infolge der Wärmestrahlung unter die Temperatur der Luft abgekühlten Pflanzenteilen niederschlägt.

Daß der Austritt des tropfbaren Wassers wirklich durch Druckkräfte veranlaßt werden kann, lehrt der folgende einfache Versuch. In den kurzen Schenkel eines ungleichschenkligen U-Rohres wird ein abgeschnittener Sproß von *Impatiens noli tangere* oder *Fuchsia* luftdicht eingekittet, so daß seine Schnittfläche in das in der Röhre befindliche Wasser taucht (Fig. 169). In den langen Schenkel des Rohres wird Quecksilber geschüttet. Um die Transpiration des Sproßstückes herabzusetzen, wird der ganze Apparat in einen Glaszylinder gesetzt. Der durch eine Quecksilbersäule von ca. 30 cm Höhe ausgeübte Druck genügt, um in kurzer Zeit an den Blätzzähnen Wasser hervortreten zu lassen.

Um von der Größe des Wurzeldruckes eine Vorstellung zu gewinnen, schneiden wir von einer gutbewurzelten Topfpflanze den Sproß ab und fügen an den Stumpf

wasserdicht ein weites Glasrohr an, welches an der Seite ein Ansatzrohr besitzt (Fig. 170). An das Ansatzrohr wird eine ungleichschenklige U-Röhre, deren kurzer Schenkel nochmals rechtwinklig gebogen und zwischen den Biegungsstellen kuglig aufgeblasen ist, wasserdicht befestigt. Das obere Ende der weiten Glasröhre wird mit einem gutschließenden Gummistopfen verschlossen, in welchem ein kurzes Glasrohr mit Zweiweghahn wasserdicht eingesetzt ist. Wir füllen sodann das weite Rohr mit Wasser und lassen den Apparat einige Stunden stehen, bis die im Innern des Pflanzenstumpfes vorhandenen Differenzen hydrostatischen Druckes ausgeglichen sind, welche durch den Unterschied zwischen Transpirationsstrom und Wurzeldruck veranlaßt worden waren. In den langen Schenkel des U-Rohres füllen wir sodann Quecksilber ein und schließen, sobald alle Luft aus dem weiten Rohr verdrängt und die am U-Rohr vorhandene Kugel größtenteils mit Quecksilber gefüllt ist, den Glashahn. Die fortgesetzte Wasseraufnahme durch die Wurzel bewirkt nun, daß das Quecksilber in dem langen Schenkel der Röhre emporsteigt, und die Länge der gehobenen Quecksilbersäule ermöglicht eine zahlenmäßige Bestimmung der Druckhöhe. In einzelnen Fällen erreicht der Wurzeldruck eine Höhe von $1\frac{1}{2}$ —2 Atmosphären, in anderen ist er sehr viel ge-

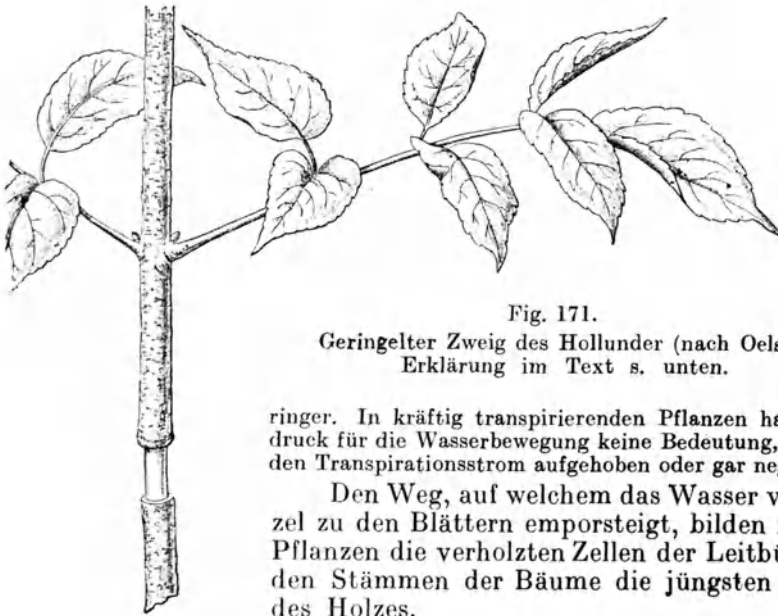


Fig. 171.
Geringelter Zweig des Hollunder (nach Oels).
Erklärung im Text s. unten.

ringer. In kräftig transpirierenden Pflanzen hat der Wurzeldruck für die Wasserbewegung keine Bedeutung, er wird durch den Transpirationsstrom aufgehoben oder gar negativ gemacht.

Den Weg, auf welchem das Wasser von der Wurzel zu den Blättern emporsteigt, bilden in krautigen Pflanzen die verholzten Zellen der Leitbündel und in den Stämmen der Bäume die jüngsten Jahresringe des Holzes.

Den Nachweis, daß der aufsteigende Saftstrom nicht in der Rinde, sondern im Holzkörper fortschreitet, liefert der folgende bereits von H a l e s (geb. 1671) angestellte Versuch. Man macht an dem Stamm oder an einem Ast eines Baumes zwei Ringschnitte nahe übereinander, welche die ganze Rinde durchtrennen und löst den zwischen beiden Ringschnitten gelegenen Rindenstreifen von dem Holzkörper ab (Fig. 171). Die bloßgelegte Oberfläche des Holzes wird durch Ueberbinden mit Guttaperchapapier gegen Verdunstung geschützt. Falls nun nicht das Holz, sondern die Rinde den Weg für den aufsteigenden Wasserstrom bildete, müßten die über der Ringelungsstelle gelegenen Teile des Baumes infolge der Transpiration schnell vertrocknen und zugrunde gehen. Es zeigt sich aber, daß diese Teile ebenso wie die unter dem Ringschnitt gelegenen frisch bleiben und weiterwachsen.

Die Frage, auf welche Weise das Wasser den Holzkörper durchströmt, ist von verschiedenen Forschern in der verschiedensten Weise beantwortet worden. Nach der herrschenden Ansicht geht die Bewegung des Wassers der Hauptsache nach im Hohlraum der Gefäße und der Tracheiden vor sich. Die Kraftquelle liefert die Transpiration, deren saugende Wirkung sich von den verdunstenden Oberflächen aus nach rückwärts fortsetzt, wobei die Kohäsion ununterbrochener Wasserfäden im Pflanzenkörper die

Wirkung der Saugkraft vom Sproßgipfel bis zur Wurzel zur Geltung kommen läßt. Mit dem Holzkörper des Stammes stehen die verholzten Elemente der Leitbündel im Zusammenhang, welche in die Blätter eintreten. In der Blattfläche verteilen sich die Leitbündel und führen den Wasserstrom bis in die nächste Nähe des transpirierenden Gewebes. In dem letzteren findet die Bewegung des Wassers von Zelle zu Zelle auf osmotischem Wege statt. Die Fortleitung des Wassers in den gefäßlosen Pflanzen wird gleichfalls durch Diösmose bewirkt. Es handelt sich dort immer nur um Beförderung des Wassers auf kurze Strecken, zu einer schnellen Bewegung des Wassers auf weite Strecken reicht dieser Vorgang nicht aus.

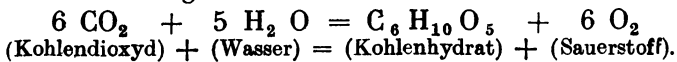
Die Geschwindigkeit, mit welcher der Wasserstrom in dem Holz der Gefäßpflanzen vorrückt, hängt von der Intensität der Transpiration ab. An stark transpirierenden Pflanzen findet man, daß der Weg, den ein Wassertheilchen in einer Stunde zurücklegt, bis zu 100 und mehr Zentimeter betragen kann.

Man benützt zum Nachweis dieser Tatsache eine 1—2 prozentige Lithiumlösung, mit welcher man die Versuchspflanze beießt. Das Lithium steigt mit dem Lösungswasser in der Pflanze empor und kann mit Hilfe des Spektralapparates in den Pflanzenteilen auch in kleinsten Mengen leicht nachgewiesen werden.

Die Verarbeitung der aufgenommenen Nährstoffe. —

Der wichtigste Schritt bei dem Aufbau der organischen Verbindungen des Pflanzenkörpers aus den aufgenommenen Substanzen ist die Assimilation, d. h. die Bildung der Kohlehydrate aus dem Kohlendioxyd und dem Wasser. Die Organe, in denen dieser Vorgang unter der Einwirkung des Lichtes sich abspielt, sind die Chlorophyllkörper in den Zellen des Assimilationsgewebes. Dabei wird Zucker gebildet, der entweder im Wasser der Zelle gelöst bleibt oder im Chlorophyllkorn zu mikroskopisch sichtbaren Stärkekörnern wird.

Man kann den Assimilationsvorgang in einer chemischen Gleichung darstellen:



Von dem Kohlendioxyd tritt nur der Kohlenstoff in die organische Verbindung ein, der Sauerstoff und Wasserstoff der letzteren stammt aus dem Wasser. Der Sauerstoff des Kohlendioxyd wird während des Assimilationsprozesses von der Pflanze nach außen hin wieder abgegeben. Das Volumen der abgeschiedenen Sauerstoffmenge stimmt mit dem des zersetzten Kohlendioxyd überein.

Die Sauerstoffausscheidung der Pflanzen bei der Assimilation ist durch das Experiment nachweisbar. Wir bringen in einen hohen Glaszylinder mit Wasser eine größere Anzahl von Sproßstücken der Wasserpflanze *Elodea canadensis*. Oben in den Cylinder wird ein am Tubus mit Glashahn versehener Glastrichter mit der Trichteröffnung nach unten eingesetzt und bei geöffnetem Hahn so weit in das Wasser gesenkt, bis alle Luft bis zu dem Glashahn aus dem Trichter verdrängt ist. Darauf wird der Hahn geschlossen und der Trichter mittels eines Blechstreifens an dem Rand des Cylinders in seiner Lage befestigt (Fig. 172). Im Lichte assimilieren nun die Pflanzen sehr lebhaft und man sieht aus den Schnittflächen der Sprosse Gasblasen hervortreten, welche im Wasser aufwärtssteigen und unter dem Trichter aufgefangen werden. Das angesammelte Gas ist Sauerstoff. Wenn wir einen glimmenden Span in den Gasstrom halten, welcher beim Öffnen des Glashahnes aus der Spitze des Trichters hervortritt, so fängt er augenblicklich Feuer.



Fig. 172.
Apparat (nach Pfeffer) zum Nachweis der Sauerstoffausscheidung bei der Assimilation.

Daß die Assimilation und die damit verbundene Sauerstoffausscheidung nur unter der Einwirkung des Lichtes erfolgt, zeigt der folgende Versuch. Auf ein abgeschnittenes Blatt einer Tabakpflanze, welche einige Tage vorher im Dunkeln gestanden hatte, legen wir eine Schablone von Stanniol, in welcher ein Zeichen oder ein Wort, etwa das Wort „STÄRKE“, ausgeschnitten ist. Blatt und Schablone werden auf feuchtes Fließpapier



Fig. 173.

Stärkebildung in einem teilweise verdunkelten Tabakblatt. Es ist nur die eine Hälfte des Blattes gezeichnet.

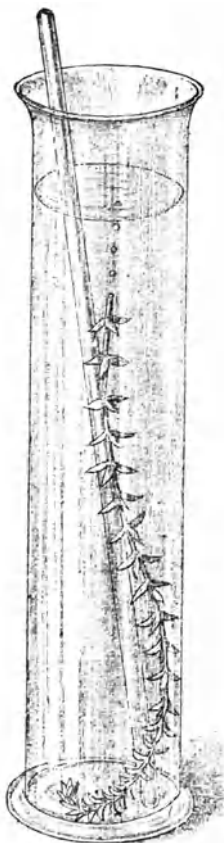


Fig. 174.

Apparat (nach Pfeffer) zur Messung der relativen Assimulationsintensität durch Zählung der Sauerstoffblasen.

zwischen zwei Glasplatten gelegt und der Besonnung ausgesetzt. Am Abend legen wir das Blatt in kochendes Wasser und darauf in mehrmals zu erneuernden Alkohol, wodurch nach einiger Zeit der Chlorophyllfarbstoff herausgezogen wird, so daß das Blatt bleichgelblich erscheint. Alsdann bringen wir dasselbe in eine flache Schale mit alkoholischer Jodlösung und sehen nun nach kurzer Zeit das Wort „STÄRKE“ in dunkelbrauner Farbe auf der bleichen Blattfläche deutlich und scharf hervortreten (Fig. 173). In den von der Schablone bedeckten Teilen des Blattes hat keine Assimilation stattgefunden. Die ausgeschnittenen Stellen der Schablone dagegen gestatteten dem Sonnenlicht freien Durchgang, infolgedessen ist dort Stärke gebildet worden, welche durch die Jodlösung tief dunkel gefärbt wurde.

Die Leistungsgröße der Assimilation ist direkt von der Stärke des Lichtes abhängig.

Um diese Tatsache festzustellen, befestigen wir mit Hilfe eines Glasstabes einen abgeschnittenen Sproß von *Elodea* umgekehrt in einem mit frischem Wasser gefüllten Glaszylinder (Fig. 174). Wird der Apparat im hellen Tageslicht an einem Fenster aufgestellt, so tritt infolge der Assimilation ein kontinuierlicher Strom von Sauerstoffblasen aus der Schnittfläche des Stengels hervor. Rücken wir dann den Apparat von dem hellen Fenster in das Zimmer hinein, so wird der Blasenstrom entsprechend der Abnahme des Lichtes verlangsamt und hört in einer gewissen Entfernung vom Fenster ganz auf.

In neuerer Zeit sind Untersuchungen über den Einfluß des einfarbigen Lichtes auf die Assimulationsgröße bei gleichbleibender Lichtintensität angestellt worden. Dabei hat sich ergeben, daß die Assimilation vom roten Licht am stärksten gefördert wird und daß demnächst blaue Strahlen am günstigsten wirken, während im gelben und grünen Licht bei gleicher Lichtstärke die Assimilation weniger lebhaft vor sich geht. Im Spektrum des Sonnenlichtes wirken infolge ihrer größeren Lichtstärke diejenigen Strahlen am kräftigsten, die unserem Auge als die hellsten erscheinen, d. h. die gelben Strahlen und die benachbarten Teile des Spektrums.

Die Stärkekörner als erstes sichtbares Produkt der Assimilation treten im Innern der Chlorophyllkörper auf.

Wenn wir die Blätter eines Mooses oder ein Farnprothallium, welche längere Zeit belichtet wurden, mit heißem Alkohol behandeln, so wird der Chlorophyllfarbstoff aus den Chlorophyllkörpern entfernt. Um die in jeden Chlorophyllkörper eingeschlossenen, meist sehr kleinen Stärkekörner sichtbar zu machen, lassen wir dieselben durch sehr verdünnte Kalilauge etwas aufquellen und legen die Blätter darauf in Jodlösung. Alsbald sehen wir unter dem Mikroskop in jedem der gebleichten Chlorophyllkörper die Stärke als tiefblaue Körnchen hervortreten (Fig. 175).

Die in den Chlorophyllkörpern gebildeten Stärkekörnchen verschwinden allmählich, wenn die Assimilation unterbrochen wird, die Stärke wird zu den Stätten des Verbrauches oder in die Reservestoffbehälter fortgeführt.

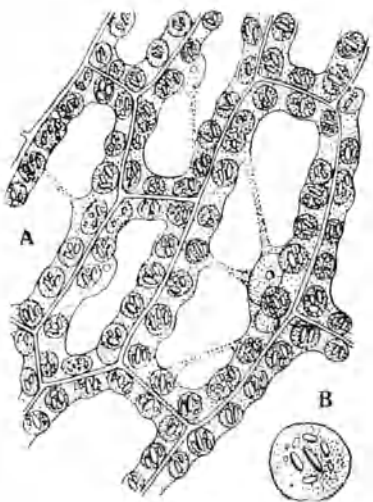


Fig. 175.

Entstehung der Stärke in den Chlorophyllkörpern eines Moosblattes.

A Einige Zellen des Blattes von Mnium mit zahlreichen Chlorophyllkörpern, welche Stärkeeinschlüsse enthalten.

B Ein einzelnes Chlorophyllkorn starker vergrößert (nach Sachs).



Fig. 176.

Apparat (nach Pfeffer) zur Kultur einer Pflanze in kohlendioxidfreier Luft. Erklärung im Text.

Wir können uns davon leicht überzeugen, wenn wir eine grüne Pflanze in kohlendioxidfreie Luft bringen und dadurch die Assimilation unterdrücken. Diesem Zwecke dient der in Fig. 176 abgebildete, von Pfeffer angegebene Apparat. Auf einer geschliffenen Glasplatte steht luftdicht schließend eine oben mit einem Rohransatz versehene Glasglocke, über deren Rohransatz ein beiderseits offener Glaszylinder geschoben ist, welcher mit Kalilauge getränkte Bimssteinstücke enthält. Um zu verhindern, daß Kalilauge von dem Bimsstein nach unten tropft, ist unter dem Ansatz die kleine Schale *i* angebracht. Unter der Glocke steht eine Schale mit Kalilauge. Wir bringen in diesen Apparat eine grüne Pflanze, in deren Blättern wir vorher durch die mikroskopische Untersuchung einen reichlichen Stärkevorrat in den Chlorophyllkörpern nachgewiesen haben. Durch die Kalilauge unter der Glocke wird die Kohlensäure des abgeschlossenen Luftquantums absorbiert, die von außen zuströmende Luft wird bei dem Passieren der Kalilauge in dem mit Bimsstein gefüllten Cylinder gleichfalls ihrer Kohlensäure beraubt.

Die Pflanze kann infolgedessen selbst im Licht keine neue Stärke bilden, und wenn wir nach einiger Zeit die Blätter mikroskopisch untersuchen, so zeigt sich, daß die Stärke aus den Chlorophyllkörpern gänzlich verschwunden ist.

Da neben dem Vorhandensein der Kohlensäure auch das Licht eine unerläßliche Bedingung für das Zustandekommen der Assimilation ist, so muß in der Dunkelheit die Stärke aus den Chlorophyllkörpern allmählich verschwinden. Im natürlichen Verlauf der Dinge sehen wir daher im Laufe des Tages bis zum Abend hin die Menge der Stärke in den Blättern der Pflanzen sich steigern. Während der Nacht nimmt sie dagegen ab und erreicht gegen Morgen ihr Minimum, bis mit beginnender Tageshelle durch Assimilation wieder neue Stärke erzeugt wird.

Außer den Kohlehydraten sind als wichtige Baustoffe des Pflanzenkörpers Fette und Eiweißstoffe anzusehen. Die Bildung dieser Substanzen geht von den durch die Assimilation erzeugten Kohlehydraten aus. Fette können direkt durch Umwandlung der Assimilationsprodukte erzeugt werden. Sie treten häufig in reifenden Samen auf und entstehen auch dann, wenn die mit Stärke erfüllten Samen vor der Reife von der Pflanze genommen werden, so daß eine Einwanderung von Fett ausgeschlossen ist. Für die Bildung der Eiweißstoffe sind Stickstoff und Schwefelverbindungen nötig, welche in den durch die Wurzel aufgenommenen salpetersauren und schwefelsauren Salzen der Pflanze zur Verfügung stehen. In welcher Weise Stickstoff und Schwefel im Pflanzenkörper aus den Salzen befreit werden und wie sich der Aufbau der komplizierten Eiweißkörper vollzieht, ist völlig unbekannt. Man schließt aus der Art und Menge des Auftretens gewisser Amide, besonders des Asparagins, daß diese Körper eine Zwischenstufe in dem Aufbau der Eiweißsubstanzen darstellen.

Da die Eiweißsubstanzen bei ihrer Entstehung im Pflanzenkörper nicht wie die Stärke in geformten Massen innerhalb besonderer Organe auftreten, so ist es nicht leicht, den Ort der Eiweißbildung bestimmt zu bezeichnen. Es ist sicher, daß der Prozeß der Eiweißbildung von dem Vorhandensein des Chlorophylls unabhängig ist; die Pilze, denen das Chlorophyll vollständig fehlt, bilden in ihren Zellen Eiweißstoffe, wenn sie zur Aufnahme von Kohlehydraten, sowie von stickstoff- und schwefelhaltigen Verbindungen Gelegenheit haben. Andererseits kann die Eiweißbildung auch in chlorophyllführenden Zellen vor sich gehen; das beweisen manche Algen, deren Vegetationskörper nur aus chlorophyllführenden Zellen zusammengesetzt ist. In den Geweben der höheren Pflanzen, welche bei allen physiologischen Funktionen eine weitgehende Arbeitsteilung aufweisen, dürfte auch die Eiweißbildung lokalisiert sein. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß bei ihnen der Siebröhrenapparat der Leitbündel der Ort der Eiweißbildung ist.

Aus dem Vorstehenden ist ersichtlich, welche Verwendung der Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Schwefel bei der Bildung der organischen Substanz im Pflanzenkörper finden. Außer diesen fünf Elementarstoffen sind, wie wir gesehen haben, noch Phosphor, Eisen, Kalium, Calcium und Magnesium bei der Ernährung unerläßlich.

Der Phosphor spielt bei der Bildung der in den Zellkernen vorhandenen Nukleinkörper eine Rolle, welche aus einer Verbindung eines eiweißartigen Körpers mit einem organischen, Phosphorsäure enthaltenden Atomkomplex bestehen. Das Magnesium ist nach neueren Untersuchungen ein wichtiger Bestandteil des Chlorophyllfarbstoffes.

Das Eisen ist gleichfalls für die Bildung des Chlorophyllfarbstoffes nötig, wenn es auch an der chemischen Zusammensetzung des Farbstoffes nicht beteiligt ist.

Eine in eisenfreier Nährlösung gezogene Pflanze bildet nur so lange grünen Farbstoff in ihren Blättern aus, als der geringe Eisenvorrat im Samen ausreicht, die später gebildeten Blätter sind bleichgelblich gefärbt. Man bezeichnet die durch den Eisenmangel veranlaßte Erkrankung der Pflanze als Chlorose. Sobald einer chlorotischen Pflanze Eisen zugeführt wird, ergrünen die bleich gebliebenen Blätter nachträglich.

Kalium und Calcium treten bei der Zusammensetzung der organischen Substanzen nicht als Baustoffe auf. Da indes das Experiment der Pflanzenkultur in Nährlösungen, denen einer dieser Stoffe fehlt, die unbedingte Notwendigkeit dieser Stoffe zur Ernährung der Pflanzen ergibt, so ist anzunehmen, daß sie bei gewissen fundamentalen Vorgängen des Stoffwechsels eine bisher noch nicht genügend aufgeklärte Aufgabe erfüllen.

Wanderung der organischen Stoffe. — Die in der Pflanze erzeugten organischen Stoffe treten, soweit sie nicht durch die Atmung als Kraftquelle ausgenützt und wieder in ihre elementaren Bestandteile zerlegt werden, zum Teil in die Körpersubstanz der Pflanze ein, d. h. sie werden zum Wachstum und zur Ausbildung der Zellwände, des Protoplasmas und seiner Inhaltsbestandteile verbraucht. Zum Teil werden sie zeitweilig als Reservestoffe in bestimmten Organen des Pflanzenkörpers abgelagert und für den späteren Verbrauch aufbewahrt. Endlich kann auch ein Teil der Stoffe durch Sekretion aus dem Pflanzenkörper ausgeschieden werden. Als die Orte des Verbrauches sind die wachsenden Vegetationsspitzen der Sprosse und Wurzeln und ihrer Seitenachsen, das Cambiumgewebe der älteren Sproßteile, die jungen, noch im Wachstum begriffenen Blätter, überhaupt alle Teile des Pflanzenkörpers anzusehen, in denen Neubildung und Ausgestaltung von Zellen und Zellgeweben vor sich geht. Ablagerung von organischen Stoffen findet vorzugsweise in dem Speichergewebe der Sprosse und Wurzeln oder in den reifenden Früchten oder Samen statt. Die Sekretion organischer Substanzen endlich geht entweder an der Oberfläche des Pflanzenkörpers in Nektarien, an Drüsenflecken, Drüsenhaaren, Leimzotten, Schleimhaaren vor sich, oder sie vollzieht sich im Innern der Gewebe, indem einzelne Zellen, Zellverbände oder Intercellularräume zu Sekretbehältern werden.

Da nun die Stellen des Verbrauches, der Lagerung und der Sekretion entfernt von den Entstehungsorten der organischen Substanzen im Pflanzenkörper gelegen sind, so muß notwendig eine Wanderung der organischen Stoffe stattfinden, deren Mittel und Wege im folgenden kurz zu besprechen sind.

Es ist leicht verständlich, daß die durch die Assimilation in den Chlorophyllkörpern erzeugten Stärkekörner nicht direkt im festen Zustande durch die Wände der assimilierenden Zelle hindurch fortgeführt werden können. Es findet vielmehr vor der Wanderung eine Lösung der Stärke statt. Durch Einwirkung eines im Pflanzenkörper gebildeten Fermentes, welches man als Diastase bezeichnet, wird die Stärke in eine in Wasser lösliche Zuckerart übergeführt, welche die Zellmembranen und das Protoplasma auf osmotischem Wege zu durchwandern vermag.

Von den assimilierenden Zellen der Blätter aus gelangt die Stärke in die Leitungsbahnen der Blattnerven und von dort in die den Leitbündel-

cylinder des Sprosses begrenzenden Parenchymzellen des Grundgewebes, durch welche sie bis zu den Stellen des Verbrauches oder der Lagerung vordringt. In den Stämmen mit sekundärer Holzbildung wandert die Stärke auch innerhalb des Holzkörpers durch die Markstrahlen und das Holzparenchym, um in den Zellen dieser Gewebe als Reservestoff abgelagert zu werden.

Die übrigen als Baustoffe im Pflanzenkörper auftretenden nicht wasserlöslichen Kohlehydrate werden gleichfalls vor der Wanderung durch ein Ferment in Zucker umgewandelt. Die Fette werden in der Regel zum Zweck der Wanderung in Kohlehydrate umgesetzt und wandern wie diese.

Ueber die Weise, in welcher die eiweißartigen Baustoffe im Pflanzenkörper wandern, ist wenig Sicheres bekannt. Die Eiweißsubstanzen sind meistens nicht für die Durchwanderung fester Zellwände geeignet. Zum Teil erfolgt ihre Fortleitung durch die Siebröhren der Leitbündel, deren siebartig durchbrochene Querwände ihrem Vordringen kein Hindernis entgegenstellen. Um aber direkt zu den Stellen des Verbrauchs zu gelangen, müssen die Eiweißkörper auch durch geschlossene Zellwände wandern. Der Durchtritt durch die Membran wird dann durch eine vorübergehende Zerspaltung der Eiweißsubstanzen ermöglicht, bei welcher als Spaltungsprodukt häufig das Asparagin auftritt.

Die Richtung, in welcher die Baustoffe in den von ihnen eingehaltenen Bahnen im Pflanzenkörper wandern, ist nicht immer die gleiche. Während z. B. bei den meisten Stauden im Sommer die Assimilationsprodukte aus den Blättern zu den unterirdischen Sproßteilen abwärts wandern, um dort als Reservestoffe abgelagert zu werden, findet im Beginn der neuen Vegetationsperiode die Wanderung in umgekehrter Richtung zu den sich entwickelnden oberirdischen Sprossen statt. Ebenso müssen die im Sommer von den Blättern an den Stamm der Bäume abgegebenen Baustoffe im nächsten Frühjahr aus dem Stamm in die Achselknospen wandern, um ihnen das zur Entfaltung nötige Material zu liefern.

Die Aufnahme organischer Nährstoffe. — Im ersten Jugendstadium, bevor eine Ausbildung assimilierenden Gewebes stattgefunden hat, sind alle Pflanzen auf die Ernährung durch organische Stoffe angewiesen. Wenn nicht das organische Nährmaterial schon während der ersten Entwicklung des Embryos direkt aus der Mutterpflanze in die Kotyledonen desselben eingewandert ist, so findet die junge Pflanze die Nahrungsstoffe in dem Endosperm oder Perisperm des Samens vor. Gewöhnlich dienen dann die Kotyledonen als Saugorgane, welche die organischen Nährstoffe in den Organismus einführen. Die Fäulnisbewohner und Schmarotzer behalten auch nach der Keimung, während der ganzen Lebenszeit, die Fähigkeit, organische Stoffe aufzunehmen und als Nahrung zu verwerten. Dahin gehören vor allen Dingen die Bakterien und die Pilze, welche kein Chlorophyll besitzen und nicht imstande sind, aus Kohlensäure und Wasser selbständig die Kohlehydrate aufzubauen, die bei den grünen Pflanzen das Ausgangsmaterial für alle übrigen organischen Substanzen bilden.

Bei einigen wenigen Spaltpilzen hat man in neuerer Zeit die Befähigung entdeckt, trotz des Chlorophyllmangels den Kohlenstoffbedarf aus dem Kohlendioxyd der Luft zu decken.

Auch unter den Blütenpflanzen gibt es chlorophyllfreie Arten und andere, deren mangelhaft entwickelter Assimilationsapparat allein zur Ernährung der Pflanze nicht hinreicht. Als Beispiele können unter den einheimischen Gewächsen die Orobanchen und die Cuscutaarten genannt werden, ferner die Gattungen *Monotropa* und *Lathraea* und die durch ihre wachsbleiche Färbung ausgezeichneten Orchideen, *Neottia*, *Coralliorrhiza* und *Epipogon*.

Endlich sind auch noch die Insektivoren, denen der Chlorophyllgehalt eine selbständige Ernährung ermöglicht, zur Aufnahme organischer Stoffe befähigt. Unter ihnen gehören Arten von *Drosera*, *Pinguicula* und *Utricularia* und ferner die seltene *Aldrovandia* der einheimischen Flora an.

Die Zusammensetzung der von den Saprophyten, Parasiten und Insektivoren aufgenommenen organischen Substanzen ist wenig erforscht. Nur von den Bakterien und gewissen niederen Pilzen wissen wir, daß sie in der Auswahl ihrer Nährstoffe meist wenig wählerisch sind; sämtliche Kohlehydrate, verschiedene organische Säuren, Eiweißstoffe, Asparagin, selbst hinreichend verdünnter Alkohol und anderes mehr, können, jedes für sich, ihnen als organische Nahrung dienen. Die parasitischen Pflanzen scheinen meistens weniger anspruchslos zu sein. Manche von ihnen können nur auf einer einzigen oder auf wenigen Pflanzenarten als Schmarotzer gedeihen, und wenn dabei häufig wohl auch die anatomische Beschaffenheit der Wirtspflanze eine Rolle spielt, so ist doch die stoffliche Zusammensetzung des Pflanzenkörpers für diesen Umstand gleichfalls von Bedeutung. Die Kultur der parasitischen Pilze mit künstlichen Nährlösungen gelingt nur unter besonderen Umständen.

Die organischen Stoffe müssen, wenn sie als Nährmaterial in die Zellen der Pflanzen hincin gelangen sollen, sich in einem löslichen Zustande befinden. In vielen Fällen werden sie den Saprophyten und Parasiten in der von ihnen bewohnten Unterlage direkt in löslichem Zustande dargeboten. In anderen Fällen sind die Pflanzen imstande, durch Ausscheidung von Fermenten die organischen Nährmittel in lösliche Form überzuführen und zur Aufnahme vorzubereiten. Die Ausscheidung lösender Fermente ermöglicht den parasitischen Pilzen und phanerogamen Parasiten zugleich die Durchbohrung der Zellwände der Wirtspflanze und das Eindringen in das Innere der Zellen. Die Vegetation einiger saprophytischer Pilze und der Bakterien ruft in den Nährsubstraten infolge der Fermentausscheidung weitgehende Zerspaltung und Zersetzungen hervor, welche als Gärung und als Fäulnis bezeichnet werden, und ähnliche Erscheinungen sind es, durch welche parasitische Bakterien in dem Körper der von ihnen befallenen lebenden Pflanzen, Tiere und Menschen verheerende Krankheiten erregen. Die meisten Insektivoren scheiden ein peptonisierendes Ferment aus, durch welches die Eiweißsubstanzen des Körpers der gefangenen Tiere in lösliche Form gebracht werden.

Die chlorophyllführenden Saprophyten und Parasiten und die Insektivoren bedürfen selbstverständlich einer Aufnahme von Mineralstoffen zu ihrem Gedeihen. Aber auch die nicht assimilierenden gänzlich chlorophylllosen Pflanzen können diese Stoffe nicht entbehren.

Die niederen Saprophyten und Parasiten, die Bakterien und manche Pilze nehmen die Nährstoffe mit ihrer gesamten Körperoberfläche aus der

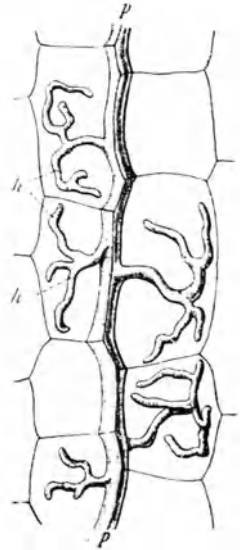


Fig. 177.

Einige Zellen aus dem Sproß von *Aspergillus odorata*. In dem Interzellularraum zwischen denselben verläuft ein Pilzfaden *p—p* eines parasitischen Pilzes, *Peronospora calotheca*, welcher verzweigte Haustorien *h* in die Zellen der Wirtspflanze hineinsendet (nach Zopf).

Umgebung auf, bei anderen sind besondere Organe zur Nahrungsaufnahme vorhanden, welche als Haustorien bezeichnet werden.

Bei manchen pilzlichen und phanerogamen Parasiten finden wir Haustorien vor, welche in das Gewebe und in die Zellen der Wirtspflanze hineinwachsen und so mit den aufzunehmenden Substanzen in unmittelbare Berührung treten. In Fig. 177 ist ein Stück von dem Vegetationskörper eines parasitischen Pilzes gezeichnet, welches Haustorien in die Zellen der Wirtspflanze hineinsendet, und Fig. 178 zeigt ein Stück von dem Wurzelsystem des phanerogamen Parasiten *Viscum*, welches an den horizontal im Zweig des bewohnten Baumes hинziehenden Wurzeln gleichfalls Haustorien trägt. Bei den *Cuscuta*-arten bilden sich an dem windenden Stamme, wo er mit dem Wirt in direkte Berührung tritt, napfförmige Saugorgane aus, von denen aus zarte Zellfäden tief in den Sproß der Wirtspflanze hineindringen. Ebenso bilden sich an den Wurzeln der *Rhinanthen* und der *Thesium*-arten, sobald sie mit der Wurzel der Wirtspflanze in Berührung kommen, ähnliche Haustorien aus.

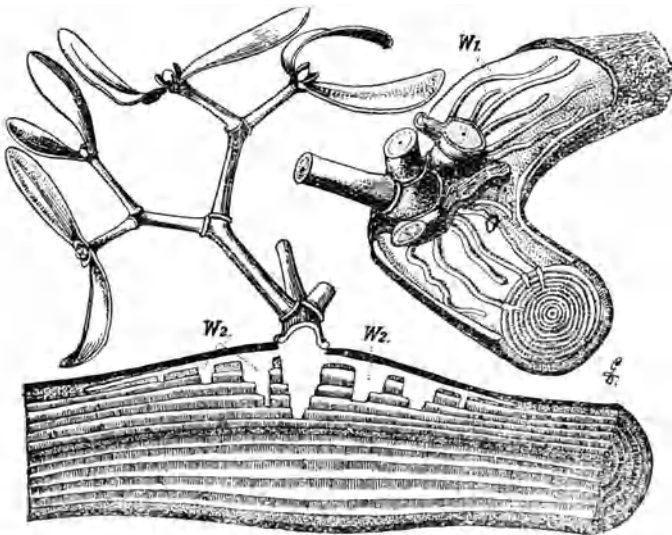


Fig. 178.

Wurzelsystem von *Viscum album*, auf einem Kiefernast.

In der Hauptfigur ist der Ast halbiert, so daß die radial eindringenden Saugorgane W_2 sichtbar werden. In der Nebentfigur sind die parallel zur Oberfläche des Astes verlaufenden Wurzeln W_1 , durch Entfernung des Rindengewebes freigelegt.

Die Organe der Insektivoren, welche zum Fangen der Tiere und zur Aufnahme der organischen Nahrung dienen, sind eigenartig umgebildete Blätter oder Blatteile. Bei einigen Pflanzen stellen diese Organe Fallgruben dar, aus denen die gefangenen Tiere nicht wieder enttrinnen können, in anderen Fällen dient ein an den Organen ausgeschiedener Klebstoff zum Festhalten der Tiere, und endlich kommen Fälle in Betracht, bei denen die Fangorgane infolge des durch ein Tier ausgeübten Reizes energische Bewegungen machen, welche zur Ergreifung des Tieres führen.

Die Klappfallen an den Blättern der wasserbewohnenden Utrikularien (Fig. 179) sind nach Bau und Wirkungsweise bereits auf S. 50 kurz beschrieben worden. Sie führen infolge einer Unterdruckspannung im Blasenhohlraum bei Berührung der Klappe oder der an ihr stehenden Borsten eine „Schluckbewegung“ aus, durch welche die vor der Mündung befindlichen Wassertierchen eingeschluckt werden. Nach dem Fang wird die Vorrichtung wieder gespannt, indem die Zellen der Blasenwand durch Wasserentnahme aus dem Innern den Unterdruck wieder herstellen.

Zum Vordringen an die Blasenmündung werden die Tiere, besonders kleine Crustaceen, veranlaßt durch das Vorhandensein von Schleimhaaren an der Mündung der Blase, welche ihnen schmackhafte Nährstoffe zu liefern scheinen. Die in Fig. 70 b und c abgebildeten Kannen der Nepenthes und der Sarraceniën sind Fallgruben. Die Außenseite derselben ist mit zahlreichen honigabsondernden Drüsenhaaren besetzt, welche die Tiere zum Emporklimmen veranlassen. Der obere äußerst glatte Rand der Kannen bietet den Tieren keinen Halt, sie stürzen hinab und werden durch die nach unten gerichteten Haare im Innern der Kanne am Emporklettern verhindert. Im Grunde der Kanne findet sich eine von der Kannenwandung ausgeschiedene Flüssigkeit, in welcher die Tiere umkommen und verdaut werden. Aehnlich sind die Verhältnisse bei *Darlingtonia*, *Cephalothus* und anderen mehr.

Durch ausgeschiedene Klebstoffe fangen von den einheimischen Insektivoren die Droseraarten Tiere ein. Die Blätter von *Drosera* sind sowohl am Rande, als auch auf der oberen Fläche mit starken gestielten Drüsen (Tentakeln) besetzt, welche an ihrem kopfförmigen oberen Ende einen klaren Tropfen einer zähen, klebrigen Flüssigkeit ausscheiden. Insekten, welche sich auf ein solches Blatt setzen, bleiben kleben; sie geraten bei ihren Befreiungsversuchen mit immer mehr Drüsenköpfen in Berührung und sind endlich nicht mehr imstande, sich zu bewegen. Infolge des von dem Insekt ausgeübten Reizes tritt in dem Blatt allmählich eine Krümmungsbewegung ein, welche bewirkt, daß endlich alle Drüsen, in deren Bereich das Insekt liegt, über den Körper desselben

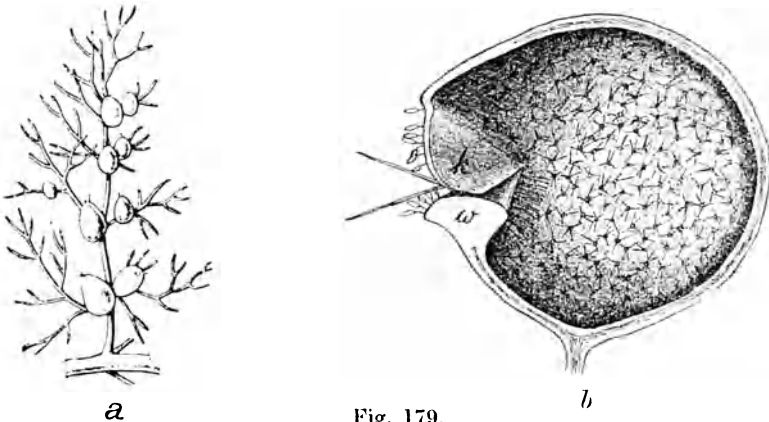


Fig. 179.

a Blattstück von *Utricularia* mit zahlreichen Blasen, *b* halbierte Blase von einer *Utricularia* vergrößert (nach Goebel), *k* die Klappe der Blasenmündung, *w* das Widerlager derselben.

hergekrümmt sind (Fig. 180 A). Der letztere wird dadurch gänzlich von dem Sekret der Drüsen eingehüllt und von dem darin enthaltenen peptonisierenden Ferment soweit als möglich gelöst. Nach Beendigung der Verdauung kehren die Blattfläche und die Drüsen in ihre ursprüngliche Lage zurück.

Auch bei *Drosophyllum* ist ein von gestielten Drüsen abgeschiedener Klebstoff das Fangmittel der Insekten; bei dieser Pflanze führen indes die Blätter keine Reizkrümmungen aus. Die Peptonisierung und Aufsaugung der organischen Nahrung erfolgt einfach durch die Drüsen, mit welchen das Insekt durch seine eigenen Bewegungen in Berührung gekommen ist. Die Fangvorrichtung ist trotzdem sehr leistungsfähig, man findet oft an einer einzigen, kräftig wachsenden *Drosophyllum*-pflanze Hunderte von Insektenleichen festgeklebt.

Insektenfangende Pflanzen, welche ihre Beute durch plötzliche Bewegungen erhaschen, sind wenig zahlreich. Die bekannteste unter ihnen ist die Venus-Fliegenfalle, *Dionaea muscipula*. Die beiden Hälften der Blattfläche sind gegen Berührung reizbar, sie klappen plötzlich zusammen, wenn ein Insekt eine der auf der Blattfläche stehenden Fühlborsten berührt. Lange, eingekrümmte Borsten, welche den Blattrand einnehmen, verhindern ein Entrinnen des Insekts auch schon, bevor die Reizkrümmung der Blattflächen bis zur gänzlichen Berührung fortgeschritten ist (Fig. 180 B und C). Aehnliche

Einrichtungen bewirken bei *Aldrovandia vesiculosa*, einer in einheimischen Gewässern sehr selten vorkommenden Wasserpflanze, den Fang kleiner Wassertiere.

Wenn Pflanzen von parasitischen Pilzen befallen werden, so kann das Verhältnis zwischen dem Parasiten und der Wirtspflanze von Fall zu Fall verschieden sein. Bisweilen tötet der Schmarotzer den Wirt. So werden z. B. oft große Waldbäume durch einen bei uns nicht seltenen Hutpilz, den Hallimasch, *Agaricus melleus*, zum Absterben gebracht, dessen Mycel vom Boden aus durch die Wurzeln in die Wirtspflanze eindringt und die oberirdischen Gewebe durchwuchert. Vielfach werden besonders durch parasitische Pilze nur lokale Erkrankungen des Wirtes erzeugt, die ohne den Wirt zu töten, seine Entwicklung mehr oder minder weitgehend beeinträchtigen. Die zahlreichen Krankheiten unserer Kulturpflanzen wie

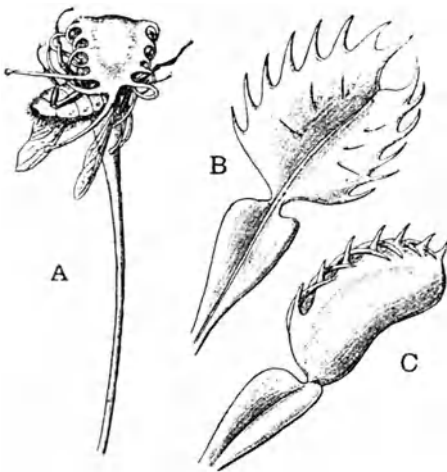


Fig. 180.

A Blatt von *Drosera longifolia*, welches eine große Fliege gefangen hat (nach Goebel). **B** Blatt von *Dionaea muscipula* im ungereizten Zustande. **C** Blatt von *Dionaea*, welches ein Tier gefangen hat.

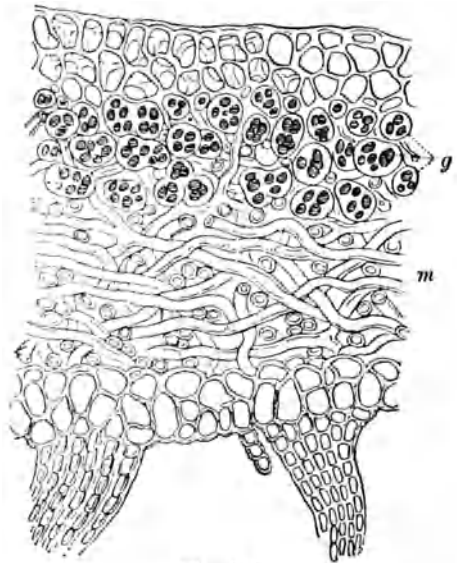


Fig. 181.

Querschnitt durch einen Flechtenthallus (nach Sachs). *g* die Algenzellen, *m* die Pilzfäden.

Rost, Brand, Mehltau, Blattflecken, Schorf, Hexenbesen sind zum größten Teil hierher gehörige Erscheinungen. Während in solchen Fällen immer noch von einer erheblichen Schädigung des Wirtes durch den Pilz gesprochen werden muß, gibt es andere Beispiele, in denen die Ernährung des Parasiten ohne ersichtlichen Nachteil für den Wirt erfolgt, und endlich Fälle, in denen beide zusammenlebende Gewächse einen Vorteil aus dem gegenseitigen Verhältnisse ziehen. Im letzteren Falle kann man nicht mehr zwischen Wirt und Parasit unterscheiden. man bezeichnet die beiden Gewächse als Symbionten und ihr Verhältnis zueinander als Symbiose.

Einige auffällige Beispiele von Symbiose mögen hier kurze Erwähnung finden. Der Vegetationskörper der Flechten besteht aus zwei leicht voneinander unterscheidbaren Elementen, aus einem Geflecht von Pilzfäden, in welches Gruppen von grünen oder blaugrünen Algen eingebettet sind, die als Gonidien bezeichnet werden (Fig. 181). Das ernährungsphysiologische Verhältnis der beiden Symbionten ist hier leicht zu übersehen. Die Algen bedürfen im allgemeinen einer größeren Feuchtigkeitsmenge zu ihrem

Gedeihen. Indem nun die Pilzhülle den Algen Wasser in ausreichender Menge zuführt und dieselben bei zeitweiligem, äußerem Wassermangel vor dem Absterben bewahrt, ermöglicht die Symbiose den Algen, als Flechtengonidien an Orten zu leben, wo freilebende Algen nicht mehr gedeihen können. Andererseits sind die Pilze auf eine Ernährung mit organischen Substanzen angewiesen. Sie finden dieselben in den Stoffwechselprodukten der infolge ihres Chlorophyllgehaltes assimilierenden Algen dargeboten und werden dadurch instand gesetzt, selbst auf Sandboden oder an Felsen und Mauern zu wachsen, wo anderweitige organische Nährstoffe nicht vorhanden sind.

Eine andere Form der Symbiose besteht zwischen Pilzen und zahlreichen höheren Pflanzen aus den verschiedensten Verwandtschaftskreisen. Die äußersten Spitzen der Wurzel der meisten Waldbäume sind z. B. in humosem Boden immer mit einer dichten Hülle von Pilzfäden umschlossen, welche das Wachstum der Wurzel eigentümlich beeinflussen; und bei Orchideen und anderen Humusbewohnern, selbst bei Prothallien und Moospflanzen, finden sich regelmäßig in den unterirdischen Organen im Innern der Zellen der Rinde Knäuel von lebenden Pilzfäden vor. Man bezeichnet derartige mit

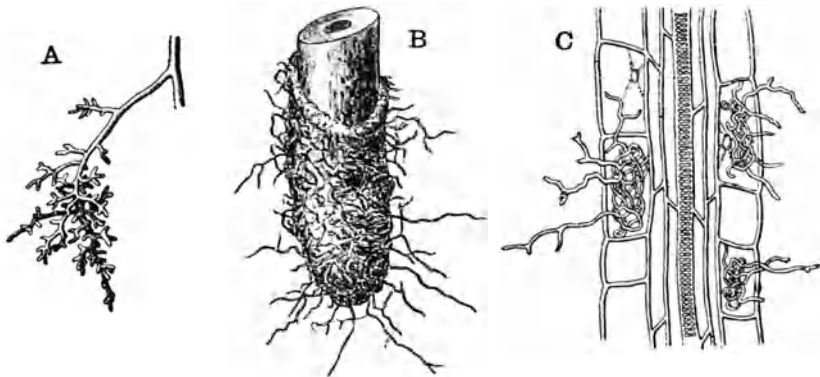


Fig. 182.

Mycorrhiza (nach Pfeffer). **A** Ein Teil des von Pilzfäden umspinnenen Wurzelsystems der Buche. **B** Eine Wurzelspitze mit ektotropher Mycorrhiza. Oben ist der Pilzmantel teilweise entfernt worden. **C** Längsschnitt einer Wurzel von *Calluna vulgaris* mit endotropher Mycorrhiza.

Pilzen vergesellschaftete Wurzelbildungen als Mycorrhiza und unterscheidet, je nachdem der Pilz wie bei *Fagus* (Fig. 182 **A** und **B**) die Wurzeln äußerlich umhüllt oder wie bei *Calluna* (Fig. 182 **C**) im Innern der Gewebe der höheren Pflanze lebt, ektotrophe und endotrophe Mycorrhizen. Der Nutzen, welchen die höhere Pflanze durch die Mycorrhizenbildung erfährt, dürfte im wesentlichen darin bestehen, daß die zur Zersetzung der im Humus vorhandenen Eiweißverbindungen befähigten Pilze den Bäumen eine neue Stickstoffquelle erschließen. Die Keimpflanzen der Orchideen, in deren winzigen Samen keine organischen Nährstoffe gespeichert sind, die chlorophyllfreien Humusbewohner, wie *Neottia nidus avis*, *Epipogon Gmelini*, *Coralliorrhiza innata*, die Vorkerne der Bärlappgewächse u. a. m. sind in bezug auf die Gewinnung organischer Verbindungen für den Stoffwechsel und für die Vermehrung ihrer Körpersubstanz ganz auf die Mitwirkung der in ihnen lebenden Mycorrhizapilze angewiesen.

Die Leguminosen besitzen mit ganz vereinzelten Ausnahmen an ihren Wurzeln zahlreiche knollige Auftreibungen, sogen. Wurzelknöllchen, in deren Inneren bestimmte Bakterien leben, welche den Stickstoff der atmosphärischen Luft zu binden vermögen. Durch Versuche ist festgestellt worden, daß das Gedeihen der Leguminosen wesentlich durch das Vorhandensein der von den Bakterien verursachten Wurzelknöllchen befördert wird. Da andererseits die Knöllchenbakterien offenbar in dem Gewebe der Leguminosenwurzeln günstige Lebensbedingungen finden, so muß auch hier das Verhältnis zwischen Wirt und Gast als Symbiose bezeichnet werden. Für die Landwirtschaft hat die Symbiose zwischen den Leguminosen und den Knöllchenbakterien eine große praktische Bedeutung. Einmal gedeihen die Leguminosen als Feldfrüchte noch auf einem Boden,

dessen Stickstoffgehalt bereits durch den vorhergegangenen Getreidebau verringert worden ist, und ferner erfährt der Ackerboden durch die in ihm nach dem Anbau von Leguminosen zurückbleibenden Wurzeln und Knöllchen eine Bereicherung an Stickstoff, die der nächstfolgenden Pflanzenkultur zunutze kommt. Zur Gründüngung verwendet ersparen die Leguminosen dem Landmann beträchtliche Mengen teurer künstlicher Düngerstoffe oder des ebenfalls kostbaren stickstoffhaltigen Stalldüngers.

Es kommt auch Symbiose zwischen Pflanzen und niederen Tieren vor. In dem Körper des grünen Armpolypen, *Hydra viridis*, der überall bei uns in Wassertümpeln sich findet, leben grüne Algen, welche in der schützenden durchsichtigen Zelle des Tierkörpers lebhaft assimilieren und deren Stoffwechselprodukte dem Tier als Nährstoffe zunutze kommen.

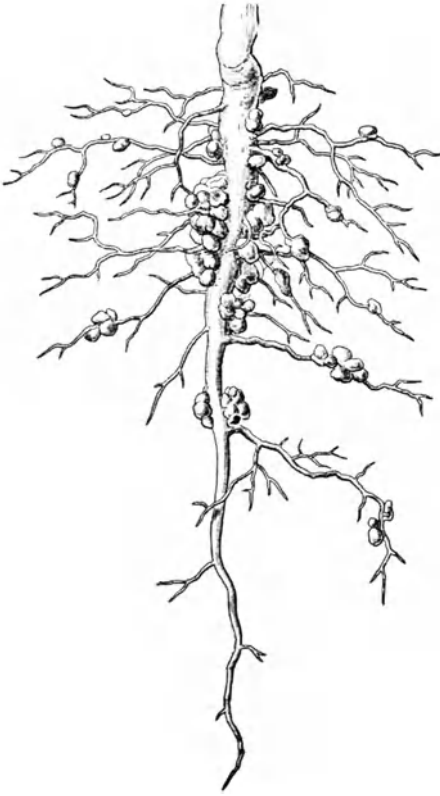


Fig. 183.

Wurzelsystem von *Lupinus luteus* mit zahlreichen Wurzelknöllchen (nach Pfeffer).

Unterhaltung der Lebensfunktionen zur Verfügung gestellt. Hierzu kommen als wesentliche Kraftquellen noch die Arbeitsleistungen, welche durch die Schwerkraft und durch Licht und Wärme von außen her im Pflanzenkörper verrichtet werden. Als Vorgänge, welche in der Pflanze eine Umsetzung der durch die Ernährung gewonnenen Spannkraft in lebendige Kraft verursachen, kommen hauptsächlich die Imbibition, die Osmose und die Atmung in Betracht.

Imbibition. — Als Imbibition bezeichnet man ganz allgemein die Durchtränkung eines festen Körpers mit einer Flüssigkeit. Bei unorganischen Körpern erfolgt die Imbibition hauptsächlich infolge der Kapillar

3. Der Kraftwechsel.

Die meisten physiologischen Vorgänge im Pflanzenkörper, die Aufnahme und die Fortleitung des Wassers und der Nährstoffe, ihre Verarbeitung zu organischen Substanzen, die Wanderung der letzteren und anderes mehr, erfordern einen gewissen Aufwand an lebendiger Kraft. In den Samen der Pflanze ist schon eine gewisse Summe von Spannkraften vorhanden, welche bei der Keimung in lebendige Kraft umgesetzt wird und die beginnende Lebenstätigkeit der Keimpflanze bedingt. Das Maß der Kräfte, welche in der sich entwickelnden Pflanze zur Verwendung kommen, steigt aber fortgesetzt, und es ergibt sich also, daß der Pflanze von außen her Energie zugeführt werden muß.

Die hauptsächlichste Menge der Kraft wird mit der Nahrung als Spannkraft in den Pflanzenkörper eingeführt und erst später durch innere oder äußere Ursachen in lebendige Kraft umgewandelt und für die

wirkung kleinster, mit Luft erfüllter Hohlräume in der Substanz. Bei organischen Substanzen spielt aber die Kapillarwirkung vorhandener Hohlräume eine untergeordnete Rolle bei der Imbibition; hauptsächlich handelt es sich um eine von kleinsten Massenteilchen ausgeübte Adhäsionswirkung, deren Zustandekommen durch die Molekularstruktur der organisierten Substanzen bedingt wird. Um diesen speziellen, für die Physiologie besonders wichtigen Vorgang zu verstehen, müssen wir zunächst eine Vorstellung von der feineren Struktur der organisierten Substanzen zu gewinnen suchen. Da unsere optischen Hilfsmittel bei weitem nicht ausreichen, um über die Molekularstruktur direkten Aufschluß zu geben, so bewegen wir uns hierbei auf dem Gebiete der Hypothese und dürfen es nicht als ausgeschlossen betrachten, daß die Wissenschaft früher oder später einmal eine andere, der Natur der Dinge noch besser entsprechende Erklärung für die Beobachtungstatsachen finden könnte.

Die Chemie lehrt, daß alle Substanzen aus Molekeln aufgebaut sind, welche im chemischen Sinne die kleinste denkbare Menge der betreffenden Substanz darstellen. In den organisierten Substanzen des Pflanzen- und Tierkörpers sind diese chemischen Einheiten, die Molekeln, zu gleichartigen Gruppen miteinander vereinigt, welche gewissermaßen als die mechanischen Einheiten, als die Bausteine der organisierten Substanzen anzusehen sind. Wir bezeichnen diese Molekelgruppen als Micelle. Die Micelle sind jedes für sich mit einer Wasserhülle umgeben, welche, je nachdem weniger oder mehr Wasser zur Verfügung steht, geringer oder mächtiger sein kann; niemals aber über ein bestimmtes Maß hinaus zunimmt. Die Anziehungskraft, welche die einzelnen Micelle auf das Wasser in ihrer Nähe ausüben, ist wohl im Anfang stärker als die Anziehungskraft der Micelle zueinander, sie nimmt aber mit der Entfernung sehr schnell ab, und wenn die Wasserhülle eine gewisse Mächtigkeit erreicht hat und dadurch die benachbarten Micellen auf eine gewisse Entfernung auseinandergedrängt worden sind, so hält die Anziehungskraft der Micelle zueinander der Anziehungskraft zum Wasser das Gleichgewicht und verhindert eine weitere Zunahme der Wasserhüllen. Die Organisation der Substanz bewirkt also, daß bei Gegenwart von Wasser eine Imbibition erfolgt, durch welche die Substansteilchen bis zu einer bestimmten Entfernung, welche dem Gleichgewichtszustande der Kräfte entspricht, auseinandergedrängt werden.

Wird der bis zur Sättigung mit Wasser durchtränkten organischen Substanz durch äußere Kräfte, etwa durch Wasserverdunstung an irgendeiner Stelle Wasser entzogen, so ist dadurch das vorhandene Gleichgewicht gestört und es muß eine Wasserbewegung zwischen den Micellen erfolgen, die zur Wiederherstellung des Gleichgewichts führt. Die dabei geleistete Arbeit ist ein Resultat der Adhäsionskraft zwischen den Micellen und dem Wasser. Ist der Wassergehalt der organischen Substanz auf ein Minimum herabgesunken, so bewirkt die Adhäsion bei Hinzutritt von Wasser eine Quellung der Substanz, die sich gleichfalls als eine zur Ueberwindung größter Widerstände geeignete Arbeitsleistung darstellt. Quellende Samen vermögen schwere Steine emporzuheben, durch quellende Holzkeile können Felsen auseinandergesprenkt werden. Diese Beispiele zeigen ohne weiteres, daß durch die Imbibition eine beträchtliche Menge lebendiger Kraft verwendbar gemacht werden kann.

Die Osmose. — Wenn man eine Schweinsblase, welche mit einer starken Rohrzuckerlösung gefüllt ist, fest zubindet und in reines Wasser legt, so schwillt sie allmählich auf und wird straff. Die Flüssigkeitsmenge im Innern der Blase hat sich bedeutend vergrößert, indem Wasser aus der

Umgebung die geschlossene Membran durchwandert hat. Diesen Vorgang bezeichnet man als Osmose oder Diosmose, er erscheint als Ausdruck der Anziehungskraft zwischen zwei Substanzen, welche sich durch eine imbibierte Membran hindurch geltend macht. Die physikalische Chemie erklärt den osmotischen Druck wie die Expansionskraft der Gase aus dem Stoß der im Lösungsmittel isolierten Molekeln. Nehmen wir den einfachsten Fall, daß von den zu beiden Seiten einer organischen Membran befindlichen Flüssigkeiten nur die eine imbibiert werden kann, so kann

auch nur diese die Membran durchwandern, es kommt also nur eine einseitige Diosmose zustande. In der Mehrzahl der Fälle wird die Diosmose eine doppelseitige sein, indem beide Flüssigkeiten, wenn auch vielleicht in ungleichem Maße, imbibierbar sind, so daß ein Austausch von Substanz nach beiden Seiten hin erfolgen kann. In dem oben geschilderten Versuch tritt z. B. nicht nur Wasser aus der Umgebung in die mit Zuckerlösung gefüllte Schweinsblase ein, sondern umgekehrt wandert auch Zucker aus der Blase in das umgebende Wasser. Durch die Osmose können beträchtliche mechanische Arbeitsleistungen vermittelt werden.

Um diese Tatsache durch das Experiment nachzuweisen, verwenden wir denselben Apparat, welcher früher zum Nachweis des Wurzeldruckes benutzt wurde. Das weite Rohr *a* (Fig. 184) wird an seinem unteren Ende mit einer osmotisch wirksamen Membran, etwa mit einem Stück Schweinsblase, fest überbunden und sodann von oben her eine fast konzentrierte Rohrzuckerlösung in dasselbe gegossen, so daß auch der angrenzende Schenkel des Manometerrohres bis zur Oberfläche des Quecksilbers davon erfüllt wird.

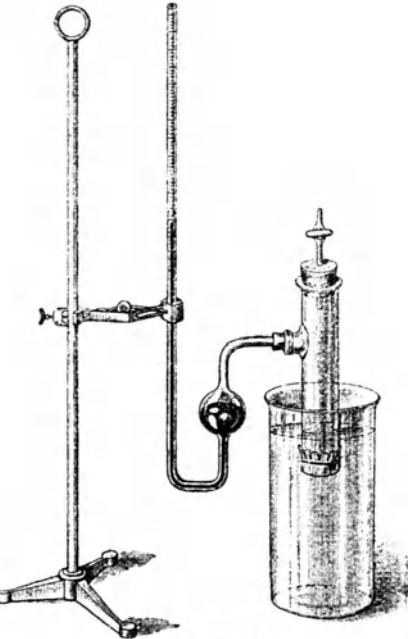


Fig. 184.

Apparat zum Nachweis der durch Osmose erzeugten Druckwirkung.
Erklärung im Text.

Nachdem das weite Rohr oben wieder dicht verschlossen worden ist, taucht man dasselbe mit dem unteren Ende in reines Wasser. Infolge der Osmose dringt Wasser durch die Membran in den Apparat, welches das Quecksilber in der offenen Manometeröhre emporreibt. Die Höhe, bis zu welcher die osmotische Kraft den Druck im Innern des Apparates zu steigern vermag, ist abhängig von der Beschaffenheit der Flüssigkeit und der Membran. Würde der Druck eine gewisse Höhe übersteigen, so müßte endlich der Filtrationswiderstand der Membran überwunden und die Lösung durch dieselbe aus dem Apparat herausgepreßt werden. Es wird sich also bei längerer Versuchsdauer ein Gleichgewichtszustand herausstellen.

Wenn wir uns den Bau der Pflanzenzelle vergegenwärtigen, so werden wir leicht erkennen, welche hohe Bedeutung die osmotischen Prozesse für den Stoffverkehr in dem Pflanzenkörper haben müssen. Die ausgewachsene Zelle stellt eine von organischer Substanz gebildete, ringsum geschlossene Blase dar, deren Inneres von dem Zellsaft, d. h. von einer wässrigen Lösung verschiedener Salze, Säuren, Zucker, Farbstoffe usw., erfüllt ist.

Die Wand der Blase wird gebildet von der Zellmembran und von dem die Zelle auskleidenden Protoplasmaschlauch. Das Imbibitionsvermögen der Zellhaut und des lebenden Protoplasmas sind nicht gleich und außerdem sind auch die osmotischen Eigenschaften der beiden wesentlich voneinander verschieden.

Die Zellwand besitzt die größere Durchlässigkeit, durch sie diosmieren manche Substanzen, welche das Protoplasma nicht zu durchwandern vermögen. Legt man z. B. Epidermiszellen des Blattes von *Tradescantia* in eine mit rotem Kirschsafte gefärbte Zuckerlösung, so wird durch den Zucker dem Zellsafte Wasser entzogen, das Protoplasma zieht sich zusammen und weicht von den Zellwänden zurück. In den Raum, welcher dadurch zwischen Zellwand und Protoplasma in jeder Zelle entsteht, dringt auf osmotischem Wege die gefärbte Lösung ein, das Protoplasma und der von ihm eingeschlossene Zellsaft bleiben dagegen ungefärbt.

Die geringere Durchlässigkeit des lebenden Protoplasmas verhindert nicht nur, daß gewisse Stoffe von außen her in die Zelle eindringen, sondern sie hält auch Stoffe, welche im Zellsaft gelöst sind, in der Zelle zurück. Legen wir eine sorgfältig abgespülte Scheibe einer roten Rübe in klares Wasser, so bleibt das Wasser lange Zeit ungefärbt, ein Beweis, daß der in den Zellen vorhandene rote Farbstoff nicht durch das lebende Protoplasma diosmieren kann. Eine Prüfung des Wassers mit Fehlingscher Lösung ergibt, daß auch von dem in den Zellen abgelagerten Zucker nichts durch das Protoplasma hindurchgedrungen ist. Tötet man aber durch Eintauchen in heißes Wasser das Protoplasma in den Zellen des Rübenstückes, so gelangen sowohl Farbstoff als Zucker leicht in das umgebende Wasser.

Es muß erwähnt werden, daß auch nicht alle Zellwände gleiche diosmotische Eigenschaften besitzen, besonders zeigen die verkorkten Membranen geringe Durchlässigkeit für Wasser. Auch das Protoplasma der verschiedenen Zellen dürfte sich hinsichtlich der diosmotischen Fähigkeiten verschieden verhalten; ja es ist sogar wahrscheinlich, daß innerhalb derselben Zelle die einzelnen Teile des Protoplasmakörpers besondere diosmotische Eigenschaften zeigen und daß diese Eigenschaften während des Lebens dem Wechsel unterworfen sein können.

Die spezifische osmotische Befähigung der pflanzlichen Membranen und des Protoplasmas gibt uns eine Erklärung dafür, warum nicht alle im Bodenwasser gelösten Substanzen in die Pflanze eindringen und weshalb das Mengenverhältnis, in welchem die einzelnen Nährstoffe von der Pflanze aufgenommen werden, unabhängig ist von dem Mengenverhältnis, in welchem dieselben im Nährboden vorhanden sind.

Die verschiedenen Stoffe, welche im Zellsaft gelöst sind, veranlassen eine Wasserzufuhr von außen her auf diosmotischem Wege. Dadurch wird, wenn genügende Wassermengen zur Aufnahme vorhanden sind, von dem Protoplasma aus ein Druck auf die feste Zellwand bewirkt. Sie wird elastisch gespannt und verhindert endlich durch den ausgeübten Gegen- druck eine weitere Wasseraufnahme. Der Saftdruck, d. i. die Spannung zwischen Zellwand und Zellinhalt wird als **Turgor** oder Turgescenz der Zelle bezeichnet. Auf dem Saftdruck der Zellen beruht vielfach die innere Festigkeit saftiger Pflanzenteile. Wenn für eine Pflanze Wassermangel eintritt, so daß der Transpirationsverlust aus dem im Innern der Pflanze vorhandenen Wasser gedeckt werden muß, so sinkt der Saftdruck in den Zellen, die saftigen Pflanzenteile werden welk und schlaff, bis erneute Wasserzufuhr den Turgor wieder herstellt.

Wenn man die Zellen mit Lösungen in Berührung bringt, welche stärker wasseranziehend wirken, als die im Zellinnern vorhandenen, wenn man etwa turgescente Zellen in genügend starke Salz- oder Zuckerlösung oder in verdünntes Glycerin legt, so wird durch die Wasserentziehung ebenfalls der Turgor herabgesetzt bis zur gänzlichen Entspannung der Zellwand. Wirkt das wasserentziehende Mittel noch weiter fort, so löst sich der Protoplasmaleib der Zelle von der Zellwand ab und zieht sich entsprechend dem Wasserverlust auf einen kleinen Raum zusammen. Dieser Vorgang wird als **Plasmolyse** bezeichnet (Fig. 185). Ersetzt man das wasserentziehende Mittel recht-

zeitig durch Wasser, so wird die Plasmolyse wieder aufgehoben und der Turgor wieder hergestellt. Indem man zur Herbeiführung der Plasmolyse in Pflanzenzellen Salzlösungen verwendete, deren osmotische Leistungsfähigkeit zahlenmäßig bekannt war, konnte man konstatieren, daß der Saffdruck im Innern der Zellen häufig die Höhe von drei bis fünf Atmosphären erreicht und in einzelnen Fällen selbst über 20 Atmosphären hinaus steigt.

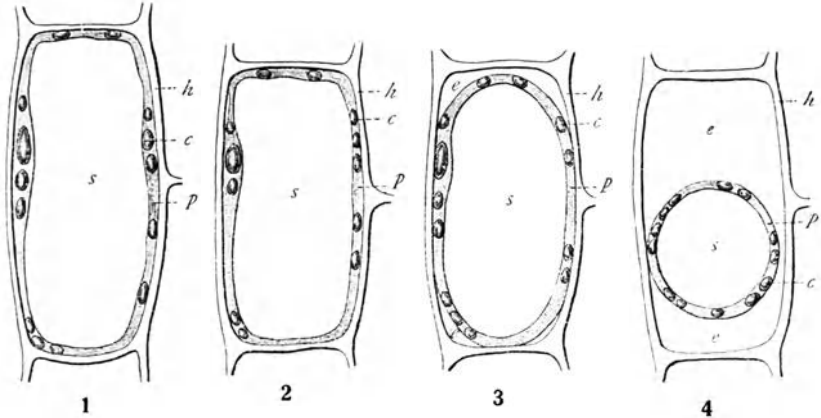


Fig. 185.

Parenchymzelle aus der Rinde des Blütenstiels von *Cephalaria leucantha* im optischen Längsschnitt. *h* Zellhaut, *p* Protoplasma, *c* Chlorophyllkörper, *s* Zellsaft. In 1 ist die Zelle turgescient, in 2 ist durch Einwirken einer vierprozentigen Salpeterlösung der Turgordruck bis zur Entspannung der Zellhaut verringert. 3 und 4 zeigen verschiedene Stadien der Plasmolyse, veranlaßt durch stärkere Salpeterlösungen, wobei die plasmolysierende Lösung in den mit *e* bezeichneten Raum zwischen Zellwand und Protoplasma eindringt (nach de Vries).

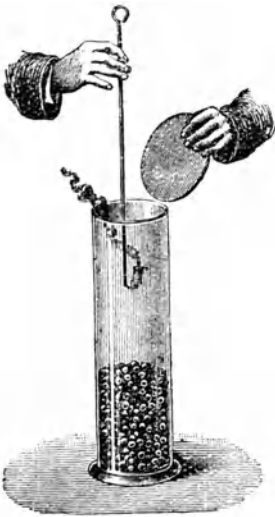


Fig. 186.

Versuch zum Nachweis des Sauerstoffverbrauchs durch atmende Pflanzen (nach Oels).
Erklärung im Text.

Die Atmung. — Nicht alle durch den Fr-nährungsprozeß erzeugten organischen Stoffe treten dauernd als Baustoff in die Körpersubstanz des Pflanzenleibes ein, ein Teil derselben wird im weiteren Verlaufe des Stoffwechsels wieder zerstört. Es handelt sich dabei um einen in jeder lebenden Zelle fortgesetzt sich langsam abspielenden Verbrennungsvorgang, durch welchen Betriebskräfte für die Unterhaltung der Lebenstätigkeit der Zelle gewonnen werden. Aeußerlich macht sich dieser Vorgang in einer Aufnahme von Sauerstoff und in einer Abgabe von Kohlendioxyd durch die Pflanze bemerkbar, man bezeichnet denselben als Atmung.

Wir können den Sauerstoffverbrauch atmender Pflanzen durch ein einfaches von Sachs angegebenes Experiment nachweisen. In einen oben abgeschliffenen Glaszylinder bringen wir einige in lebhaftem Wachstum begriffene Hutpilze, oder wir füllen denselben etwa zu einem Drittel mit Erbsen an, in welchen durch eintägiges Liegen in Wasser der Keimungsprozeß angeregt worden ist (Fig. 186). Wir schließen die Oeffnung des Cylinders durch eine aufgelegte Glasplatte und lassen den Apparat etwa 24 Stunden

unberührt stehen. Nach Verlauf dieser Zeit ist der Sauerstoff des im Cylinder abgeschlossenen Luftquantums verbraucht, ein brennendes Licht, welches wir mittelst einer Drahtstange in den Cylinder bringen, erlischt sofort. Ein auf gleiche Weise hineingebrachtes Gläschen mit Barytwasser zeigt durch die Trübung der Flüssigkeit das Vorhandensein von Kohlendioxyd an. Da indes die Luft in dem Cylinder von Anfang an einen, wenn auch geringen Prozentsatz von Kohlendioxyd enthielt, so ist zum exakten Nachweis der Kohlendioxydausscheidung eine andere Anordnung des Versuches nötig, welche durch die Fig. 187 veranschaulicht wird.

In der unten abgeschliffenen Glasglocke *r*, welche luftdicht auf eine Glasplatte aufgesetzt ist, befindet sich ein in Wasser gestellter frischer Blumenstrauß. Durch die obere flaschenhalsartige Oeffnung der Glocke sind luftdicht zwei mit Glashähnen versehene gebogene Röhren geführt. Durch die eine derselben *e* soll Luft in die Glocke hineingeleitet werden, durch die andere *a* soll die Luft aus der Glocke herausgesaugt werden. Die durch *e* eintretende Luft wird vorher durch das Gefäß *k* geleitet. Die in demselben vorhandene

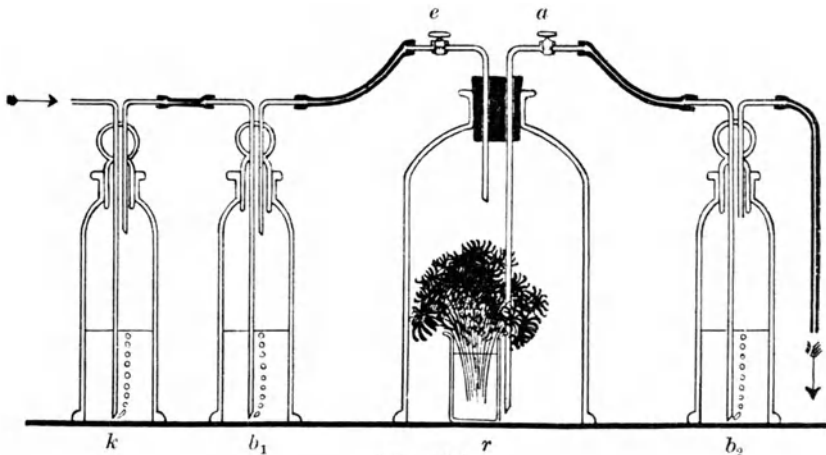


Fig. 187.

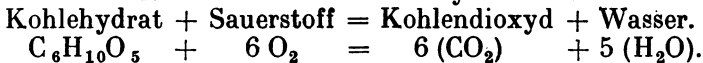
Apparat nach Sachs zum Nachweis der Kohlensäureausscheidung.

Die von links her eintretende Luft wird in dem Gefäß *k*, welches Bimssteinstücke mit Kalilauge enthält, kohlendioxydfrei gemacht und strömt durch das in *b*₁ enthaltene Barytwasser, ohne es zu trüben, in den Rezipienten *r*. Dort befinden sich lebende Keimpflanzen, welche Kohlendioxyd ausscheiden. Die von dort durch das Rohr *a* kommende Luft trübt daher das Barytwasser in *b*₂.

Flüssigkeit ist Kalilauge, welche der durchströmenden Luft das Kohlendioxyd entzieht. Um uns zu überzeugen, daß die Luft nach dem Verlassen des Gefäßes *k* wirklich kohlendioxydfrei geworden ist, leiten wir sie, bevor sie in die Glasglocke einströmt, in das mit Barytwasser gefüllte Gefäß *b*₁. Etwa noch vorhandenes Kohlendioxyd würde durch Trübung des Barytwassers angezeigt werden. Wenn aber die Einrichtung so getroffen wird, daß die Luft nur langsam durch das Gefäß *k* streicht, so bleibt das Barytwasser in *b*₁ völlig klar; nötigenfalls kann man den Luftstrom zuvor noch durch ein zweites Gefäß mit Kalilauge leiten. Es kann also zu den lebenden Blumen unter der Glocke *r* nur kohlendioxydfreie Luft gelangen. Bevor wir nun den Apparat weiter zusammensetzen, saugen wir mit Hilfe einer Wasserstrahl-Luftpumpe, welche mit dem freien Ende der Röhre *a* verbunden ist, einige Zeit hindurch kohlendioxydfreie Luft durch die Glocke *r*, bis wir sicher annehmen dürfen, daß das ursprünglich vorhandene Quantum atmosphärischer Luft in der Glocke *r* durch die hinzuströmende Luft verdrängt worden ist. Sodann schließen wir die beiden Glashähne in den Röhren *a* und *e* und schalten zwischen der Röhre *a* und der Luftsaugpumpe das Gefäß *b*₂ ein, welches klares Barytwasser enthält. Setzen wir nun nach Oeffnung der Glashähne die Luftpumpe in Tätigkeit, so strömt fortgesetzt kohlendioxydfreie Luft in die Glasglocke *r* ein, die dort befindlichen Pflanzen aber scheiden bei der Atmung Kohlendioxyd aus.

Die Luft, welche aus der Glasglocke in das Gefäß b_2 gelangt, ist also wieder kohlendioxidhaltig und trübt infolgedessen das Barytwasser. Um den Versuch als Unterrichtsdemonstration in der Ferne sichtbar zu machen, setzt man dem Barytwasser Phenolphthalein zu, die dadurch rotgefärbte Flüssigkeit wird von dem zugeführten Kohlendioxid entfärbt.

Bei der Atmung der meisten Blütenpflanzen ist das Volumen des aufgenommenen Sauerstoffes gleich dem Volumen des abgeschiedenen Kohlendioxid. Das veratmete Material ist Stärke oder Zucker, aus denen unter Hinzutritt von Sauerstoff Kohlendioxid und Wasser entsteht:



Fettreiche Samen nehmen bei der Keimung viel mehr Sauerstoff auf als Kohlendioxid ausgeatmet wird, weil in ihnen bei der Umwandlung der sauerstoffarmen Fette in Kohlehydrate Sauerstoff gebunden wird. Bei sukkulenten Pflanzen bleibt die Menge des ausgeschiedenen Kohlendioxid hinter dem Volum des eingeatmeten Sauerstoffs zurück, weil als Zwischenstufen bei der Oxydation organische Säuren gebildet werden, die in dem Zellsaft gelöst zurückgehalten werden.

Wenn man lebende Pflanzen in eine sauerstofffreie Atmosphäre, etwa in Wasserstoff oder in einen luftleeren Raum, bringt, so hört die Ausscheidung von Kohlendioxid nicht augenblicklich auf, sondern sie dauert bisweilen noch mehrere Stunden lang fort. Die Zerlegung der organischen Substanzen in den Zellen, welche zu der Kohlendioxidbildung führt, findet also auch unabhängig von der Einwirkung des äußeren Sauerstoffes statt. Der dabei zu der Kohlendioxidbildung nötige Sauerstoff stammt aus dem Molekularverbande des Pflanzenkörpers. Dieser Vorgang, welcher demnach auf einer molekularen Aenderung der organischen Substanzen des Pflanzenkörpers beruht, wird als intramolekulare Atmung bezeichnet. Er ist eigentlich der wichtigste Schritt bei dem Atmungsprozeß. Die Sauerstoffaufnahme von außen her ist nur die Folge des durch die intramolekulare Atmung geschaffenen Sauerstoffbedürfnisses.

Die Atmung setzt sich demnach aus zwei Vorgängen zusammen, der Spaltung der organischen Substanz und der Oxydation der Spaltungsprodukte. Den Anstoß für die Spaltung liefert die Einwirkung gewisser in der Pflanzenzelle vorhandener Enzyme, komplizierter Eiweißkörper, über deren chemische Natur nichts Sicheres bekannt ist.

Wir haben in der Atmung einen Lebensprozeß vor uns, der in seinen äußeren Erscheinungen dem Prozesse der Assimilation genau entgegengesetzt ist. Bei der letzteren werden unter Aufwand der von Licht und Wärme gelieferten Kräfte organische Verbindungen zusammengesetzt, indem Kohlendioxid aufgenommen und Sauerstoff abgegeben wird; es wird also die Summe der im Pflanzenkörper vorhandenen Spannkraft erhöht: bei der Atmung dagegen werden organische Verbindungen unter Sauerstoffzufuhr verbrannt und Kohlendioxid abgegeben; ein Teil der durch die Assimilation gewonnenen Spannkraft wird dadurch in lebendige Kraft umgesetzt und für die Unterhaltung der Lebensvorgänge in den Zellen zur Verfügung gestellt.

Die Menge des von einer assimilierenden Pflanze aufgenommenen Kohlendioxid überwiegt bedeutend die Menge, welche durch die Atmung von derselben Pflanze abgegeben wird. Die Folge davon ist, daß während der Assimilation die Ausatmung von Kohlendioxid der Beobachtung entzogen wird; wir haben deshalb für die Versuche über die Atmung Objekte gewählt, welche kein Chlorophyll besitzen und also nicht assimilieren.

Will man grüne Pflanzen für die Experimente benützen, so ist es nötig, die Versuchspflanzen zu verdunkeln, um die Assimilation und den dadurch bedingten Gasaustausch zu verhindern. Im natürlichen Verlauf der Dinge überwiegt nach dem Gesagten bei den grünen Pflanzen am Tage die Sauerstoffabgabe; in der Nacht dagegen, wo der Atmungsprozeß allein zur Geltung kommt, scheiden die Pflanzen Kohlendioxyd aus.

Daß bei der Atmung der Pflanzenzelle Spannkraft in lebendige Kraft übergeführt wird, geht aus der dabei nachweisbaren Wärmeerzeugung hervor. Unter gewöhnlichen Umständen ist freilich der als äußere Wärme bemerkbare Ueberschuß an lebendiger Kraft gering und wird durch die Strahlung und durch den Wärmeverbrauch bei der Transpiration leicht ausgeglichen, bei vorsichtiger Versuchsanstellung gelingt es indes auch, die Erwärmung atmender Pflanzenteile direkt nachzuweisen.

Wir füllen einen Glasrichter, der in einem Becherglase mit etwas Kalilauge steht, mit keimenden Erbsen oder Getreidekörnern an und überdecken dieselben mit einer

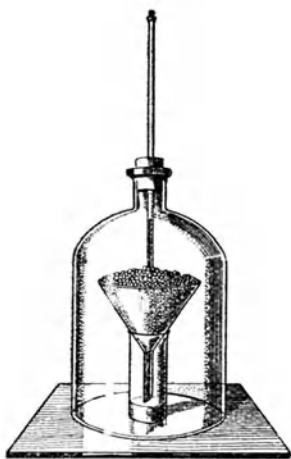


Fig. 188.

Apparat zum Nachweis der Wärmeerzeugung bei der Atmung.
Erklärung im Text.

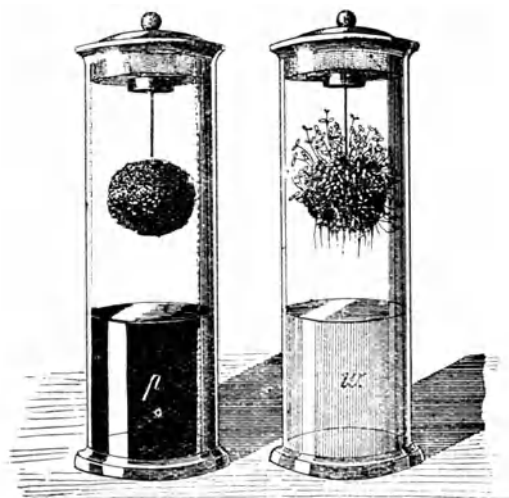


Fig. 189.

Apparat zum Nachweis der Tatsache, daß Samen bei Sauerstoffausschluß nicht keimen. *p* Pyrogallussäure, *w* Wasser. Erklärung im Text.

tubulierten Glasglocke, durch deren Tubulus ein genaues Thermometer so weit eingeschoben ist, daß die Quecksilberkugel sich zwischen den Erbsen oder Getreidekörnern befindet (Fig. 188). Die Glocke darf nicht dicht schließen, damit Luft in den Raum strömen kann; die Kalilauge in dem Becherglase ist bestimmt, das produzierte Kohlendioxyd aufzunehmen, um eine die Atmung beeinträchtigende Ansammlung desselben zu verhüten. In einem ganz gleichen Apparat füllen wir den Trichter mit einer gleichen Menge derselben keimenden Samen an, die vorher durch Abbrühen getötet worden sind. Beide Apparate werden so nebeneinander aufgestellt, daß alle äußeren Bedingungen für beide möglichst gleich sind. Nach einiger Zeit zeigt das Thermometer in dem mit lebenden Keimlingen beschickten Apparat eine um einige Grad höhere Temperatur an als dasjenige des Kontrollapparates. Als Ausnahme von der Regel sind die Fälle zu betrachten, in denen durch sehr intensive Atmung ein so starker Wärmeüberschuß in Pflanzenteilen erzielt wird, daß die Erwärmung schon äußerlich durch das Gefühl bemerkbar ist. So ist z. B. an dem Spadix der aufblühenden Inflorescenzen von Arumarten bisweilen eine Selbsterwärmung bis zu 15 und mehr Graden Celsius zu beobachten. Ebenso ist auch die Umsetzung der durch die Atmung frei werdenden Kraft in strahlende Energie bei der Phosphoreszenz der selbstleuchtenden Pflanzen, des

Agaricus melleus u. a. m., als ein seltenes Vorkommnis zu betrachten, dem eine allgemeine Bedeutung nicht beigemessen werden kann.

In einem früheren Abschnitt ist gesagt worden, daß mit Ausnahme einer geringeren Anzahl niederer Organismen alle Pflanzen ebenso wie die Tiere eine Sauerstoffzufuhr zur Unterhaltung ihrer Lebensprozesse nötig haben. Wenn wir Pflanzen in eine sauerstofffreie Atmosphäre bringen, so werden bald alle Lebensäußerungen unterbrochen, und wenn die Sauerstoffentziehung von längerer Dauer ist, so tritt der Tod ein. Auch für die beginnende Lebenstätigkeit keimfähiger Samen ist die Sauerstoffatmung ein unbedingtes Erfordernis: wenn wir keimfähige Samen in einer Wasserstoffatmosphäre oder im luftleeren Raum unter sonst günstige Keimungsbedingungen bringen, so bleibt die Keimung aus.

Wir füllen, um den Versuch anzustellen (Fig. 189), in einen nicht zu hohen Glaszylinder mit luftdicht schließendem Stopfen etwas Pyrogallussäure, durch welche dem darüber verbleibenden Luftquantum der Sauerstoff entzogen wird. An dem Stopfen befestigen wir ein feuchtes Schwämmchen, auf welches einige Kressesamen ausgesät sind. Zur Kontrolle wird ein gleiches Gefäß in gleicher Weise hergerichtet, nur mit dem Unterschiede, daß statt der Pyrogallussäure Wasser eingefüllt wird. Nach kurzer Zeit keimen die Samen in dem Kontrollapparat, während die Samen über der Pyrogallussäure selbst bei längerer Versuchsdauer ungekeimt bleiben.

Verwenden wir bei dem Versuch Keimpflanzen, deren Wurzel schon eine gewisse Länge erreicht hat, so läßt sich durch die direkte Messung konstatieren, daß in sauerstoffreichem Raume kein Wachstum stattfindet. Bleiben die Versuchspflanzen nicht zu lange dem Sauerstoffmangel ausgesetzt, so können sie später unter normalen Bedingungen sich auch wieder normal weiterentwickeln.

4. Das Wachstum.

Das Wachstum der Pflanzen beruht im wesentlichen darauf, daß die durch den Ernährungsprozeß gewonnenen organischen Verbindungen in die Körpersubstanz der Organismen eingefügt werden. Wir können das Wachstum im allgemeinen definieren als Volumvermehrung, welche bleibende Gestaltveränderungen veranlaßt. Der Verlauf des Wachstums in den einzelnen Entwicklungsstadien der Pflanze und ihrer Organe sowie auch die durch das Wachstum erreichte Gestalt der Pflanze und ihrer Teile sind in gewissem Grade von dem Einfluß der äußeren Umstände abhängig, in ihren Grundzügen aber sind sie anzusehen als der Ausdruck innerer, erblich erworbener Eigenschaften, für deren Natur und Wirksamkeit sich zurzeit keine genügende mechanische Erklärung geben läßt.

Das Wachstum der Zellen. — Bei den aus Zellen aufgebauten Gewächsen haben wir zwei das Wachstum bedingende Vorgänge zu unterscheiden, die Vermehrung der Zellzahl und die Vergrößerung der einzelnen Zellen. Die Vermehrung der Zellzahl findet, wie wir früher gesehen haben, hauptsächlich in den jugendlichen Pflanzenteilen, in dem meristematischen Gewebe der Vegetationspunkte und im Cambium der älteren Organe statt. Dieselbe braucht nicht direkt ein Wachstum, d. i. eine bleibende Gestaltsveränderung der betreffenden Pflanzenteile, zu bewirken, denn die durch die Zellteilung entstehenden neuen Zellen nehmen vorerst keinen größeren Raum ein, als die Mutterzelle; aus der sie hervorgegangen sind. Sie behalten indes ihre ursprüngliche Dimension nicht dauernd bei. Die jugendlichen Zellen sind ganz oder fast ganz von Protoplasma erfüllt; später vergrößern sie sich wesentlich, indem die organische

Substanz der Zellwand und des Protoplasmas durch Aufnahme geeigneter Baustoffe vermehrt wird und indem im Protoplasma Vakuolen auftreten, welche sich mehr und mehr vergrößern und endlich den mittleren Teil der Zellhöhlung ganz einnehmen (Fig. 190). Nachdem die Zellen ihre endgültige Größe erreicht haben, findet noch eine besondere Ausgestaltung derselben statt. Wir können also in dem Entwicklungsvorgange einer Zelle drei Phasen erkennen: 1. den embryonalen Zustand, 2. die Phase der Streckung, die zur Erreichung der endgültigen Größe und Gestalt führt, und 3. die Phase der inneren Ausbildung. Die regelmäßige Aufeinanderfolge dieser drei Wachstumsphasen bezeichnet man als die große Periode.

Ein direkter Einblick in die Mechanik des Wachstums der organischen Substanzen des Protoplasmas und seiner Teile und der Zellwand ist selbst mit den besten optischen Hilfsmitteln unmöglich. Wir sind bezüglich derselben wieder auf eine Hypothese angewiesen, die an die Vorstellung über den molekularen Bau der organisierten Substanz anknüpft. Das Protoplasma ist der eigentliche Träger des Lebens. In seinem Innern vollziehen sich, wie wir gesehen haben, fortgesetzt verwickelte Stoffwechselvorgänge; Aufbau und Zertrümmerung von Molekülen gehen nebeneinander her. Zu jeder Zeit werden Stoffe aufgenommen und ausgeschieden. Wenn die Aufnahme die Ausgabe übersteigt, so muß eine Volumvermehrung zustande kommen, im entgegengesetzten Fall tritt eine Volumverminderung ein. Die beiden Fälle können zu jeder Zeit miteinander abwechseln, so daß also hier von einer bleibenden Volumveränderung nicht gesprochen werden kann. Bestimmtere Vorstellungen lassen sich schon gewinnen, wenn wir nicht das gesamte Protoplasma einer Zelle, sondern einzelne bestimmt geformte Teile, wie die Chlorophyllkörper, oder organische Einschlüsse wie die Stärkekörner ins Auge fassen, oder wenn wir unsere Betrachtung auf die Cellulosewand der Zelle beziehen.

Alle diese Gebilde denken wir uns aus Micellen aufgebaut, welche von Flüssigkeitshüllen umgeben sind. Diese Struktur ermöglicht es, daß Moleküle der Bausstoffe in das Innere der Substanz zwischen die vorhandenen Micellen einwandern können. Sie können dort entweder sich an die Micelle ansetzen, oder aber sie vereinigen sich an einzelnen Punkten in den Intermicellarräumen zu neuen Micellen, die sich mit eigener Flüssigkeitshülle umgeben. Es ist klar, daß dadurch die vorhandenen Micellen auseinandergerückt werden müssen und daß also die Substanzvermehrung eine bleibende Volumvergrößerung des Gesamtkörpers zur Folge hat. Man bezeichnet diesen Wachstumsvorgang, dessen Vorbedingung die Imbibition ist, als Intussusception. Neben diesem

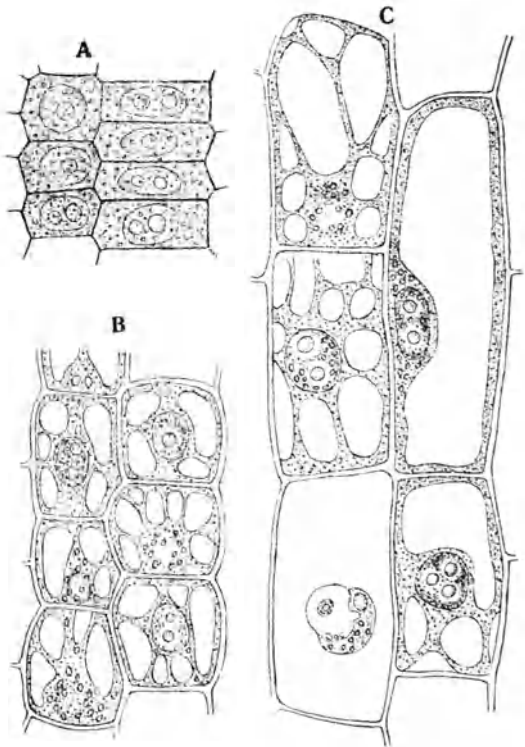


Fig. 190.

Parenchymzellen aus der Wurzelrinde der Kaiserkrone in verschiedenen Wachstumsstadien. A Embryonales Stadium. B und C in Streckung begriffene Zellen (nach Sachs).

Wachstum kann nun bei den Stärkekörnern und bei den Zellwänden noch eine andere bleibende Volumvergrößerung vor sich gehen dadurch, daß vom Protoplasma neue Lamellen der betreffenden Substanz gebildet und auf die vorhandenen aufgelagert werden. Dieser Vorgang wird als Apposition bezeichnet. Durch Apposition kann nur eine Dickenzunahme, nicht aber die Flächenvergrößerung der Zellwand erklärt werden.

Bei der Streckung der Zellen ist es hauptsächlich die Ausbildung der Vakuolen im Zellinnern und das Flächenwachstum der Zellwand, durch welches die bleibende Volumveränderung bewirkt wird. Die Einlagerung neuer Substanz in die Zellwand bedingt, wie wir gesehen haben, ein Auseinanderdrängen der vorhandenen Micelle, es muß also dabei die Kohäsionskraft zwischen den Micellen überwunden werden. In kräftig wachsenden Zellen ist durch die vom Turgor bewirkte elastische Dehnung der Zellwand schon ein Teil der Kohäsionskraft überwunden, so daß dadurch die Intussusception erleichtert wird. Früher nahm man an, daß der Turgor die unerläßliche Vorbedingung für das Zustandekommen des Flächenwachstums der Zellwand sei, es ist

indes von Pfeffer durch exakte Versuche gezeigt worden, daß auch, unabhängig von der Dehnung, ein beträchtliches Flächenwachstum durch Intussusception erfolgen kann und daß auch normalerweise im Pflanzenkörper stärkste Turgorspannung und ausgiebigstes Flächenwachstum der Zellwand nicht überall nebeneinander hergehen.

In der dritten Wachstumsphase erlangen die Zellen ihre definitive Ausbildung. Dieselbe kann sich sowohl auf den Zellinhalt, als auch auf die Zellwand beziehen. Unter der Umbildung des Inhaltes haben wir die Chlorophyllbildung in den Zellen des Assimilationsgewebes, ferner die Ablagerungen von Reservestoffen und Sekreten zu verstehen, die sich in den Zellen des Speichergewebes und in den Sekretzellen vollziehen; auch das gänzliche Schwinden des lebenden Zellinhaltes in den Holzfasern, in den Zellen, welche zu Gefäßgliedern werden, u. a. m. gehört hierher. Die häufigsten Umbildungen, welche die Zellwände in der dritten Wachstumsphase erfahren, bestehen in der Ausbildung der früher besprochenen Wandverdickungen und in chemischen Veränderungen der Wandsubstanz durch Verholzung oder Verkorkung. Endlich ist auch die Auflösung von Zellwänden oder von einzelnen Teilen derselben, wie sie bei der Bildung der Gefäße und bei der Entstehung mancher Sekretbehälter eintritt, hier anzuführen.

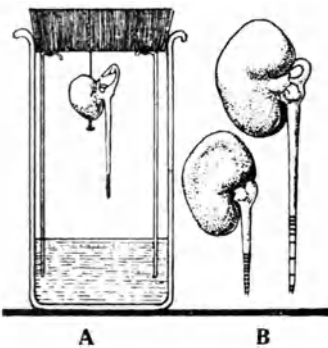


Fig. 191.

A Apparat zur Beobachtung des Wachstums der Wurzel einer Bohne. B Die Spitze einer mit Tuschmarken versehenen Bohnenwurzel zu Anfang und zu Ende des Versuchs.
Erklärung im Text.

Das Wachstum der Organe. — Wir können am Pflanzenkörper bezüglich der Wachstumsverhältnisse zwei Gruppen von Organen unterscheiden: einmal solche Organe, welche längere Zeit unbegrenzt fortwachsen, wie die Wurzeln und die vegetativen Sproßachsen, und zweitens Organe, welche nach einiger Zeit eine definitive Größe und Gestalt erreichen, wie die Blätter und die Blüten. Bei Organen der letzteren Art ist leicht, ebenso wie bei den Zellen, eine große Periode des Wachstums zu erkennen. Jedes Blatt, jede Blüte tritt zuerst als ein embryonales Gewebe bestehendes Höckerchen auf, welches alsbald in die zweite Wachstumsphase, in die Periode der Streckung, eintritt und zu seiner definitiven Größe und Gestalt heranwächst. Innere Veränderungen in den Zellen und Geweben der Organe führen endlich zu dem Zustande des Ausgewachsenseins. Aber auch bei den Organen mit unbegrenztem Wachstum können wir von einer großen Periode des Wachstums reden, wenn wir die Betrachtung auf einen beliebigen Abschnitt eines solchen Organs beschränken. Dieser ist aus dem embryonalen Gewebe am Vegetationspunkt hervor-

gegangen, hat durch Streckung seine definitive Größe und durch innere Veränderungen seine endgültige Ausbildung erreicht.

Wir tragen auf die Keimwurzel einer großen Bohne, *Vicia Faba*, von der Spitze anfangend, Tuschmarken in gleichen Abständen auf und befestigen die Bohne in einen Glaszylinder so, daß die Wurzelspitze senkrecht abwärtsgekehrt ist (Fig. 191 A). Durch Anbringung von Fließpapierstreifen, welche in das den Boden des Zylinders bedeckende Wasser tauchen, wird die Luft im Gefäße feucht erhalten. Um jeden Einfluß des Lichtes auf das Wachstum der Wurzel fernzuhalten, stellen wir den Apparat ins Dunkle. Nach einiger Zeit sehen wir, daß die Wurzel sich durch Wachstum verlängert hat und daß ein Teil der Tuschmarken dadurch ungleichmäßig auseinandergerückt worden ist (Fig. 191 B). Es ergibt sich daraus, daß das kräftigste Wachstum der Wurzel auf eine kurze Strecke beschränkt ist, welche wenige Millimeter hinter der Spitze liegt. Das unmittelbar an der Wurzelspitze gelegene Gewebe zeigt geringe Zunahme. Es ist die Zone des embryonalen Gewebes, in welchem die Zellvermehrung durch fortgesetzte Teilung erfolgt. Darauf folgt ein in lebhafter Streckung befindlicher Abschnitt der Wurzel, auf welchem die Tuschmarken den weitesten Abstand erreicht haben. Der noch weiter rückwärtsliegende Teil der Wurzel hat keine Streckung mehr erfahren, er hatte beim Beginn des Versuches schon seine definitive Größe erreicht und befindet sich in der letzten Wachstumsphase der inneren Ausbildung. Der Unterschied der fortwachsenden Organe von denjenigen, welche ein begrenztes Wachstum besitzen, beruht also nur darin, daß bei den letzteren alles embryonale Gewebe gleichmäßig in Streckung und innere Ausbildung übergeht, während bei den ersteren an der Spitze ein Teil des embryonalen Gewebes erhalten bleibt, um fortgesetzt nach rückwärts hin Gewebeteile abzugeben, welche zunächst in Streckung übergehen und dann durch innere Ausbildung den Endzustand erreichen.

Das Experiment mit der durch Tuschmarken bezeichneten Wurzel kann uns auch Auskunft geben über den zeitlichen Gang des Längenwachstums in der Periode der Streckung. Wir sehen, daß an dem der Wurzelspitze zunächstliegenden Teil der in Streckung begriffenen Zone nur wenig Wachstum stattgefunden hat. An den nächstälteren Teilen nimmt die Wachstumsgröße schnell zu, weiter oben aber werden die Abstände zwischen den Tuschmarken wieder geringer bis zu der Zone, in welcher überhaupt kein Auseinanderrücken der Marken mehr bemerkbar ist. An den soeben aus dem embryonalen Zustande heraustretenden Zonen der Wurzel setzt also die Streckung langsam ein, sie wird dann allmählich beschleunigt, bis sie in einer gewissen Entfernung von der Wurzelspitze ihr Maximum erreicht, und nimmt von dort aus allmählich wieder ab, um endlich mit dem Abschluß der zweiten Wachstumsphase ganz zu erlöschen.

Wir haben nun zunächst auf die drei Wachstumsphasen der Organe noch etwas näher einzugehen. Wir haben gesehen, daß in dem embryonalen Gewebe des Pflanzenkörpers fortgesetzt Zellteilungen erfolgen und daß die dadurch gebildeten Zellen nachträglich eine erhebliche Streckung erfahren. Es darf aus dieser zeitlichen Aufeinanderfolge der Zellteilung und der Streckung nicht gefolgert werden, daß die Teilungsvorgänge unabhängig von dem Wachstum etwa aus inneren Ursachen erfolgten. Vielmehr ist die Zellteilung eine Folge des Wachstums. Sobald eine teilungsfähige embryonale Zelle durch Wachstum eine gewisse Maximalgröße erlangt hat, tritt in ihr Kern- und Zellteilung ein und die entstandenen Tochterzellen wachsen erst wieder bis zu ihrer Maximalgröße heran, bevor weitere Teilungen erfolgen. Wird das Wachstum des embryonalen Gewebes durch mangelhafte Ernährung gehemmt, so bleibt auch die Zahl der Zellteilungen geringer, als in normalen, gut ernährten Vegetationspunkten.

Die Richtung, in welcher die Teilung der embryonalen Zellen erfolgt, wird durch innere und äußere Umstände bedingt. Die Stellung der jungen Teilungswand entspricht, wie oben auf S. 101 dargelegt wurde, einer Gleichgewichtslage der Berührungsfläche der beiden Tochterzellen; im allgemeinen gilt für die Zellen der embryonalen Gewebe das Gesetz,

daß die neue Wand die Mutterzelle in annähernd gleiche Hälften teilt und sich rechtwinklig an die vorhandene Zellwand ansetzt.

In Gewebekörpern, wie sie die Vegetationspunkte der höheren Pflanzen darbieten, lassen sich diese Verhältnisse nicht mehr so leicht übersehen, indes ist sehr häufig schon aus den zwischen der Zellanordnung und der äußeren Form des Gewebekörpers vorhandenen einfachen geometrischen Beziehungen auf eine mechanisch bedingte Gesetzmäßigkeit in der Folge und Richtung der Zellteilungen zu schließen. Man bezeichnet die Zellwände, welche der Oberfläche des Organs parallel verlaufen, als Periklinen, diejenigen, welche zur Oberfläche hin gerichtet sind, als Antiklinen. In dem sehr häufigen Fall, daß der Vegetationspunkt eines Sprosses annähernd die Form eines Paraboloides besitzt, finden wir infolge des gesetzmäßigen Verlaufes der Zellteilungen die Periklinen und Antiklinen auf dem Längsschnitt des Vegetationskegels anfangs zu zwei Scharen konfokaler Parabeln angeordnet (Fig. 192). Später geht durch Verschiebung der Zellen während der Streckung die Regelmäßigkeit der Anordnung meistens verloren.

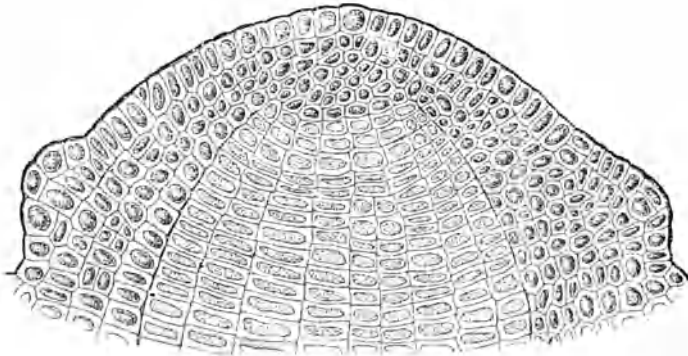


Fig. 192.

Längsschnitt durch den Vegetationspunkt einer Winterknospe der Edeltanne. Die Zellwände lassen, soweit nicht durch die Anlagen seitlicher Organe eine Störung veranlaßt wird, eine regelmäßige Anordnung zu konfokalen Parabeln erkennen. (Nach Sachs.)

Eine Abweichung von der die Teilungsrichtung und die Größe der Teilzelle beherrschenden Regel findet im allgemeinen dann statt, wenn die durch den Teilungsprozeß entstehenden Tochterzellen ungleichwertig sind. Z. B. am Vegetationspunkt vieler Kryptogamen, wo die eine der Teilzellen die Natur einer fortgesetzt teilungsfähigen Scheitelzelle behält, während die andere die Anlage vegetativer Organe mit begrenztem Wachstum bildet, — oder bei der Anlage von Geschlechtsorganen, wo die eine der Tochterzellen vegetativ bleibt, während die andere zur Bildung von Fortpflanzungszellen befähigt ist.

Wir dürfen uns den Vorgang der Streckung in dem in der zweiten Wachstumsphase begriffenen Abschnitt eines Pflanzenorganes nicht so vorstellen, als ob die Gesamtmasse der Zellen gleichmäßig an Ausdehnung gewinnt, sondern jede Zelle verlängert sich selbständig nach Maßgabe des in ihr stattfindenden Flächenwachstums der Zellwand und der durch den Turgor bewirkten Dehnung. Die Bildsamkeit der organischen Substanz der Zellwand gestattet es, daß die ungleichmäßig sich vergrößern den Zellen aneinander hingleiten und Raum gewinnen, ohne daß es durch entstehende Spannungen zur Zerreißen des Gewebeverbandes zu kommen braucht. Man bezeichnet diesen Vorgang als gleitendes Wachstum. Infolge des Turgordruckes hat jede wachsende Parenchymzelle das Bestreben, ihren Gesamtumriß möglichst abzurunden. Auch diesem Bestreben wird durch die Plastizität der organischen Substanz der Wände Rechnung

getragen, indem die Zellwände an den Kanten der Zellen sich spalten, so daß Intercellularräume entstehen, welche schließlich durch den ganzen Körper der erwachsenen Pflanze ein zusammenhängendes System von luffterfüllten Hohlräumen darstellen.

Die Spannungen zwischen den einzelnen Zellen eines Gewebes werden durch das gleitende Wachstum und durch die Ausbildung von Intercellularräumen ziemlich vollständig ausgeglichen; indem aber ganze Gewebeverbände ein ungleichmäßiges Wachstum betätigen oder auch nur infolge der Verschiedenheit des Turgors in ihren Zellen ungleiche Dehnung erfahren, kommen im Pflanzenkörper Gewebespannungen zustande, welche wesentlich zur Festigung krautartiger Pflanzenteile beitragen.

An den Sprossen ist die äußere Gewebeschicht durch das stärkere Wachstum der inneren Teile passiv gedehnt. Wenn wir z. B. von einem Internodium eines krautartigen Stengels einen Gewebestreifen der Länge nach abschälen, so zieht sich derselbe augenblicklich zusammen und verkürzt sich so weit, daß er nicht mehr zur Bedeckung der durch das Abschälen entstandenen Wunde ausreicht. An den Wurzeln zeigen umgekehrt die äußeren Gewebepartien das stärkste Wachstum. Halbieren wir eine junge Wurzel der Länge nach, so krümmen die Hälften sich einwärts, weil entsprechend der bestehenden Spannung der Zentralcyylinder sich zusammenzieht, die Rinde dagegen sich auszudehnen strebt.

Die passive Dehnung, welche die oberflächlichen Gewebepartien der Sprosse erfahren, bezieht sich nicht nur auf die Längsrichtung des Organes, sondern die Gewebe sind auch quer gespannt. Schneiden wir eine Querscheibe aus einem krautartigen Internodium heraus und führen durch dieselbe einen Schnitt in der Richtung eines Radius bis zur Mitte, so klafft der Schnitt auseinander, weil die äußeren Gewebe, das Hautgewebe und die daran grenzenden Teile der Rinde, sich zusammenziehen.

Als einen Ausdruck von Querspannungen in den Geweben der Sprosse müssen wir ferner das Hohlwerden vieler Internodien und Blattstiele ansehen. Das Markgewebe vermag in ihnen der starken Querausdehnung der äußeren Gewebeschichten durch Wachstum nicht mehr zu folgen und zerreißt. In vielen Fällen scheinen nebenbei noch andere, innere Ursachen bei der Entstehung der hohlen Internodien beteiligt zu sein.

Das Wachstum des Gesamtorganismus. — Die Periodizität, welche wir in dem Wachstum der Zelle und der einzelnen Pflanzenorgane kennen gelernt haben, spiegelt sich im großen und ganzen auch in der Lebensgeschichte des ganzen Pflanzenindividuums wider. Betrachten wir zunächst eine einjährige Pflanze. Die Anlage des jungen Pflänzchens in dem von der Mutterpflanze gebildeten Samen besteht ganz aus embryonalem Gewebe. Sie hat in den sie umgebenden Gewebeschichten des Samens oder in den Zellen ihrer Keimblätter einen Vorrat von Nährstoffen mitbekommen, die für die ersten bei der Keimung eingeleiteten Wachstumsprozesse das Material liefern. Mit der Keimung tritt die Pflanze in die Phase der Streckung, des vegetativen Wachstums, ein. Ein anfangs langsames, allmählich schneller werdendes Wachstum erfolgt, durch welches die Pflanze die ihr eigentümliche Form und Größe erlangt. Gegen das Ende der Vegetationszeit wird der Zuwachs allmählich wieder geringer, bis er endlich ganz aufhört, so daß alle Kräfte und Stoffe für die Frucht- und Samenbildung zur Verfügung stehen. An der erwachsenen einjährigen Pflanze läßt sich häufig aus der Größe und Verteilung der seitlichen Glieder noch nachträglich der geschilderte Gang der Entwicklung ersehen. Am unteren Ende sind die Blätter klein, die Internodien kurz weiter oben folgt eine Region mit großen Laubblättern, welche durch lange Internodien getrennt sind, und zum Gipfel hin nimmt die Blattgröße und die Länge der Internodien wieder schrittweise ab.

Wir dürfen uns den Verlauf des Wachstums der einjährigen Pflanze nun freilich nicht so vorstellen, als ob von der Keimung bis zu der Periode kräftigsten Wachstums eine kontinuierliche Steigerung der Zuwachsgröße und von dort bis zum Aufhören des Wachstums eine beständige Verminderung derselben stattfände. Der Einfluß der äußeren Umstände, besonders der Wechsel von Tag und Nacht, bewirkt vielmehr, daß die Zuwachsgröße unausgesetzt schwankt. Die Kurve, durch welche wir uns die Periodizität des Wachstums versinnlichen können, stellt also nicht

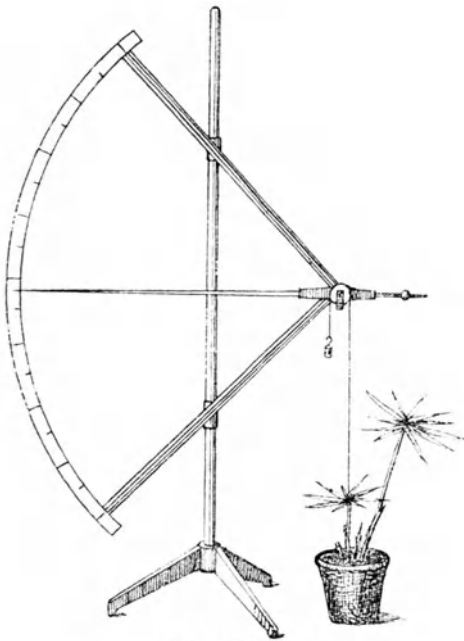


Fig. 193.
Zeiger am Bogen.
Erklärung im Text.

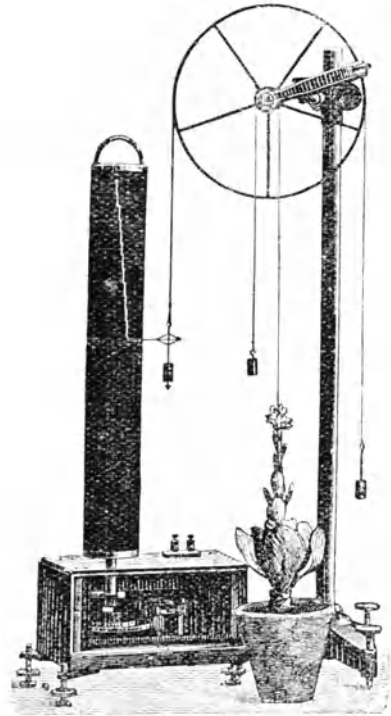


Fig. 194.
Auxanometer.
Erklärung im Text.

eine einfache, nach oben gekrümmte Bogenlinie dar, sondern eine vielfach gewellte Linie, deren höchste Erhebung über die Abscissenachse dem Wachstumsmaximum der großen Periode entspricht. Die durch die Wellung angedeuteten sekundären Maxima und Minima entsprechen Wachstumsschwankungen, welche sich innerhalb eines Tages abspielen. Man bezeichnet den Verlauf derselben als die Tagesperiode des Wachstums. Das Wachstum steigert sich während der Nacht bis gegen Morgen hin und nimmt im Laufe des Tages wieder ab.

Wir haben in dem auf S. 179 beschriebenen Versuch mit der Bohnenwurzel, welche in gleichen Abständen mit Tuschmarken versehen worden war, eine Methode kennen gelernt, welche uns gestattet, über den Verlauf der Streckung in den einzelnen Querscheiben eines Organs Aufschluß zu gewinnen. Wollen wir den Verlauf der Zuwachsbewegung eines ganzen Pflanzenteiles beobachten, so können wir uns dazu eines

von Sachs konstruierten Apparates, des Zeigers am Bogen, bedienen, welcher in Fig. 193 abgebildet ist. An einem festen Eisenstativ ist ein graduirter Kreisbogen mit großem Radius befestigt, über welchem ein um den zugehörigen Kreismittelpunkt drehbarer Zeiger spielt. Der letztere ist leicht beweglich und mit einem Gegengewicht versehen, so daß sein Schwerpunkt in die Drehungsachse fällt und der Zeiger sich also in jeder Lage im Gleichgewicht befindet. Auf der Achse des Zeigers ist eine Rolle mit geringem Durchmesser befestigt. Um einen Versuch mit dem Apparat anzustellen, setzen wir eine Pflanze, deren Organe im Wachstum begriffen sind, unter die Achse des Zeigers. Ein Faden, welcher mittelst einer Schlinge am Gipfel eines Sprosses befestigt ist, wird über die Rolle geleitet und durch ein daran gehängtes Gewichtchen

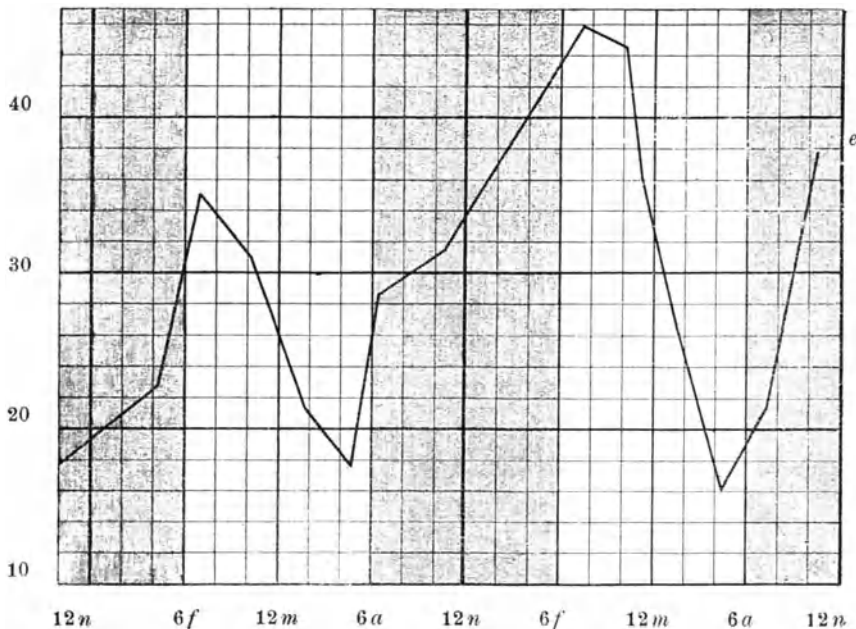


Fig. 195.

Zuwachsbewegungen des Stengels einer *Dahlia variabilis* während zweier Tage (nach Sachs). Erklärung im Text auf S. 184.

leicht gespannt. Die Zuwachsbewegung des Sprosses wird nun durch den Faden auf die Rolle übertragen und durch die Spitze des Zeigers vielfach vergrößert an dem Kreisbogen angezeigt.

Wenn man den Apparat vor Erschütterungen bewahrt und einen Faden verwendet, der nicht zu sehr durch den wechselnden Feuchtigkeitsgehalt der Luft beeinflusst wird, so kann man mit Hilfe des Zeigers am Bogen hinreichend genaue Beobachtungen machen. Für genauere Untersuchungen hat man feinere, selbstregistrierende Apparate konstruiert, welche als Auxanometer bezeichnet werden. Im Prinzip stimmen dieselben mit dem Zeiger am Bogen überein. Bei dem in Fig. 194 abgebildeten Auxanometer wird die Zuwachsbewegung der Pflanze mittelst eines Fadens auf eine Rolle übertragen. Eine an derselben Achse befestigte Rolle mit bedeutend größerem Radius gibt an ihrem Umfange die Bewegung stark vergrößert wieder und teilt sie einem Zeiger mit, welcher an einem um die Rolle geschlungenen Faden befestigt ist. Der Zeiger zeichnet dann den Gang der Bewegung auf einem beruhten Zylinder auf, welcher durch ein Uhrwerk von Stunde zu Stunde um ein kleines Stück seines Umfanges gedreht wird. Durch einen solchen Apparat wird also der Wachstumsverlauf selbsttätig registriert, und man kann am Ende des Versuchs den Zuwachs in den einzelnen Zeitabschnitten genau vergleichen.

Wir wollen zunächst die mit einem der vorstehend geschilderten Apparate gewonnenen Resultate benutzen, um den Verlauf der Tagesperiode in einem konkreten Fall kennen zu lernen. In Fig. 195 ist eine auf rechtwinklige Koordinaten bezogene Kurve gezeichnet, welche den Verlauf des Längenwachstums eines Sprosses von *Dahlia variabilis* während zweier Tage darstellt. Als Abscissen sind die Tagesstunden aufgetragen; die Teile des Systems, welche den Nachtstunden von 6 Uhr abends bis 6 Uhr früh entsprechen, sind schattiert. Die Kurve wurde in der Weise konstruiert, daß jedesmal der dreistündige Zuwachs mit dem Zeiger am Bogen bestimmt und in vierundzwanzigfacher Vergrößerung als Ordinate für die betreffende Tagesstunde eingetragen wurde. Wir ersehen aus dem Verlauf der Kurve ohne weiteres, daß sich das Wachstum während der Nacht steigert, bis es in den frühen Morgenstunden sein Maximum erreicht. Dann nimmt tagsüber die Wachstumsgeschwindigkeit wieder ab. Am Nachmittag wird das Minimum erreicht; mit der beginnenden Dämmerung tritt wieder eine Steigerung ein.

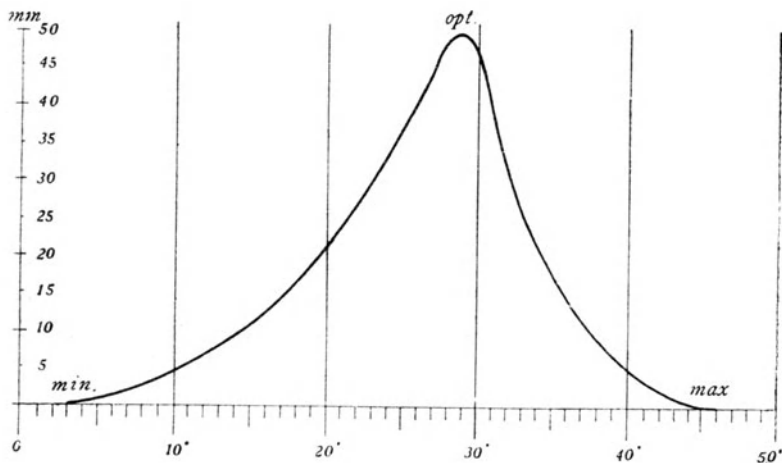


Fig. 196.

Kurve, welche das Längenwachstum der Wurzel von *Pisum sativum* in gleichen Zeiträumen unter dem Einfluß verschieden hoher Temperatur darstellt.

Die Allgemeinheit, mit welcher die tägliche Wachstumsschwankung bei den Gewächsen sich geltend macht, berechtigt zu dem Schluß, daß die Tagesperiode des Wachstums als das Resultat eines direkten Einflusses der äußeren Umstände anzusehen ist. Tag und Nacht sind aber nicht einfache Faktoren, sondern ganze Komplexe wechselnder äußerer Umstände. Mit der Beleuchtung können auch die Temperatur und der Feuchtigkeitsgehalt der Luft wechseln und ihren veränderten Einfluß auf das Wachstum geltend machen. Wir haben also, um das Wesen der Wachstumsperioden eingehender zu erforschen, den Einfluß jedes einzelnen dieser Faktoren für sich allein zu studieren.

Was zunächst den Einfluß der Temperatur auf den Verlauf des Längenwachstums der Pflanzen anbetrifft, so haben zahlreiche exakte Untersuchungen ergeben, daß ganz allgemein die Steigerung der Wärme innerhalb gewisser, für die einzelnen Pflanzen individuell verschiedener Grenzen eine stetige Zunahme des Wachstums zur Folge hat, daß aber nach Ueberschreitung des Temperaturoptimums die Zuwachsgröße wieder stetig abnimmt, bis bei einer gewissen Temperatur das Wachstum gänzlich erlischt. Die in Fig. 196 dargestellte Kurve, welche den Einfluß

verschiedener Temperaturgrade auf das Längenwachstum der Wurzel von *Pisum sativum* darstellt, kann als Beispiel für diese Tatsache gelten. Für die Beeinflussung des Wachstums durch das Licht läßt sich kein allgemein gültiges Gesetz auffinden. Es gibt Pflanzen, für deren Wachstum das Licht ohne jeden Einfluß ist, bei der Mehrzahl der Gewächse aber vermindert sich das Wachstum in der Helligkeit, während die Verdunklung, auch wenn alle übrigen äußeren Umstände konstant erhalten werden, eine Beschleunigung des Wachstums zur Folge hat. Man könnte versucht sein, den Einfluß des Lichtes auf den Verlauf des Längenwachstums der Pflanzen mit der Assimilation in Beziehung zu setzen, indessen ist die Wachstumsverzögerung durch Beleuchtung bei manchen chlorophyllfreien Pflanzen ebenso stark ausgeprägt als bei den grünen Gewächsen. Der Wechsel des Feuchtigkeitsgehaltes der Luft endlich beeinflusst hauptsächlich die Transpiration der Pflanzen und durch diesen Turgor der Zellen und die Menge des Imbibitionswassers, welche zu dem Wachstum der Zellen in Beziehung stehen. Im allgemeinen äußert sich dieser Einfluß dadurch, daß bei Verminderung der Luftfeuchtigkeit eine Verlangsamung, bei Erhöhung derselben eine Beschleunigung des Längenwachstums der Sprosse erzielt wird.

Wenn nun auch feststeht, daß der mannigfache Wechsel der äußeren Umstände den Verlauf der Tagesperiode wesentlich beeinflusst, so darf nicht übersehen werden, daß auch unabhängig von äußeren Einflüssen aus inneren Ursachen unbekannter Art Schwankungen des Wachstums vor sich gehen, welche bei dem Zustandekommen der täglichen Periodizität mit beteiligt sind. Hält man Pflanzen, welche die Tagesperiode des Wachstums zeigen, in konstanter Dunkelheit, unter gleichmäßigen äußeren Bedingungen, so verschwindet die Periodizität nicht sofort, ihre Schwankungen, die Lagen des Maximums und Minimums, werden aber zeitlich mehr und mehr gegen den Ablauf der Tageszeiten verschoben. Es erscheint daher so, als ob der Wechsel der äußeren Umstände, der äußerlich in Tag und Nacht zum Ausdruck kommt, hauptsächlich die zeitliche Dauer der einzelnen Wachstumsschwankungen reguliert, während die Amplitude der Schwankungen wesentlich mit durch innere Ursachen bestimmt wird.

Bei mehrjährigen Gewächsen ist neben der Tagesperiode auch eine Jahresperiode des Wachstums vorhanden. Die einheimischen Holzgewächse machen während der Winterzeit eine Ruheperiode durch, während welcher das Wachstum gänzlich unterbrochen wird, worauf unter anderem auch die Ausbildung von Jahresringen im sekundären Holz beruht. Besonders auffällig macht sich bei unseren meisten Laubhölzern und unter den Nadelhölzern bei der Lärche die Jahresperiode durch den Laubwechsel bemerkbar. An den winterkahlen Sprossen beginnt mit dem Laubausbruch im Frühling die neue Wachstumsperiode, der Laubfall im Herbst zeigt ihren Abschluß an. Bei immergrünen Gewächsen vollzieht sich der Laubwechsel meist wenig auffällig, indem die alternden Blätter einzeln abgestoßen werden, doch kommen selbst im immergleichen Klima tropischer Länder Bäume mit periodischem Laubfall vor. Diese Tatsache und der Umstand, daß bei unseren laubwechselnden Bäumen und Sträuchern das Ruhestadium auch dann eintritt, wenn wir sie dem Einfluß der Winterkälte rechtzeitig

entziehen, beweist, daß die Periodizität nicht einfach als eine direkte Folge des Einflusses der äußeren Umstände angesehen werden darf, sondern daß hier wie bei der Tagesperiode des Wachstums die Wirkung innerer Ursachen in ausschlaggebender Weise zur Geltung kommt.

Ursachen für die Gestaltungsvorgänge beim Wachstum. — Die Formgestaltung, welche die Pflanze durch das Wachstum erlangt, wird im Grunde durch innere Ursachen erblicher Natur bestimmt; normalerweise entwickelt sich die Pflanze aus dem Samen zu einem Gebilde, das in allen Teilen nach Form und Funktion den Elternpflanzen ähnlich ist und in gleicher Weise Nachkommen von ähnlicher Ausbildung erzeugt. Wir sind nicht imstande, die Wirkungsweise der inneren Ursachen, auf denen die erbliche Aehnlichkeit in der Formbildung der einzelnen Pflanzenarten beruht, mechanisch zu erklären; indes ist ein kausales Verständnis der Erscheinung angebahnt durch die Erkenntnis der Tatsache, daß das befruchtete Ei, aus dem die neue Pflanze hervorgeht, einen Teil von der lebenden Substanz der Elternpflanzen darstellt. Diese Substanz vergrößert sich durch Wachstum, das heißt, sie vermag von außen her zugeführte Baustoffe in sich aufzunehmen, ohne dadurch ihre spezifischen Eigenschaften zu ändern. Da nun alle Zellen des Pflanzenkörpers durch Zellteilung aus der einen Eizelle hervorgegangen sind, so enthält auch jede derselben einen Teil des Keimplasmas, auf dessen Vorhandensein die Uebertragung der spezifischen Formgestaltung von den Eltern auf die Nachkommen beruht.

Man hat die Wiedererstehung der ererbten Eigenschaften an dem aus dem Keim hervorgehenden Organismus durch die Annahme erklären wollen, daß in der lebenden Substanz der Keimzelle, speziell in der chromatischen Substanz ihres Zellkerns, bereits die Anlagen aller einzelnen, an dem erwachsenen Organismus auftretenden Formelemente gegeben seien und daß in dem Entwicklungsgange des Individuums diese Anlagen nur zur Entfaltung gebracht werden. Ein mit allen Anlagen versehener Teil des Keimplasmas, welcher unzerteilt erhalten bleibt und sich durch Wachstum vergrößert, soll dabei das Material für die Fortpflanzungszellen liefern und die unveränderte Uebertragung der elterlichen Eigenschaften auf die weitere Nachkommenschaft vermitteln. Dieser Evolutionshypothese steht eine andere Anschauung gegenüber, nach welcher die spezifische Organisation des Keimplasmas gewissermaßen nur die Richtung bestimmt, welche der Entwicklungsgang einschlägt, während die Erreichung der für den betreffenden Organismus charakteristischen Formverhältnisse bedingt wird einmal durch die Wechselbeziehung, in welche die Zellen des Organismus und die aus ihnen aufgebauten Organe während des Entwicklungsganges zueinander treten und zweitens durch die Einwirkung der den Organismus umgebenden Außenwelt.

Die Wechselbeziehungen oder Korrelationen, welche zwischen den Teilen des Organismus bestehen, entziehen sich im normalen Entwicklungsgange unserer Wahrnehmung, es ist gewissermaßen in jedem Stadium des Entwicklungsganges bezüglich der gegenseitigen Beeinflussung der Organe ein Gleichgewichtszustand vorhanden. Wird aber durch einen operativen Eingriff das bestehende Verhältnis gestört, so werden unter dem Einfluß der Korrelationen Entwicklungsvorgänge veranlaßt, welche zur Wiederherstellung des Gleichgewichtszustandes führen.

Bisweilen mögen ernährungsphysiologische Vorgänge die Erklärung für die Korrelationserscheinungen bieten. So besteht z. B. ein bestimmtes Verhältnis zwischen der Entwicklung der Laubkrone und des Wurzelsystems vieler Gewächse. Kann sich aus irgendwelchen Gründen das Wurzelsystem nur schwach entwickeln, so gewinnt auch die Laubkrone nur geringe Ausdehnung, und umgekehrt veranlaßt eine Beschränkung der Laubbildung durch äußere Umstände auch eine Schwächung des Wurzelvermögens. Zufuhr der Nährstoffe und Assimilation sind eben in gleicher Weise bei dem Zustandekommen einer kräftigen Ernährung beteiligt. In den Infloreszenzen mancher Blütenpflanzen, z. B. vieler Asperifoliaceen, bleiben die zuletzt gebildeten Blütenanlagen unentwickelt, alle verfügbaren Baustoffe werden für die Entwicklung der ersten Blüten und für die Ausbildung ihrer Früchte aufgebraucht. Werden aber die ersten Blütenanlagen frühzeitig entfernt, so gelangen die späteren Anlagen, denen nunmehr die Baustoffe zuströmen, zur Entwicklung und Fruchtbildung.

Ein ähnliches Verhältnis, wie hier zwischen den verschiedenen alten Blütenanlagen, besteht auch zwischen den Achselknospen an den Trieben der Laubbäume. Im allgemeinen sind die an dem Spitzenende der Triebe gelegenen Achselknospen in der Ernährung bevorzugt, nur sie gelangen im normalen Verlauf des Wachstums zum Austreiben, während die weiter rückwärts stehenden Knospen unentwickelt bleiben. Entfernt man vor dem Austreiben der Knospen durch Beschneiden die Triebspitzen mit den bevorzugten Knospen, so werden die rückwärtsliegenden Knospen zum Austreiben gebracht, und selbst schlafende Augen, welche schon jahrelang im Ruhestand verhartet haben, können auf diese Weise noch zur Entwicklung gebracht werden, ein Umstand, der für den Gärtner bei der Erziehung von Formbäumen und Spalierbäumen große Bedeutung hat. Offenbar werden beim Beschneiden der Bäume durch die Beseitigung der konkurrierenden bevorzugten Knospen die vorhandenen Bildungstoffe für die ruhenden Knospen disponibel, wodurch die Entwicklung der letzteren ermöglicht und veranlaßt wird.

In vielen Fällen können indes, wie die folgenden Beispiele zeigen, Ernährungsverhältnisse allein nicht die Erklärung für die Korrelationserscheinungen liefern. Wenn man den senkrecht stehenden Gipfeltrieb einer Fichte abschneidet, so wenden sich einer oder einige der unterhalb des Gipfels stehenden, horizontal gerichteten Seitentriebe senkrecht nach oben und nehmen die Eigenschaft von Haupttrieben an. Das Vorhandensein des Gipfeltriebes bildet also durch eine Verknüpfung unbekannter innerer Ursachen den Grund für die horizontale Stellung und dorsiventrale Ausbildung der Seitensprosse. Ein ähnliches Beispiel bietet die Kartoffelpflanze. An der Basis des Laubsprosses derselben entspringen Ausläufer, welche normalerweise an ihrer Spitze zu stärkereichen Knollen anschwellen. Schneidet man aber frühzeitig den Laubtrieb fort, so unterbleibt die Knollenbildung an den Ausläufern; diese richten sich mit ihrer Spitze nach oben und werden zu Laubsprossen. Die Achselknospen, welche in den Blattachseln der Laubbäume stehen, entwickeln sich normalerweise erst im Jahr nach ihrer Anlage. Wird aber ein Sproß im Frühjahr der Blätter beraubt, so gelangen die Achselknospen schon in demselben Jahr zur Entfaltung, wobei auch die ersten Blätter, welche normal zu Knospenschuppen geworden wären, laubblattartig ausgebildet werden.

Die Korrelationen, welche zwischen der Basis und der Spitze der Pflanzen und ihrer Organe bestehen, bedingen in vielen Fällen eine physiologische Polarität, welche selbst in kleinen Teilstücken des Pflanzenkörpers bemerkbar ist und die Gestaltbildung an denselben in bestimmter Weise beeinflusst. Unabhängig von den äußeren Umständen wird bei der Entwicklung des Embryos der Gefäßpflanzen allein durch die Lage, welche das Ei in dem Körper der Mutterpflanze hat, der Ort bestimmt, an welchem sich die Basis und die Spitze, die Wurzel und der Sproß ausbilden, und mit der Beziehung der seitlichen Organe zu ihrer Abstammungsachse ist für diese die Lage der Basis und der Spitze unwandelbar bestimmt. Wenn wir z. B. ein abgeschnittenes Stück von dem Sproß einer höheren Pflanze, etwa von einem Weidenzweig, in feuchter Luft zum Austreiben bringen, so entwickeln sich zuerst an dem zur Spitze hin gekehrten Ende Seiten-

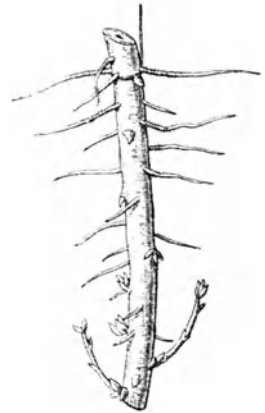


Fig. 197.

Sproß- und Wurzelbildung an einem in umgekehrter Lage aufgehängten Zweigstück der Weide (nach Hansen).

sprosse, während an dem entgegengesetzten Ende Adventivwurzeln ausgebildet werden, gleichviel ob wir bei dem Versuch die organische Spitze des Zweigstückes nach aufwärts oder nach unten kehren (Fig. 197). Es zeigt sich also, daß in diesem Falle die Polarität nicht das Resultat eines direkten Einflusses der Schwerkraft ist, sondern daß die durch die ererbte Organisation bedingte Wechselbeziehung der einzelnen Teile zueinander die Ursache der Erscheinung ist.

Außer den in den Korrelationserscheinungen zum Ausdruck gelangenden inneren Ursachen für die Formbildung kommen die gestaltenden Einflüsse der Außenwelt in Betracht. Der ganze Gang der Entwicklung und damit auch die als Endresultat erreichte Form der Pflanze und ihrer Organe stehen unter dem Einfluß der äußeren Lebensbedingungen. Wir können die inneren gestaltbildenden Wachstumsursachen, soweit sie nicht durch Korrelationen gegeben sind, definieren als die mit der Organisation des Keimplasmas ererbte Eigenschaft der Pflanzen, auf die äußeren Einflüsse in spezifischer Weise zu reagieren.

Die äußeren Einflüsse bilden dabei nur eine Anregung für das innere Geschehen, sie wirken als auslösende Reize, etwa in der Weise wie ein Druck auf den Knopf einer elektrischen Klingel die Auslösung eines von dem Druck gänzlich unabhängigen physikalischen Vorganges bewirkt, der das Ertönen der Glocke veranlaßt. Wir haben demnach bei der formgestaltenden Einwirkung äußerer Umstände zweierlei zu unterscheiden: den äußeren physikalischen oder chemischen Anstoß und die Reihe innerer, durch die spezifische Organisation des Pflanzenkörpers bedingter Vorgänge, deren Wirksamkeit in der Gestaltung des Pflanzenkörpers äußerlich wahrnehmbar wird.

Sehr auffällig macht sich der gestaltbildende Einfluß der äußeren Umstände bemerkbar, wenn man von gleichen Stecklingen einer Stammpflanze die einen in der Ebene, die anderen auf Bergeshöhe zur Entwicklung kommen läßt. Bei vielen Pflanzenarten bilden sich unter diesen Umständen wesentlich voneinander verschiedene Berg- und Talformen aus (Fig. 198). Vielfach weichen die ersteren von ihren im Tal erwachsenen Schwesterpflanzen dadurch ab, daß ihre unterirdischen Teile, Wurzeln und Rhizome, sich verdicken, verlängern und stärker verzweigen, während die oberirdischen Teile mit Ausnahme der Blüten in der Größe zurückbleiben und großblütige Zwergformen mit kürzeren Internodien und kleineren aber derberen Blättern bilden. Die Bergformen nähern sich dadurch in ihrer Gesamtgestalt der Wuchsform der typischen Alpenpflanzen, deren habituelle Eigentümlichkeiten dadurch ebenfalls als durch die äußeren Umstände wesentlich beeinflusst erscheinen.

Die dabei zur Wirkung gelangenden Veränderungen der äußeren Umstände sind komplexe Erscheinungen. Eine Zurückführung der veränderten Formverhältnisse auf die Wirkungsweise der einzelnen klimatischen Faktoren begegnet großen Schwierigkeiten. In anderen Fällen gelingt es leichter, die Natur des eine bestimmte Formveränderung bedingenden Reizes experimentell festzustellen.

Man bezeichnet die durch mechanische Reize beeinflusste Formbildung als **Mechanomorphose**. Ein gutes Beispiel bietet das Verhalten der Ranken bei gewissen Ampelopsisarten. Die Zweigenden ihrer Sproßranken bilden sich, sobald sie mit einem festen Körper in Berührung kommen, zu flachen Haftscheiben aus, welche sich allen Unebenheiten des berührten Körpers anschmiegen und sich mittels einer ausgeschiedenen Klebsubstanz ankitten. Bei Ranken, welche nicht mit einem festen Körper in Berührung kommen, unterbleibt die Ausbildung der Haftscheiben.

In ähnlicher Weise verändern sich die Uhrfederranken der tropischen Bauhinien, wenn sie mit einer Stütze in Berührung kommen, zu dicken, holzigharten Klammern, während sie ohne den Berührungsreiz unverändert bleiben (Fig. 199). Infolge eines Berührungsreizes bilden sich an den Fäden gewisser Spirogyraarten rhizoidartige Haftorgane und an den Sprossen von *Cuscuta* eigentümliche, die parasitische Nahrungsaufnahme vermittelnde, napfförmige Haustorien.

Sehr zahlreich sind die nachweisbar durch Lichtreize induzierten Formgestaltungen, welche als **Photomorphosen** bezeichnet werden. Wir müssen uns hier mit der Anführung einiger auffälliger Beispiele begnügen. An den auf beiden Seiten gleichgebauten baßgeigenförmigen Brutknospen von *Marchantia* (Fig. 223 C) wird die beleuchtete Seite zu der mit einem besonderen Assimilationsgewebe ausgestatteten Rückenseite des sich entwickelnden Thallus, während die vom Licht abgewendete Seite Haarwurzeln und Schuppen hervorbringt. An den dorsiventralen Prothallien vieler Farne (Fig. 235 A) entstehen die Archegonien und Haarwurzeln nur an der vom Licht abgewendeten Seite, gleichviel ob sie die morphologische Ober- oder Unterseite ist. Die Klettersprosse des Efeus bilden die Haftwurzeln nur auf der Schattenseite aus (Fig. 200). Die Sprosse einiger Opuntien gewinnen ihre flach scheibenförmige Gestalt unter dem Einfluß des Lichtes; im Finstern erwachsene Sprosse dieser Pflanzen sind stielrund (Fig. 201). Dorsiventralität und Anisophyllie sind in manchen Fällen als Folge von Lichtreizen nachgewiesen worden. Die bilateralen Sprosse von *Lycopodium complanatum* wachsen im Dunkeln radiär weiter und ihre Anisophyllie geht völlig verloren. Bisweilen zeigt sich das Auftreten bestimmter Organe an eine gewisse Intensität der Lichtwirkung gebunden.

Bei *Campanula rotundifolia* bilden sich die normalerweise nur im Frühling auftretenden, meist langgestielten Rundblätter, welche später durch kurzgestielte Langblätter abgelöst werden, auch im Sommer aus, wenn man die Beleuchtung entsprechend herabmindert. Zur normalen Blütenbildung ist eine gewisse Lichtintensität erforderlich, deren Stärke für die einzelnen Pflanzenarten verschieden ist, im allgemeinen aber höher liegt als die zur normalen Entwicklung der vegetativen Organe hinreichende Lichtmenge. Sinkt die Beleuchtung unter das erforderliche Maß, so treten bei vielen Versuchspflanzen zunächst kleinere oder unvollständige Blüten auf, bis endlich bei weiterem Sinken der Lichtintensität die Anlage von Blüten überhaupt unterbleibt.

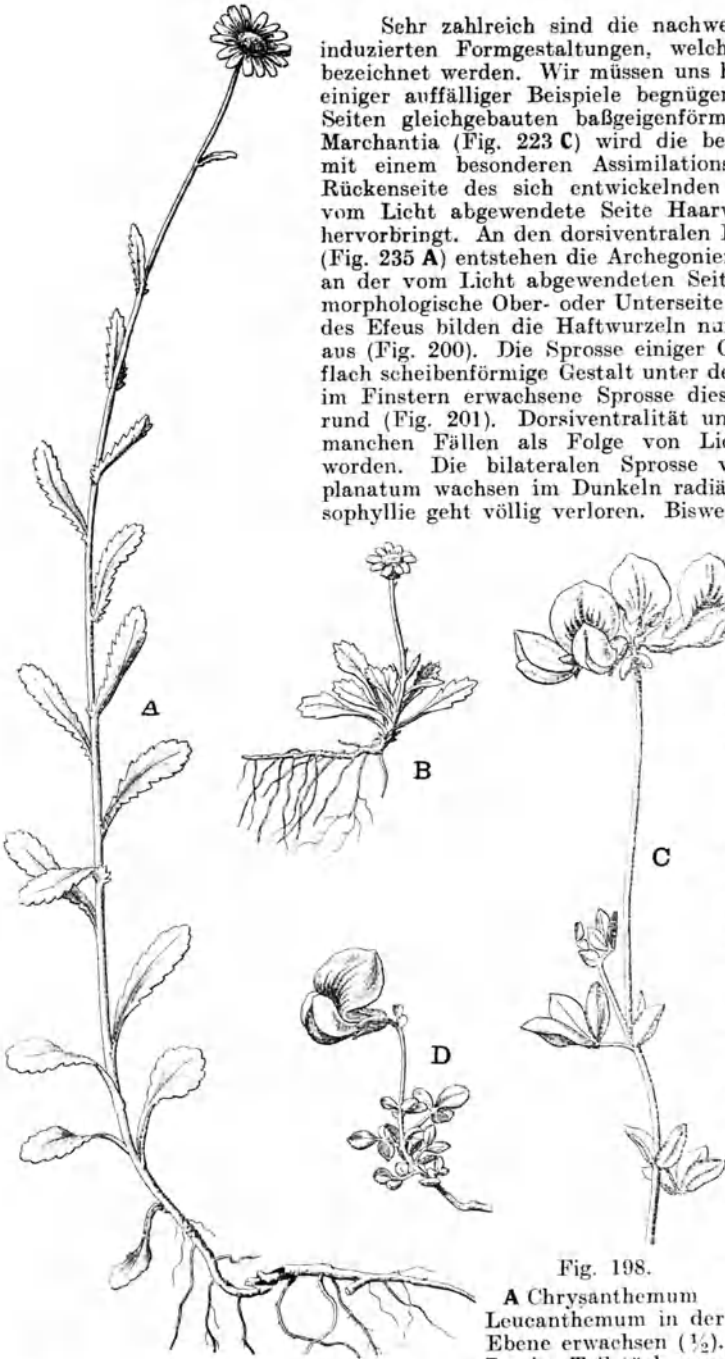


Fig. 198.

A *Chrysanthemum*
Leucanthemum in der
 Ebene erwachsen ($\frac{1}{2}$).
 B ein Teilstück von

demselben Stock im Gebirge in 2000 m Meereshöhe kultiviert ($\frac{1}{2}$).
 C Talform. D Bergform von *Lotus corniculatus* (nach Bonnier).

Lichtmangel ist in der Regel der Grund dafür, wenn Pflanzen, welche in Gewächshäusern oder Zimmern gehalten werden, dauernd blütenlos bleiben.

Der in bestimmter Richtung gleichmäßig wirkende Einfluß der Schwerkraft kommt bei der Gestaltbildung ebenfalls in Betracht. Wird z. B. ein Weidensteckling in feuchter Luft horizontal aufgehängt, so werden neue Sprosse außer an dem infolge der Polarität bevorzugten apikalen Ende nur auf der oberen Längshälfte des Stecklings gebildet, während die Adventivwurzeln aus der nach unten gerichteten Längshälfte hervorgehen. Horizontal gerichtete (plagiotrope) Sprosse zeigen häufig insofern eine auffällige Beziehung zur Richtung der Schwerkraft, als ein verstärktes Dickenwachstum entweder

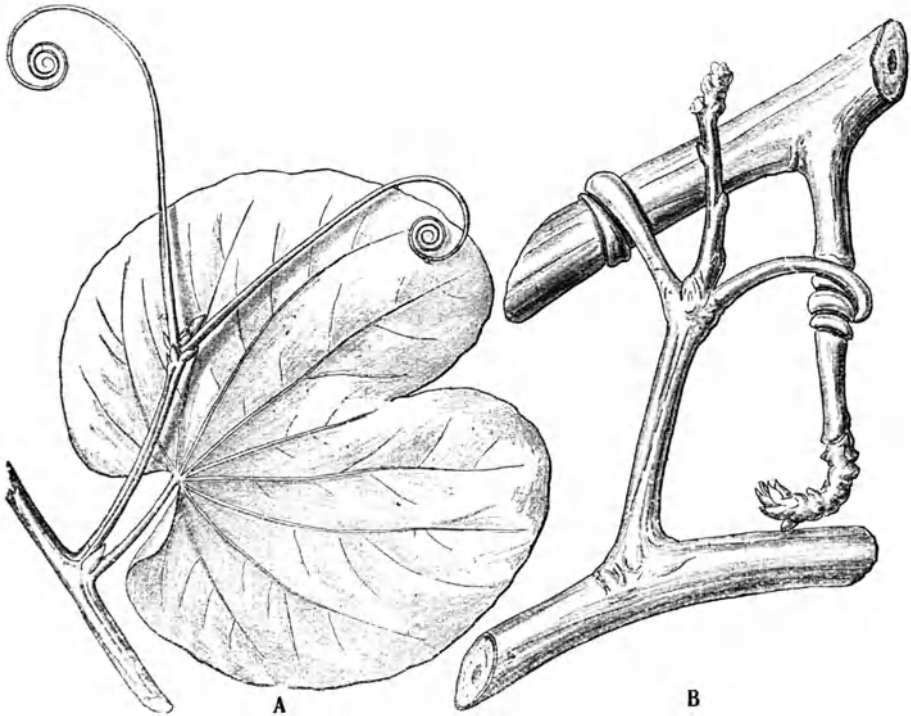


Fig. 199.

Uhrfederranken von *Bauhinia* ($\frac{1}{2}$).

A Teil eines jungen Sprosses, welcher in der Blattachsel einen Seitensproß mit Uhrfederranken trägt. **B** ein älterer Sproß, dessen Uhrfederranken nach Ergreifung einer Stütze stark in die Dicke gewachsen und verholzt sind.

an ihrer Unterseite (Hyponastie) oder an ihrer Oberseite (Epinastie) eintritt. Man nennt derartige Beeinflussungen der Gestalt durch die Schwere **Barymorphosen**.

Als **Chemomorphosen** können endlich die Gestaltbildungen bezeichnet werden, welche sich unter dem Einfluß von äußeren Verhältnissen chemischer Natur, wie Zusammensetzung und Aggregatzustand des umgebenden Mediums, Feuchtigkeitsgehalt der Luft, Gehalt des Bodenwassers an gelösten Stoffen usw. vollziehen. Die Länge des Blattstiels bei der Wasserrose richtet sich nach der Tiefe des Wassers. Die schwammigen Atemwurzeln von *Jussiaea* (Fig. 29) treten nur dann auf, wenn die Pflanze im überschwemmten Boden wächst. An den mit der Basis im Wasser stehenden Stengeln der einheimischen *Lythrum salicaria*, *Lycopus europæus* u. a. m. wird ein als Aërenchym bezeichnetes schwammiges Atemgewebe ausgebildet, welches bei den auf trockenem Boden wachsenden Pflanzen fehlt. Wurzeln von Weiden und anderen Uferbewohnern bilden sich, wenn sie in das freie Wasser oder in wasserführende Drainsröhren ge-

langen, zu roßschweifartigen Wurzelzöpfen um. Bei Wasserpflanzen sind vielfach die untergetauchten Blätter von anderer Gestalt als diejenigen, welche sich über den Wasserspiegel erheben. Diese Heterophyllie läßt sich in einigen Fällen auf eine direkte Wirkung des Mediums zurückführen, während sie in anderen durch die Beleuchtung induziert wird oder als eine erblich gewordene Anpassung erscheint. Amphibische Gewächse haben häufig eine von der Landform wesentlich verschiedene Wasserform, deren Entstehung dem direkten Einfluß des Wassers zuzuschreiben ist. *Lotus corniculatus*, *Plantago major* und andere bilden, wenn sie in salzhaltigem

Boden, etwa am Meeresstrande wachsen, Formen mit fleischigeren Blättern aus, *Salsola Kali* und andere, gewöhnlich auf salzhaltigen Standorten wachsende Pflanzen bekommen auf salzfreiem



Fig. 200.

Sproß von *Hedera Helix* mit Haftwurzeln *W* an einer Spalierstange befestigt ($\frac{1}{2}$).

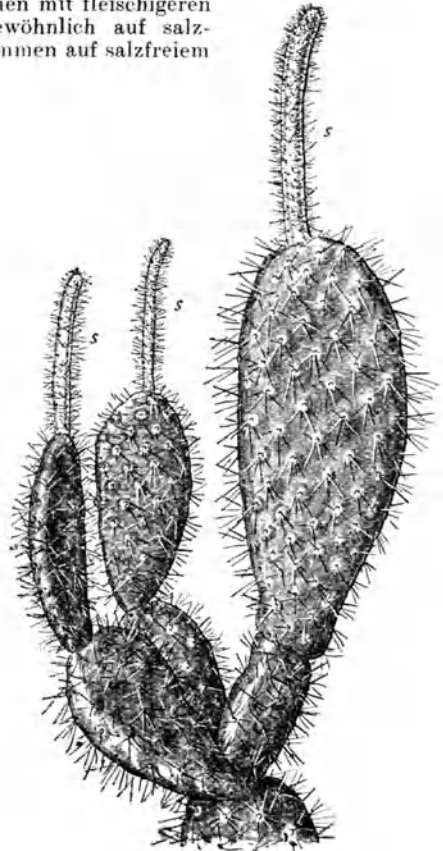


Fig. 201.

Flachsprosse von *Opuntia leucotricha*, welche im Dunkeln zylindrische Triebe *s* gebildet haben. (Nach Goebel.)

Boden dünnere Blätter. Selbstverständlich spielt auch die Reichlichkeit, in welcher die Nährstoffe der wachsenden Pflanze zur Verfügung stehen, eine gewisse Rolle. Manche Pflanzen bilden bei üppiger Ernährung Riesenformen, bei kärglicher Nahrungszufuhr Zwergformen aus, welche sich habituell von den normalen Exemplaren wesentlich unterscheiden. Bei vielen Pilzen gelingt es, durch die Quantität und Qualität der dargebotenen Nahrung die Ausbildung bestimmter Fortpflanzungsorgane hervorzurufen oder zu verhindern. Als Chemomorphosen sind in sehr vielen Fällen auch die Gallenbildungen zu betrachten, bei denen unter dem Einfluß gewisser vom Gallenerzeuger ausgehender Stoffe lokale, bestimmt geformte Mißbildungen, wie z. B. die Galläpfel der Eichenblätter, an den Pflanzenteilen auftreten.

Polarität, spezifische Korrelationen und die ererbte Fähigkeit auf den Einfluß der Umwelt in spezifischer Weise durch Gestaltungsvorgänge zu reagieren prägen den Habitus, d. i. die Gesamtgestalt des heranwachsenden Pflanzenindividuums und verleihen z. B. den Baumformen unserer Flora in der Hauptsache ihr charakteristisches Aussehen. Die außerordentliche Bildsamkeit des Pflanzenkörpers ermöglicht es aber durch operative Eingriffe die natürliche Gestalt in mannigfacher Weise abzuändern. Die Gärtner machen davon bei der Erziehung von Hecken und Formbäumen Gebrauch, indem sie durch Beschneiden, d. h. Abtrennen von Gliedern der Baumkrone die gewünschte Gestalt aufzwingen. Es gelingt auch Glieder von verschiedenen artgleichen oder doch nahe verwandten Pflanzenindividuen durch Verwachsung zu vereinigen. So können z. B. auf dem Stamm eines Apfelwildlings die Krone einer wertvollen Apfelsorte, an einem wilden Rosenstock Zweige einer schönblühenden Edelrose erzogen werden. Die als Pfropfen und Okulieren bezeichneten Operationen, durch welche derartige Vereinigungen erzielt werden können, sind für den Gartenbau, besonders für die Obstbaumzucht von außerordentlicher Bedeutung.

In ganz vereinzelt Fällen sind durch Pfropfen sogenannte Pfropfbastarde entstanden, in denen die Gewebe artverschiedener Pflanzen derart innig miteinander vereinigt sind und in Wechselwirkung treten, daß das Produkt der Vereinigung in Blattgestalt, Blütenform und Fruchtbildung keiner der beiden Stammarten gleicht.

Beim Pfropfen wird das Pfropfreis, d. h. ein unten keilförmig geschnittener Zweigipfel mit einigen Augen in einen Spalt des entgipfelten Sprosses oder Seitenastes der Unterlage so eingesetzt, daß die Kambien sich berühren. Die freien Wundflächen von Pfropfreis und Unterlage werden durch Umwicklung oder durch Verstreichung mit harzigem oder wachsartigem Material gegen Vertrocknen und gegen das Eindringen von Schädlichkeiten geschützt. Die infolge des Wundreizes eintretende Wucherung der an die Wundflächen grenzenden lebenden Zellen führt zur innigen Verwachsung der Gewebe. Das gleiche gilt für das Okulieren, bei dem ein mit einem schildförmigen Rindenstück versehenes Auge unter die T-förmig eingeschnittene und gelockerte Rinde der Unterlage eingeschoben wird.

Wenn man auf den entgipfelten Sproßstumpf einer Tomate den Sproßgipfel des schwarzen Nachtschattens pflanzt und nach dem Verwachsen des Pfropfreises mit der Unterlage die Pflanze quer durch die Pfropfstelle durchschneidet, so bildet sich eine Wundwucherung, an deren Zusammensetzung Gewebezellen beider Pflanzen beteiligt sind. Aus dieser Wundwucherung entspringen reichlich Adventivsprosse, die zum Teil ebenfalls beiderlei Gewebelemente in sich enthalten. Die aus solchen Adventivsprossen hervorgehenden Pflanzen werden als Chimären bezeichnet. Besteht der Vegetationspunkt der Chimäre zur einen Hälfte aus Tomatenzellen, zur anderen aus Nachtschattengewebe, so weist auch ihr Sproß in bezug auf Oberflächenbeschaffenheit, Blattgestalt, Blütenform und -farben und Fruchtbildung in der einen Längshälfte die Charaktere der Tomate, in der anderen die des Nachtschattens auf. Sind die beiden Gewebearten in ungleicher Menge am Aufbau des Vegetationspunktes beteiligt, so ist auch dementsprechend der Sproß aus ungleichbreiten Längsstreifen beider Komponenten zusammengesetzt. Blattanlagen, Seitensprosse und Blüten, die gerade in dem Grenzbezirk beider Gewebearten entspringen, zeigen in ihrer Gestaltung wieder die Beteiligung beider Formelemente an ihrem Aufbau an. Nur sehr selten treten bei den Versuchen Adventivknospen auf, bei denen die beiden Gewebearten zufällig derart verteilt sind, daß der innere Kern des Vegetationspunktes aus Tomatengewebe besteht, während die Oberflächenschicht von Nachtschattengewebe gebildet wird oder umgekehrt. Die aus solchen Adventivknospen erwachsenden Sprosse werden Periklinalchimären oder Pfropfbastarde genannt. Sie weichen in ihrer Form in allen Beziehungen von den Formen der beiden Stammpflanzen ab und sind unter sich verschieden, je nachdem Kern und Mantel von der einen oder andern Gewebeart gebildet sind und je nachdem die den Mantel bildende Gewebeart in einfacher oder mehrfacher Zellenlage auftritt. Aehnliche Pfropfbastarde, wie sie von dem Botaniker Winkler durch das oben beschriebene Experiment erlangt wurden, sind auch von einigen andern Pflanzen bekannt geworden; so ist z. B. der den Gärtnern seit längerer Zeit bekannte *Cytisus Adami* als eine Periklinalchimäre von *Cytisus laburnum* und *Cytisus purpureus* erkannt worden.

Bisweilen treten auch in der freien Natur Organismen verschiedener Art miteinander in so innige Verbindung, daß durch die Wechselbeziehung zwischen ihren Zellen und Geweben die Formgestaltung des aus ihrer Ver-

einigung resultierenden Vegetationskörpers weitgehend beeinflußt wird. Die aus Pilz und Alge aufgebauten Flechtenkörper zeigen meistens eine für die Art charakteristische Körperform, die weder dem Pilz noch der Alge an sich zukommen würde. Die von Schmarotzerpilzen durchsetzten Sprosse vieler Pflanzen nehmen Formen an, die von der normalen Sproßform in bestimmter Weise abweichen.

5. Die Bewegungserscheinungen.

Freie Ortsbewegung. — Die meisten Pflanzen sind an den Standort, welchen sie bei der Keimung erlangt haben, dauernd gebunden, nur bei einigen niederen Pflanzen, welche im Wasser oder in anderen flüssigen Substraten leben, treffen wir Ortsbewegung an, die sich von der Beweglichkeit gewisser niederer Tiere nicht unterscheiden läßt. Als Bewegungsorgane finden wir bei manchen Bakterien und niederen Algen, bei den Schwärmsporen vieler Algen und einzelner Pilze, sowie bei den beweglichen Geschlechtszellen der meisten Kryptogamen Geißelfäden oder Cilien vor, welche in Ein- oder Mehrzahl an der Zelle vorhanden sind und durch die Lebensäußerung des Protoplasmas in schwingende Bewegung versetzt werden. Bei einigen beweglichen Organismen sind besondere Bewegungsorgane nicht bekannt; dahin gehören die Kieselalgen und die Desmidiaceen, welche im Wasser an der Oberfläche fester Gegenstände in der Richtung der Längsachse ihres Körpers hinzugleiten vermögen oder sich frei im Wasser schwimmend fortbewegen, wobei in einigen Fällen die Ausscheidung eines stark quellbaren Schleimes an dem einen Körperende als Bewegungsursache erkannt worden ist. Auch manchen blaugrünen Fadenalgen kommt freie Ortsbewegung zu, über deren Mechanik die Wissenschaft vorderhand keinen genügenden Aufschluß zu geben vermag. Von den Pflanzen, welche feste Substrate bewohnen, zeigen nur die Schleimpilze oder Myxomyceten freie Ortsbewegung. Der als Plasmodium bezeichnete Vegetationskörper dieser Pflanzen besteht aus einer nackten Plasmamasse, welche in faulendem Holz, zwischen modernden Laubblättern, in Gerberlohe oder in ähnlichen lockeren Unterlagen lebt. Die Teile des Protoplasmas verschieben sich fortgesetzt gegeneinander, es werden pseudopodienartige Fortsätze ausgestreckt und eingezogen, die Pseudopodien vereinigen sich netzartig oder fließen zu größeren Plasmaansammlungen ineinander, und indem die Körpermasse durch die Pseudopodienstränge von einem Ort zum anderen strömt, bewegt sich der ganze Organismus gleichsam kriechend in oder auf der Unterlage fort.

Die Richtung, in welcher die freie Ortsbewegung pflanzlicher Organismen sich vollzieht, ist häufig von äußeren Einflüssen abhängig. Die Richtung des einfallenden Lichtes, die Konzentrationsverhältnisse der Nährstoffe oder anderer chemischer Substanzen, die Sauerstoffzufuhr und anderes mehr, können einen Reiz auf das Protoplasma ausüben, durch welchen die Bewegungsrichtung und Schnelligkeit bestimmt wird.

Man bezeichnet diese Orientierungsbewegungen der frei beweglichen Organismen als Taxieen. **Phototaxis**, d. h. die Befähigung durch freie Ortsbewegung eine zusagende Lichtintensität aufzusuchen, zeigen zahlreiche freischwimmende Grünalgen wie die Volvocineen und die grünen Schwärmzellen vieler Fadenalgen. Als **Chemotaxis** bezeichnet man die Beeinflussung der Ortsbewegung niederer Organismen durch ungleichmäßige Verteilung chemischer Stoffe in der Umgebung. In einem Wassertropfen unter dem

Deckglase streben zahlreiche Bakterienarten dem Tropfenrande zu, der in bezug auf die Sauerstoffzufuhr am günstigsten liegt. Die Spermatozoiden der Moose und Farne werden durch gewisse aus dem Archegonienhals in den Wassertropfen diffundierende Substanzen chemotaktisch zu der Eizelle gelockt.

Für die in festen Substraten lebenden Plasmodien der Myxomyceten kommt die ungleiche Verteilung der Feuchtigkeit als chemotaktischer Reiz in Betracht. Ferner besteht zwischen der Ortsbewegung der Plasmodien und der Wasserströmung im Substrat eine als Rheotaxis bezeichnete Beziehung, welche in der merkwürdigen Tatsache zum Ausdruck kommt, daß die Plasmodien auf einem Substrat, dessen kapillare Hohlräume von einem kontinuierlichen Wasserstrom durchzogen werden, stets gegen die Richtung des strömenden Wassers sich fortbewegen.

Die Bewegung des Zellenplasmas. — In dem lebenden Protoplasma der Zellenpflanzen finden fortgesetzt chemische und physikalische Prozesse statt, welche molekulare Umlagerungen und Bewegungserscheinungen zur Folge haben müssen. In den meisten Fällen entziehen sich diese molekularen Bewegungen der direkten Beobachtung, in anderen dagegen resultiert aus ihnen eine sichtbare beständige Verschiebung der Plasmateilchen gegeneinander und gegen die Zellwand, welche als Protoplasmaströmung bezeichnet wird. Wir haben die morphologische Seite dieser Erscheinung in einem früheren Abschnitte des Buches (S. 86) kennen gelernt. Für die Mechanik des Vorganges ist eine für alle Fälle ausreichende Erklärung bisher nicht gegeben worden. Die Protoplasmaströmung findet sich nur in solchen Zellen, deren Protoplasma eine oder mehrere Zellsaftvakuolen umschließt. Der Umstand, daß die der Zellwand anliegende Hautschicht des Protoplasmas nicht an der Bewegung teilnimmt, läßt schließen, daß die bewegenden Kräfte nicht von außen her einwirken, sondern im Innern der Zelle selbst ihren Sitz haben. Die Flüssigkeit der Vakuolen wird durch das strömende Protoplasma mit in die Bewegung hineingezogen und strömt, wenn auch verlangsamt, in derselben Richtung wie das letztere. Daraus ergibt sich, daß auch der Stoffaustausch zwischen Vakuolen und Protoplasma nicht als Bewegungsursache angesehen werden darf, daß vielmehr die bewegenden Kräfte im Innern des Körnchenplasmas zur Wirkung kommen. Auch in Zellen, deren Plasma normalerweise keine Strömung zeigt, kann bisweilen durch äußere Eingriffe, durch mechanische Verletzung der benachbarten Zellen, durch Veränderung des Wassergehaltes u. a. m. lebhaftere Bewegung hervorgerufen werden. Uebrigens sind auch in dem nicht strömenden Plasma zeitweilig Bewegungen wahrnehmbar, welche in der Verschiebung der einzelnen Bestandteile gegeneinander bestehen; so finden z. B. bei der Kernteilung, welche auf S. 87 eingehender erörtert worden ist, eine Reihe von Umlagerungen statt, auch der Teilungsvorgang der Chlorophyllkörper bedingt ein Verrücken der Teile des Protoplasmas. Auf langsamer Bewegung des Protoplasmas beruht ferner die Lagenveränderung, welche die Chlorophyllkörper bei wechselnder Beleuchtung erfahren.

Ein günstiges Objekt für die Beobachtung dieser Erscheinung bieten die grünen Zellen im Blatt des Laubmooses *Funaria hygrometrica*. Unter günstigen Vegetationsbedingungen im diffusen Tageslichte sind die scheibenförmigen Chlorophyllkörper dieser Zellen an den zur Fläche des Blattes parallelen Außenwänden der Zellen angelagert, sie bieten also dem einfallenden Lichte die breite Fläche dar (Fig. 202 A). Wenn aber das Laub von direktem Sonnenlicht getroffen wird, so nehmen die Chlorophyllscheiben die Profilstellung ein, d. h. sie werden durch die Bewegung des Protoplasmas von ihrem Platze fortgeführt und lagern sich an den Seitenwänden der Zellen so, daß sie mit dem schmalen Rande zur Lichtquelle hingekehrt sind (Fig. 202 B). Bei Verdunkelung nehmen

die Chlorophyllkörper gleichfalls nach einiger Zeit die Profilstellung an. Es ist leicht ersichtlich, daß die Pflanze in der Reizbarkeit ein Mittel hat, sich den verschiedenen Graden der Lichtintensität anzupassen. Eine ähnliche biologische Bedeutung hat die bei vielen Pflanzen beobachtete Formveränderung der Chlorophyllkörper. In den Palisadenzellen des Assimilationsgewebes mancher Laubblätter stehen die Chlorophyllkörper immer in der Profilstellung. In diffusum Licht zieht sich aber jeder Chlorophyllkörper unter Verminderung seines Scheibendurchmessers mehr oder weniger halbkugelig zusammen, so daß seine Profilsicht an Fläche gewinnt, im direkten Sonnenlicht dagegen flacht er sich zu einer scharfrandigen Scheibe ab.

Spontane Krümmungsbewegungen der Organe. — Wenn wir über dem fortwachsenden Gipfel einer Kürbispflanze eine Glasplatte in hori-

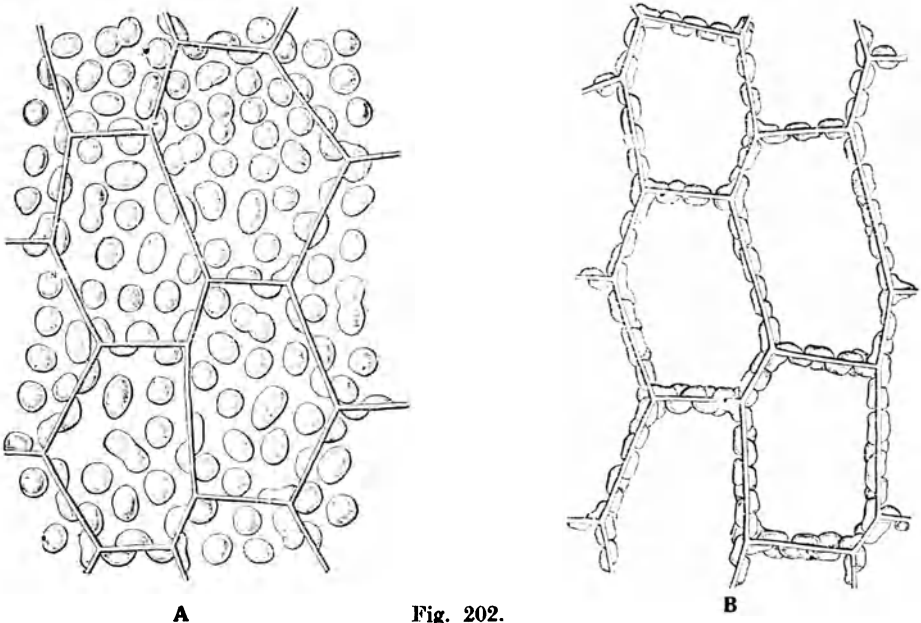


Fig. 202.

Einige Zellen aus dem Blatt von *Funaria hygrometrica* (stark vergrößert). **A** zeigt die Chlorophyllkörper in der Tagesstellung. **B** zeigt die Stellung, welche die Chlorophyllkörper im Dunkeln und bei intensiver Beleuchtung annehmen.

zontaler Lage befestigen und von Zeit zu Zeit die Lage, welche die Spitze des etwas überhängenden Sproßgipfels einnimmt, mit einem Farbstift auf der Platte markieren, so ergibt sich meist schon nach einer oder nach einigen Stunden aus der gegenseitigen Lage der aufeinanderfolgenden Marken, daß der Sproßgipfel der Pflanze fortgesetzt herumschwingt und mit seiner Spitze annähernd eine Kreislinie oder eine Ellipse beschreibt. Man bezeichnet diese Erscheinung als die revolute Nutation oder Circumnutation des Sprosses. Sie kommt dadurch zustande, daß nacheinander die verschiedenen Seiten des Sprosses stärker in die Länge wachsen als die entgegengesetzte Sproßseite. Die Erscheinung ist im Pflanzenreich weit verbreitet und an vielen Pflanzenorganen beobachtet worden. Während meistens, besonders bei cylindrischen Organen, die Stelle stärksten Längenwachstums allmählich das Organ umkreist und nacheinander alle Seiten desselben trifft, wechseln

in manchen Fällen nur zwei diametral gegenüberliegende Seiten in der Wachstumsintensität, so daß also die Spitze des Organes pendelartig hin und her schwingt; man spricht dann von pendelartiger Nutation.

Die revolute Nutation hat besonders für die Ranken der Kletterpflanzen eine große Bedeutung. Die langüberhängenden Gipfelenden junger Ranken werden durch die Zirkumnutation im Kreise herumgeführt und dadurch leicht mit einer in der Nähe befindlichen Stütze in Berührung gebracht. Als Circumnutation muß auch die auffällige Bewegung bezeichnet werden, welche die Blätter des zu den Papilionaceen gehörenden ostindischen Halbstrauches *Desmodium (Hedysarum) gyrans* zeigen. Die in unseren Gewächshäusern gedeihende Pflanze hat unpaarig gefiederte Blätter mit nur einem Paar schmaler Fiederblättchen und einem größeren Endblättchen. Alle drei Blättchen führen bei genügend hoher Temperatur ruckweise schwingende Bewegungen aus in der Art, daß die Blättchenspitze im Lauf weniger Minuten eine Ellipse beschreibt. Die Bedeutung dieser Bewegungen will man in der Beschleunigung der durch den Wasserreichtum der Luft behinderten Wasserverdunstung und in der schnelleren Trocknung der Blattspreite nach Regenfall sehen. Aehnliche, wenn auch viel langsamere Bewegungen der Fiederblättchen lassen sich übrigens auch an einheimischen Gewächsen, z. B. an *Oxalis*- und *Trifolium*arten, beobachten. Gegenüber der Nutation wachsender Sprosse und Ranken zeigt die spontane Nutation der Blättchen von *Desmodium* und anderen insofern eine Verschiedenheit, als die Bewegung hier nicht mit einem Wachstumsprozeß verknüpft ist. Die Blättchen besitzen an ihren Stielchen eine knotenförmige Anschwellung, welche als Gelenk bezeichnet wird. Durch periodische Schwankungen des Turgors in dem Gelenkgewebe wird eine Krümmung des Gelenkes und damit die Bewegung der Blättchen veranlaßt. Da indes auch bei der Nutation der wachsenden Spößspitzen eine Erhöhung des Turgors die einseitige Förderung des Wachstums einleitet, so ist ein wesentlicher Unterschied zwischen den beiden Formen spontaner Bewegung nicht vorhanden.

Reizbewegungen. — Gegenüber den lediglich aus inneren Ursachen erfolgenden spontanen oder autonomen Bewegungen der Organe bezeichnet man als Reizbewegungen oder paratonische Bewegungen diejenigen, welche durch äußere Faktoren ausgelöst und in ihrem Verlaufe beeinflußt werden. Zum Teil sind sie wie die Taxieen der freibeweglichen Organismen Orientierungsbewegungen, welche die Organe des Pflanzenkörpers zu der Richtung der einwirkenden äußeren Faktoren in bestimmte räumliche Beziehungen bringen; sie werden Tropismen genannt. Zum Teil werden sie nur zeitlich durch die äußere Reizursache beeinflußt, während der räumliche Ablauf der Bewegung durch die Organisation des Pflanzenteiles bestimmt wird. Die letzteren Reizbewegungen werden als Nastieen oder nastische Bewegungen zusammengefaßt.

Der **Geotropismus** ist die Eigenschaft der Pflanzenorgane, sich zu der Richtung der Schwerkraft in eine bestimmte Lage zu stellen. Den einfachsten Ausdruck findet der Geotropismus darin, daß bei den meisten Pflanzen die Hauptwurzel in der Richtung der Schwerkraft senkrecht abwärts, der Hauptsproß gegen die Schwerkraft senkrecht aufwärts wächst. Andere Organe, wie die Seitenwurzeln und Seitensprosse und die Blätter, stellen sich schräg oder quer zu der Richtung der Schwerkraft. Man unterscheidet nach der Wachstumsrichtung, welche den Organen infolge des Geotropismus zukommt, den positiven Geotropismus, welcher die Organe senkrecht abwärts richtet, den negativen Geotropismus, welcher das aufrechte Wachstum bedingt, und den Transversalgeotropismus oder Diageotropismus, durch welchen die Organe mit ihrer Längsachse quer oder schief zu der Richtung der Schwerkraft orientiert werden.

Bringt man ein wachsendes Organ aus der Lage, welche ihm infolge seines spezifischen Geotropismus eigen ist, so krümmt sich dasselbe, bis der fortwachsende Teil die normale Wachstumsrichtung wieder erreicht hat. An der Keimpflanze der Bohne ist die Hauptwurzel positiv, der Sproß negativ geotropisch. Befestigen wir eine solche Keimpflanze in horizontaler Lage, ohne im übrigen die Wachstumsbedingungen zu ändern, so krümmt sich in kurzer Zeit die Wurzel senkrecht abwärts, der Sproßteil senkrecht nach oben. Während an den Sproßachsen der meisten Pflanzen nur der fortwachsende Gipfelteil geotropische Krümmungen auszuführen vermag, erweisen sich die Halme der Gräser und die Stengel anderer Gelenkpflanzen, auch in den einzelnen Abschnitten, zu geotropischen Krümmungen befähigt. Die Aufrichtung der durch schweren Regen niedergedrückten Halme eines Getreidefeldes beruht vorwiegend auf der geotropischen Krümmung der unteren Halmknoten.

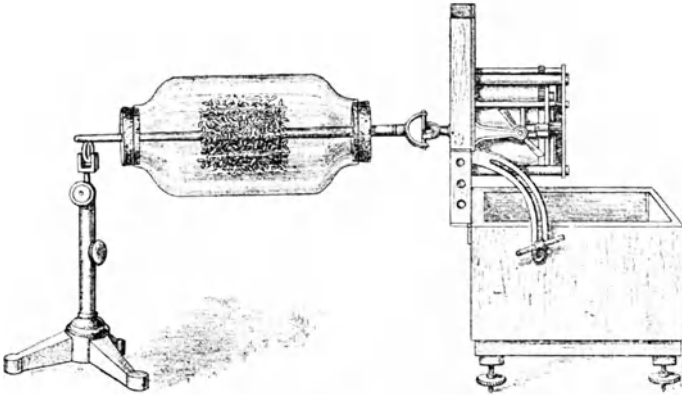


Fig. 203.

Klinostat mit Kressekeimlingen. Erklärung im Text.

Daß in der Tat die Richtung der Schwerkraft es ist, welche den Anlaß für die geotropischen Wachstumskrümmungen gibt, läßt sich durch das Experiment mit Hilfe des Klinostaten erweisen (Fig. 203). Der Klinostat besteht der Hauptsache nach aus einem Uhrwerk, durch welches eine horizontale Achse in langsame, gleichmäßige Umdrehung versetzt wird. Auf der Achse wird ein feuchter Torfwürfel befestigt, welcher mit Kressesemen besät ist. Um die Austrocknung der Samen zu verhindern, wird ein weiter Glaszylinder über den Würfel geschoben und mit Korkscheiben an der Achse befestigt. Die Keimpflanzen, welche sich aus den schnell keimenden Samen entwickeln, sind der Wirkung der Schwerkraft entzogen. Da nämlich durch die Umdrehung alle Seiten der Pflänzchen ihre Lage zur Richtung der Schwerkraft kontinuierlich ändern und jede augenblickliche Lage nach einiger Zeit in die entgegengesetzte übergeht, so heben sich die zeitweiligen Wirkungen der Schwerkraft auf den Organismus gegenseitig auf. In der Tat wachsen die Wurzeln und die Sprosse der Kressepflänzchen auf dem Torfwürfel, wenn man anderweitige, die Richtung beeinflussende Einwirkungen vermeidet, nach jeder beliebigen Richtung, wie sie ihnen durch die zufällige Lage des Samenkorns gegeben war.

Den Transversalgeotropismus können wir am einfachsten an den Seitenwurzeln der Gefäßpflanzen kennen lernen. Zur Anstellung von Versuchen dient ein Zinkkasten mit schrägen Glaswänden, wie er in Fig. 204 dargestellt ist. Wir füllen den Kasten mit lockerer Gartenerde, legen dicht an der Glaswand einen Samen von *Vicia Faba* aus und stellen den Apparat, um den Einfluß des Lichtes auszuschließen, ins Dunkle. Infolge des positiven Geotropismus wächst die Hauptwurzel der Keimpflanze, der schwach ge-

neigten Glasfläche angeschmiegt, gerade nach abwärts. Von den entstehenden Seitenwurzeln sind einige gleichfalls an der Glaswand sichtbar. Dieselben richten sich infolge ihres spezifischen Geotropismus seitlich, so daß sie mit der Hauptwurzel einen Winkel von etwa 70—80 Grad bilden. Kehren wir nach einiger Zeit den Zinkkasten um, so daß die Hauptwurzel mit ihrer Spitze nach oben gerichtet ist, so krümmen sich zugleich mit der Hauptwurzel, welche sich senkrecht abwärts wendet, auch die Seitenwurzeln und bringen ihre fortwachsende Spitze wieder in dieselbe Richtung zum Horizont, welche sie vor der Umkehrung hatte. Bei wiederholter Umkehrung wird durch nochmalige Krümmung die ursprüngliche Wachstumsrichtung wieder eingenommen.

Als eine eigentümliche Aeußerung des Geotropismus ist das Winden der Schlingpflanzen anzusehen. Manche Pflanzen, deren Sproß nicht genügende innere Festigkeit besitzt, um sich selbst aufrecht zu erhalten, gewinnen dadurch eine günstige und feste Lichtlage für ihre Belaubung, daß sie sich um aufrechtstehende Stützen herumwinden. Die Ackerwinde und der Hopfen sind allbekannte Beispiele aus der einheimischen Flora. Die

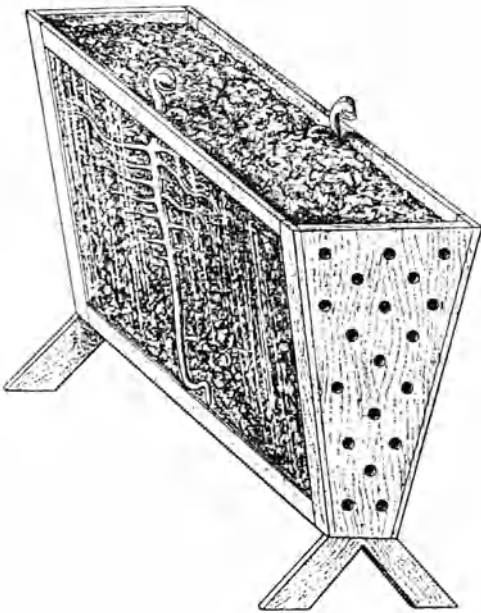


Fig. 204.

Apparat nach Sachs zur Demonstration des Diageotropismus der Nebenwurzeln von *Vicia Faba*. Erklärung im Text.

sich gerade zu strecken. Dadurch werden die Windungen fest an die Stütze angezogen und befestigt, wobei oft noch ein Besatz der Sproßoberfläche mit rauhen Haaren oder Klimmborsten gute Dienste leistet.

Man unterscheidet **Rechtswinder**, bei denen der herumschwingende Sproßgipfel von oben gesehen sich in der gleichen Richtung wie der Uhrzeiger bewegt, und **Linkswinder**, bei denen die Bewegung und demnach auch die Richtung der Windungen entgegengesetzt läuft. Die Gartenbohne, die Ackerwinde, sowie die in Fig. 38 abgebildete *Dioscorea* sind Linkswinder, zu den viel selteneren Rechtswindern gehört z. B. der Hopfen. Daß die von der Sproßspitze einer Schlingpflanze ausgeführte Bewegung, welche zum Umschlingen der Stütze führt, von der Richtung der Schwerkraft abhängig ist, geht aus den folgenden Versuchen hervor. Kehrt man eine im Topf erzogene Bohnenpflanze, deren Sproßgipfel sich um einen daneben gesteckten Stab herumgelegt hat, samt Topf und Stütze mit der Spitze nach abwärts, so geht die kreisende Bewegung der Sproßspitze in die entgegengesetzte Richtung über und die noch wachstumsfähigen Windungen

aus der Keimpflanze hervorgehende Sproßachse wächst zuerst aufrecht, bald aber neigt sich der Gipfel über und beginnt nach Art nutrierender Sproßgipfel im Kreise herumschwingen. Dieses Herumschwingen kommt dadurch zustande, daß infolge der Schwerkraftwirkung die eine Flanke des überhängenden Sproßgipfels im Wachstum gefördert wird. Erreicht der Sproßgipfel eine aufrechtstehende Stütze, so legt sich derselbe infolge des einseitig geförderten Wachstums um die Stütze herum. Die gewundenen Sproßabschnitte zeigen später negativen Geotropismus und suchen

wickeln sich wieder von der Stütze ab. Versetzt man eine in gleicher Weise gezogene Pflanze in horizontaler Lage am Klinostaten in langsame Umdrehung, so daß die einseitige Einwirkung der Schwerkraft aufgehoben ist, so hört die kreisende Bewegung des Sproßgipfels auf. Die letzten Windungen, welche noch wachstumsfähig sind, wickeln sich ab und strecken sich gerade.

Heliotropismus (Phototropismus) ist die Fähigkeit der Pflanzen, ihre Organe zu der Richtung des Lichtes in eine bestimmte Lage zu bringen. Wir unterscheiden auch hier den positiven Heliotropismus, welcher bewirkt, daß die Organe zum Licht hin wachsen, den negativen Heliotropismus, durch welchen die Organe veranlaßt werden, sich vom Licht fortzuwenden, und den Transversalheliotropismus, kraft dessen die Organe eine seitliche Lage zu der Richtung der Lichtstrahlen einnehmen.

Läßt man eine Keimpflanze vom weißen Senf mit der Wurzel in Wasser wachsen und stellt dieselbe so auf, daß sie nur von einer Seite vom Tageslicht getroffen wird, so krümmt sich der wachsende Sproßgipfel dem Lichte zu, während die fortwachsende Wurzelspitze sich direkt vom Lichte fortwendet (Fig. 205). Es zeigt sich also, daß der Sproß positiv, die Wurzel negativ heliotropisch ist. Auf positivem Heliotropismus beruht ebenso die an Zimmerpflanzen häufig zu beobachtende Erscheinung, daß alle Sproßgipfel dem Fenster zugekehrt sind. Die Blätter der meisten Pflanzen zeigen Transversalheliotropismus, sie richten ihre Blattflächen so, daß dieselben von den Lichtstrahlen annähernd senkrecht getroffen werden. Infolgedessen finden wir meistens an Zimmerpflanzen alle Blätter schräg zum Fenster hingewendet. Drehen wir eine solche Pflanze um, so daß die Blattoberseiten vom Lichte abgewendet sind, so wird durch energische Krümmungen des Blattstiels die vorige Lage der Blattfläche vom Lichte meist schon in kurzer Zeit wieder eingenommen.

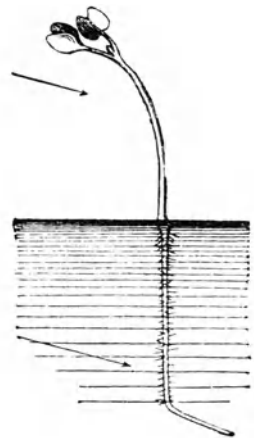


Fig. 205.

Keimpflanze vom weißen Senf, *Sinapis alba*, bei einseitiger Beleuchtung. Die Sproßachse zeigt positiven, die Wurzel negativen Heliotropismus. Die Pfeile deuten die Richtung des einfallenden Lichtes an (nach Sachs).

Um den Heliotropismus einzelliger Gebilde zu zeigen, bedienen wir uns eines von Noll vorgeschlagenen Apparates, dessen Durchschnitt in Fig. 206 dargestellt ist. Auf einem viereckigen Zinkteller steht ein würfelförmiger, unten offener Kasten. Die eine Seitenwand wird von einer Glasscheibe gebildet, die übrigen Teile sind aus Zinkblech gefertigt und innen geschwärzt. Vor der Glaswand ist ein Schieber aus Zinkblech angebracht, welcher in der Mitte eine kreisrunde Oeffnung von 2—3 cm Durchmesser besitzt. Wenn der Schieber geschlossen ist, so kann nur durch die runde Oeffnung Licht in das Innere des Kastens gelangen. In dem Kasten ist ein kleiner, schräger Zinkbehälter aufgestellt, der mit Pferdedünger gefüllt ist. Unter den Pilzen, welche sich nach kurzer Zeit spontan auf diesem Nährboden einfinden, ist regelmäßig auch der zu den Mucoraceen gehörige *Pilobolus*. Derselbe besteht aus einem im Substrat verteilten fadenförmigen Mycel, welches keulenförmige Fruchträger an der Oberfläche hervortreten läßt. Auf dem Gipfel des Fruchträgers entwickelt sich ein rundliches, dunkelgefärbtes Sporangium, welches bei der Reife fortgeschleudert wird und mit seiner klebrigen Oberfläche an benachbarten Gegenständen hängen bleibt. Die Fruchträger des *Pilobolus* sind stark heliotropisch, sie wenden sich in dem Zinkkasten alle mit der Spitze nach der Lichtöffnung in dem Schieber hin. Die Sporangien werden bei der Reife infolgedessen alle nach der gleichen Richtung hin geschleudert und kleben massenhaft an dem vor der Lichtöffnung liegenden Teil der Glasplatte, während der verdunkelte Teil der Glasplatte ganz frei bleibt.

Geotropismus und Heliotropismus sind im Pflanzenreich weit verbreitet, weniger auffällig tritt uns die Erscheinung entgegen, welche als **Hydro-**

tropismus bezeichnet wird. Sie besteht darin, daß Pflanzenteile, in deren Umgebung die Feuchtigkeit ungleichmäßig verteilt ist, sich von trockenen Stellen zu feuchteren hinkrümmen oder umgekehrt von den feuchteren fortwachsen.

In einen weiten Ring aus Zinkblech, welcher an einer Seite mit weitmaschigem Tüll überbunden ist, füllen wir feuchtes Sägemehl ein und hängen den Apparat schief gegen den Horizont auf. Erbsen, welche in dem Sägemehl zur Keimung gebracht werden, richten infolge des Geotropismus ihre Keimwurzeln zunächst senkrecht abwärts. Sobald aber die Wurzeln mit ihrer Spitze durch die Maschen des Tüllüberzuges nach außen wachsen, wirkt außer der Schwerkraft auch die ungleichmäßige Verteilung der Feuchtigkeit auf sie ein und veranlaßt sie, sich nach der feuchten Oberfläche der Sägespäne hin zu

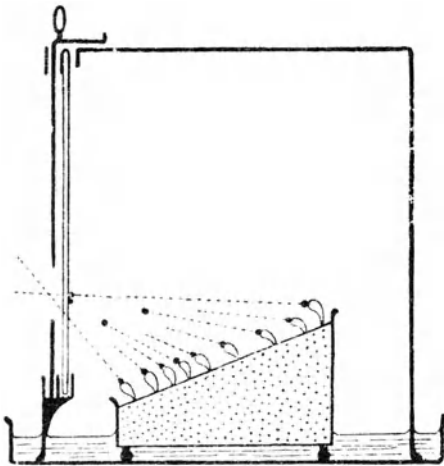


Fig. 206.

Apparat zum Nachweis des positiven Heliotropismus der Fruchträger von *Pilobolus* (nach Noll). Erklärung im Text.

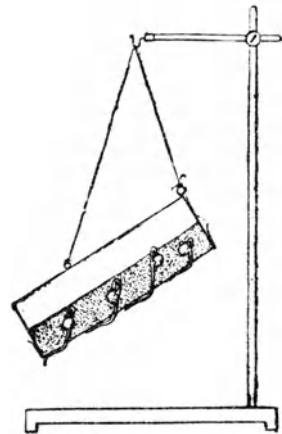


Fig. 207.

Apparat zum Nachweis des Hydrotropismus der Wurzeln von *Pisum*. Erklärung im Text.

krümmen und derselben angeschmiegt weiter zu wachsen, wie es in der Fig. 207 dargestellt ist. Die Wurzeln haben also positiven Hydrotropismus und werden dadurch instand gesetzt, günstigere Wachstumsbedingungen aufzusuchen. Negativer Hydrotropismus ist von Sachs an den Fruchträgern von *Phycomyces* nachgewiesen worden. Dieser einzellige Schimmelpilz, welcher leicht zu kultivieren ist, entwickelt aus einem fadenförmigen Mycel schlanke, mehrere Zentimeter hohe Fruchträger, welche am oberen Ende ein kugelförmiges Sporangium tragen. Sporen des Pilzes werden auf einen feuchten Brotwürfel ausgesät. Um den sich schnell entwickelnden Pilz dem Einfluß des Lichtes und der Schwerkraft zu entziehen, wird der Brotwürfel im Finstern gehalten und vermittelst des Klinostaten um eine horizontale Achse gedreht. Der negative Hydrotropismus bewirkt dann, daß alle Fruchträger des Pilzes direkt von der feuchten Oberfläche des Brotwürfels fortstrebend senkrecht aus den Flächen hervortreten. Fruchträger, welche zufällig auf einer Kante des Würfels hervortreten, stellen sich so, daß sie mit den benachbarten Oberflächen annähernd gleiche Winkel bilden.

Positiver Hydrotropismus befördert bei manchen parasitischen Pilzen das Eindringen der Keimfäden in die Wirtspflanze. Wenn z. B. die auf den Blättern der Berberitze erzeugten Aecidiensporen des Getreiderostes auf ein Grasblatt und zur Keimung gelangen, so wachsen die gebildeten Mycelfäden gewöhnlich auf dem kürzesten Wege zu den benachbarten Spaltöffnungen hin und gelangen durch dieselben in das Innere des Blattes. Der durch die Spaltöffnungen hervordringende Wasserdampf bildet hier den richtenden Reiz für die Keimschläuche.

Die Bewegungsrichtung wachsender Pilzfäden kann beeinflußt werden durch ungleichmäßige Verteilung gewisser chemischer Substanzen im Substrat. Auch an Wurzeln und an Pollenschläuchen läßt sich in vielen Fällen eine von der Verschiedenheit des Konzentrationsgrades chemischer Substanzen im Substrat abhängige Richtungsbewegung konstatieren, welche als **Chemotropismus** bezeichnet wird.

Der Chemotropismus wird durch folgende Versuche demonstriert. Ein frisches Blatt von *Tradescantia discolor* wird unter der Luftpumpe mit einer zweiprozentigen Chlorammoniumlösung injiziert, mit destilliertem Wasser abgespült und mit der Unterseite nach oben in eine mit feuchtem Fließpapier ausgekleidete Glasdose gelegt. Sät man nun auf der mit Spaltöffnungen versehenen Unterseite des Blattes Sporen von *Mucor stolonifer* aus, so wachsen die Keimschläuche derselben, sobald sie in die Nähe einer Spaltöffnung gelangen, in die mit Chlorammoniumlösung gefüllten Intercellularräume hinein (Fig. 208). Auf einem nicht injizierten *Tradescantiablatt* wird die Wachstumsrichtung der *Mucor*-Keimschläuche durch die Lage der Spaltöffnungen nicht beeinflußt.

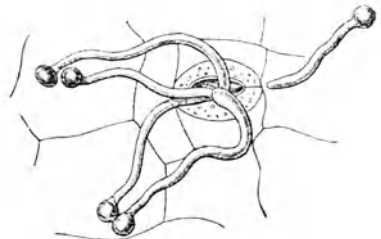


Fig. 208.

*Mucor*sporen, welche auf einem mit 2% Chlorammonium durchtränkten *Tradescantiablatt* gekeimt sind. Alle Keimschläuche wachsen zu der Spaltöffnung hin. (Nach Mioshi.)

Kurz erwähnt werden mag noch in diesem Zusammenhange, daß auch durch ungleiche Erwärmung eine Beeinflussung der Wachstumsrichtung einzelner Pflanzenorgane erfolgen kann, welche man als **Thermotropismus** bezeichnet hat. Vielleicht erklärt sich die Sonnennotwendigkeit gewisser Blüten und Blütenstände durch ungleiche Wärmewirkung; im allgemeinen spielt der Thermotropismus bei der Seltenheit der ihn verursachenden Vorbedingung in der freien Natur keine besonders wichtige Rolle im Pflanzenleben.

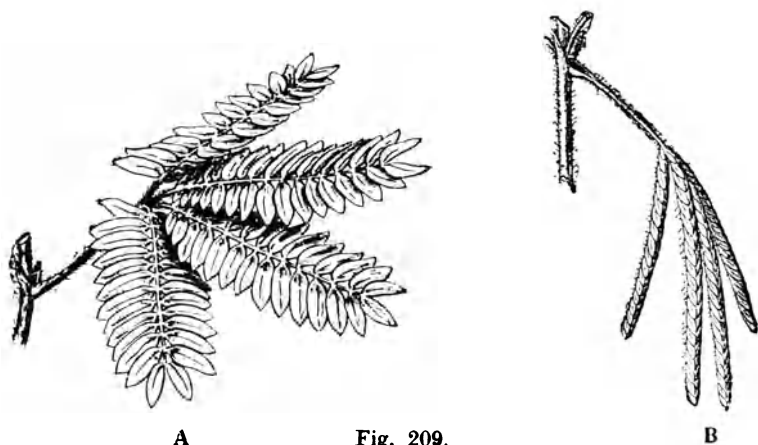
Die als Tropismen bezeichneten Orientierungsbewegungen sind ausnahmslos Wachstumsbewegungen. Die erste Folge des Reizes ist aber stets eine Herabsetzung des Turgors an der konkav werdenden Seite der wachsenden Zone. Die dadurch entstehende Gewebespannung veranlaßt den Anfang der Krümmungsbewegung, welche nachträglich durch Wachstum fixiert wird.

Die Orientierungsbewegungen der Tropismen verlaufen verhältnismäßig langsam. Unter den nastischen Bewegungen von Pflanzenorganen sind dagegen einige Fälle bekannt, in denen die Bewegung plötzlich und ruckartig erfolgt und in ihrer äußeren Erscheinung durchaus an gewisse tierische Reflexbewegungen erinnert. Seit langer Zeit bekannt und bewundert sind namentlich die raschen Bewegungen der Blätter und Blättchen der Sinnpflanze, *Mimosa pudica*, mit denen die Pflanze auf mechanische Erschütterungen reagiert.

Mimosa pudica ist eine in Brasilien einheimische, jetzt auch über die Tropen der alten Welt verbreitete einjährige Unkrautpflanze. Die Blätter derselben besitzen sowohl an der Basis des Blattstieles, als auch an den Stielen der einzelnen Fiedern und der an diesen stehenden lanzettlichen Fiederblättchen Gelenkpolster, durch deren Beweglichkeit das ganze Blatt schon bei schwacher Erschütterung ziemlich plötzlich in die Reizstellung gebracht wird (Fig. 209). Es legen sich dabei in schneller Aufeinanderfolge die

Fiederblättchen der einzelnen Fiedern nach oben hin paarweise mit ihren Oberflächen aneinander, die Fiedern nähern sich und das ganze Blatt senkt sich nach abwärts. Außer mechanischen Erschütterungen vermögen auch starke Erhitzung oder Abkühlung einer Blattstelle die Reizbewegung des Mimosablattes hervorzurufen. Nach einiger Zeit kehrt das Blatt in seine ursprüngliche Stellung zurück und ist aufs neue für Reize empfänglich. Die biologische Bedeutung der hohen Empfindlichkeit des Mimosablattes beruht wohl darin, daß die Pflanze in der Reizstellung gegen die Kraft aufschlagender Regentropfen geschützt ist. Käfer und ähnliche tierische Feinde werden durch die Reizbewegungen verschreckt.

An die plötzlichen Bewegungen des Mimosablattes schließen sich in ihrer äußeren Erscheinung die Bewegungen der Insektivoren *Dionaea* und *Aldrovandia* an, bei denen sich die beiden Hälften des ungeteilten Blattes



A Fig. 209.
Blatt von *Mimosa pudica*.
A im ungereizten Zustande. B in der Reizstellung.

infolge mechanischer Erschütterung ruckweise nach oben hin aneinanderlegen. Es ist indes hier nicht eine besondere Partie des Blattes als Gelenk ausgebildet, sondern das Gewebe des Blattes ist in größerem Umfange an dem Zustandekommen der Bewegung beteiligt. Dasselbe ist bei den auf chemische Reize reagierenden gestielten Drüsen der *Drosera*arten der Fall, deren Krümmung in einem viel langsameren Tempo erfolgt, als die Fangbewegungen der *Dionaea* und *Aldrovandia*.

Ferner sind hier noch die bei einigen Pflanzen beobachteten Bewegungen gewisser Blütenteile zu erwähnen, welche bei dem Zustandekommen der Befruchtung mitwirken.

Die Staubfäden der Blüte von *Berberis vulgaris* liegen im Zustand der Pollenreife den Kronblättern an, so daß die Antheren so weit als möglich von dem im Zentrum der Blüte stehenden Griffel entfernt sind. Berührt man den fadenförmigen Teil eines Staubblattes, so krümmt sich dasselbe sofort im Ruck nach innen herüber, so daß seine Anthere den Griffel berührt (Fig. 210 A). Wenn nach einiger Zeit die Bewegung langsam rückgängig gemacht worden ist, vermag ein neuer Reiz erneute Krümmung hervorzurufen. In der Blüte der zu den Compositen gehörigen *Cynareen* sind fünf Staubblätter vorhanden, deren Antheren zu einer den Griffel umfassenden Röhre vereinigt sind. Die Filamente sind im ungereizten Zustande bogenförmig nach außen gekrümmt. Findet Berührung statt, so verkürzen sich die Staubblätter sehr stark, wobei die Filamente sich dem Griffel nähern und die Antherenröhre nach abwärts ziehen (Fig. 210 B).

Auch am Gynaeceum sind bisweilen Reizbewegungen zu beobachten, so klappen z. B. die Narbenlappen in der Blüte von *Mimulus* bei leichter Berührung schnell zusammen und legen sich dicht aneinander an, so daß Insekten, welche die Blüte besuchen, wohl den aus einer fremden Blüte mitgebrachten Pollen an der inneren Narbenfläche abstreifen können, mit derselben aber nicht mehr in Berührung kommen, wenn sie auf neue mit Pollen beladen aus dem Schlunde der Blüte zurückkehren.

Zu den durch mechanische Reize ausgelösten Krümmungsbewegungen haben wir auch die Einkrümmung der Ranken zu rechnen. Die Rankenpflanzen sind ähnlich wie die Schlinggewächse darauf angewiesen, ihren an sich nicht tragfähigen Sproß an benachbarten Stützen zu befestigen. Sie benutzen dazu die Ranken, welche, wie früher gezeigt worden ist, ihrer morphologischen Natur nach metamorphosierte Blätter oder Sproßachsen sind. Die starke spontane Circumnutation erleichtert den Ranken

das Auffinden passender Stützen in der Umgebung. Sobald eine wachsende Ranke mit der rauhen Oberfläche einer Stütze in Berührung tritt, vermindert sich der Turgor in den Zellen, der berührten Seite. Die Seite bleibt in der Folge im Wachstum hinter der entgegengesetzten Seite wesentlich zurück, und es entsteht eine scharfe Einkrümmung, durch welche die Spitze der Ranke um die Stütze herumgeschlungen wird. Indem sich die Wachstumsverzögerung später auch auf die basalen Teile der Ranke fortsetzt, entsteht zwischen den gegenüberliegenden Seiten eine starke Gewebespannung, welche bewirkt, daß sich die Ranke in ihrem freien Teil korkzieherartig einrollt. Da Basis und Spitze der Ranke festgelegt sind, so kann die Einrollung nur in der Weise vor sich gehen, daß ein Teil nach rechts, ein Teil nach links gewunden ist (Fig. 211). Durch die nachträgliche Einrollung der Ranke wird der die Ranke tragende Sproßteil fester an die Stütze herangezogen.

Gewisse periodische Bewegungen, wie das Öffnen und Schließen der Blüten, das Heben und Senken der Blattflächen, welche sich zeitlich an den Wechsel von Tag und Nacht anschließen, werden als **Schlagbewegungen** bezeichnet. Der mechanische Vorgang der Bewegung erfolgt dabei nicht in allen Fällen in der gleichen Weise. Bei den sich bewegenden Blütenblättern und bei vielen Laubblättern wird die Auf- oder Abwärtskrümmung durch ein ungleichseitiges Längenwachstum bewirkt. Bei den mit Gelenkpolstern versehenen Blättern zahlreicher Paponaceen, Mimosaceen, Oxalidaceen u. a. m. beruht die Bewegung der Blattflächen ausschließlich auf einer ungleichseitigen Aenderung des Turgors in dem Gelenkpolster.

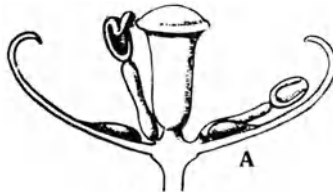
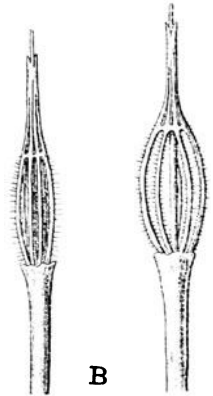


Fig. 210.

A Die inneren Blütenteile von *Berberis vulgaris*; von den beiden gezeichneten Staubblättern ist das eine rechts im reizempfindlichen Zustande, das andere befindet sich in der Reizstellung. **B** Die inneren Blütenteile von *Centaurea jacea* (nach Pfeffer). Die rechte Figur zeigt die Staubblätter im ungereizten Zustande, die linke in der Reizstellung.



Die Blätter der Gartenbohne, *Phaseolus vulgaris*, bestehen aus drei Blättchen, welche am Tage in gleicher Fläche gegen das Licht ausgebreitet sind (Fig. 212 A). Am Abend ändert sich der Turgor in den gegenüberliegenden Längshälften der Gelenkpolster am Grunde der Blättchen in entgegengesetztem Sinne derart, daß die Oberseite der Gelenkpolster gedehnt, die Unterseite dagegen verkürzt wird. Die Flächen der Blättchen werden also nach abwärts bewegt (Fig. 212 B). Mit dem Eintritt der Morgendämmerung beginnt der umgekehrte Prozeß; die Gelenkpolster strecken sich gerade und heben die Blättchenfläche in ihre Lichtlage.

An dem Zustandekommen der Schlafbewegungen können die verschiedenen im Tageswechsel kombinierten Faktoren, Licht, Wärme, Luftfeuchtigkeit als Reize beteiligt sein. Die Blütenköpfe des Wiesenbocksbart *Tragopogon*, die Wasserrosen und andere öffnen sich bei heller Beleuchtung und schließen sich bei Eintritt der Dunkelheit, auch wenn die übrigen Faktoren gleichbleiben; eine geschlossene Tulpe, welche in einem kühlen Raum gehalten wurde, blüht in wenigen Minuten auf, wenn man sie in ein warmes Zimmer bringt. Die Periodizität der Erscheinung ist aber nicht immer als eine direkte Folge des Tageswechsels anzusehen, manche Schlafbewegungen dauern auch im Finstern bei gleichbleibender Luftwärme und Feuchtigkeit fort, nur verschiebt sich die Periode gegenüber dem Ablauf der Tageszeiten. Die periodische Bewegung erfolgt also aus inneren Gründen, sie wird aber durch den Tageswechsel der äußeren Umstände zeitlich reguliert.

Wie im Vorstehenden angedeutet wurde haben die Bewegungsvorgänge bei den Pflanzen in vielen Fällen insofern eine biologische Bedeutung, als sie für die Erhaltung des Individuums oder für die Erzeugung einer Nachkommenschaft vorteilhaft wirken. Das darf aber nicht so verstanden werden, als ob die Bewegungserscheinungen in jedem Falle als zweckmäßige, im Kampf ums Dasein erworbene Anpassungen an die äußeren Verhältnisse aufzufassen seien. Wie Goebel*, der geniale Altmeister der Pflanzenmorphologie und Entwicklungsgeschichte, gezeigt hat, erweisen sich die teleologischen Deutungen, welche die Bewegungserscheinungen der Pflanzen in älterer und neuerer Zeit gefunden haben, gegenüber einer wissenschaftlichen Prüfung vielfach als falsch oder als unbewiesene Vermutungen.

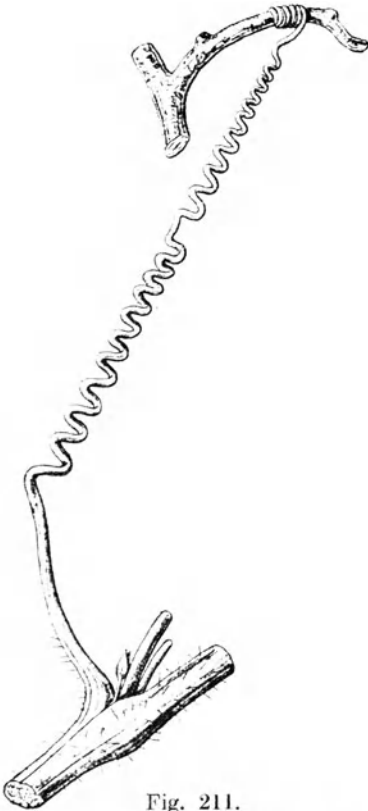


Fig. 211.

Ranke von *Bryonia dioica*, welche eine Stütze ergriffen hat (n. Sachs).

6. Das Empfindungsvermögen der Pflanzen.

Die in der Umgebung des Pflanzenkörpers vorhandenen äußeren Umstände kommen für die Lebensvorgänge in verschiedenen Beziehungen in Betracht. Einmal liefern sie als die äußeren Lebensbedingungen der Pflanze die Quelle für Kraft und Stoff; ihre Quantität beeinflusst die Lebenserscheinungen direkt in demselben Sinne, wie etwa die Temperatur

* Goebel, Die Entfaltungsbewegungen der Pflanzen. Jena 1920.

und Konzentration der Mutterlauge das Wachstum eines Kristalles beeinflussen. Sodann aber können die äußeren Umstände auch noch als Reize im Pflanzenkörper die Auslösung innerer Lebensvorgänge veranlassen, bei denen der erfolgende Kraft- und Stoffwechsel nicht eine direkte Fortwirkung der äußeren Reizursache ist. Die Reizwirkung, d. h. das durch die ausgelösten Lebensvorgänge herbeigeführte wahrnehmbare Endresultat, steht zu der Reizursache ebensowenig in direktem Verhältnis, wie etwa die Durchschlagung einer Panzerplatte mit dem Zug an der Zündvorrichtung eines Geschützes. Es ist also bei den Reizerscheinungen am Pflanzenkörper zu unterscheiden: 1. die Reizung, d. i. der Auslösungs-

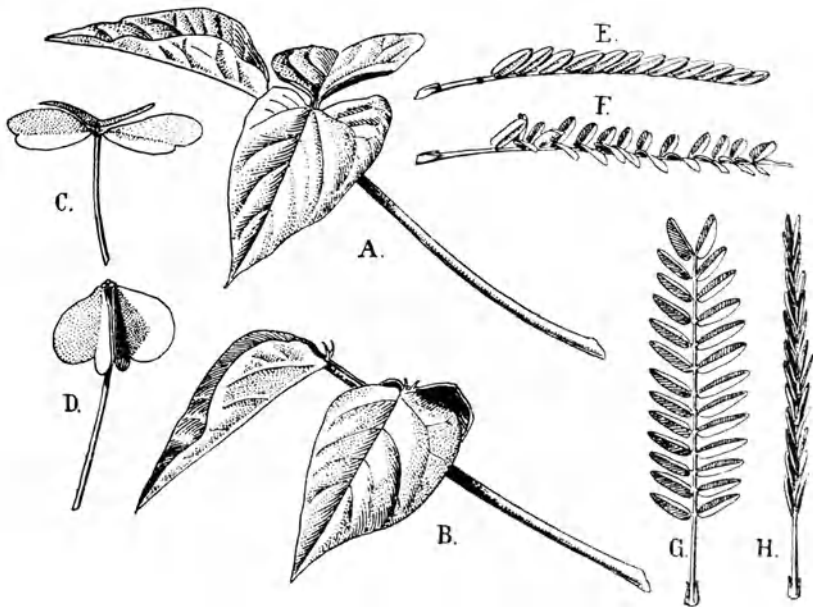


Fig. 212.

Tagesstellung (A. C. F. G.) und Schlafstellung (B. D. E. H.) des Blattes von *Phaseolus* (A. B.), *Oxalis* (C. D.), *Acacia* (E. F. von der Seite G. H. von oben).

vorgang, für den die Konstellation der äußeren Umstände die direkte Ursache bildet, 2. die Reaktion der Pflanze, d. i. der im Innern des Pflanzenkörpers sich abspielende Vorgang, dessen Verlauf und Endresultat nicht durch die Reizursache, sondern lediglich durch die Organisation des Pflanzenkörpers und den in ihm wirksamen Kraft- u. Stoffwechsel bestimmt wird.

Die Reizbarkeit, d. i. die Empfänglichkeit der lebenden Pflanze für äußere Reize, kann direkt mit der Sinneswahrnehmung der Tiere verglichen werden.

In den vorhergehenden Abschnitten, bei der Besprechung des Einflusses der äußeren Umstände auf die Formgestaltung und bei der Schilderung der Bewegungen, sind zahlreiche Beispiele für die Reizerscheinungen am Pflanzenkörper gegeben worden, in denen die ursächliche Verknüpfung von Reiz und Reizwirkung experimentell nachgewiesen worden ist. Im

folgenden soll kurz geschildert werden, unter welchen Umständen der äußere Reiz im Pflanzenkörper zur Wahrnehmung gelangt und welche Vorstellungen man über das innere Wesen der Verknüpfung zwischen Reizursache und Reizwirkung gewonnen hat.

Die als Reizerscheinungen am Pflanzenkörper auftretenden Veränderungen können sehr verschiedener Natur sein. An freibeweglichen Organismen, wie bei gewissen niederen Algen und Pilzen, bei Schwärmsporen und bei den Spermatozoiden der Moose und Farne treten Veränderungen in der Lebhaftigkeit und Richtung der Bewegung hervor. In den Zellen höherer Pflanzen werden durch Reize sichtbare Umlagerungen des Zellinhaltes herbeigeführt, z. B. bei der Wanderung der Chlorophyllkörper im Moosblatt (s. S. 194). Spontane Bewegungen, wie z. B. die Einnahme der Tag- und Nachtstellung durch die Blätter vieler Gewächse, werden durch äußere Reize in ihrer Intensität und ihrem zeitlichen Verlauf reguliert. In manchen Fällen werden vorübergehende oder dauernd durch Wachstum fixierte Krümmungen oder Streckungen einzelner Organe veranlaßt, oder es wird direkt die durch das Wachstum erreichte Formgestaltung oder die Natur der auftretenden Organe durch äußere Einflüsse induziert.

Nicht selten erscheinen die durch den äußeren Reiz hervorgerufenen Veränderungen als eine vorteilhafte Anpassung an die den Reiz auslösende Konstellation der äußeren Umstände, bisweilen aber ist eine solche Beziehung nicht erkennbar, oder die durch den Reiz veranlaßte Veränderung erscheint direkt als schädlich.

Als vorteilhafte Anpassungen müssen offenbar die Wanderung oder Formänderung der Chlorophyllkörper unter dem Einfluß des Beleuchtungswechsels, die Schlafbewegungen der Blätter, die heliotropische Krümmung einseitig beleuchteter Sprosse, die Annahme der fixen Lichtlage der Blätter, die geotropische Aufrichtung der Sprosse und die Abwärtskrümmung der Wurzeln, die Einkrümmung der Ranken, die Fangbewegungen gewisser Insektivoren, die der Pollenübertragung förderlichen Reizbewegungen an Staubfäden und Narbenlappen u. a. m. angesehen werden. Dagegen ist z. B. kein Nutzen ersichtlich, wenn die Plasmodien der Myxomyceten durch die Richtung des Wasserstromes im Substrat bestimmt werden, die entgegengesetzte Richtung einzuschlagen. Und direkt schädigend erscheint die Reizwirkung für den Organismus, wenn selbstbewegliche Bakterien durch den chemischen Reiz gewisser für sie giftiger Substanzen veranlaßt werden, dem todbringenden Medium zuzustreben, oder wenn der von einem Pilze oder von einem Gallentier ausgehende Reiz eine Hypertrophie des Gewebes oder eine Kräuselung der Blattfläche hervorruft, welche das Blatt zur Assimilationsarbeit ungeeignet macht.

Die äußeren Reizursachen, welche vom Pflanzenkörper wahrgenommen und durch Reaktionen beantwortet werden, sind zum großen Teil physikalischer Natur, besonders kommen Licht- und Wärmewirkungen, mechanische Erschütterung oder Berührung und die Wirkung der Schwerkraft in Betracht, doch spielen nicht selten auch Einwirkungen stofflicher Natur, wie die Konzentration und die Verteilung chemisch definierter Substanzen in der Umgebung der Pflanze eine wichtige Rolle.

Da eine gewisse Lichtmenge zu den wichtigsten Lebensbedingungen der grünen und auch mancher chlorophyllfreien Pflanzen gehört, so können Intensitätsschwankungen derselben an ihnen durch direkte Beeinflussung des Kraft- und Stoffwechsels Veränderungen hervorrufen. Außerdem aber können solche Schwankungen der Lichtintensität auch als auslösende Reize von der Pflanze wahrgenommen werden, wie der folgende von

Oltmanns angegebene Versuch beweist (Fig. 213). In einer Glaswanne wird durch einen vorgesetzten flachen Keil von Rauchglas die Beleuchtung von einem bis zum anderen Ende hin allmählich abgestuft. Man kann statt des Rauchglaskeiles auch eine aus zwei Glastafeln in Metallfassung hergestellte flach keilförmige Cuvette verwenden, welche mit einer durch chinesische Tusche gleichmäßig schwach getrübbten Gelatinelösung ausgegossen ist. Füllt man in die Glaswanne Wasser ein, welches die kugelförmigen Kolonien von Volvox in größerer Zahl enthält, so sieht man nach einiger Zeit, daß sich alle Volvoxkolonien in einer Zone bestimmter, gleicher Helligkeit angesammelt haben. Verschiebt man den Rauchglaskeil vor der Glaswanne, so daß die Algenansammlung in hellere oder dunklere Beleuchtung versetzt wird, so tritt aufs neue eine Wanderung zu der Zone der ihnen zugesagenden Helligkeit ein. Oltmanns bezeichnet die Bewegung der Organismen zur Aufsuchung eines Lichtes von bestimmter Intensität als photometrische Bewegung. Ein Wahrnehmungsvermögen für die Richtung, in welcher direktes Licht die Pflanze trifft, betätigt sich einmal bei den phototaktischen Bewegungen vieler mit freier Ortsbewegung

versehener niederer Pflanzen — indem dieselben infolge der einseitigen Beleuchtung veranlaßt werden, der Lichtquelle direkt zuzustreben oder dieselbe zu fliehen —, und ferner beim Zustandekommen der heliotropischen Wachstumskrümmungen bei höheren Pflanzen. Für den Unterschied zwischen dem gewöhnlichen und dem polarisierten Licht scheinen die Pflanzen ebenso wie das menschliche Auge unempfindlich zu sein. Dagegen werden die Lichtstrahlen von verschiedener Wellenlänge wenigstens in gewissen Fällen verschieden wahrgenommen, wie der folgende Versuch zeigt. Bringt man in einen Nollschen Zinkkasten (Fig. 206) einen Topf mit keimenden Kressensamen, so richten alle Keimpflanzen heliotropisch ihre Spitze gegen die Lichtöffnung in dem die Glaswand bedeckenden Schieber. Befestigt man vor der Lichtöffnung eine Glascuvette, welche eine Lösung von Kupferoxydammoniak enthält, so daß nur blaues Licht zu den Keimlingen im Kasten gelangen kann, so findet die heliotropische Krümmung in gleicher Weise statt. Füllt man dagegen die Glascuvette vor der Lichtöffnung des Kastens mit einer Lösung von doppeltchromsaurem Kali, welche nur gelbes Licht passieren läßt, so bleibt die heliotropische Krümmung der Keimpflanzen aus. Dieser Versuch beweist zugleich, daß auch bei chlorophyllhaltigen Pflanzen die Wirkung der Lichtstrahlen als Reizursache mit der Assimilationsprozeß betätigten Arbeitsleistung des Lichtes nicht in direktem Zusammenhang steht; denn während die Kohlensäureassimilation im gelben Teil des Sonnenspektrums ihre größte Intensität erreicht und im blauen Teil erlischt, ist die Reizwirkung der gelben Lichtstrahlen äußerst gering, die der blauen dagegen fast gleich der des weißen Lichtes. Chlorophyllfreie Gewächse verhalten sich bezüglich ihrer Reizbarkeit durch Lichtstrahlen verschieden. Manche Pilze, z. B. der auf S. 199 besprochene *Pilobolus* und *Phycomyces*, krümmen sich bei einseitiger Beleuchtung und zeigen im Dunkeln Etiolierungserscheinungen, andere dagegen, wie z. B. der als Kulturpflanze vielfach in finstern Kellern angebaute Champignon, wachsen im Dunkeln ebenso normal wie im Tageslicht.

Wärmeschwankungen üben, da sie eine Aenderung der Energiezufuhr bedeuten, einen direkten Einfluß auf alle Lebenserscheinungen aus. Daß daneben auch von der Pflanze die Wärmedifferenzen reizauslösend wahrgenommen werden, beweisen die experimentell erwiesenen Fälle von Thermotropismus und das durch Wärmeschwankungen beeinflusste Öffnen und Schließen der Blüten von *Tulipa*, *Crocus* u. a. m.

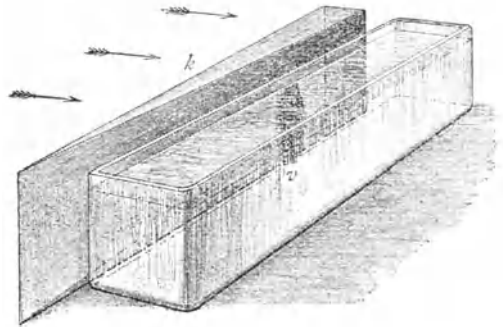


Fig. 213.

Apparat nach Oltmanns zur Demonstration der photometrischen Bewegungen frei schwimmender Algen. Die Pfeile deuten die Richtung des einfallenden Lichtes an. Hinter dem Rauchglaskeil *k* steht eine Glaswanne, welche Wasser mit Volvox enthält. Die Algen haben sich bei *v* an der vorderen Wand der Wanne angesammelt. Der Deutlichkeit wegen ist der die Wanne gegen direktes Licht von oben abschließende undurchsichtige Deckel in der Figur fortgelassen.

Als mechanische Reizursachen kommen einmal die Stöße und Erschütterungen in Betracht, welche bei *Mimosa*, *Dionaea*, *Aldrovandia* u. a. m. ruckweise Bewegungen und an den Staubfäden und Narbenlappen in manchen Blüten Krümmung oder Streckung hervorrufen, ferner kann auch einfache Berührung die Reizauslösung herbeiführen, wie bei den auf S. 188 beschilderten Mechanomorphosen und bei den kontaktempfindlichen Ranken der Kletterpflanzen. Das Empfindungsvermögen der Ranken für Kontaktreize unterscheidet genau den Aggregatzustand des berührenden Körpers. Nur feste Körper vermögen durch ihre Berührung den Reizvorgang auszulösen. Ein Quecksilberstrom, der gegen die reizbare Flanke einer solchen Ranke gerichtet wird, führt keine Reizkrümmung herbei, ein über die Ranke gehängter kurzer Seidenfaden dagegen, dessen Gewicht wenige Milligramm beträgt, löst den Krümmungsvorgang aus. Die Berührung mit völlig verflüssigter Kakaobutter reizt die Ranke nicht, läßt man aber das Fett durch Erniedrigung der Temperatur langsam erstarren, so bewirken die in der Flüssigkeit auftretenden Fettkriställchen bei empfindlichen Ranken eine deutliche Reaktion. Zu den mechanischen Reizen können endlich auch die Verwundungen des Pflanzen-

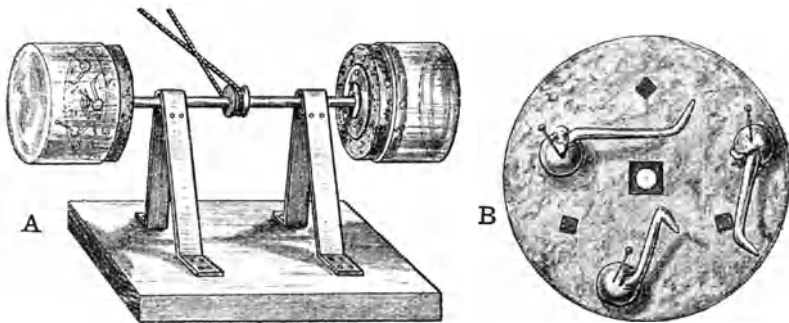


Fig. 214.

A Zentrifugalapparat zum Nachweis der Tatsache, daß die durch die Zentrifugalkraft bewirkte Massenbeschleunigung in gleicher Weise wie die Schwerkraft Reizkrümmung geotropischer Organe veranlaßt. **B** Korkscheibe mit drei Erbsenkeimlingen, deren Wurzelspitzen die durch die Rotation hervorgerufene Krümmung zeigen.

körpers gerechnet werden, welche die Atmung steigern und auch in den nicht direkt verletzten Zellen Umlagerungen des Inhalts hervorrufen und zu Wachstums- und Neubildungsprozessen den Anstoß geben können.

Die Intensität der Schwerkraft ist konstant und überall auf der Erde annähernd die gleiche. Die geringen Unterschiede, welche in verschiedenen Meereshöhen und in verschiedenen Breiten bemerkbar sind, lassen keinen Einfluß auf die Pflanzenwelt erkennen. Dagegen kommt den allermeisten Pflanzen ein sehr feines Empfindungsvermögen zu für die Richtung, in welcher die Schwerkraft auf sie einwirkt, wie die verschiedenartigen Erscheinungen des Geotropismus zeigen. Daß dabei die Schwerkraft nur als Massenanziehung in Betracht kommt, wird wahrscheinlich durch den Umstand, daß sie in ihrer Wirkung als Reizursache durch die Zentrifugalkraft ersetzt werden kann. Befestigt man locker in feuchte Watte gehüllte Erbsenkeimlinge, deren Wurzel etwa 2 cm lang ist, in beliebiger Anordnung auf einer im feuchten Raume an horizontaler Achse rotierenden Scheibe, welche in der Minute etwa 200 Umdrehungen macht, so zeigt die wachsende Wurzelspitze aller Keimlinge nach einigen Stunden eine deutliche Ablenkung in radialer Richtung nach außen (Fig. 214). Da die einseitige Wirkung der Schwerkraft durch die Rotation aufgehoben ist, so macht sich in der Richtungsänderung der Wurzeln ausschließlich die Wirkung der Zentrifugalkraft bemerkbar.

Chemische Beschaffenheit und Konzentration der mit dem Pflanzenkörper in Berührung tretenden Stoffe kommen, abgesehen von der Bedeutung, welche manche Substanzen als Nährstoffe oder Gifte für die Pflanze besitzen, auch als Reizursachen in Betracht. Häufig bilden sie, wie früher (S. 190) erwähnt, den Anlaß zum Auftreten besonderer Gestaltungsverhältnisse, welche als Chemomorphosen bezeichnet werden,

ferner wird durch derartige stoffliche Reize bei gewissen insektenfressenden Pflanzen ein Verdauungsvorgang veranlaßt. Die am Blattrande und auf der Blattfläche von *Drosera rotundifolia* stehenden gestielten Drüsen sind gegen Berührung fester Körperchen empfindlich. Legt man auf das Köpfchen einer solchen Drüse ein Glassplitterchen, so führt der Drüsenstiel eine Krümmungsbewegung gegen die Blattmitte hin aus und auch die benachbarten Drüsen werden zur Einkrümmung veranlaßt. Nach kurzer Zeit aber werden die Krümmungen der Drüsenstiele wieder rückgängig gemacht. Wird statt des Glassplitters ein Stückchen von Hühnereiweiß oder Fibrin oder von einer anderen stickstoffhaltigen Substanz zur Reizung verwendet, so wird dasselbe durch die Einkrümmung der Drüsenstiele allmählich mit zahlreichen Drüsenköpfen in Berührung gebracht und endlich ganz eingeschlossen; es tritt dann die Absonderung eines Verdauungssekretes auf, welches die Eiweißsubstanzen löst und die Resorption derselben durch die Drüsen ermöglicht. Erst nach Beendigung dieses Verdauungsvorganges beginnt die Geradestreckung der Drüsenstiele. Das Blatt ist also offenbar mit einem feinen Empfindungsvermögen für die chemische Beschaffenheit des reizenden Körpers ausgestattet. Darwin schloß aus einer außerordentlich großen Zahl von Versuchen mit *Drosera*, daß die Blätter mit beinahe irrtumsfreier Sicherheit die Gegenwart von Stickstoff entdecken. — Ungleichmäßige Verteilung chemischer Substanzen in Lösungen wirkt in vielen Fällen als richtender Reiz bei Bewegungen. Besonders auffällig äußert sich das Empfindungsvermögen für Konzentrationsunterschiede bei freibeweglichen Organismen, Bakterien, Volvocineen, Schwärmsporen, Spermatozoen, welche von verschiedenen organischen und anorganischen Substanzen, die in Lösung im Flüssigkeitstropfen ungleichmäßig verteilt sind, angezogen oder abgestoßen werden. Man bezeichnet ihre Fähigkeit, die Bewegung zu dem Konzentrationszentrum hin zu richten oder von demselben abzuwenden, als Chemotaxis. Die Substanz, welche die Farnspermatozoiden veranlaßt, zu einem im gleichen Wassertropfen befindlichen geöffneten Archegonium hinzuschwimmen, ist Apfelsäure, welche aus dem Archegonienhals hervordringend sich durch Diffusion im Wassertropfen ausbreitet. Bringt man unter dem Mikroskop in einen Wassertropfen, welcher frei und ziellos herumschwimmende Farnspermatozoiden enthält, eine Glaskapillare, die mit einer wenigprozentigen Lösung eines apfelsauren Salzes gefüllt ist, so sieht man die Spermatozoiden nach kurzer Zeit in die Öffnung der Kapillare hineinschwärmen.

Der Vorgang der Reizaufnahme (die Perception) ist wie jede andere Lebenserscheinung der Pflanzen abhängig von dem durch die äußeren Lebensbedingungen bewirkten Zustand des Organismus, unter günstigen Lebensbedingungen steigert sich die Empfindlichkeit gegen äußere Reize, unter ungünstigen nimmt sie ab. Außerdem aber wird die Empfindlichkeit der Pflanzen gegen äußere Reize noch wesentlich beeinflusst durch voraufgegangene Reizungen derselben Art. Man bezeichnet diejenige geringste Intensität einer Reizursache, welche eben noch den Reizvorgang auszulösen vermag, als die Reizschwelle. Der durch die Lage der Reizschwelle definierte jeweilige Grad der Empfindlichkeit wird als Reizstimmung bezeichnet.

Wie ein vorübergehend im Dunkeln gehaltenes menschliches Auge für viel geringere Helligkeitsunterschiede empfänglich ist, als ein an Licht gewöhntes, so werden auch Pflanzen, welche vorher verdunkelt waren, schon durch Lichtschwankungen zur Reaktion veranlaßt, welche für die im Licht stehenden Pflanzen noch unterhalb der Reizschwelle bleiben. Im Dunkeln erwachsene Keimpflanzen vermögen nach Wiesners Angaben noch Helligkeitsunterschiede zweier Lichtquellen wahrzunehmen, zu deren Konstatierung die Empfindlichkeit eines Bunsenschen Photometers nicht mehr ausreicht. Verwendet man in dem auf S. 207 beschriebenen und in Fig. 213 abgebildeten Versuch *Volvox*kolonien, welche vorher der Sonne ausgesetzt waren, so suchen dieselben in der Glaswanne hinter dem Rauchglaskeil eine viel hellere Stelle auf als solche, die vorher im Schatten gehalten waren. Die fortgesetzten, gleichmäßigen Erschütterungen, welche die fallenden Tropfen eines Regenschauers einer *Mimosa pudica* zufügen, schwächen die Empfindlichkeit der Pflanze für diese Reizursache derart ab, daß die beim Beginn des Regens in Reizstellung versetzten Blätter sich wieder ausbreiten und geöffnet bleiben, wenn nicht eine Verstärkung des Tropfenfalles oder ein anders gearteter Reiz aufs neue den Reizvorgang auslöst.

Aehnlich wie der Tastsinn des Menschen scheint das Wahrnehmungsvermögen der Pflanzen für äußere Reize in manchen Fällen ziemlich gleichmäßig über alle Teile des Pflanzenkörpers verbreitet zu sein. In anderen Fällen aber finden wir die Reizempfindlichkeit an bestimmten Stellen des Pflanzenkörpers auffällig gesteigert oder gar auf bestimmte Organe beschränkt. Es liegt nahe, derartige der Reizperception dienende Organe mit

den Sinnesorganen der Tiere zu vergleichen und in ihrem Bau Strukturen zu vermuten, welche geeignet sind, die Uebertragung des von der Reizursache ausgehenden Anstoßes auf die lebende Substanz des Pflanzenkörpers mechanisch zu erklären.

Als Sinnesorgane zur Perception von Berührungsreizen sind die Fühlborsten anzusehen, welche auf den Blättern von *Dionaea* und *Aldrovandia* stehen (Fig. 215 A). Unterhalb der verlängerten, starren Spitze dieser Borsten liegt eine Gelenkstelle, an welcher dünnwandige, plasmareiche Zellen eingeschaltet sind. Eine geringe Berührung wird durch den als Hebelarm wirkenden starren Teil der Borste verstärkt auf den lebenden Inhalt dieser Zellen übertragen. In den Epidermiszellen der reizempfindlichen Ranken von *Cucurbita* und anderen Kletterpflanzen finden sich an der Außenwand dünne Stellen, sogenannte Fühltüpfel, welche ermöglichen, daß der Druck eines sie berührenden Körpers direkt auf das darunterliegende Plasma wirkt. Kleine in der Nähe oder am Eingang des Tüpfelkanals liegende Kriställchen scheinen dabei bisweilen die Wirksamkeit des von außen kommenden

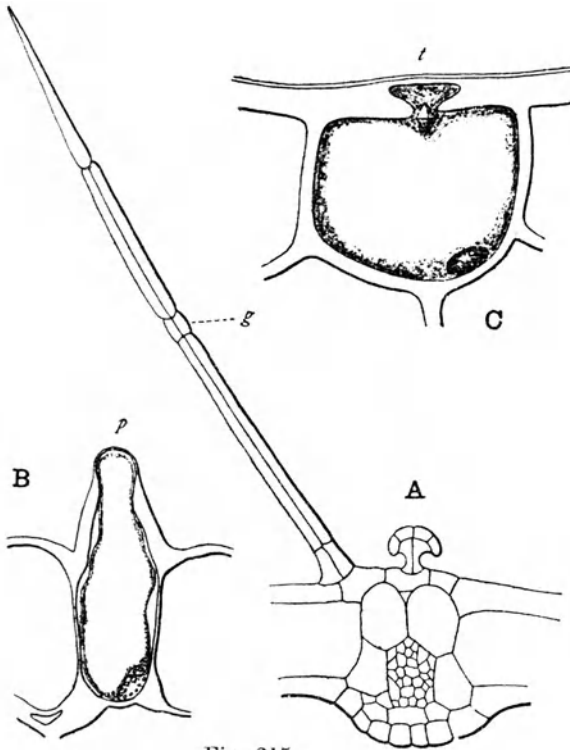


Fig. 215.

A Teil des Blattquerschnittes von *Aldrovandia vesiculosa* mit einer Fühlborste. *g* Gelenkzellen der Fühlborste. B Oberhautzelle eines Staubfadens von *Opuntia vulgaris* mit einer Fühlpapille *p*. C Oberhautzelle einer Ranke von *Cucurbita pepo* mit einem Fühltüpfel *t*. (Nach Haberlandt.)

Druckes zu erhöhen (Fig. 215 C). An den ebenfalls gegen Berührung empfindlichen Staubfäden von *Opuntia* sind die dünnen Stellen der Außenwand als Fühlpapillen zapfenartig über die Oberfläche der Epidermiszellen emporgewachsen (Fig. 215 B).

Die Reizempfindlichkeit gegen die einseitige Wirkung der Schwerkraft ist bei den Wurzeln der höheren Pflanzen auf die äußerste Spitze beschränkt, während die infolge der Reizung auftretende geotropische Krümmung sich in der hinter der Spitze liegenden Zone stärkster Streckung bemerkbar macht, welche selbst nicht direkt reizbar ist. Als Organ zur Wahrnehmung der durch die Schwerkraft bewirkten Massenbeschleunigung ist in jüngster Zeit die zentrale Zellengruppe der Wurzelhauben gedeutet worden. Die Zellen dieses Teiles der Wurzelhaube enthalten Stärkekörner, welche spezifisch schwerer sind als der flüssige Zellinhalt und sich deshalb bei normaler Lage der Wurzel-

spitze an der zum Erdmittelpunkt gekehrten Wand der Zelle in Ruhelage befinden (Fig. 216 A). Man kann sich vorstellen, daß das Protoplasma an der unteren Zellwand gegen den Druck der Stärkekörner unempfindlich ist, während das den seitlichen Zellwänden anliegende und das den oberen Teil der Zelle erfüllende Plasma durch einen solchen Druck in einen Reizzustand versetzt wird. Wenn die Wurzel aus ihrer geotropischen Ruhelage gebracht wird, so tritt infolge der Schwerkraftwirkung in jeder der Zellen des Perceptionsorganes eine Lagenänderung der Stärkekörner ein, und damit eine Druckwirkung auf einen reizempfindlichen Teil des Zellenplasmas (Fig. 216 C). Die

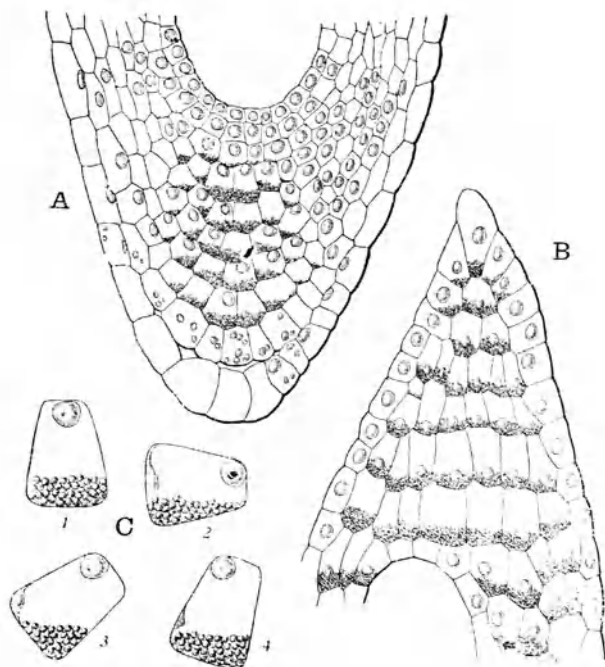


Fig. 216.

Einige als Sinnesorgane für die Aufnahme des Schwerkraftreizes gedeutete Strukturen. Vom Zellinhalt sind nur der Zellkern und die Stärkekörner gezeichnet (nach Némec). **A** Längsschnitt einer Wurzelhaube von *Roripa*. **B** Längsschnitt durch die Spitze der Keimscheide eines Grases. **C** Schematische Darstellung einer einzelnen Zelle des Sinnesorganes: 1 Die geotropische Ruhelage. Die Stärkekörner sind der Unterseite der Zelle aufgelagert. 2 In der horizontal gelegten Zelle sind die Stärkekörner durch die Schwerkraftwirkung auf die Seitenwand der Zelle umgelagert, deren Plasmabelag durch den Druck direkt gereizt wird. 3 und 4 infolge der Reizwirkung eingenommene Übergangslagen, durch welche die Zelle in die Ruhelage zurückgeführt wird.

Struktur der Zellen in dem zentralen Teil der Wurzelhaube erscheint demnach geeignet, die von der Schwerkraft ausgehende Massenbeschleunigung direkt in eine mechanische Druckwirkung auf das sensible Protoplasma umzusetzen. Ähnliche Strukturen sind auch in der Keimscheide der Gräser (Fig. 216 B), in der Stärkescheide der Sproßspitzen, der geotropisch empfindlichen Stengelteile von Gelenkpflanzen und der Blattstiele nachgewiesen und als Einrichtungen zur Perception des Schwerkraftreizes gedeutet worden.

Aus dem Umstande, daß heliotropische Wachstumskrümmungen nur an Sproßspitzen oder an Knoten der Gelenkpflanzen und anderen noch wachstumsfähigen Organen wahrnehmbar sind, darf nicht gefolgert werden, daß auch die Empfindlichkeit des Pflanzenkörpers für einseitige Beleuchtung nur auf diese Teile beschränkt sei. Es ist sehr wohl

denkbar, daß auch an den ausgewachsenen Pflanzenteilen der Lichtreiz von dem lebenden Zellenplasma empfunden wird, daß aber die sichtbare Reaktion ausbleibt, weil dem betreffenden Organ die zu ihrem Zustandekommen nötige Wachstumsfähigkeit gebracht. Daß aber in der Tat, wenigstens in gewissen Fällen, auch die Reizempfänglichkeit für Lichtwirkung am Pflanzenkörper auf bestimmte Teile beschränkt ist, beweist der folgende

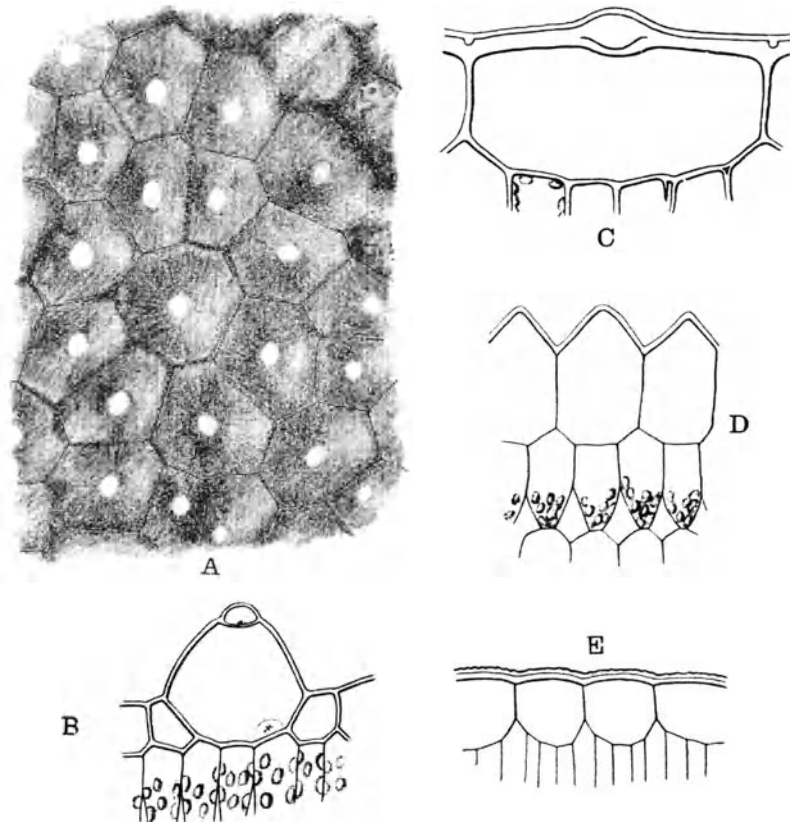


Fig. 217.

Einige Strukturen, welche als Lichtsinnesorgane der Pflanzen gedeutet worden sind (nach Haberlandt).

A Epidermiszellen des Blattes von *Anthurium Maximiliani*, die infolge der Linsenwirkung ihrer hervorgewölbten Außenwände nur im Mittelpunkt der Innenwand hell beleuchtet sind. **B** Epidermis des Blattes von *Fittonia Verschaffeltii* mit einer vorspringenden zweizelligen augenartigen Papille. **C** Epidermiszelle von *Campanula persicifolia* mit verkieselter Sammellinse in der Außenwand. **D** Epidermiszellen von *Begonia Rex*, deren kegelförmige Vorwölbung die Lichtstrahlen im Zellinnern konvergiert. **E** Epidermiszellen von *Franciscea macrantha* mit hohlspiegelartig gewölbter Innenwand.

Versuch: In einer Treibschale werden keimfähige Samen der Hirse (*Panicum miliaceum* oder *Panicum sanguinale*) nicht zu dicht ausgesät und im Dunkeln zur Keimung gebracht. Noch bevor das erste Blatt die den Gipfel der jungen Keimpflanzen einnehmende Keimscheide durchbricht, wird ein Teil der Keimpflänzchen mit Staniolkäppchen, welche über einer entsprechend dicken Stricknadel geformt worden sind, derart überdeckt, daß die etwa 4—6 mm lange Keimscheide gänzlich verhüllt wird, während das mehrere Zentimeter lange Sproßglied, welches die Keimscheide über den Erdboden emporträgt,

freibleibt. Setzt man die Treibschale einseitiger Beleuchtung aus, so ist schon nach wenigen Stunden an allen Keimpflänzchen, welche kein Stanniolkäppchen bekommen haben, das untere Sproßglied deutlich eingekrümmt, so daß die Spitze des Keimlings gegen die Lichtquelle hingewendet ist. Diejenigen Keimpflanzen aber, deren Keimscheide durch das Stanniolkäppchen verdunkelt war, zeigen keinerlei Reaktion auf die einseitige Einwirkung des Lichts, obwohl auch hier der zur Ausführung der Krümmung befähigte Sproßabschnitt in seiner ganzen Länge der einseitigen Beleuchtung ausgesetzt war. Als Lichtsinnesorgane zur Wahrnehmung der Richtung des einfallenden Lichtes sind von Haberlandt in neuerer Zeit gewisse Strukturen besonders an Laubblättern beschrieben worden, durch welche das Licht bei veränderter Lage des Organes auf einen Teil des Zellenplasmas konzentriert wird, der bei der normalen Lage zum Licht nicht direkt beleuchtet wird (Fig. 217). Die Voraussetzung, daß der bei normaler Lichtlage beleuchtete Teil des Plasmas indifferent, der nicht beleuchtete aber für den Lichtreiz empfänglich sei, läßt derartige Strukturen geeignet erscheinen, der Pflanze die Perception der Richtung des Lichtes zu vermitteln. Indessen bleibt die Bestätigung der geistreichen Hypothese durch eingehendere Untersuchungen abzuwarten.

Das der Reizperzeption dienende Organ (Sinnesorgan) und der Teil des Pflanzenkörpers, an dem die Reizwirkung für uns wahrnehmbar wird, sind, wie aus dem Vorstehenden erhellt, häufig räumlich voneinander getrennt, es muß also in dem dazwischen liegenden Teil des Pflanzenkörpers eine Fortleitung des Reizes (Reizleitung) stattfinden. Abgesehen von einigen Fällen, z. B. bei den Staubfäden der Cynareen und bei *Mimosa pudica*, in denen man mechanisch wirkende reizleitende Strukturen gefunden zu haben glaubte, nahm man bisher an, daß der durch die Reizung hervorgerufene Zustand des Protoplasmas durch die Protoplasmaverbindungen direkt von Zelle zu Zelle bis an den Ort der Reizwirkung übertragen werde. Sorgfältige Experimente haben neuerdings zu der Erkenntnis geführt, daß in gewissen Fällen durch die Reizung in den reizperzipierenden Zellen eine chemische Veränderung hervorgerufen wird, welche durch Diffusion chemisch definierter Substanzen (Hormone) zu den Stellen der Reizwirkung übertragen wird und dort die Veränderung des Saftdruckes und des Wachstums bewirkt, aus welcher die Reizwirkung sich ergibt. Es gelang zu zeigen, daß die Reizleitung auch über abgetötete Zellen in der Leitungsbahn fortschreitet und daß selbst Fremdkörper, welche zwischen dem Sinnesorgan und dem Orte der Reizwirkung eingeschaltet werden, wenn sie die Diffusion gestatten, die Reizleitung nicht unterbrechen.

An den Keimlingen von *Avena*-arten ist nur die Spitze der Keimscheide für die einseitige Beleuchtung empfindlich. Die Reizwirkung wird an dem unteren Teil der Keimscheide wahrnehmbar, der sich gegen die Seite hinkrümmt, von welcher her das Licht die Spitze trifft, auch wenn er selbst durch Umhüllung mit Stanniol gegen das einseitige Licht geschützt ist. Wenn man von einer im Dunkeln aufrecht wachsenden Keimscheide die reizempfindliche Spitze mit scharfem Schnitt abtrennt, sie einseitig beleuchtet und darauf wieder auf den im Dunkeln verbliebenen Stumpf aufsetzt, so krümmt sich der letztere nachträglich stets nach der Seite, an welcher die vorher belichtete Flanke der aufgesetzten Spitze liegt. Die Krümmung tritt auch dann ein, wenn bei dem Versuch zwischen Stumpf und Spitze ein mit Gelatine durchtränktes Scheibchen von spanischem Rohr eingeschaltet wird.

Zweites Kapitel. Die Fortpflanzung.

Die Pflanzen besitzen eine sehr verschiedene Lebensdauer. Bei den Blütenpflanzen unterscheidet man monokarpische oder hapaxanthische Arten, welche ihre vegetative Entwicklung mit der Blütenbildung abschließen und nach der Ausbildung der Früchte zugrunde gehen — und polykarpische Arten, welche wiederholt blühen und Früchte tragen. Hapaxanthisch sind die Kräuter. Wenn sie ihren Entwicklungsgang innerhalb einer Vegetationsperiode durchlaufen, so bezeichnet man sie als einjährige oder annuelle Kräuter. Die zweijährigen oder biennen Kräuter entwickeln im ersten Jahre nur vegetative Organe, während Blüten und Früchte erst im Laufe des zweiten Jahres erscheinen. Nur wenige monokarpische Gewächse gebrauchen zu ihrer vollen Entwicklung bis zur Blüten- und Fruchtbildung mehr als zwei Jahre; Beispiele bieten die Sagopalme, die Talipotpalme und *Agave americana*, welche oft erst nach dreißig und mehr Jahren blüht.

Zu den polykarpischen Gewächsen, die man mit Bezug auf ihre Lebensdauer gegenüber den Annuellen und Biennen auch wohl als Perennen bezeichnet, gehören Stauden, Sträucher und Bäume. Die Stauden entwickeln aus einem meist unterirdisch wachsenden Rhizom blümentragende Laubspresse, welche nach der Fruchtreife absterben. Das Rhizom aber lebt fort und entwickelt in jeder neuen Vegetationsperiode neue Laub- und Blütensprosse. Die Sträucher und Bäume erfahren alljährlich einen Zuwachs ihres Verzweigungssystems, dessen jüngste Teile Blätter und Blüten tragen, während die älteren Teile durch einen Dickenzuwachs an Umfang und Festigkeit zunehmen.

Während bei den monokarpischen Pflanzen die Entwicklung des Samens die normale Veranlassung für das Absterben bildet, scheint bei Bäumen, Sträuchern und Stauden in der Organisation des Körpers überhaupt keine natürliche Todesursache gegeben zu sein, so daß diesen Gewächsen eine unbegrenzte Lebensdauer zukommt, wenn nicht äußere Einflüsse eine Zerstörung des Lebens bewirken. In der Tat ist eine Reihe von Beispielen dafür bekannt, daß Bäume ein mehrtausendjähriges Alter erreichen. Bekannt ist der alte Lindenbaum bei Neuenstadt am Kocher, der schon im 13. Jahrhundert als der große Baum an der Heerstraße erwähnt wird. Als Beispiel höchsten Alters wird gewöhnlich der Affenbrotbaum, *Adansonia digitata*, in Senegambien angeführt, von dem einige noch lebenskräftige Exemplare bis zu 30 m im Stammumfang messen. Ihr Alter berechnet sich danach auf 5000—6000 Jahre. Derartige Beispiele stehen indes vereinzelt da; im allgemeinen wird auch dem Lebensalter der polykarpischen Gewächse durch die Tätigkeit des Menschen und der Tiere, durch Pilze oder durch elementare Gewalten wie Blitzschlag, Sturm, Erdbeben, früher oder später eine Grenze gesetzt.

Unter den niederen Pflanzen gibt es gleichfalls neben langlebigen Formen solche, deren Entwicklungsgang von der Entstehung des Indivi-

duums bis zu seinem Tode sich in kurzen Zeiträumen abspielt. Manche Moose, wie die Torfmoose, manche Meeresalgen, wie *Laminaria* und *Macrocystis*, manche Flechten und Pilze, wie die Bartflechte unserer Gebirgswälder und die baumbewohnenden Polyporeen, werden viele Jahre alt, andere überdauern den Ablauf eines Jahres nicht, oder die Lebensdauer der Individuen ist gar nur nach Wochen oder Tagen bemessen.

Der Ersatz für die absterbenden Individuen wird durch die Fortpflanzungserscheinungen vermittelt. Wenn wir alle die Vorgänge überblicken, welche zur Bildung neuer Individuen führen, so können wir zwei Gruppen von Erscheinungen unterscheiden, welche unabhängig voneinander und nebeneinander hergehend, oft bei demselben Pflanzenindividuum gefunden werden oder auch im Laufe der Generationen bei derselben Art regelmäßig miteinander abwechseln: der Erzeugung neuer Individuen auf ungeschlechtlichem Wege und die geschlechtliche Fortpflanzung. Die charakteristische Eigentümlichkeit der geschlechtlichen Fortpflanzung besteht darin, daß die Erzeugung der neuen Individuen durch eine Zellverschmelzung eingeleitet wird; zwei aus dem Vegetationskörper der Elternpflanzen hervorgehende Geschlechtszellen, welche durch besondere Ausbildung von den vegetativen Zellen verschieden sind, vereinigen sich zu einem einheitlichen Zellgebilde, welches durch Wachstumsvorgänge zur Entstehung eines neuen Individuums führt. Bei der Entstehung neuer Individuen auf ungeschlechtlichem Wege stellt dagegen irgend eine Zelle oder eine Gruppe von Zellen, welche rein zufällig oder durch Wachstumsvorgänge aus dem Verbands des Mutterindividuum gelöst wurde, ohne weiteres den Anfang eines neuen Individuums dar. Die Zellen oder Zellgruppen, von denen in solchen Fällen die Neubildung von Individuen ausgeht, sind häufig durch besondere Ausbildung von den vegetativen Zellen der Mutterpflanze unterschieden und durch ihre Organisation dem Zwecke besonders angepaßt. Bisweilen aber sind es irgendwelche Teile des Pflanzenkörpers, die von den gleichnamigen vegetativen Organen nicht unterschieden sind. Man bezeichnet im letzteren Falle den Vorgang der Neubildung als vegetative Vermehrung.

1. Die ungeschlechtliche Fortpflanzung.

Die vegetative Vermehrung. — Am einfachsten ist der Vorgang der vegetativen Vermehrung bei den einzelligen Spaltpilzen und Spaltalgen. Dort teilt sich das erwachsene Zellindividuum, welches die Form einer Kugel oder eines geraden oder gekrümmten Stäbchens hat, durch eine Querwand in zwei Zellen von annähernd gleicher Gestalt und Größe; jede dieser Zellen stellt ein selbständiges Individuum dar, welches sich durch Wachstum vergrößert und im ausgewachsenen Zustande durch erneute Teilung in gleicher Weise zu weiterer Vermehrung führen kann. Auch bei gewissen Grünalgen ist ein ähnlicher Vorgang vorhanden. Die einzelligen Konjugaten, zu denen das in Fig. 218 A abgebildete *Cosmarium* gehört, haben einen sehr regelmäßig geformten Körper. Die Zellwand ist aus zwei symmetrischen Hälften zusammengesetzt, welche, wie in der Figur, oft nur durch eine schmale Verbindungsstelle, den Isthmus, miteinander in Zusammenhang stehen; der lebende Zellinhalt, das Protoplasma, in welchem ein Zellkern und Chlorophyllkörper vorhanden sind, reicht

durch den Isthmus hindurch von einer Zellhälfte zur anderen. Die vegetative Vermehrung geht nun in der Weise vor sich, daß zunächst der Zellkern, welcher gewöhnlich an der Verbindungsstelle der Zellhälften seinen Platz hat, sich teilt. Zwischen den beiden Tochterkernen tritt dann im Isthmus eine Querwand auf und jede der dadurch entstandenen Teilzellen stellt ein neues Individuum dar. Indem an der Berührungsstelle ein starkes Wachstum in den beiden Tochterzellen vor sich geht (Fig. 218 B), ergänzt sich jede derselben allmählich zu der symmetrischen Gestalt, welche die Mutterpflanze besaß.

Für die Spaltalgen, deren Vegetationskörper einen Zellfaden darstellt, wie die Oscillarien und Nostocaceen, bedeutet die Teilung der einzelnen Zellen nur eine Verlängerung des Fadens. Die Vermehrung der Fäden kommt dadurch zustande, daß sie in kurze Teilstücke zerfallen, welche als Hormogonien bezeichnet werden. Diese Gebilde bewegen sich anfangs meist lebhaft, wodurch sie zu neuen Standorten geführt werden, und wachsen allmählich zu neuen Fäden aus. Für die Auflösung des Vegetationskörpers in Teilstücke, welche sich zu selbständigen Individuen entwickeln, haben wir auch bei den Moosen Beispiele. Manche Lebermoose mit thallosem Sproß verzweigen sich sehr reichlich dichotomisch. Indem nun der Vegetationskörper von hinten her allmählich abstirbt, werden die einzelnen Thallusäste isoliert und wachsen als selbständige Pflanzen weiter. Ein ähnlicher Vorgang findet sich unter anderem auch bei den mit beblätterten Sprossen versehenen Torfmoosen, welche

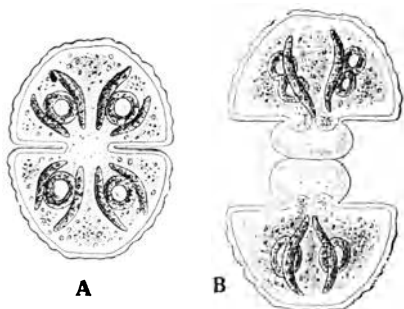


Fig. 218.

A *Cosmarium Botrytis*, eine einzellige Grünalge ($500/1$). B dieselbe in Zweiteilung begriffen.

den Moorboden oft auf weite Strecken in dichtgedrängten Rasen überdecken. Die Stämmchen wachsen hier aufrecht und bilden Seitensprosse, die sich gleichfalls nach oben wenden. Von unten her stirbt der Hauptsproß allmählich ab. Indem dadurch die Seitensprosse frei werden und sich wie neue Hauptsprosse verhalten, geht aus einem einzigen Stämmchen der Pflanze mit der Zeit ein ganzes ausgedehntes Moospolster hervor.

Bei vielen Gefäßpflanzen ist gleichfalls die Regeneration eines Seitensprosses zur selbständigen Pflanze möglich. Darauf beruht z. B. die von den Gärtnern sehr oft benutzte Methode der Vermehrung von Gewächsen durch Stecklinge. Ein Zweigstück einer Pflanze wird in Wasser oder feuchten Sand gesteckt, es bewurzelt sich nach einiger Zeit und wächst selbständig weiter. In der freien Natur findet eine Vermehrung in ähnlicher Weise bei den mit Ausläufern versehenen Pflanzen statt. An den Ausläufern der Erdbeerpflanzen z. B. entwickeln sich die durch lange Internodien von der Mutterpflanze und voneinander getrennten Seitensprosse ganz wie selbständige Pflanzen; ihre Sproßspitze richtet sich nach oben, an ihrer Basis werden Adventivwurzeln ausgebildet, und indem nach einiger Zeit die Internodien des Ausläufers absterben, wird die junge Pflanze aus dem Verbände mit der Mutterpflanze gelöst. Die Bildung von Ausläufern stellt

schon einen Uebergang zu der ungeschlechtlichen Fortpflanzung dar, insofern als sich die Ausläufer meistens in der äußeren Gestalt wie in der inneren Ausbildung von den gewöhnlichen, rein vegetativen Sprossen unterscheiden. Oft geht die Differenzierung der Ausläufer noch weiter, als in dem gewählten Beispiel. Bei der Kartoffel und beim Topinambur schwellen die Spitzen derselben zu reservestoffreichen Knollen an, die erst nach einer Ruheperiode austreiben und neue Pflanzen erzeugen (vergl. S. 35).

Sporen und Conidien. — Die bei den niederen Gewächsen am häufigsten sich findende Form der ungeschlechtlichen Fortpflanzung ist die Sporenbildung. Im Innern einzelner besonders gestalteter Zellen (Sporangien) werden durch freie Zellbildung isolierte Fortpflanzungszellen (Sporen) gebildet, die, aus dem Sporangium befreit, direkt oder auf Umwegen zur Bildung neuer Pflanzen führen.

Nach der Beschaffenheit der Sporen können wir unterscheiden zwischen Schwärmsporen (Zoosporen), welche eigene Bewegungsorgane besitzen, und unbeweglichen Sporen (Aplanosporen).

Bei vielen Algen und auch bei einigen im Wasser lebenden Pilzen werden Schwärmsporen gebildet. Sie sind nackte Zellen, meist von birn- oder kugelförmiger Gestalt, ihre Bewegungsorgane sind Cilien, welche einzeln oder zu zweien an dem einen Ende des Körpers entspringen oder in größerer Anzahl die Oberfläche des Körpers bedecken. Bei den Algen enthalten die Schwärmsporen Chlorophyll und besitzen meistens an einer Seite einen kleinen roten Fleck, der als Augpunkt bezeichnet wird. Das eine Ende der Schwärmspore ist gewöhnlich hyalin, d. h. frei von Farbstoffen. Mit diesem Ende setzen sich die Schwärmsporen, nachdem sie sich einige Zeit im Wasser fortbewegt haben, an einer Unterlage fest und wachsen zu einer neuen Pflanze aus.

Als Beispiel möge die Schwärmsporenbildung bei *Botrydium granulatum* angeführt werden (Fig. 219). Der ganze Vegetationskörper dieser kleinen einzelligen Alge wird zum Sporangium. Der Plasmahalt des oberirdischen kugelförmigen Teiles wird in zahlreiche gleichartige Portionen zerlegt, welche zu Schwärmsporen werden. Infolge starker Quellung der Sporangienwand werden die Schwärmsporen bei der Reife durch einen am Scheitel entstehenden Riß aus der Mutterzelle herausgedrängt. Die einzelne Schwärmspore ist birnförmig, besitzt Chlorophyll und eine an dem hyalinen, spitzen Ende eingefügte Cilie. Die letztere geht nach einiger Zeit verloren; der Körper der Schwärmspore aber setzt sich an einem Gegenstand fest und wächst, wenn die Vegetationsbedingungen an dem gewonnenen Standorte günstige sind, zum neuen Pflänzchen heran. Das hyaline Ende der Spore stellt dabei den Anfang des Würzelchens, das chlorophyllhaltige Ende den Anfang des kugeligen Sprosses dar.

Unbewegliche Sporen finden sich sowohl bei Algen und Pilzen, als auch bei Moosen und Farnen. Ein einfaches Beispiel für die Sporenerzeugung gibt uns der gemeine Köpfchenschimmel, ein Pilz aus der Gattung *Mucor*, welcher überall auf verschimmelnden organischen Substanzen sich einfindet. Der Pilz besteht aus einem zarten, vielfach verzweigten Mycel, welches sich in und auf dem Substrat ausbreitet (Fig. 220 A). Von dem Mycel erheben sich einzelne senkrecht gestellte Aeste, welche an ihrem oberen Ende eine kugelförmige Zelle als Sporangium abgliedern. Der Inhalt dieser Zelle teilt sich



Fig. 219.

Schwärmsporenbildende Pflanze von *Botrydium granulatum*. Die Schwärmsporen treten am Gipfel aus ($\frac{20}{1}$ nach Woronin).

Daneben eine einzelne Schwärmspore stärker vergrößert.

in zahlreiche Portionen, welche sich mit einer Membran umgeben und Sporen darstellen (Fig. 220 B). Bei der Reife der Sporen wird die Sporangienwand zersprengt und die Sporen können direkt zu neuen Mycelien auswachsen.

Die Zahl der Sporen in einem Sporangium ist in vielen Fällen unbestimmt und oft sehr groß; in anderen Fällen ist die Menge der ausgebildeten Sporen auf eine bestimmte Zahl beschränkt. Endlich kommen auch Fälle vor, in denen das Sporangium nur eine einzige Spore enthält. Wir finden Beispiele dafür bei den Bakterien und Spaltalgen (Fig. 221), deren sehr ausgiebige Vermehrung, wie wir gesehen haben, durch vegetative Zweiteilung erfolgt. Die Sporenbildung hat hier für die Vermehrung

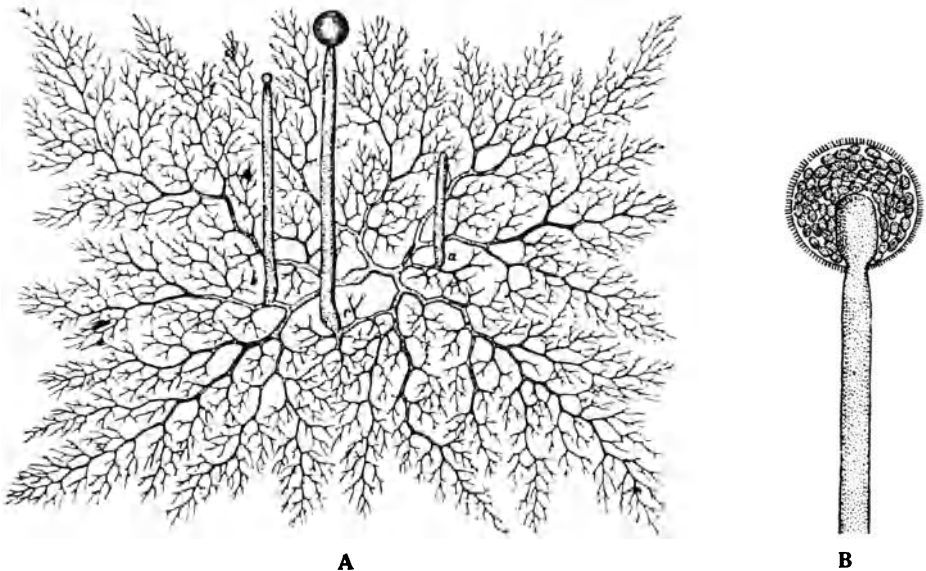


Fig. 220.

A ein junges Exemplar von *Mucor*; a, b, c Sporangienäste in verschiedenen Entwicklungsstadien (nach Kny). B ein Sporangium im optischen Längsschnitt (stärker vergrößert).

der Individuenzahl eine untergeordnete Bedeutung, indem aber die Spore durch ihre Ausbildung größere Widerstandskraft gegen ungünstige äußere Einflüsse besitzt als die vegetativen Zellen, ermöglicht die Sporenbildung die Erhaltung der Art auch über ungünstige Zeiten hinaus.

Bei sehr vielen Pilzen treffen wir neben den Sporen, oder auch für sich allein, sporenhähnliche Fortpflanzungsorgane an, welche äußerlich von dem Vegetationskörper des Pilzes abgegliedert werden; man bezeichnet dieselben gegenüber den im Innern eines Sporangiums sich bildenden Sporen als Conidien.

Für die Conidienbildung finden wir wieder unter den gewöhnlichsten Schimmelformen ein typisches Beispiel. Der Pinselschimmel, *Penicillium*, erzeugt an seinem weitverzweigten, vielzelligen Mycel, welches das Substrat durchsetzt, zahlreiche aufwärts wachsende Äste, die zu Conidienträgern werden. Jeder Träger verzweigt sich an seinem oberen Ende kandelaberartig und an der Spitze jeder Endverzweigung wird eine rundliche Conidie abgeschnürt. Durch Wachstum verlängert sich danach die Endverzweigung auf ihre ursprüngliche Größe, und es entsteht unter der ersten Conidie eine zweite. In der

gleichen Weise setzt sich der Prozeß fort, so daß ganze Ketten von kugelförmigen Conidien aus jedem Ast hervorgehen (Fig. 222). Bei der Reife fallen die Conidien nacheinander von dem Träger ab und lassen, wenn sie in günstige Keimungsbedingungen gelangt sind, ein neues Mycel aus sich hervorgehen.

Brutknospen. — Bei Moosen und Farnen erfolgt in manchen Fällen eine ungeschlechtliche Vermehrung durch Brutknospen. Gruppen von Zellen, welche sich durch ihre Ausbildung von den vegetativen Organen der Pflanzen unterscheiden, werden an einer beliebigen oder an einer bestimmt umgrenzten Stelle des Vegetationskörpers abgegliedert und wachsen, nachdem sie isoliert worden sind, unter günstigen Bedingungen zu neuen Pflanzen aus.

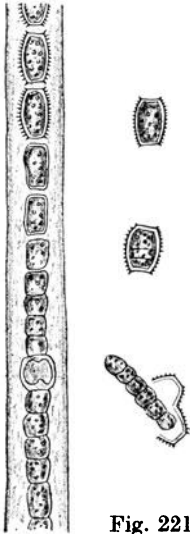


Fig. 221.

Fadenstück der Spaltalge *Spermosira hallensis*, die oberen Zellen bilden Dauersporen.

Rechts daneben einzelne Sporen in verschiedenen Keimungsstadien (⁴⁰⁰/₁ nach Janczewski).

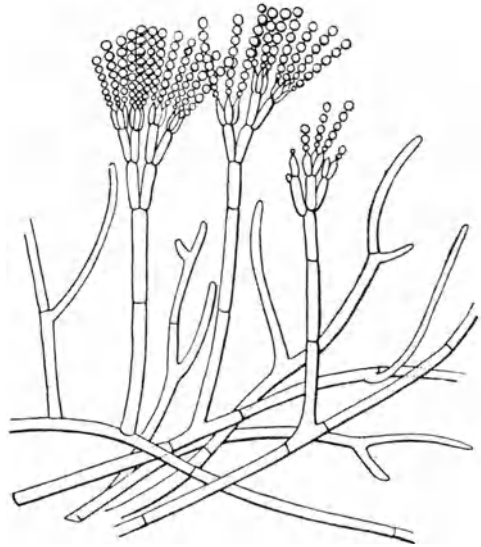


Fig. 222.

Ein Teil eines Schimmelrasens stark vergrößert. Die kriechenden Fäden des Schimmelpilzes (*Penicillium*) tragen aufrechte Aeste, an denen graugrüne, perlchnurartig aneinandergereihte Conidien in ungeheurer Menge abgeschnürt werden.

Als Beispiel mögen die Brutknospen des überall verbreiteten Lebermooses, *Marchantia polymorpha*, dienen. Auf der Oberfläche des thallosen Sprosses stehen vereinzelt kleine becher- oder schüsselförmige Organe, die Brutbecherchen (Fig. 223 A b), aus deren Grunde fortgesetzt Zellreihen hervorwachsen, welche sich unter Zellteilung an ihrem oberen Ende stark verbreitern und zu baßgeigenförmigen Zellkörpern werden (Fig. 223 C), die sich bei der Reife leicht von dem zarten Stiel ablösen. In den seitlichen Einschnürungen dieser Brutknospen liegen Vegetationspunkte, von denen nach der Isolierung der Gebilde das Wachstum ausgeht. Die Stoffzufuhr wird durch Haarwurzeln vermittelt, welche sich an der vom Licht abgewendeten Seite aus dem Körper der Brutknospen entwickeln. Manche beblätterte Lebermoose entwickeln aus den Zellen der Blattspitze zahlreiche wenigzellige Brutknospen. Bei den Laubmoosen treffen wir kugelige, braune Brutknospen schon an dem als Jugendform der Moospflanze zu bezeichnenden fadenförmigen Protonema, aber auch die erwachsene Pflanze trägt bei manchen Arten Brutknospen, die wie bei *Tetraphis* in Bau und Entwicklung einige Ähnlichkeit mit den Brutknospen von *Marchantia* haben oder wie bei *Aulacomnium* leicht als umgewandelte Blätter zu erkennen sind.

Die Brutknospen, welche sich bei manchen Blütenpflanzen bilden, sind in allen Fällen umgewandelte Sprosse, die entweder direkt in ihren Zellen oder in irgendwelchen mit ihnen verbundenen Gliedern Reservestoffe zur Verfügung haben und deren Vegetationspunkt nach der Trennung der Brutknospe von der Mutterpflanze zum Sproßscheiden der neuen Pflanze auswächst.

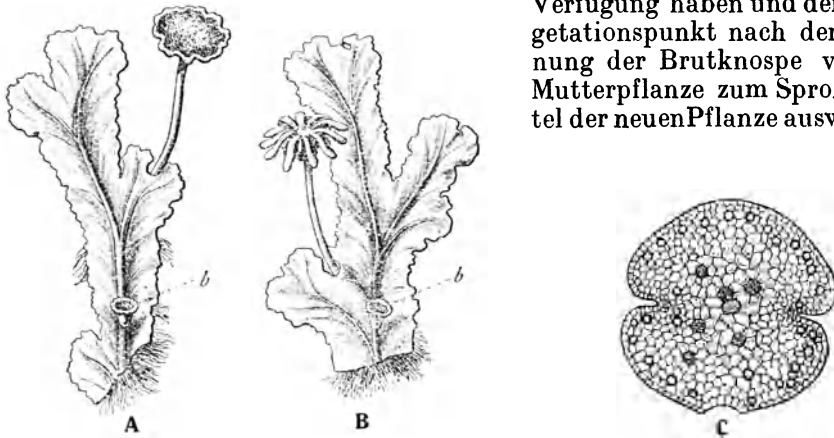


Fig. 223.

A und **B** Sprosse von *Marchantia*. Bei *b* Brutbecherchen, welche Brutknospen enthalten. **C** eine einzelne Brutknospe stark vergrößert.

Die bekannten Brutknospen in der Achsel der Blätter von *Lilium bulbiferum* sind zwiebelähnliche Achselknospen. Die sogenannte Zwiebelbrut vieler Zwiebelgewächse besteht aus ähnlichen in größerer Zahl in den Achseln der Zwiebelschuppen entstehenden Brutknospen. Die Knöllchen in den Blattachsen bei *Dentaria bulbifera* (Fig. 224 **A**) sind gleichfalls Achselknospen, deren Achse und Blattanlagen zum Reservestoffbehälter umgewandelt sind. Ebenso sind bei den in Fig. 224 **B** abgebildeten unterirdischen Brutknospen von *Saxifraga granulata* die Reservestoffe in der Sproßachse selbst und in den Blattanlagen abgelagert.

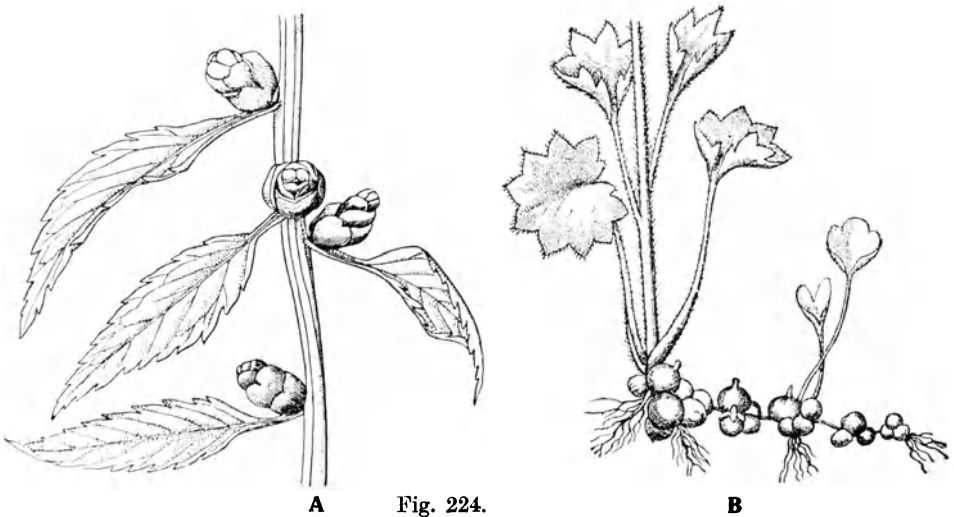


Fig. 224.

A Sproßstück von *Dentaria bulbifera* mit Brutknospen. **B** unterer Teil von *Saxifraga granulata* mit Brutknöllchen.

2. Die geschlechtliche Fortpflanzung.

Das charakteristische Merkmal der geschlechtlichen Fortpflanzung besteht in dem Vorgang der Verschmelzung zweier Zellen, welche mit einem gemeinsamen Namen als Geschlechtszellen, Sexualzellen oder Gameten bezeichnet werden. Die näheren Umstände, unter denen dieser als Befruchtung bezeichnete Vorgang sich vollzieht, die Beschaffenheit der Geschlechtszellen und die Form und Ausbildung der besonderen Organe, Geschlechtsorgane, in oder an denen die Geschlechtszellen entstehen, ist in den verschiedenen Gruppen des Gewächsreiches außerordentlich verschieden. Durch die Verschmelzung der beiden Geschlechtszellen entsteht eine Keimzelle mit zwei Zellkernen, die im weiteren Verlaufe der Entwicklung früher oder später zu einem einzigen Kern verschmelzen. Die wesentlichen Elemente des Kerngerüsts, die Chromosomen, sind in diesem Kern in doppelter Anzahl enthalten. Man bezeichnet demnach den durch Verschmelzung entstandenen Kern der Keimzelle als diploid im Gegensatz zu den haploiden Kernen der Geschlechtszellen. Da bei der normalen Kernteilung jedes Chromosom sich in zwei Teile spaltet und also jeder Tochterkern die gleiche Chromosomenzahl erhält, die der Mutterkern besaß, so sind auch alle durch typische Kernteilungen von dem diploiden Kern der Keimzelle abgeleiteten Kerne gleichfalls diploid. Es treten aber in dem Entwicklungsgang als regelmäßiges Korrelat der Kernverschmelzung atypische Kernteilungen auf, durch welche aus einem diploiden Kern meist vier haploide Enkelkerne mit einfacher Chromosomenzahl gebildet werden. Der Entwicklungsvorgang, durch welchen aus Zellen mit diploidem Kern solche mit haploidem Kern entstehen, wird als Chromosomenreduktion oder als Reduktionsteilung bezeichnet. Es findet demnach bei der geschlechtlichen Fortpflanzung ein regelmäßiger **Phasenwechsel** statt. Die Gesamtheit der Zellen mit haploidem Kern mit Einschluß der von ihnen abgeleiteten Geschlechtszellen bildet die *Haplophase*, durch die Kernverschmelzung im Sexualakt entsteht eine Zelle mit diploidem Kern, die mit allen ihren durch typische Zellteilung entstandenen Abkömmlingen die *Diplophase* repräsentiert. Die Chromosomenreduktion führt wieder zur Haplophase zurück. Die Dauer der Phasen und die Organisationshöhe der sie darstellenden Vegetationsgebilde ist bei den einzelnen Pflanzengruppen außerordentlich verschieden.

Bei den niederen Pflanzen folgt häufig der Zell- und Kernverschmelzung unmittelbar die Chromosomenreduktion, die Diplophase ist also auf eine einzige Zelle beschränkt, während die Haplophase den ganzen Vegetationsapparat bildet. Es kommt auch der Fall vor, daß der Chromosomenreduktion die Kernverschmelzung unmittelbar folgt; der Vegetationsapparat gehört dann ganz der Diplophase an. Wenn sowohl die Haplophase als auch die Diplophase in sich abgeschlossene selbständige Vegetationsgebilde darstellen, so pflegt man die regelmäßige Aufeinanderfolge dieser Lebensformen im Entwicklungsgang als **Generationswechsel** zu bezeichnen.

A. Die geschlechtliche Fortpflanzung der Thallophyten.

Bei den Algen und Pilzen herrscht die größte Mannigfaltigkeit der Erscheinungen. Neben Fällen, in denen die Gameten an Gestalt und Größe völlig gleich bis zur Verschmelzung den gleichen Entwicklungsgang

durchlaufen, finden wir solche, in denen schon frühzeitig eine weitgehende Differenzierung zwischen den zu Gameten werdenden Zellen eingeleitet wird, so daß ein deutlicher Unterschied zwischen männlicher Sexualzelle (Spermatoid, Sperma) und weiblichem Ei (Oosphaere) erkennbar wird. Wir können danach die Befruchtungsvorgänge der Thallophyten in zwei durch Uebergänge verbundene Gruppen bringen. 1. Die *isogame Befruchtung* besteht in der Verschmelzung zweier an Gestalt, Größe

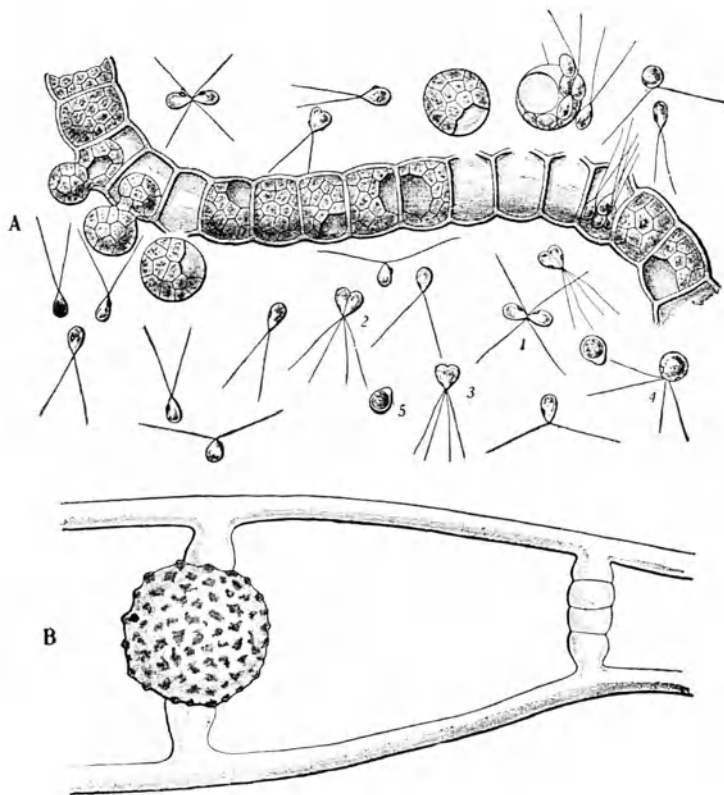


Fig. 225.

A Gametenkopulation bei *Ulothrix*. **B** Zygosporienbildung bei *Mucor*.

und Ausbildung gleicher Sexualzellen (Gameten); das Verschmelzungsprodukt derselben wird Zygote, und wenn sie die Form einer zur Vegetationsruhe befähigten Dauerzelle annimmt, Zygospore genannt. 2. Bei der *oogamen Befruchtung* sind verschieden gebildete männliche und weibliche Gameten vorhanden. Erstere treten gewöhnlich als freibewegliche Schwärmzellen (Spermatozoiden) auf, die in besonderen Zellen (Antheridien) gebildet werden. Letztere stellen ein meist unbewegliches oder nur passiv bewegliches Ei (Oosphaere) dar, das aus dem Inhalt einer als Oogonium bezeichneten Zelle hervorgeht. Das bei der Befruchtung entstehende Verschmelzungsprodukt heißt Oospore.

Neuere Forschungsergebnisse machen es im hohen Grade wahrscheinlich, daß auch bei der isogamen Befruchtung die mit einander verschmelzenden Gameten innerlich wesensungleich, also geschlechtlich verschieden sind.

Ein Beispiel für isogame Befruchtung bietet uns die Grünalge *Ulothrix* dar (Fig. 225 A). Die kurzen Zellen, aus denen die zylindrischen unverzweigten Fäden derselben bestehen, enthalten im vegetativen Zustande in ihrem Protoplasma einen band- oder plattenförmigen Chlorophyllkörper. Eine ungeschlechtliche Fortpflanzung wird durch birnförmige Schwärmersporen mit vier Cilien vermittelt, welche zu zweien in einer zum Sporangium werdenden vegetativen Zelle entstehen. Wenn die Pflanze zur geschlechtlichen Fortpflanzung schreitet, so teilt sich der gesamte Inhalt einzelner zu Gametenbehältern (Gametangien) werdenden Zellen nach voraufgegangener Kernteilung

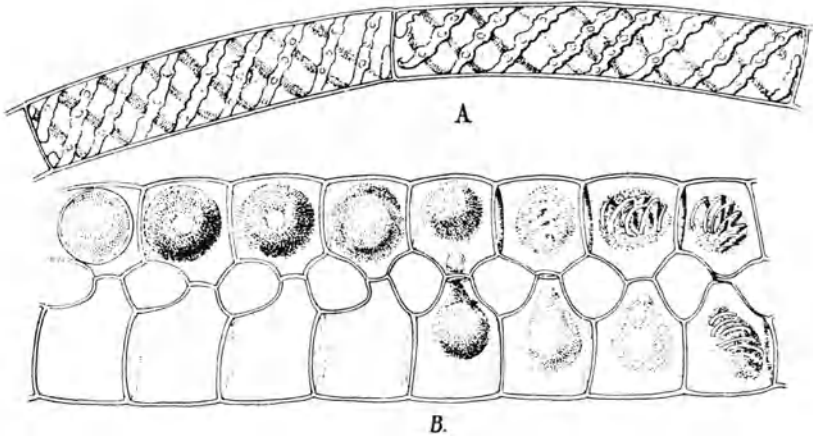


Fig. 226.

Fadenstücke von *Spirogyra*, vergrößert.

A Zellen im vegetativen Zustande. **B** Zellen zweier benachbarter Fäden in verschiedenen Stadien der geschlechtlichen Vereinigung.

in 16 Portionen, welche durch eine Oeffnung in der Zellwand nach außen gelangen. Jede derselben stellt einen selbstbeweglichen Gameten (Planogameten) dar, welcher Birnform besitzt, am spitzen hyalinen Ende zwei Cilien trägt, im runden Teil mit Chlorophyll und seitlich mit einem roten Augpunkt versehen ist. Mit Hilfe des Mikroskopes kann man beobachten, daß einzelne der im Wassertropfen schwärmenden Gameten sich mit ihren Cilien verflechten und zunächst mit ihren spitzen Enden in Berührung treten (Fig. 225, 1). Sie legen sich dann mit den Längsseiten aneinander (2) und verschmelzen zu einem einzigen Körper, der zunächst noch vier Cilien und zwei Augpunkte besitzt (3 und 4). Später verliert das Verschmelzungsprodukt, die Zygospore, die Cilien und umgibt sich mit einer neuen Zellwand (5). Bei der Keimung erzeugt die Zygospore aus ihrem Inhalt zunächst eine Anzahl von ungeschlechtlichen Schwärmersporen, welche sich festsetzen und zu neuen Fäden auswachsen.

In Fällen, in denen, wie bei dem vorliegenden Beispiel, selbstbewegliche Sexualzellen vorhanden sind, pflegt man den Befruchtungsvorgang wohl auch kurz als Gametenkopulation zu bezeichnen; ein weiteres Beispiel möge zeigen, daß auch eine Verschmelzung unbeweglicher Zellen zur Zygosporenbildung führen kann. Die Schimmelpilze aus der Gattung *Mucor* vermehren sich sehr ausgiebig durch die auf S. 217 geschilderte Sporenbildung, gelegentlich aber kommt bei ihnen eine geschlechtliche Fortpflanzung zustande (Fig. 225 B). Zwei Aeste des verzweigten Myceliums, welche sehr reichlich mit Protoplasma versehen sind, wachsen direkt gegeneinander, bis sie sich mit den Spitzen berühren. Ihre keulenförmigen Enden, welche durch eine Querwand von dem übrigen

Mycel abgegrenzt werden, schwellen mehr und mehr an, und indem an der Berührungsstelle die Zellwand aufgelöst wird, verschmelzen diese beiden Zellen zu einer einzigen, welche sich kugelförmig abrundet und nach Ausbildung starker Wandverdickungen die ausgewachsene Zygospore darstellt. Durch die kräftige Ausbildung der Wand wird die Zygospore instand gesetzt, ungünstige äußere Umstände leichter zu ertragen. Sie kann ohne Schaden eine Ruheperiode durchmachen und keimt, nachdem günstige Wachstumsbedingungen eingetreten sind. Das kleine schlauchartige Mycel, welches bei der Keimung aus der gesprengten Haut der Zygospore hervorstößt, bildet sehr bald ein Sporangium mit ungeschlechtlichen Sporen, aus denen neue Mycelien hervorgehen.

Unter den Grünalgen bieten einige zur Abteilung der Konjugaten gehörige Fadenalgen gute Beispiele für die Zygosporenbildung unbeweglicher Gameten. Die cylindrischen Zellen der grünen Fadenalge *Spirogyra* (Fig. 226 A) enthalten in ihrem Protoplasma einen Zellkern und ein oder mehrere spiralgewundene, der Wand anliegende Chlorophyllbänder. Bei der Zygosporenbildung (Fig. 226 B) werden in typischen Fällen an den Zellen der parallel nebeneinanderliegenden Fäden Ausstülpungen gebildet, welche

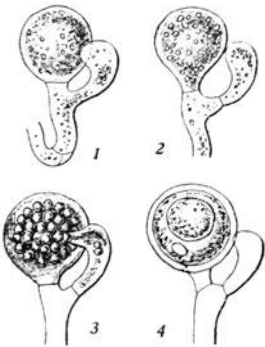


Fig. 227.

1—4 Aufeinanderfolgende Stadien der Oosporenbildung bei *Pythium gracile* (ca. $\frac{800}{1}$ nach De Bary).

direkt gegeneinander wachsen, bis sie sich berühren und nach Auflösung der Zellwand an der Berührungsstelle ein offenes Verbindungsrohr zwischen je zwei Zellen darstellen. Durch Wasserabgabe verringern die Protoplasmakörper der Zellen ihren Umfang und je einer derselben wandert durch das Verbindungsrohr in die andere Zelle, um dort mit dem Inhalt zu verschmelzen. Die dadurch entstehende Zygospore rundet sich gleichmäßig ab und umgibt sich mit einer festen Membran. Die in ihr enthaltenen beiden Sexualkerne verschmelzen zum Keimkern. Bei der Keimung wird die äußere Hülle von dem hervordringenden Inhalt durchbrochen und der letztere bildet sich zum neuen Faden aus, dessen Zellenzahl durch fortgesetzte Zellteilung vermehrt wird. Die Fadenzellen sind haploid. Das Verhalten des diploiden Keimkerns ist bei einer verwandten Zygemaart näher geprüft worden. Er teilt sich unter Chromosomenreduktion in 4 Kerne, von denen drei zugrunde gehen, so daß also nur ein haploider Kern in der Keimzelle zurückbleibt, von dem alle Kerne der Fadenzellen abzuleiten sind.

Insofern als der eine der Gameten hier in seiner Zelle bleibt, während der andere sich zu ihm hin bewegt, und da auch die Inhaltsbestandteile der beiden Gameten sich bei der Verschmelzung nicht völlig übereinstimmend verhalten,

finden wir bei *Spirogyra* schon eine geringe Gegensätzlichkeit zwischen den beiden Gameten angedeutet und können den soeben geschilderten Befruchtungsvorgang als eine Zwischenstufe zwischen isogamer und oogamer Fortpflanzung ansehen. Deutlich ausgesprochene oogame Befruchtung unbeweglicher Gameten findet sich indes nur bei gewissen Pilzen, die danach als Oomyceten bezeichnet werden. Bei den hierher gehörenden Peronosporeen und Saprolegnien bildet die kugelig anschwellende Endzelle eines Mycelfadens das Oogonium, d. h. das weibliche Geschlechtsorgan, in dessen Innern sich eine oder mehrere Eizellen entwickeln. Das männliche Organ (Antheridium) ist ein kleiner, unterhalb des Oogoniums entspringender Seitenast, welcher gleichfalls durch eine Querwand von dem übrigen Mycel abgetrennt ist. Der Antheridenast legt sich dem Oogonium dicht an und treibt an der Berührungsstelle einen Schlauch, welcher die Wand des Oogoniums durchbricht und bis zum Ei vordringt. Die durch den geöffneten Befruchtungsschlauch in das Ei hinübertretende Substanz bewirkt in den typischen Fällen die Befruchtung, durch welche das Ei zu weiterer Entwicklung angeregt wird (Fig. 227).

Sehr deutliche Uebergänge von isogamer zu oogamer Befruchtung mit sanfter Abstufung in zahlreichen Beispielen finden wir in der Abteilung der Braunalgen. Bei ihnen steigt die geschlechtliche Fortpflanzung von der Kopulation ganz gleicher Planogameten durch Befruchtung beweglicher Eizellen zur Befruchtung unbeweglicher Eizellen, wobei oft ganz nahe verwandte Formen verschiedenes Verhalten zeigen.

In der Gattung *Ectocarpus*, deren Vertreter meist kleine fadenförmige, rasenbildende Vegetationskörper besitzen, zeigen einige Arten typische, isogame Befruchtung.

Die mit zwei seitlich eingefügten Cilien versehenen birnförmigen Gameten verschmelzen paarweise wie bei *Ulothrix* zur Zygote. Andere Arten derselben Gattung haben zweierlei Gameten, welche an Größe ein wenig verschieden sind und ein ganz verschiedenes Verhalten zeigen (Fig. 228 A). Die etwas größeren weiblichen Gameten setzen sich, nachdem sie eine Zeitlang geschwärmt haben, mit der einen Cilie, welche sich zu einer Art Stiel verkürzt, an einer Unterlage fest. Die kleineren männlichen Gameten aber, welche ihre Beweglichkeit länger behalten, umschwärmen die zur Ruhe gekommenen. Indem endlich je ein männlicher und ein weiblicher Gamet verschmelzen, werden Zygoten gebildet, welche bei der Keimung zu neuen Pflanzen auswachsen.

In der den Ectocarpeen sehr nahestehenden Familie der Cutleriaceen sind die Differenzen zwischen den männlichen und weiblichen Gameten schon weiter ausgebildet. Bei der hierher gehörenden *Zanardina collaris* (Fig. 228 B) bilden sich die Enden einzelner Fadenäste des zu einem flachen Thallus verschmolzenen Vegetationskörpers zu Gametangien aus. Einige derselben teilen sich durch zahlreiche Quer- und Längswände in kleine Zellen, deren Inhalt je einen männlichen Gameten liefert. Andere Aeste erfahren

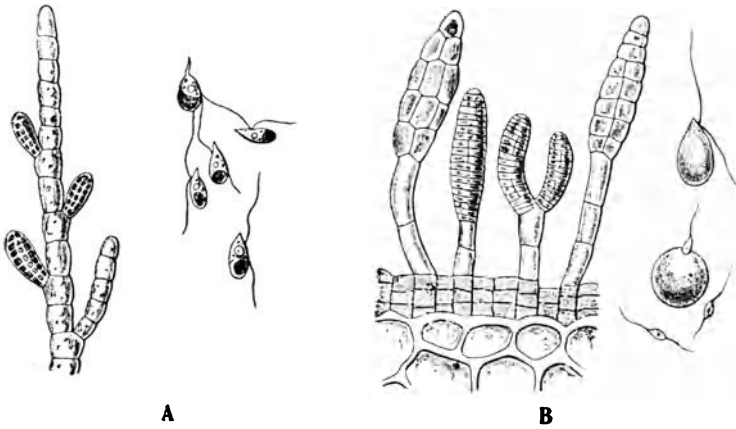


Fig. 228.

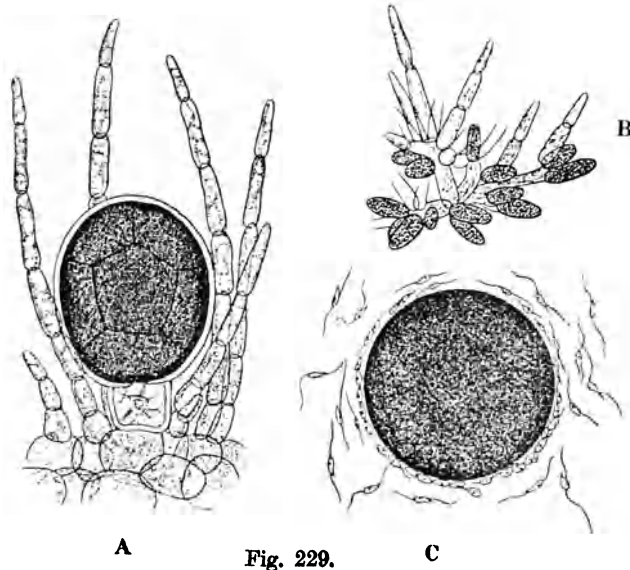
A Fadenast von *Ectocarpus* mit Gametenbehältern. Rechts daneben ein weiblicher Gamet, welcher von männlichen umschwärmt wird. **B** Stück der Oberfläche des Thallus von *Zanardina* mit Gametenbehältern. Rechts daneben männliche und weibliche Gameten.

nur wenige Teilungen, so daß die Teilzellen größer bleiben und die aus ihrem Inhalt hervorgehenden weiblichen Gameten die männlichen vielfach an Größe übertreffen. Die weiblichen Gameten besitzen, wie die männlichen, zwei Cilien an ihrem birnförmigen Körper. Sie behalten dieselben aber nur kurze Zeit und kommen bald zur Ruhe, indem sie sich zu einem kugelförmigen Ei abrunden, an dem ein farbloser Fleck, der Empfängnisfleck, die Stelle bezeichnet, an welcher bei der Befruchtung ein männlicher Gamet in den Körper des Eies eindringt. Bei *Zanardina* kann von einem Generationswechsel gesprochen werden insofern, als die aus dem befruchteten Ei erwachsende diploide Pflanze nur ungeschlechtliche haploide Sporen erzeugt, während die aus der keimenden Spore hervorgehende haploide Pflanze wiederum Geschlechtsorgane hervorbringt. Die ungeschlechtliche und geschlechtliche Pflanze haben hier die gleiche Gestalt. Bei verwandten Formen sind die beiden Generationen auch in ihrer Formgestaltung verschieden.

Deutlicher tritt der Generationswechsel hervor bei den ebenfalls zu den Braunalgen gehörigen Laminariaceen, bei denen die aus der ungeschlechtlichen Spore entstandene geschlechtliche Pflanze mit haploiden Kernen meist winzig klein und von sehr kurzer Lebensdauer ist, während die Sporen erzeugende ungeschlechtliche Pflanze mit diploiden Kernen, welche aus der befruchteten Eizelle hervorgeht oft riesenhafte Dimensionen erreicht.

Bei den Laminarien ist auch ein weiterer Fortschritt in der Entwicklung des Sexualaktes zu erkennen insofern, als die Eizelle von Anfang an ohne Bewegungsorgane ist. Das gleiche gilt für die Braunalgenfamilie der Fucaceen. Die Arten der Gattung *Fucus*

sind hochentwickelte Meeressalgen, welche einen laubartigen, reichlich dichotomisch verzweigten Thallus und ein wurzelähnliches Haftorgan besitzen. Die Geschlechtsorgane befinden sich am Ende einzelner Thalluslappen in grubigen Vertiefungen, welche Conceptacula genannt werden. Es sind zweierlei Arten von Geschlechtsorganen vorhanden, die Antheridien, in denen die männlichen Sexualzellen oder Spermatozoiden entstehen, und die Oogonien, in denen sich die Eizellen ausbilden. Die Antheridien sind die einzelligen Enden verzweigter Fadenäste, welche aus der Wand des Conceptaculum entspringen. Der Inhalt derselben zerteilt sich in sehr zahlreiche Portionen, die je einen sehr kleinen männlichen Gameten (Spermatozoid) darstellen, welcher zwei seitlich stehende Cilien trägt. Die Oogonien sind kugelig angeschwollene Zellen, die auf einem kurzen Stiel zwischen verzweigten Haaren an der Wand des weiblichen Conceptaculum stehen. Ihr Inhalt teilt sich in acht nackte Zellen, die, solange sie im Oogonium liegen, durch gegen-



A Fig. 229. C

Geschlechtsorgane von *Fucus* (nach Thuret).

A Oogonium, in welchem acht Eizellen gebildet werden. ($1^{60}/_1$) **B** verzweigte Fäden mit Antheridien aus einem Conceptaculum. ($1^{60}/_1$) **C** ein reifes Ei, welches von Spermatozoiden umschwärmt wird (stärker vergrößert).

seitigen Druck polygonal erscheinen. Später werden die Zellen aus dem Oogonium befreit und vor die Oeffnung des Conceptaculum hinausgedrängt und stellen dann jede ein völlig kugelig abgerundetes Ei dar. Ganze Scharen der vielmal kleineren männlichen Gameten umschwärmen alsbald jedes Ei und setzen sich an demselben fest. Das durch Eindringen eines Spermatozoids befruchtete Ei umgibt sich mit einer Membran und wächst, indem es sich an einer Unterlage festsetzt, zum neuen Algenstamm aus. Soweit die Kernverhältnisse geprüft worden sind, läßt sich annehmen, daß der gesamte Vegetationsapparat von *Fucus* die Diplophase darstellt. Bei der Bildung der Gameten in den Oogonien und Antheridien tritt die Chromosomenreduktion ein und bei der Befruchtung wird aus Eikern und Spermatozoidkern alsbald wieder ein diploider Kern gebildet, aus dem durch normale Teilungen die diploiden Kerne der Körperzellen des Algenstamm hervorgehen. Von einem Generationswechsel kann also hier nicht mehr gesprochen werden.

Als nächsten Schritt in der Ausbildung des Sexualaktes können wir die Tatsache ansehen, daß bei manchen Thalloyphyten das Ei überhaupt nicht aus dem Oogonium herausbefördert wird, sondern bis zu der Ausbildung der Oospore an dem Ort seiner Entstehung liegen bleibt. Wir finden diesen Fall bei der Grünalge *Coleochaete pulvinata*, bei welcher sich zugleich noch in anderer Beziehung eine weitergehende Organisation der Fortpflanzungserscheinungen erkennen läßt (Fig. 230).

Der Thallus von Coleochaete besteht aus verzweigten Zellfäden, welche zu einer flachen Scheibe angeordnet sind; aus einzelnen der vegetativen Zellen entspringen Borstenhaare, welche am unteren Ende von dem äußeren Teil der Zellwand wie von einer Scheide umhüllt werden. Ungeschlechtliche Fortpflanzung erfolgt, indem die Endzellen einzelner Thallusäste zu Sporangien werden, in denen je eine kugelige Schwärmspore mit zwei Cilien gebildet wird. Die Geschlechtsorgane gehen gleichfalls aus Endzellen der Fadenäste hervor. Die Antheridien werden gebildet, indem aus einer Endzelle zwei oder drei Ausstülpungen entstehen, welche sich durch eine Querwand abgrenzen. Der gesamte Inhalt jeder so gebildeten Zelle wird zu einem ovalen Spermatozoid mit zwei Cilien. Die Oogonien entstehen dadurch, daß eine Endzelle kugelförmig anschwillt und an ihrem vorderen Ende in einen schmalen Schlauch auswächst, der sich später an seiner

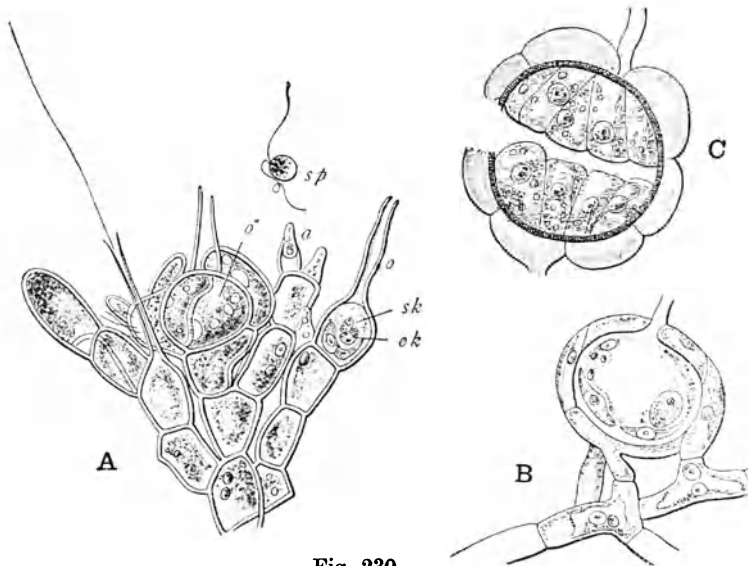


Fig. 230.

Fortpflanzung von Coleochaete, stark vergrößert (nach Pringsheim).

A Ein Stück des Vegetationskörpers der Alge mit Oogonien *o'*, *o''* und Antheridien *a*. *sp* ein Spermatozoid. In dem Oogonium *o'* ist neben dem Eikern *ek* noch der Kern des durch den Halsfortsatz eingedrungenen Spermatozoids *sk* sichtbar. **B** Befruchtetes Oogonium mit den Berindungsästen. **C** Gekeimte Oospore; der Inhalt hat sich in 8 einkernige Zellen geteilt.

Spitze öffnet und einen farblosen Schleimtropfen austreten läßt. Der mit Chlorophyll versehene Inhalt des kugelförmigen Teiles des Oogoniums bildet die Eizelle. Nach der Befruchtung umgibt sich die Eizelle mit einer eigenen Zellhaut und vergrößert sich noch beträchtlich durch Wachstum. Indem aus der das Oogonium tragenden Zelle seitliche Aeste hervorsprossen, welche sich dicht an den Bauchteil des Oogoniums anschmiegen, wird die Oospore mit einer dicht zusammenschließenden zelligen Rinde umgeben, in deren Schutz sie den Winter über ruht. Im nächsten Frühjahr beginnt die Keimung, indem die diploide Oospore die Berindung zersprengt und sich, wie es scheint, unter Chromosomenreduktion in mehrere Zellen verteilt, deren jede eine ungeschlechtliche Schwärmspore ausbildet, welche zu einer neuen Pflanze heranwächst.

Auch bei dieser in bezug auf den Sexualakt hochstehenden Form der Grünalgen ist noch kein Generationswechsel bemerkbar, da die Diplophase allein durch die Oospore dargestellt wird.

Bei den Rotalgen oder Florideen wird der dem Oogonium homologe weibliche Geschlechtsapparat Prokarp genannt. Er besteht im einfachsten Falle (Fig. 231) aus

einer einzigen Zelle, welche in ihrem unteren kugelförmig angeschwollenen Teil die weibliche Sexualzelle, das Karpogon, enthält, während das obere Ende zu einem Schlauch ausgezogen ist. Dieser schlauchförmige Teil, der als Empfängnisapparat dient, wird Trichogyn genannt. In anderen Fällen werden Trichogyn und Karpogon von verschiedenen Zellen gebildet. Die Antheridien sind entweder einzelne Endzellen der Thallusäste, oder sie bilden dicht gedrängt stehende Zellgruppen am Ende einzelner Thallusäste. In ihnen entstehen in Einzahl oder Mehrzahl die männlichen Gameten, die Spermastien, deren Protoplasma mit einer Membranhülle umgeben ist und zum Unterschied von den Spermatozoiden der früher besprochenen Formen keine Bewegungsorgane besitzt. Die Befruchtung erfolgt dadurch, daß die Spermastien durch äußere Kräfte zu dem Trichogyn geführt werden und sich an demselben festsetzen. Durch Auflösung der Zellwände an der Berührungsstelle wird eine offene Verbindung her-

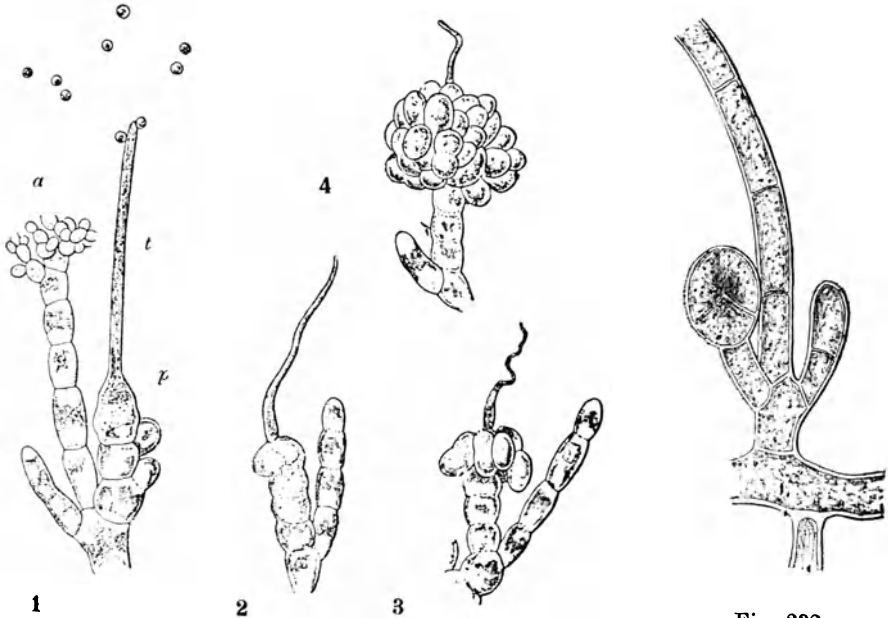


Fig. 231.

Nemalion multifidum.

1 Thallusäste mit Antheridien *a* und Prokarp; *p* Karpogon, *t* Trichogyn desselben. 2—4 Entwicklung des Prokarps nach der Befruchtung (⁴⁰⁰/₁ nach Bornet und Thuret).

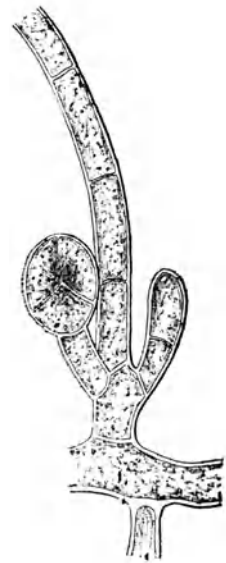


Fig. 232.

Zweigstück von der Floridee *Lejolisia mediterranea*, an welchem links ein Tetrasporangium steht (²⁵⁰/₁ nach Bornet).

gestellt, so daß der befruchtende Inhalt der Spermastien in das Trichogyn gelangen und von diesem zu dem Karpogon geleitet werden kann. Bei den Formen mit einzelligem Prokarp wird das Karpogon nachträglich durch eine Querwand von dem Trichogyn abgegrenzt. Das befruchtete Karpogon teilt sich darauf durch Zellwände und wächst an seinem Umfange zu Fäden aus, die sich in einzelne zu Sporen werdende Zellen teilen oder am Ende je eine Spore abgrenzen. Das ganze aus dem befruchteten Karpogon erzeugte Gebilde wird als Sporenfrucht bezeichnet, die einzelnen Sporen heißen Karposporen; aus ihnen entstehen später durch Keimung neue Pflanzen.

Der Phasenwechsel der Florideen bereitete bisher der Erforschung große Schwierigkeiten. Nach neueren sehr sorgfältigen Untersuchungen schwedischer Forscher darf angenommen werden, daß die mit Geschlechtsorganen versehene Pflanze immer der Haplophase angehört. Mit der Befruchtung beginnt die Diplophase. Sie bleibt bei einfacheren Formen wie z. B. bei dem in Fig. 231 abgebildeten *Nemalion* auf die befruchtete Karpogonzelle beschränkt. Auf die Kernverschmelzung folgt unmittelbar eine Reduktionsteilung.

Die Karposporen sind also haploid und bilden den Anfang einer neuen haploiden Pflanze mit Geschlechtsorganen. Bei der Mehrzahl der Florideen teilt sich der Kern der befruchteten Karpogonzelle typisch. Die Zellen der Sporenfrucht und demnach auch die Karposporen sind diploid. Die aus ihnen hervorgehende diploide Pflanze trägt keine Geschlechtsorgane sondern nur Sporangien (Tetrasporangien Fig. 232), in denen aus einer Mutterzelle unter Chromosomenreduktion je vier haploide Sporen, sogenannte Tetrasporen, gebildet werden, aus denen wiederum haploide Geschlechtspflanzen hervorgehen. Die einfacheren Formen der Rotalgen haben demnach keinen Generationswechsel. Die höheren Formen dagegen bilden zwei oft beträchtlich voneinander verschiedene Generationen aus, von denen die eine Geschlechtsorgane, die andere Tetrasporangien trägt. Der Generationswechsel fällt hier aber nicht direkt mit dem Phasenwechsel zusammen, da ja die mit der haploiden Geschlechtspflanze vegetativ verbundene Sporenfrucht bereits der Diplophase angehört.

Bei den höheren Pilzen, deren zeitweilig eine geschlechtliche Fortpflanzung gänzlich abgesprochen wurde, hat man in neuerer Zeit gleichfalls einen Phasenwechsel im Entwicklungsgang nachweisen können. *Pyronema confluens* ist ein Pilz, der auf Brandstellen in Wäldern gesellig gedrängte fleischrote Fruchtkörper von ca. 1 mm Durchmesser bildet. Sein Vegetationskörper entsteht durch Keimung aus einer haploiden Spore. Er trägt als männliche Geschlechtsorgane vielkernige Antheridien. Die weiblichen Geschlechtsorgane werden als Askogon bezeichnet. Das Askogon ist eine sackartig aufgeschwollene vielkernige Zelle. Indem Antheridium und Askogon an ihrer Berührungszelle verschmelzen, mischt sich ihr vielkerniger Inhalt. Die männlichen und weiblichen Kerne ordnen sich zu Paaren, die, ohne zu verschmelzen, in die aus dem befruchteten Askogon hervorsprossenden Zellfäden einwandern. Bei den Zellteilungen, die alsbald in den Zellfäden eintreten, teilen sich die beiden Kerne des Paares immer gleichzeitig derart, daß jede Fadenzelle wieder ein Kernpaar empfängt. Schließlich verschmelzen in gewissen Endzellen des Verzweigungssystems die beiden Kerne zu einem einzigen diploiden Kern, wodurch diese Endzellen zu Sporenschläuchen werden. In dem Sporenschlauch oder Ascus finden weiterhin Kernteilungen statt, durch welche der diploide Ascuskern in der Regel in acht haploide Urenkelkerne geteilt wird. Die acht Kerne werden zum Ausgangspunkt für die Bildung von haploiden Askosporen. Da der achtsporige Ascus (Fig. 233 A) in der großen Pilzgruppe der Schlauchpilze überall wiederkehrt und da auch bei zahlreichen Schlauchpilzen Entwicklungsstadien mit zweikernigen Zellen beobachtet worden sind, so darf wohl angenommen werden, daß der Vorgang der Kernpaarung mit nachfolgender Verschmelzung (Karyogamie) hier weiteste Verbreitung hat. Auch bei den Basidiomyceten ist die Karyogamie nachgewiesen worden. Es treten aber hier in der Regel keine besonderen Geschlechtsorgane mehr in Funktion. Die Kernpaarung erfolgt einfach dadurch, daß sich benachbarte Zellen des einkernigen Mycels zu einer zweikernigen Zelle vereinigen oder dadurch, daß die Tochterkerne eines Einzelkernes in der vorerst ungeteilt bleibenden Zelle ein Kernpaar bilden. Die so entstandenen Zellen mit Kernpaaren werden zum Ausgang eines paarkernigen Mycels, an dem die Anlagen der Basidien auftreten. In ihnen findet die Kernverschmelzung und darauf die Reduktionsteilung statt, durch die vier haploide Einzelkerne gebildet werden. Diese vier haploiden Kerne wandern in die vier Basidiosporen hinein, die sich als Auswüchse an der Basidie bilden (Fig. 233 B).



Fig. 233.

A Gruppe verschieden alter Sporenschläuche des Ascomyceten *Ascobolus vinosus* (¹⁴⁵/₁ nach Boudier).

B Gruppe von Basidien von einem *Agaricus*.

B. Die geschlechtliche Fortpflanzung der Archegoniaten.

Bei den Moosen, Gefäßkryptogamen und Gymnospermen treffen wir hinsichtlich des Befruchtungsvorganges in allen wesentlichen Punkten große Uebereinstimmung. Auch die Form und Entwicklung des weiblichen Geschlechtsorganes, welches hier Archegonium genannt wird, zeigt bei allen Arten weitgehende Aehnlichkeit, so daß man deshalb diese drei Abteilungen des Pflanzenreiches als die

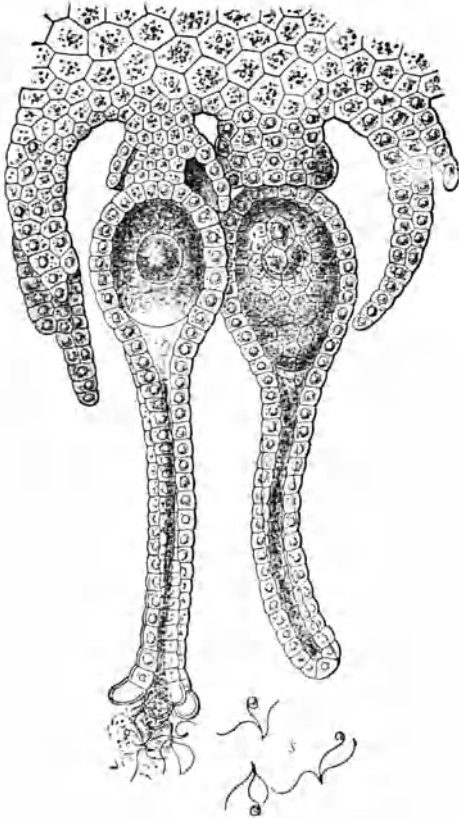


Fig. 234.

Zwei Archegonien von *Marchantia*, stark vergrößert (nach Dodel), das eine ist noch geschlossen, das andere wird an seiner geöffneten Halsmündung im Wassertropfen von Spermatozoiden *s* umschwärmt.

Gruppe der Archegoniaten zusammenfassen kann. Das Archegonium zeigt in den typischen Fällen die Form eines flaschenartigen Zellgebildes, in dessen Bauchteil die Eizelle liegt (Fig. 234). Der halsförmige Teil öffnet sich bei der Reife des Eies an seiner Spitze und stellt einen schlauchartigen Kanal dar, durch welchen die männlichen Sexualzellen zum Ei gelangen. Die männlichen Sexualzellen sind bei den Moosen und Farnen Spermatozoiden, welche sich von den gleichnamigen Gebilden einiger Algen nicht wesentlich unterscheiden und wie diese im Wassertropfen schwimmend das Ei aufsuchen. Ihr Körper ist meist langgestreckt und spiralg eingeroilt und trägt als Bewegungsorgane Cilien. Die meist kapselartigen Zellkörper, in denen die Spermatozoiden entstehen, werden auch hier als Antheridien bezeichnet. Bei den Gymnospermen tragen die männlichen Gameten nur in ganz vereinzelt Fällen noch einen Cilienbesatz. Sie werden als Spermazellen bezeichnet und erreichen die Eizelle dadurch, daß die Zelle, welche das Antheridium einschließt, zu einem Schlauch auswächst, der direkt mit dem Archegonium in Berührung tritt.

Ein Generationswechsel ist bei allen Archegoniaten deutlich darin ausgesprochen, daß das aus der befruchteten Eizelle hervorgehende Gebilde, welches die Diplophase des Entwicklungsganges darstellt, nicht direkt wieder Geschlechtsorgane, sondern ungeschlechtliche Sporen erzeugt, aus denen durch Keimung neue geschlechtliche Pflanzen hervorgehen. Die ungeschlechtlichen Sporen sind haploid; sie entstehen je zu vier aus der diploiden Sporenmutterzelle durch einen mit Chromosomen-

reduktion verbundenen Teilungsvorgang. Das Organ, welches den sporenbildenden Gewebekomplex einschließt, heißt Sporensack oder Sporangium.

Bei den Moosen, den Farnen, Schachtelhalmen und Bärlappgewächsen haben alle Sporen einer Art die gleiche Größe und die gleiche Befähigung zur Hervorbringung von Pflanzen mit männlichen und weiblichen Geschlechtsorganen. Die Wasserfarne und Selaginellen und die Gymnospermen haben zweierlei Sporen von verschiedener Größe: kleinere, Mikrosporen, aus denen nur männliche Pflanzen, und größere, Makrosporen, aus denen nur weibliche Pflanzen werden können. Bei den Gymnospermen werden die Mikrosporen als Pollenkörner, die Makrosporen als Embryo-

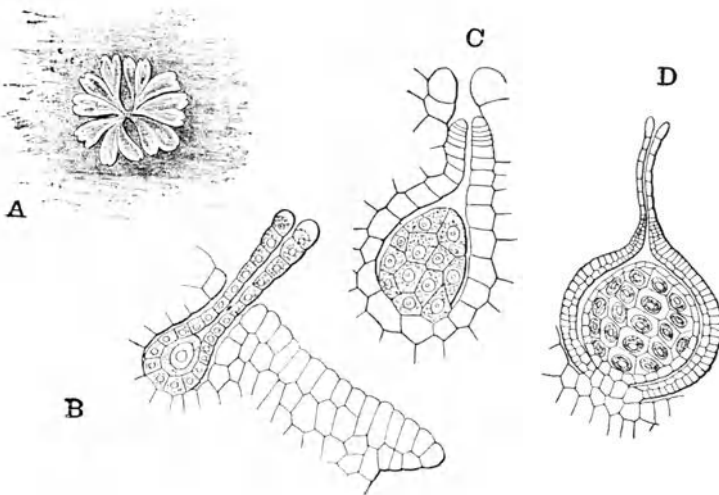


Fig. 235.

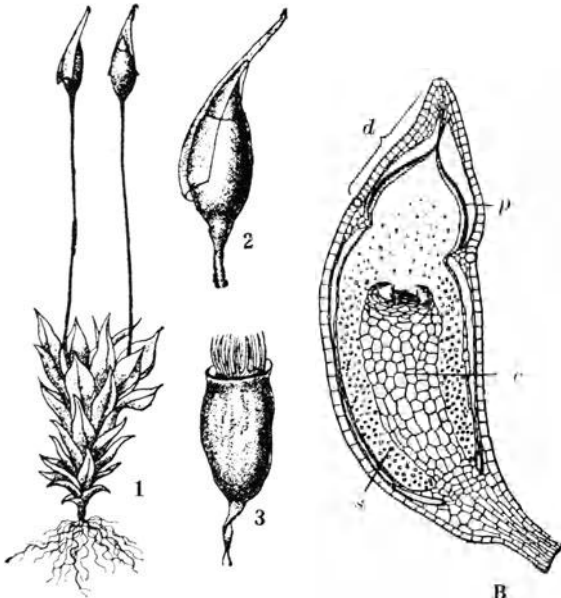
Das Lebermoos *Riccia*. **A** Vegetationskörper, schwach vergrößert. **B** Schnitt durch den Vegetationskörper, der ein bereits geöffnetes Archegonium getroffen hat. **C** Desgleichen mit einem in einer Grube versenkten Antheridium. **D** Längsschnitt eines Archegoniums, in dessen erweiterten Bauteil ein junges Sporogonium eingeschlossen ist. **B—D** stark vergrößert.

säcke bezeichnet. Je mehr wir in der Reihe der Archegoniaten emporsteigen, desto mehr wird der Entwicklungsgang vereinfacht, indem die Ausbildung und die Lebensdauer der geschlechtlichen Generation mehr und mehr zusammengedrängt wird, während umgekehrt die ungeschlechtliche Generation zu immer höherer Entwicklung gelangt.

Bei den Moosen ist die geschlechtliche Generation noch wohl entwickelt. Den Ausgangspunkt der Entwicklung bildet die ungeschlechtlich entstandene Spore. Dieselbe besteht aus einer einzelnen Zelle mit doppelter Wand und haploidem Kern. Bei der Keimung der Spore wird die äußere Wand, das Exosporium, gesprengt, die innere Wand, das Endospor, folgt dem Wachstum des Zellinhaltes. Es entsteht zunächst ein fadenförmiger Keimschlauch, aus dem sich bei den Laubmoosen erst eine algenähnliche Jugendform der geschlechtlichen Moospflanze entwickelt, welche Protonema genannt wird. Das Protonema ist durch Rhizoiden im Substrat befestigt und vermag sich mit Hilfe seiner chlorophyllhaltigen Zellen selbständig zu ernähren. Aus der Spitze oder aus seitlichen Verzweigungen der Protonemafäden entsteht später durch Wachstum die eigentliche Pflanze. Sie stellt meist einen bewurzelten sproß mit Scheitelwachstum dar, welcher

bei den Laubmoosen und bei vielen Lebermoosen eine deutliche Gliederung in Sproßachse und Blätter erkennen läßt.

Archegonien und Antheridien entstehen erst, wenn die vegetative Ausbildung der Pflanze eine beträchtliche Entwicklung erlangt hat. Für den Befruchtungsvorgang ist die Gegenwart von Wasser in der Umgebung der reifen Geschlechtsorgane eine unerläßliche Bedingung. Aus dem eröffneten Hals der reifen Archegonien tritt Schleim hervor, welcher, sich im Wasser ausbreitend, einen richtenden Reiz auf die in der Nähe befindlichen Spermatozoiden ausübt und dieselben veranlaßt, in den Halskanal des Archegoniums hinein und bis zum Ei vorzudringen. Durch die Verschmelzung eines Spermatozoids mit der Eizelle wird die Befruchtung ausgeführt. Die ungeschlechtliche Generation,



A Fig. 236.

A *Anacalypta*. 1 ein Moospflänzchen, welches zwei Sporogonien trägt. 2 die Kapsel eines Sporogoniums mit Deckel und Haube, stärker vergrößert. 3 dieselbe nach dem Aufspringen. An dem Rande der Kapsel ist das Peristom sichtbar. B Längsschnitt durch ein reifes Sporogon von *Rhynchosstegium*. *d* Deckel, *p* Peristom, *c* Columella, *s* Sporen.

welche sich aus dem befruchteten Ei entwickelt, wird Sporogonium genannt. Sie stellt bei den Lebermoosen eine einfache Kapsel dar, die ihren Entwicklungsgang im Innern des erweiterten Archegonienbauches durchläuft. Bei *Riccia* (Fig. 235) bleibt das reife Sporogonium in dem Archegonienbauch eingeschlossen, bis die Sporen durch den Zerfall des Gewebes frei werden. Bei anderen Lebermoosen wird die reife Kapsel durch einen sich schnell streckenden Stiel aus dem Archegonienbauch herausgeschoben und entläßt die Sporen durch regelmäßige Spaltung der Wand, wobei meistens hygroskopisch bewegliche Faserzellen, Elateren, die in dem Sporenbehälter neben den Sporen gebildet werden, die Ausstreuung der Sporen bewirken. Bei den Laubmoosen bleibt das Sporogonium mit seinem unteren, meist stiel förmigen Ende in dem Bauch des Archegoniums stecken und wird von dort her ernährt. Das obere Ende des Sporogoniums, die Kapsel, wächst aus dem Archegonium heraus, indem es die obere Hälfte desselben als Mütze mit emporhebt. Die reife Kapsel ist keulenförmig oder kugelig angeschwollen und schließt das sporenbildende Gewebe ein (Fig. 236). Meist bleibt in ihr ein zentraler Teil des Gewebes

steril und bildet die Columella, d. h. ein Säulchen, welches, von der Basis des Hohlraumes entspringend, mehr oder minder weit bis zu der oberen Seite desselben emporragt. Die Eröffnung der Kapsel erfolgt nach der Sporenreife, bei den Laubmoosen gewöhnlich durch das Abspringen eines Deckelchens. Der Rand der so entstandenen Mündung ist dann oft noch mit einer regelmäßigen Anzahl zierlicher Zähnen besetzt, welche man als den Mundbesatz oder das Peristom der Kapsel bezeichnet. In vielen Fällen vermittelt und reguliert das Peristom die Sporenausstreuung. Nach der Reife der Sporen geht das Sporogonium bald gänzlich zugrunde.

Bei der Mehrzahl der Farne stellt die aus der Spore durch Keimung entstehende geschlechtliche Generation, das Prothallium, ebenfalls noch ein selbständig lebendes, bewurzeltes Sproßgebilde dar. Dasselbe erreicht aber, indem das durch eine Scheitelzelle vermittelte Spitzenwachstum früh eingestellt wird, nur geringe Ausdehnung und ist selbst bei den höchstentwickelten Formen nur ein wenige Millimeter langes und breites, grünes Schüppchen von herzförmiger oder nierenförmiger Gestalt ohne weitere

Gliederung. An der Unterseite des Prothalliums stehen zwischen zahlreichen Haarwurzeln die Archegonien und Antheridien (Fig. 237). Die ersteren sind hier mit ihrem Bauchteil in das Gewebe eingesenkt, nur der Hals ragt frei hervor. Die Antheridien sind kleine wenigzellige Erhebungen, deren innere Zelle zu Spermatozoidenmutterzellen wird. Die Befruchtung erfolgt hier wie bei den Moosen durch Vermittlung eines Wassertropfens, in welchem die Spermatozoiden, durch den aus dem eröffneten Archegonienhals hervordringenden Schleim gereizt, sich zu dem Ei fortbewegen. Nach erfolgter

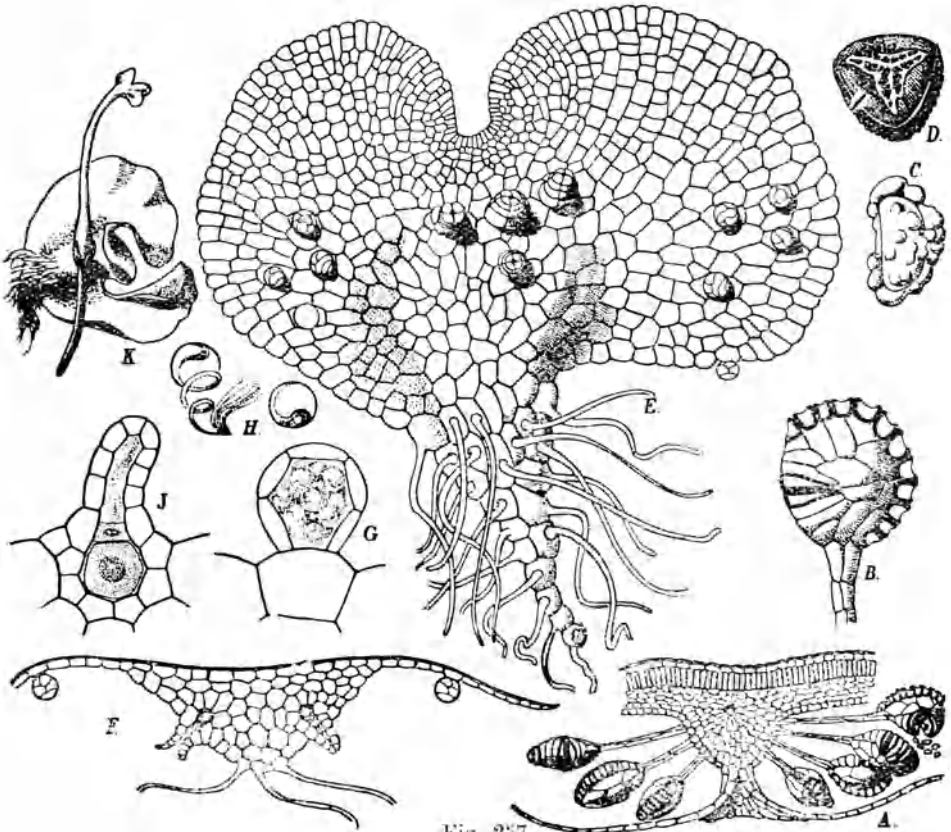


Fig. 237.

Aspidium Filix mas. **A** Blattquerschnitt mit Sorus. **B** Sporangium. **C** und **D** Sporen. **E** Prothallium. **F** Querschnitt des Prothalliums. **G** Antheridium. **H** Spermatozoiden. **I** Archegonium mit Eizelle. **K** Prothallium mit Keimpflanze. **A E F K** schwach, die übrigen Figuren stärker vergrößert.

Befruchtung entwickelt die Eizelle sich zum Embryo, an dem als wichtigste Organanlagen die Sproßspitze, die Keimwurzel und das erste Blatt sehr bald erkennbar sind.

Mit einem als Embryofuß bezeichneten Haustorium bleibt der Embryo vorerst in dem erweiterten Archegonienbauch stecken und bezieht von dorthin seine erste Nahrung. Das Prothallium geht früher oder später zugrunde, nachdem sich der Embryo zum selbständigen Pflänzchen entwickelt hat. Die Keimpflanze, welche den Anfang der ungeschlechtlichen Generation darstellt, wächst zu einem hochorganisierten Pflanzengebilde, der eigentlichen Farnpflanze, aus; sie entwickelt einen bewurzelten, bisweilen regelmäßig verzweigten Sproß mit fortwachsender Vegetationsspitze und mit wohl ausgebildeten, oft reich verzweigten Blättern. In anatomischer Beziehung schließt sie sich durch den

Besitz typischer Leitbündel an die Blütenpflanzen an. Die Sporen werden in kapselartigen Sporangien gebildet, welche meist an der Unterseite normaler oder wenig umgewandelter Blätter stehen.

Selten sind die Sporangien einzeln über die Blattfläche verteilt, gewöhnlich bilden je mehrere eine Gruppe, Sorus genannt (Fig. 237 A u. 238). Die Sori sind bei vielen Farnen nackt, bei anderen sind sie durch den umgebogenen Blattrand bedeckt, oder sie besitzen eine häutige Schutzhülle, das Schleierchen oder Indusium. An den Sporangien, welche entweder gestielt oder sitzend sind, unterscheidet man die Sporangienwand und das sporenbildende Gewebe oder Archespor. Die Sporangienwand besteht aus einer einfachen (selten mehrfachen) Schicht von Zellen, unter denen oft eine meist ringförmig

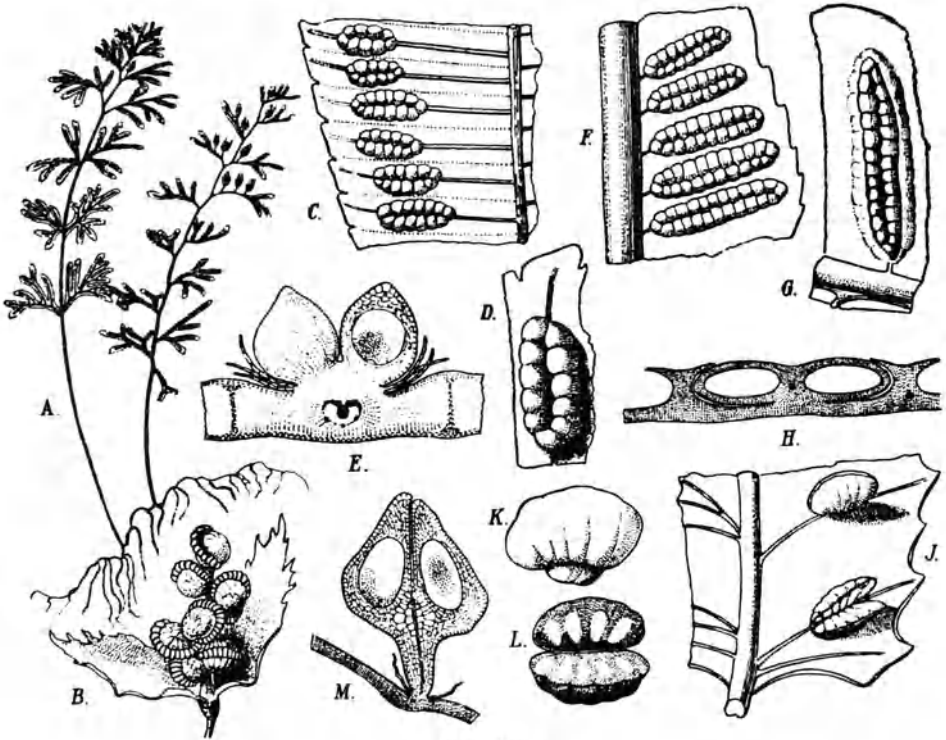


Fig. 238.

A Hymenophyllum Tunbridgense. **B** Sorus von Hymenophyllum mit Indusium. **C** Blattstück von Angiopteris mit Sori. **D** Sorus stärker vergrößert. **E** Blattquerschnitt mit Sorus. **F** Blattstück von Danaea mit Sori. **G** Sorus stärker vergrößert. **H** Sorus in Querschnitt. **I** Blattstück von Marattia mit Sori. **K** und **L** Einzelner Sorus. **M** Sorus im Querschnitt.

angeordnete Zellgruppe, der Annulus, durch die Ausbildung ihrer Wände ausgezeichnet ist (Fig. 237 B). Der Annulus bewirkt das Aufspringen der reifen Sporangien. Die Stelle, an welcher der Riß in der Kapselwand entsteht, ist durch abweichend geformte Zellen im Annulus, das sogenannte Stomium, vorbezeichnet. Das Archespor teilt sich in mehrere Sporenmutterzellen, deren jede vier Sporen erzeugt. Aus den Sporen gehen durch Keimung neue Prothallien hervor.

Bei den Wasserfarne und Selaginellen, welche als heterospore Gefäßkryptogamen den homosporigen Farne, Schachtelhalme und Bärlappgewächse an die Seite gestellt werden, treffen wir zwei verschiedene Arten von Sporen an, die Makrosporen und die Mikrosporen; aus den ersteren gehen Prothallien hervor, welche nur Archegonien erzeugen, aus den letzteren solche, die nur Antheridien tragen (Fig. 239). Die Prothallien

sind hier meist sehr rudimentär und stellen in manchen Fällen nur einen wenigzelligen Gewebekörper dar, der bisweilen während seiner ganzen Entwicklung in der Spore eingeschlossen bleibt oder doch nur wenig über die zersprengte Sporenhaut hervortritt. Die Archegonien sind tief eingesenkt, so daß auch der kurze Hals nur wenig oder gar nicht über die Oberfläche des Prothalliums hervorragte. Die Antheridien an den oft auf eine einzige Zelle reduzierten männlichen Prothallien sind meist aus wenigen Zellen gebildet, bisweilen bestehen sie nur aus einer einzigen Zelle, deren Inhalt zu Spermatozoidmutterzellen wird. Der Vorgang der Befruchtung bietet nichts Abweichendes dar. Die Embryoentwicklung geht ähnlich wie bei den Farnen vor sich. An den erwachsenen Pflanzen stehen die Sporangien, welche je nach der Form der in ihnen erzeugten Sporen als Makrosporangien und

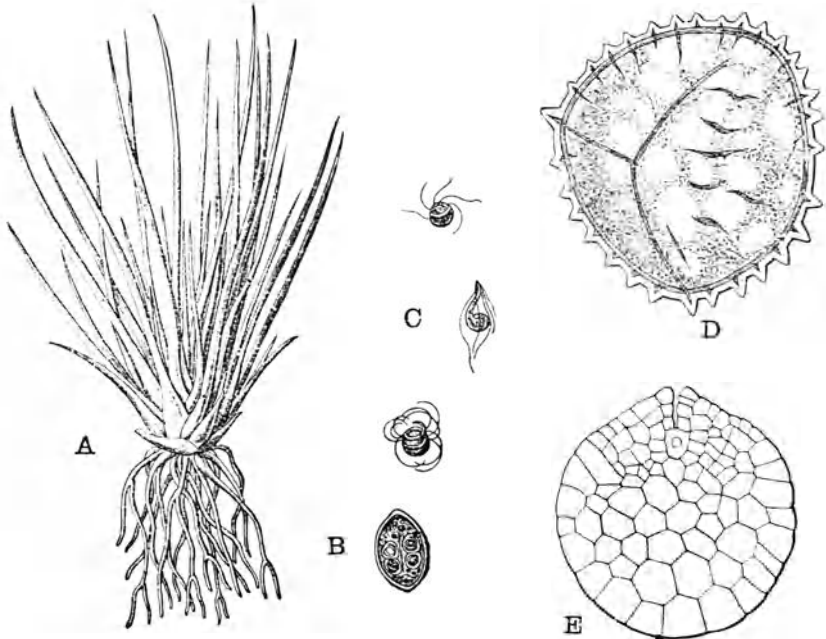


Fig. 239.

Das Brachsenkraut, *Isoetes lacustris*.

A Ganze Pflanze in natürlicher Größe (nach Luerssen). **B** Eine Mikrospore, in der sich das rudimentäre Antheridium gebildet hat. **C** Spermatozoiden. **D** Eine Makrospore. **E** Der im Innern der Makrospore gebildete weibliche Vorkeim mit dem Archegonium im Längsschnitt (**B—E** stark vergrößert).

Mikrosporangien unterschieden werden. Die Blätter, welche die Sporangien tragen, die Sporophylle, sind bei dem Brachsenkraut wie bei den Selaginellen nicht oder wenig von den Laubblättern verschieden, bei letzteren sind sie an den Gipfeln einzelner Sprosse zu Sporangienständen vereinigt. Bei den Wasserfarne entwickeln sich die Sporophylle oder einzelne Teile derselben zu kugeligen oder bohnenförmigen Körpern, den Sporenfrüchten oder Sporokarpium, welche die ursprünglich auf ihrer Oberfläche angelegten Sporangiengruppen vollständig umwachsen und einschließen. Die Mikrosporen entstehen zu je vier aus einer Mutterzelle, die Makrosporen werden in gleicher Weise angelegt, nur bleiben viele der aus dem Archespor des Makrosporangiums hervorgegangenen Mutterzellen gänzlich unentwickelt, während die Tochterzellen einzeln zu stattlicher Größe heranwachsen und Makrosporen bilden. Im extremsten Falle, z. B. bei *Salvinia* und *Marsilia*, kommt nur eine einzige Sporenmutterzelle in dem Makrosporangium zur Entwicklung und von den in ihr gebildeten 4 Tochterzellen wächst nur eine einzige unter Verdrängung der 3 Schwesterzellen zu voller Größe heran. Ein Unterschied zwischen

den Sporophyllen, welche Mikrosporangien tragen, und denen, an welchen Makrosporangien stehen, ist nirgends vorhanden, bisweilen stehen beiderlei Sporangien auf denselben Blättern, selbst in demselben Sorus.

Bei den Gymnospermen, der höchststehenden Gruppe der Archegoniaten, sind die Blattorgane, welche die Mikrosporangien, d. i. die Pollensäcke, tragen (Staubblätter), von denen, an welchen die Makrosporangien, d. i. die Samenanlagen, entstehen (Fruchtblätter), in der Form und Ausbildung verschieden. Fast immer sind sowohl die Staubblätter als auch die Fruchtblätter für sich zu Sporangienständen, den männlichen oder weiblichen Blüten, vereinigt (Fig. 240), deren Morphologie früher besprochen worden ist. In den Pollensäcken entstehen je zu vier aus der diploiden Mutterzelle die haploiden Mikrosporen, hier Pollenkörner genannt. Dieselben bestehen aus einer einzigen Zelle

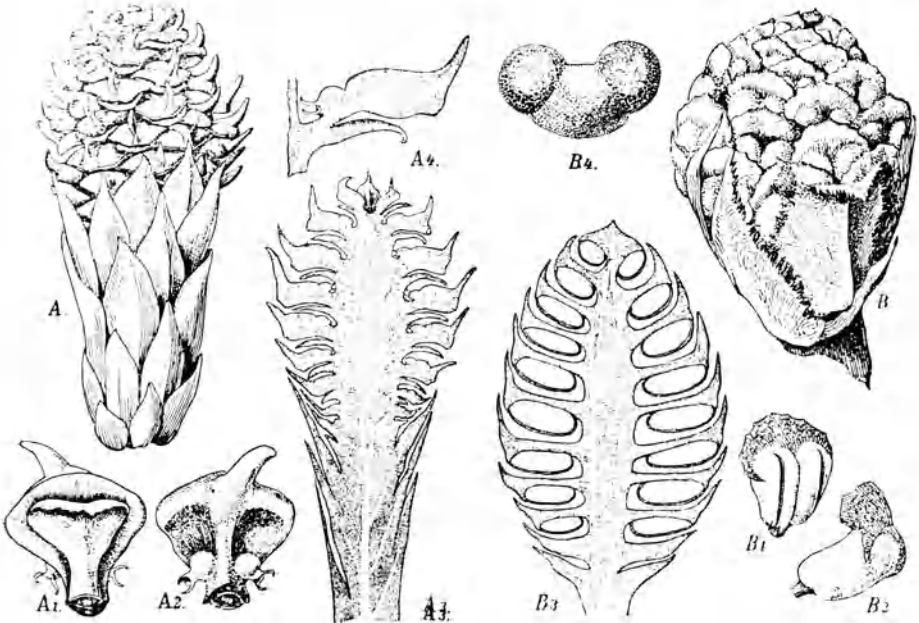


Fig. 240.

A weibliche Blüte von *Pinus silvestris*. A₁ Fruchtblatt von unten, A₂ dasselbe von oben mit den zwei Samenanlagen. A₃ ganze Blüte, A₄ einzelnes Fruchtblatt im Längsschnitt. B männliche Blüte von *Pinus silvestris*. B₁ B₂ einzelnes Staubblatt von unten und von der Seite. B₃ Blüte im Längsschnitt B₄ Pollenkorn stärker vergrößert.

und besitzen, wie die Sporen der Farne und Moose, eine doppelte Wand; die äußere Wand wird als Exine, die innere als Intine bezeichnet. In den Samenanlagen entwickeln sich aus einer einzigen Mutterzelle vier haploide Tochterzellen, von denen drei zugrunde gehen, während die vierte zur Makrospore wird, die hier den Namen Embryosack führt. Bei der Reife werden die aus den aufspringenden Pollensäcken befreiten Pollenkörner durch den Wind zu den weiblichen Blüten und in die Nähe der Samenanlagen geführt.

Die Prothalliumentwicklung vollzieht sich hier stets innerhalb der Sporen. Bei den Pollenkörnern ist sie auf die Entstehung einer oder weniger kleiner Zellen im Innern jedes Pollenkorns beschränkt (Fig. 241 A). Die zuletzt in der Pollenzelle abgetrennte Zelle, welche als generative Zelle bezeichnet wird, stellt das Antheridium dar. Die etwaigen früher abgetrennten Zellen werden sehr bald resorbiert; sie sind zusammen mit dem übrigbleibenden Teil der Pollenzelle als rudimentäres Prothallium anzusehen. Die generative Zelle löst sich im weiteren Verlauf der Entwicklung von der Wand der Pollenzelle los

und wandert in den von der letzteren gebildeten Pollenschlauch hinein, welcher bis zu dem in dem Embryosack der Samenanlage liegenden weiblichen Prothallium vordringt.

Am vorderen Ende des Pollenschlauches liegend teilt sich die generative Zelle in zwei Tochterzellen, die Spermazellen, welche die männlichen Sexualzellen repräsentieren. Bei einigen Gymnospermen, z. B. bei *Cycas revoluta* und bei *Ginkgo biloba*, zeigen die Spermazellen im Innern des gekeimten Pollenkorns auch äußerlich große Aehnlichkeit mit den Spermatozoiden der höheren Farne insofern, als sie noch mit spiralig angeordneten Cilien versehen und zu freier Ortsbewegung im Innern des Pollenschlauches befähigt sind (Fig. 242).

Der Embryosack stellt anfangs im Innern der Samenanlage eine einzige Zelle dar, welche sich durch ihre Größe und durch reicheren Protoplasmainhalt von den übrigen Zellen des Nucellus unterscheidet; er bleibt auch während der weiteren Entwicklung von dem Gewebe der Samenanlage eingeschlossen (Fig. 241 B). Sein Inhalt teilt sich in eine Anzahl von Prothalliumzellen, die mit Nährstoffen für den Embryo erfüllt sind und als Endosperm bezeichnet werden. An dem zur Mikropyle gekehrten Ende dieses Prothalliums entwickelt sich eine Gruppe von rudimentären Archegonien.

Jedes Archegonium (früher hier *Corpusculum* genannt) besteht der Hauptsache nach aus einer Eizelle, an deren vorderem Ende einige kleine Zellen als Rudiment des Archegonienhalses vorhanden sind.

Der Befruchtungsvorgang erfolgt dadurch, daß aus dem Ende des zum Archegonium vorgerückten Pollenschlauches eine Spermazelle in das Ei hinübertritt. Aus dem befruchteten Ei geht durch Zellteilung ein Embryo hervor, an welchem die Keimwurzel, das hypokotyle Glied mit der Stammknospe, und einige erste Blätter, die Kotyledonen, unterschieden werden können. Der Embryo macht im Samen eine Ruheperiode durch und entwickelt sich später bei der Keimung des Samens zur selbständigen Pflanze, die meist erst, nachdem sie ein mehrjähriges Alter erreicht hat, wieder männliche oder weibliche Blüten oder beide zugleich hervorbringt.

Ueerblicken wir zum Schluß die Fortpflanzungsvorgänge bei den Archegoniaten, so zeigt sich, daß auch bei den Gymnospermen noch die gleichen Schritte in dem Entwicklungsgange erkennbar sind wie bei den Moosen und Farnen. Indem aber die die Geschlechtsorgane tragende Generation, welche bei den Moosen vegetativ am mächtigsten entwickelt ist, im Verlaufe der aufsteigenden Reihe ihre Selbständigkeit mehr und mehr einbüßt und indem dafür die sporenbildende Pflanze, welche bei den Moosen ein unselbständiges Anhängsel der Geschlechtsgeneration darstellt, zu voller Selbständigkeit und weitgehender morphologischer Gliederung gelangt, schrumpft bei den Gymnospermen der ganze Generationswechsel in nur mehr mikroskopisch wahrnehmbare Vorgänge zusammen, welche sich unauffällig in den Organen der Blüte abspielen. Eine gedrängte Uebersicht der Homologie in dem Generationswechsel der Archegoniaten ist in der umstehenden Tabelle gegeben.

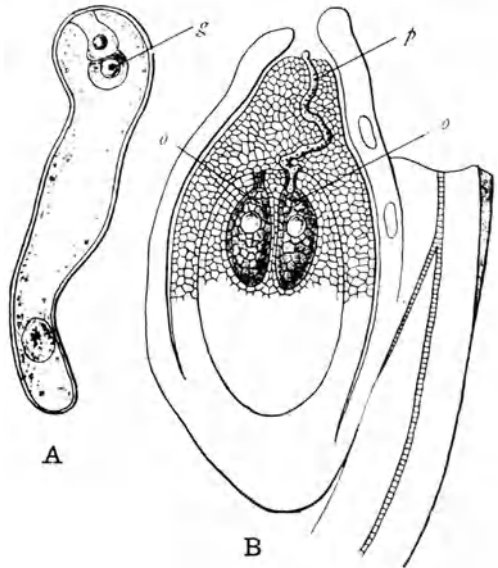
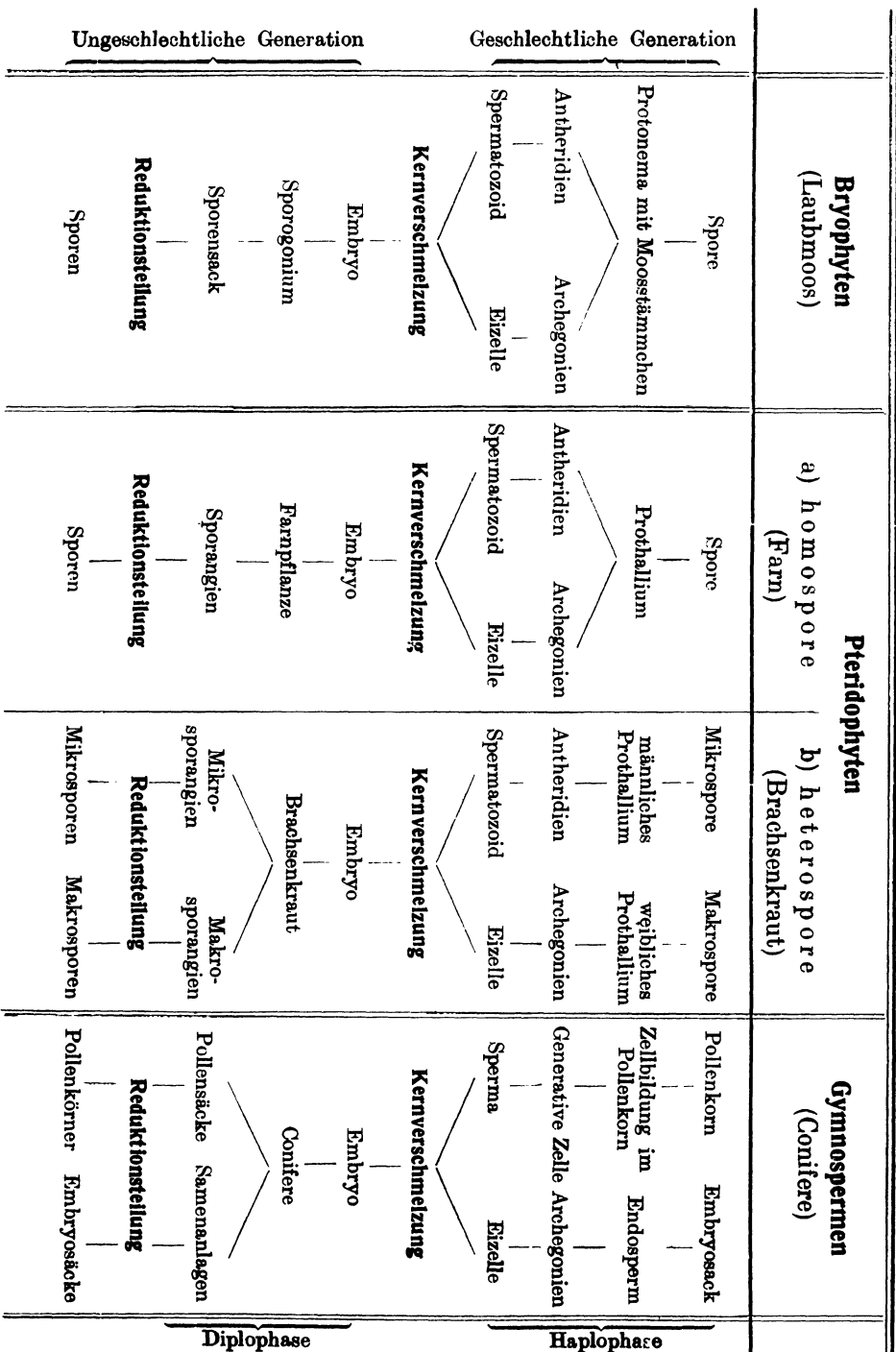


Fig. 241.

A keimendes Pollenkorn von *Juniperus*. *g* generative Zelle. B Längsschnitt durch die Samenanlage einer Conifere (halbschematisch). Der Embryosack *e* ist fast ganz von Endospermgewebe erfüllt. In seinem oberen Ende sind zwei Archegonien sichtbar. Jedes derselben besteht aus einer sehr großen, länglichen Eizelle *o* und aus wenigen Halszellen. In dem eingedrungenen Pollenschlauch *p* hat sich die generative Zelle in zwei Spermazellen geteilt, von denen die eine die Befruchtung ausführt.



C. Die geschlechtliche Fortpflanzung der Angiospermen.

Bei den Angiospermen hat die Reduktion der geschlechtlichen Generation den höchsten Grad erreicht. Durch Vergleichung mit den Gymnospermen ist es trotzdem leicht, die Homologie ihrer Geschlechtsorgane mit den Organen der Archegoniaten festzustellen. Die Pollensäcke der Staubblätter entsprechen auch hier den Mikrosporangien, die Pollenkörner, welche zu vier aus einer diploiden Pollenmutterzelle entstehen, sind die Mikrosporen. Sie sind einzellig, haploid, und mit doppelter Wand, Exine und

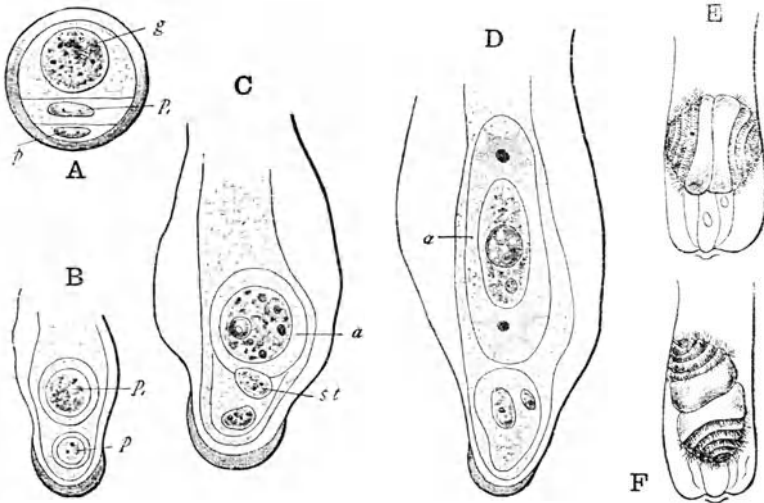


Fig. 242.

Die Entwicklung der Spermatozoiden in dem Pollenkorn einer Cycadee (*Cycas*), stark vergrößert (nach Ikeno).

A Pollenkorn im Beginn der Keimung. *g* der vegetative Kern des Pollenkorns, *p* und *p*, zwei von ihm durch successive Teilung abgeleitete Kerne, *p* repräsentiert den Rest des männlichen Prothalliums. *p*, ist der Kern der generativen Zelle. **B** die Prothalliumszelle *p* und die generative Zelle *p*, egen frei im Plasma des aus dem Pollenkorn hervorgegangenen Schlauches. **C** Die generative Zelle hat sich in die Stielzelle *st* und in die Antheridienzelle *a* geteilt. **D** Prothalliumszelle und Stielzelle gehen allmählich zugrunde, das Antheridium *a* vergrößert sich und bildet die Spermatozoidmutterzelle. **E** und **F** Aus der Antheridienzelle sind zwei Spermatozoiden gebildet worden.

Intine, ausgestattet. Die im Fruchtknoten eingeschlossenen Samenanlagen sind Makrosporangien, in denen mit Unterdrückung je dreier haploider Einzelzellen der diploiden Embryosackmutterzelle je eine haploide Makrospore, der Embryosack, ausgebildet wird (Fig. 244 A).

Die sporangientragenden Blattorgane, die Staubblätter und Fruchtblätter, stehen, wie früher erörtert worden ist, in Blüten, an deren Zusammensetzung meistens außer ihnen noch sterile Blätter als Blütenhülle beteiligt sind. Staub und Fruchtblätter stehen häufig in einer Blüte nebeneinander. Die Pollenkörner werden durch äußere Agentien, meist durch Wind oder Insekten, auf die Narben der Fruchtknoten übertragen.

In der Pollenzelle der Angiospermen wird schon früh eine kleine generative Zelle abgetrennt. Dieselbe ist anfangs durch eine Plasmahaut-

schicht von der vegetativen Zelle getrennt; diese Membran wird aber sehr bald aufgelöst, so daß dann die generative Zelle frei in dem Protoplasma der vegetativen Zelle liegt (Fig. 243). Die Pollenzelle treibt auf der Narbe des Fruchtknotens einen Pollenschlauch, welcher durch das Gewebe des Griffels bis in die Mikropyle der Samenanlage vordringt und das aus der generativen Zelle gebildete Spermata in die Nähe der Eizelle leitet (Fig. 244 A).

In dem Verhalten der Pollenkörner besteht, wie man sieht, noch eine gewisse Aehnlichkeit mit den Erscheinungen, welche wir bei den Gymnospermen kennen gelernt haben; die Vorgänge im Embryosack dagegen, welche zur Ausbildung des Eies führen, sind von der Endosperm- und Archegoniumbildung in jener Pflanzengruppe wesentlich verschieden

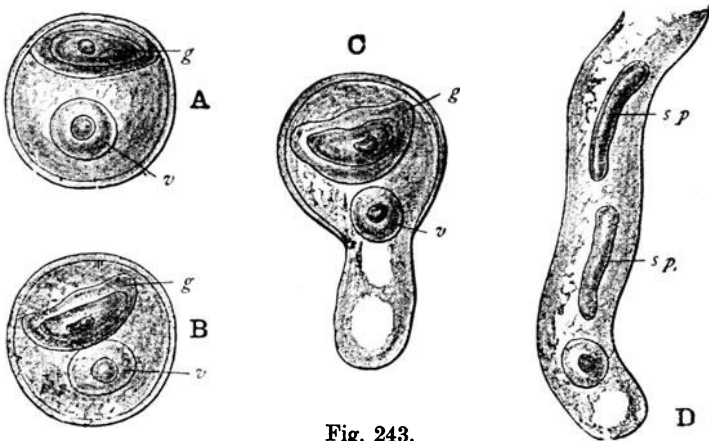


Fig. 243.

A—D Entwicklung des Spermata im Pollen einer angiospermen Blütenpflanze. *v* vegetative, *g* generative Zelle, *sp* und *sp*, die aus dem Kern der letzteren hervorgegangenen Spermakerne.

(Fig. 245). In einem gewissen Jugendstadium stellt der Embryosack der Angiospermen eine plasmareiche Zelle mit einem einzigen Zellkern dar, welche von dem Gewebe des Nucellus von allen Seiten umhüllt wird. Der Embryosackkern teilt sich alsbald, ohne daß gleichzeitig eine Zellteilung erfolgte. Die Tochterkerne rücken auseinander zu den Enden des meist etwas gestreckten Embryosackes und erfahren dort noch zwei aufeinanderfolgende Teilungen, so daß endlich vier Kerne an jedem Ende des Embryosackes liegen. Je drei Kerne jeder Gruppe umgeben sich mit Protoplasma und die so entstandenen Energiden grenzen sich durch Ausbildung einer Hautschicht gegeneinander und gegen den übrigen Inhalt des Embryosackes ab. Die übrigbleibenden zwei Kerne, welche als oberer und unterer Polkern bezeichnet werden, wandern in dem Plasma des Embryosackes zur Mitte hin. Später verschmelzen sie dort zu einem einzigen Kern, den man weiterhin als sekundären Embryosackkern bezeichnet. Von den drei Zellen, welche an dem zur Mikropyle hin gerichteten Ende des Embryosackes gebildet wurden, ist die eine das Ei (Fig. 245, 5 o), die beiden anderen werden als die Gehilfinnen oder Synergiden bezeichnet, sie spielen bei

dem Vorgang der Befruchtung insofern eine Rolle, als sie den Uebertritt des Spermias aus dem Pollenschlauch in das Ei vermitteln. Die drei Zellen am entgegengesetzten Ende des Embryosackes bezeichnet man als die Antipoden (Fig. 245, 5 a). Sie scheinen rudimentäre Organe zu sein, vielleicht letzte Reste eines Prothalliums, und haben für den Befruchtungsprozeß keine weitere Bedeutung. In gewissen Fällen aber gewinnen die Antipoden eine Bedeutung für die Ernährung des Embryosackes und des in ihm erwachsenden Embryos, indem sie die Zuleitung von Baustoffen aus dem angrenzenden Nucellargewebe vermitteln. Statt ihrer fungieren

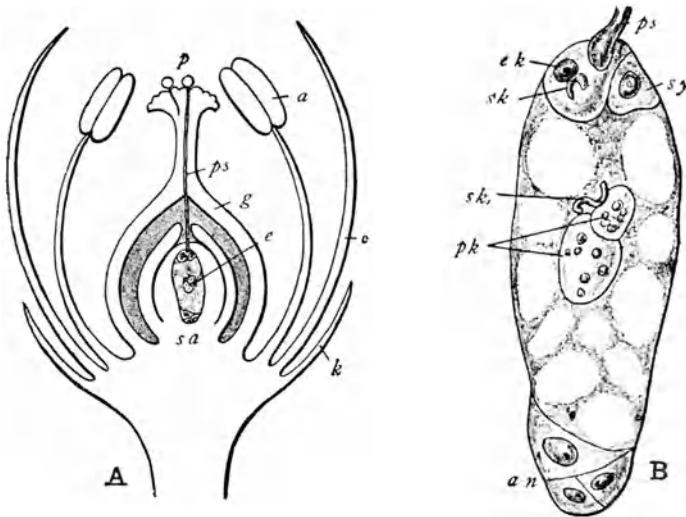


Fig. 244.

A Längsschnitt einer Angiospermenblüte (Schema). *k* Kelch, *c* Blumenkrone, *a* Anthere, *g* Wand des Fruchtknotens, *sa* die im Hohlraum des Fruchtknotens eingeschlossene Samenanlage mit einem Integument, *e* Embryosack mit Eiapparat, Polkerngruppe und Antipoden, *p* Pollenkörner auf der Narbe des Fruchtknotens, *ps* Pollenschlauch. **B** Embryosack im Stadium der Befruchtung stark vergrößert (nach Guignard). *an* Antipoden, *pk* Polkerne, *sy* eine Synergide, *ek* Kern der Eizelle, *ps* Pollenschlauch, *sk* der in die Eizelle eingedrungene Spermakern, *sk*₂ der zweite Spermakern, welcher sich mit den Polkernen vereinigt.

bisweilen als Organe der Nahrungsaufnahme haustorienartige Auswüchse des Embryosackes, welche in das Nucellargewebe oder durch die Mikropyle in die Placenta oder andere nährstoffreiche Gewebekörper in der Nachbarschaft der Samenanlagen eindringen. Die Befruchtung der empfängnisfähigen Eizelle wird nun im allgemeinen dadurch eingeleitet, daß ein Pollenschlauch durch die Mikropyle der Samenanlage, seltener von der Chalaza her, in den Embryosack eindringt (Fig. 244 **B** *ps*) und die an seiner Spitze liegenden, aus der generativen Zelle hervorgegangenen beiden Spermakörper in den Embryosack entläßt. Der eine dieser Spermakörper dringt in der Regel in die Eizelle ein (Fig. 244 **B** *sk*) und führt, indem er mit dem Eikern verschmilzt, die Befruchtung aus. Der zweite Spermakörper (*sk*₂ der Figur) rückt zur Mitte des Embryosacks und verschmilzt

mit den sich vereinigenden Polkernen oder mit dem aus ihnen hervorgegangenen sekundären Embryosackkern. Dieses eigentümliche Verhalten des zweiten Spermakörpers, welches bei den Gymnospermen und überhaupt bei den Archegoniaten kein Analogon findet, wird als Doppelbefruchtung bezeichnet. Man hat die sehr schwierig zu konstatierende Doppelbefruchtung erst bei verhältnismäßig wenigen Pflanzen aus den Familien der Liliaceen, Orchidaceen, Ranunculaceen, Kompositen u. a. m. beobachtet. Es ist aber wahrscheinlich, daß dieselbe bei den Angiospermen weit verbreitet ist, wenn auch vergebliches Suchen in einigen Fällen die Möglichkeit nahelegt, daß sie keine allgemeine Erscheinung ist.

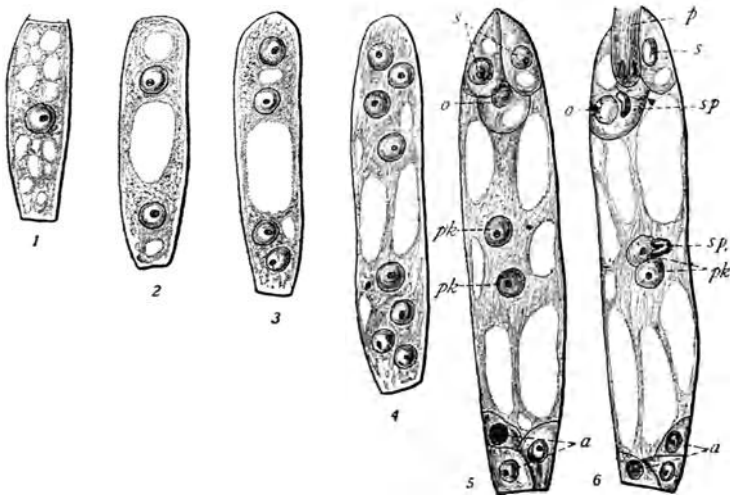


Fig. 245.

Entwicklung des Eiapparates und Befruchtungsvorgang im Embryosack von *Monotropa*. 1 Der junge Embryosack enthält nur einen Zellkern. 2, 3, 4 Durch successive Kerntheilung werden 8 Zellkerne gebildet. 5 In der zur Mikropyle gewendeten Spitze des Embryosackes ist der Eiapparat, bestehend aus der Eizelle *o* und den Synergiden *s* gebildet worden, im Chalazaende liegen 3 Antipodenzellen *a*. Die beiden Polkerne *pk* des Embryosackes sind gegen die Mitte hin zusammengerückt. Aus dem in den Embryosack eingedrungenen Ende des Pollenschlauches *p* sind zwei Spermkerne *sp* ausgetreten, von denen der eine mit dem Eikern *o* verschmilzt, während der zweite *sp* sich mit den beiden Polkernen *pk* zum sekundären Embryosack vereinigt.

Durch die Befruchtung werden der sekundäre Embryosackkern und die Eizelle zu weiterer Entwicklung angeregt, während die Synergiden und Antipoden gewöhnlich alsbald zugrunde gehen. Der Embryosackkern teilt sich successive in viele Kerne, welche sich in dem Protoplasma des Embryosackes verteilen, und durch freie Zellbildung wird der ganze Raum des Embryosackes, soweit er nicht von dem sich entwickelnden Embryo eingenommen wird, mit parenchymatischen Zellen erfüllt, in denen sich Nährstoffe ablagern. Das so gebildete Nährgewebe wird Endosperm genannt; es liefert die Nährstoffe für das Wachstum des Embryos und wird entweder bei der Ausbildung des Samens gänzlich aufgebraucht, oder es bleibt teilweise bis zur Samenreife erhalten und liefert später bei der Keimung die erste Nahrung für die junge Pflanze.

Die Entwicklung der befruchteten Eizelle zum mehrzelligen Embryo geht meistens in der Weise vor sich, daß die Eizelle zunächst zu einem kurzen Zellfaden auswächst, welcher an seinem, von der Mikropyle abgewandten Ende durch Zellteilungen in einen Zellkörper übergeht, an welchem bald die Sproßspitze und die Anlage der ersten seitlichen Organe, der Kotyledonen, erkennbar wird (Fig. 246).

Durch den Befruchtungsvorgang werden auch an außerhalb des Embryosacks liegenden Organen Entwicklungsvorgänge angeregt. Die Samenanlage entwickelt sich zum Samen, indem das Gewebe des Nucellarkerns, soweit es nicht als ein nährstoffreiches Perisperm im Samen erhalten bleibt, allmählich vollständig von dem wachsenden Embryosack verdrängt wird und indem die Integumente durch Wachstum und innere Ausgestaltung

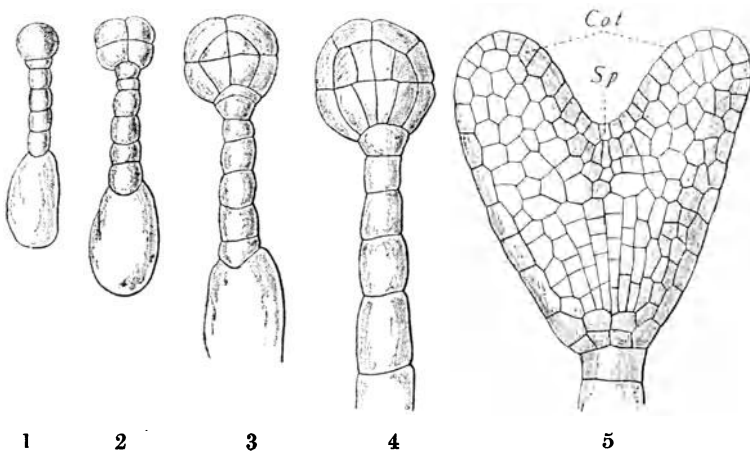


Fig. 246.

1—5 aufeinanderfolgende Entwicklungsstadien eines dikotylen Embryos. *Sp* die Anlage der Stammknospe. *Col* die Anlage der Kotyledonen. (Stark vergrößert.)

ihrer Gewebe zur Samenschale sich umbilden. Auch auf die Wandung des Fruchtknotens greift der durch die Befruchtung gegebene Entwicklungsanstöß über und veranlaßt die ebenfalls mit Wachstum und anatomischer Veränderung der Gewebe verbundene spezifische Ausbildung der Fruchtwand. Der ausgereifte Same macht meist eine Ruheperiode durch und keimt später, indem der wachsende Embryo als Keimpflanze aus der zersprengten Schale hervortritt.

3. Die biologische Bedeutung der Fortpflanzung.

In der Einleitung dieses Kapitels ist darauf hingewiesen, daß der Ersatz der alternden und dem Tode verfallenden Individuen durch eine Nachkommenschaft eine unerläßliche Forderung für den Fortbestand des Lebens auf der Erde bildet. Die biologische Bedeutung der Fortpflanzungserscheinungen beruht also zum Teil darin, daß durch sie an Stelle der alternden Individuen, welche ihren Entwicklungsgang bereits bis zu einem

gewissen Stadium durchlaufen haben, junge, lebenskräftige Organismen gesetzt werden. Indem die Fortpflanzung in der allergrößten Mehrzahl der Fälle zugleich eine Vermehrung bedeutet, erscheint einmal der Ersatz für den absterbenden Mutterorganismus gegen ungünstige Zufälle nach Möglichkeit gesichert; und ferner wird dadurch unter den zahlreichen Keimen ein Wettbewerb um den freiwerdenden Platz herbeigeführt, der eine Auslese des Tüchtigsten für die Erhaltung der Art bewirkt. Man wird die Bedeutung dieses Umstandes richtig schätzen, wenn man bedenkt, daß die Zahl der Individuen der freilebenden, nicht durch die Bodenkultur beeinflussten Pflanzen Jahr für Jahr annähernd konstant bleibt, obschon alljährlich jedes einzelne Individuum Hunderte oder Tausende von entwicklungsfähigen Keimen hervorbringt. Endlich aber ist auch die Fortpflanzung das Mittel für die Fortbildung der Organismen, für die Entstehung neuer Arten, welche für die Mannigfaltigkeit der lebenden Formen und für die an ihnen erkennbare verwandtschaftliche Ähnlichkeit die Erklärung gibt.

Die Deszendenztheorie, das ist die Anschauung, daß die jetzt lebenden Organismen sich im Laufe der Erdgeschichte aus einfachen Anfängen heraus allmählich entwickelt haben, bildet die Grundlage für das Verständnis der natürlichen Verwandtschaft im Pflanzenreich. Ihre Begründung ist das wesentlichste Resultat der biologischen Forschung des neunzehnten Jahrhunderts. Gewichtige Beweise für diese Theorie liefert vor allen Dingen die Paläontologie. Sie zeigt, daß besonders in der Stammesgeschichte des Tierreiches eine stetige Entwicklung von einfacheren zu höher organisierten Formen stattgefunden hat. Auch in der durch fossile Funde belegten Stammesgeschichte der Pflanzen läßt sich ein solcher Fortschritt von einfacheren zu höher organisierten Formen erkennen. Man unterscheidet nach dem relativen Alter der von ihnen herrührenden Ablagerungen in der Erdrinde drei Abschnitte der Erdgeschichte, die paläozoische, mesozoische und känozoische (neozoische) Periode. Die im Sedimentgebirge einander überdeckenden Ablagerungen aus diesen drei Perioden setzen sich wiederum aus verschiedenen Schichtenformationen zusammen, deren relatives Alter aus der Aufeinanderfolge bestimmt werden kann. Die älteste Formation des paläozoischen Systems, welche sicher erkennbare Ueberreste von Pflanzen enthält, ist das Silur. In ihm wurden nur algenartige Gewächse gefunden. In dem darauffolgenden Devon treten Landpflanzen auf, welche, soweit überhaupt eine Angliederung an jetztlebende Formengruppen möglich erscheint, in den Kreis der Archegoniaten gehören. In der Steinkohlenperiode (Karbon) und im Perm gewinnen besonders die Pflanzenreste aus der Gruppe der Gefäßkryptogamen eine Mannigfaltigkeit, eine Individuenzahl und eine Mächtigkeit der vegetativen Ausbildung, welche diejenige der heute lebenden Gefäßkryptogamen bei weitem übertrifft. Neben den in jüngeren Epochen gänzlich verschwindenden Formengruppen der Sigillarien, Lepidodendren, Calamiten treten auch zahlreiche Arten auf, die in dem Bau ihres Vegetationskörpers und besonders in der Ausbildung der Blattformen und in der Gestalt und Anordnung der Fortpflanzungsorgane sich den jetzt lebenden Formen mehr anschließen, ohne daß eine völlige Identifizierung einer Art möglich wäre. Die in jenen Epochen ebenfalls zahlreich vertretene, später verschwindende Gruppe der Cordaiten gliedert sich in ihrer Organisation den heutigen Gymnospermen an. In der Trias und im Jura, den ersten Perioden des mesozoischen Abschnitts der Erdgeschichte, herrschen noch die Archegoniaten, unter denen allmählich die Gymnospermen gegenüber den Gefäßkryptogamen den Vorrang gewinnen. Erst in der darauffolgenden Kreide kommen sicher angiosperme Pflanzen vor, welche dann in dem mit dem Tertiär beginnenden känozoischen Abschnitt der Erdgeschichte mehr und mehr das Uebergewicht über die Archegoniaten erlangen. In der Gegenwart ist die Zahl der bekannten lebenden Arten etwa bei den Gefäßkryptogamen auf 7000, bei den Gymnospermen auf 530, bei den Angiospermen auf 135 000 zu schätzen.

Als weitere Stütze für die Deszendenztheorie kommt ferner in Betracht die Uebereinstimmung gewisser von den äußeren Umständen unabhängiger Organisationsmerkmale bei großen Gruppen des Gewächsreiches. Die Gliederung aller höheren Pflanzen in Sproß und Wurzel, die Uebereinstimmung in der Anordnung und Entstehungsfolge der

Blätter, die gleiche Abhängigkeit der Verzweigung von der Blattstellung bei ihnen und vieles andere mehr erklärt sich zwanglos durch die Abstammung von gemeinsamen Ahnen.

Auch darin, daß im Entwicklungsgange des einzelnen Individuums bei höheren Pflanzen, wenn auch abgekürzt, die gleichen Stadien durchlaufen werden, wie bei den Vertretern einer niederen Gruppe, selbst wenn sie zur Erreichung des Endresultats überflüssig sind, kann eine Bestätigung der Deszendenztheorie erblickt werden. So findet z. B. das Auftreten einiger alsbald wieder verschwindender vegetativer Zellen bei der Ausbildung der generativen Zellen im Pollenkorn der Gymnospermen seine einfachste Erklärung darin, daß dieser Entwicklungsschritt von Vorfahren ererbt ist, bei denen wie bei den Farnen eine selbständige Prothalliumbildung der Anlage der spermatogenen Zelle vorausging.

Die Tatsache, daß aus dem bei der Fortpflanzung von der Mutterpflanze gebildeten Keim stets ein artgleiches, d. h. in seinen wesentlichen Zügen den Eltern ähnliches, Tochterindividuum hervorgeht, bezeichnet man als Vererbung. Bei der ungeschlechtlichen Fortpflanzung charakterisiert sich die Vererbung als ein Regenerationsprozeß. Der als Ableger oder als Brutknospe oder Spore abgetrennte Teil der Mutterpflanze besitzt die Fähigkeit, den ganzen Organismus durch Wachstumsvorgänge aus sich zu regenerieren. Bei der geschlechtlichen Fortpflanzung ist der Prozeß dadurch kompliziert, daß der zur Regeneration befähigte Keim in sich körperliche Bestandteile zweier verschiedener Individuen vereinigt.

Die erblichen Anlagen, welche die beiden Sexualzellen von den Eltern mitbringen, gleichen sich nie vollkommen, ebenso wie ja auch die einzelnen Individuen einer Art niemals völlig gleich sind an Form und Ausbildung. Indem nun in dem Befruchtungsvorgang die Substanz der Sexualzellen und damit auch die von ihnen getragenen erblichen Eigenschaften sich mischen, findet ein Ausgleich der differenten Anlagen statt. Hervortretende Charaktereigenschaften, in denen die beiden Komponenten sich abweichend verhalten, werden abgeschwächt, dagegen treten an dem Verschmelzungsprodukt, welches den Anfang des neuen Individuums bildet, diejenigen Eigenschaften deutlich hervor, welche beiden Komponenten gemeinsam sind und welche die charakteristischen Merkmale der Art bilden.

Die Art, in welcher die Vermischung der elterlichen Eigenschaften an den Nachkommen zum Ausdruck kommt, wechselt von Fall zu Fall. Geht man von einem einzelnen Merkmal aus, in dem die beiden Eltern voneinander abweichen, so zeigt sich, daß das entsprechende Merkmal bei den Nachkommen entweder eine Mittelbildung zwischen den elterlichen Merkmalen ist, oder daß die Tochterindividuen dem einen der Eltern folgen. Im letzteren Fall bezeichnet man das an den Tochterpflanzen hervortretende Merkmal als das dominierende, das scheinbar verschwundene Merkmal als das rezessive. Benutzt man die erste Generation der Nachkommen, die ausnahmslos das dominierende Merkmal aufweisen, zur weiteren Züchtung, so tritt bei einer bestimmten Anzahl, nämlich bei einem Viertel, der Enkelpflanzen auch das rezessive Merkmal wieder hervor. Von den drei übrigen Vierteln der Enkel zeigt das eine in seiner Nachkommenschaft das dominierende Merkmal unverändert, während die anderen zwei Viertel wohl auch das dominierende Merkmal aufweisen, aber Mischlingsnatur besitzen, und in der nächsten Generation wieder ein Viertel der Nachkommen mit dem rezessiven Merkmal, ein Viertel mit dem konstant dominierenden Merkmal und zwei Viertel mit Mischlingsnatur liefern.

Urtica pilulifera hat grobgesägte, *Urtica Dodartii* dagegen fast ganzrandige Blätter. Bei Tochterpflanzen, welche durch Kreuzung der beiden Arten entstanden, sind alle Blattränder gesägt wie bei *pilulifera*. Die Nachkommen der Tochterpflanzen zeigen zu drei Vierteln die Blattgestalt der *pilulifera*, ein Viertel dagegen besitzen das Blatt der *Dodartii* und behalten auch in ihren weiteren Nachkommen konstant diese Blattform. Von den drei Vierteln der Enkel mit *pilulifera*-Blättern behält nur das eine Viertel die grobgesägten Blätter konstant auch in der Nachkommenschaft, die beiden anderen Viertel besitzen dagegen Mischlingsnatur und zeigen in ihren Nachkommen dieselbe Spaltung wie die Tochterpflanzen der gekreuzten Eltern.

Als Träger der erblichen Eigenschaften bei der geschlechtlichen Fortpflanzung ist die Substanz der Gameten, bzw. die Substanz des Eies und der männlichen Sexualzelle anzusehen. Der Umstand, daß bei der Zellverschmelzung die Chromosomen der Sexualkerne als Einheiten erhalten bleiben und bei den folgenden Kernteilungen wieder zum Vorschein kommen, hat zu der Annahme geführt, daß die chromatische Substanz der Kerne in erster Linie als Träger der erblichen Eigenschaften anzusehen sei. Eine bedeutsame Stütze hat diese Annahme in neuester Zeit durch die Erkenntnis bekommen, daß die Verteilung eines in den Tochterindividuen ge-

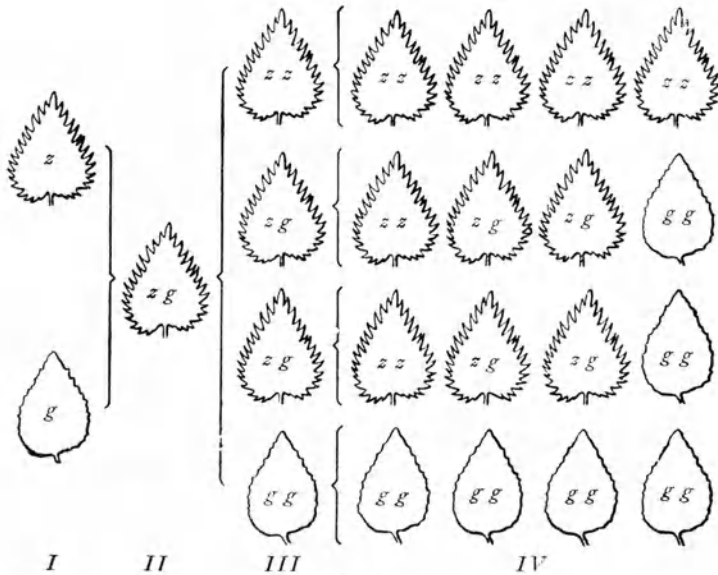


Fig. 247.

Schematische Darstellung der Bastardbildung bei *Urtica pilulifera* und *Dodartii*. I Repräsentiert beide Eltern, II den Bastard, III die Nachkommen der Bastardpflanzen, IV die von III abstammenden Nachkommen. Die Buchstaben z und g deuten die im Erbgut gegebene Befähigung zur Hervorbringung zahnrandiger respektive glattrandiger Blätter an, zz und gg bedeuten demnach die Rassenreinheit der *Urtica pilulifera* und *Urtica Dodartii*. zg zeigt die Bastardnatur der mit zahnrandigen Blättern versehenen Nachkommen an.

mischten elterlichen Merkmalpaares unter die Nachkommen zweier Tochterindividuen genau in dem Zahlenverhältnis erfolgt, in dem zwei gleiche Chromosomenpaare aus ungleichen Paarlingen kombiniert werden können

Die Entstehung der Sexualzellen, d. i. der Pollenkörner und der Embryosäcke erfolgt an der geschlechtlichen Pflanze unter Reduktion der Chromosomenzahl. Durch die Zellverschmelzung bei der Befruchtung wird die Chromosomenzahl im Keimkern wieder auf die ursprüngliche Höhe gebracht. Empfang der Keimkern mit einem väterlichen Chromosom v die substantielle Grundlage eines dominierenden Merkmals mit einem mütterlichen Chromosom m die Anlage für das entsprechende rezessive Merkmal, so wird das daraus hervorgehende Individuum mit der Chromosomenkombination vm, die bei der typischen Kernteilung auf alle vegetativen Zellen übergeht, das dominierende Merkmal in seinem Habitus aufweisen. Bei der Bildung der Sexualzellen werden in der

heterotypischen Teilung die Chromosomen wieder auf verschiedene Sexualzellen verteilt derart, daß die eine Hälfte in ihrer Kernmasse das Chromosomelement *v*, die andere Hälfte der Sexualzellen das Chromosomelement *m* enthält. Bei der Befruchtung werden dann die Sexualkerne zu zweien kombiniert. Nach der **Wahrscheinlichkeitsrechnung** wird ein Viertel der Keimkerne die Chromosomenkombination *mm* enthalten und Pflanzen ergeben, die das rezessive Merkmal zeigen, ein weiteres Viertel der Keimzellen wird die Kombination *vv* enthalten und also an sich und auch in den Nachkommen konstant das dominierende Merkmal führen. Die zwei übrigen Viertel der Keimkerne werden die Kombination *vm* enthalten und für sich das dominierende Merkmal zeigen, in ihrer Nachkommenschaft aber dieselbe Spaltung zeigen wie die voraufgegangene Generation mit der Kombination *vm*. Der aus dieser Erörterung sich ergebenden theoretischen Forderung, daß das dominierende Merkmal gegenüber dem rezessiven in den Nachkommen der Mischgeneration in dem Verhältnis von 3 : 1 auftreten muß, entsprechen die empirisch gefundenen Zahlen bei zahlreichen Versuchen mit hinreichender Genauigkeit. Man bezeichnet die Gesetzmäßigkeit der Aufspaltung der Merkmalpaare bei den Nachkommen der Mischlinge als Mendelsche Regel.*

Der Prozeß der Zellverschmelzung bei der geschlechtlichen Fortpflanzung hat außer der Mischung der elterlichen Eigenschaften im Keim noch eine andere Bedeutung. Im allgemeinen gilt es als Gesetz, daß die Entwicklung des normalen Eies ausbleibt, wenn keine Befruchtung stattfindet. Daraus ergibt sich, daß dem befruchtenden Sperma auch noch die Bedeutung eines die Weiterentwicklung auslösenden Reizes zukommt.

Versuche in neuerer Zeit haben gezeigt, daß der Anstoß zur Weiterentwicklung gewisser tierischer Eier auch ohne die Einwirkung des Spermas durch äußere Reize, erhöhte Temperatur, wasserentziehende Mittel gegeben werden kann, und man kennt eine Anzahl von Pflanzen, wie die in diesem Zusammenhang oft genannte *Chara crinita*, ferner *Alchemilla*- und *Thalictrum*arten u. a. m., bei denen die Eizelle regelmäßig ohne Befruchtung zur Entwicklung normaler Keime schreitet. Man bezeichnet diese Entwicklung unbefruchteter Eier als **Parthenogenesis**. Der Keim der parthenogenetisch entstandenen Eizelle von *Chara crinita* besitzt die einfache Chromosomenzahl. Es wird demgemäß also hier bei der Keimung die Reduktionsteilung ausbleiben müssen. Die parthenogenetisch entwicklungsfähigen Eizellen der genannten Blütenpflanzen besitzen dagegen auch ohne Befruchtungsvorgang die doppelte Chromosomenzahl, da bei ihnen vor der Entstehung des Embryosackes keine Reduktionsteilung eintritt. Bei gewissen *Alchemilla*arten, ferner auch bei *Funkia ovata* u. a. ist eine auffällige Abweichung von dem normalen Vorgang der geschlechtlichen Fortpflanzung insofern vorhanden, als neben der Eizelle oder statt derselben andere Zellen wie die Synergiden oder beieibige, an den Embryosack grenzende Zellen des Nucellus zu Embryonen werden. Infolge dieses Vorganges finden sich dann meistens mehrere Keimlinge im reifen Samen vor, eine Erscheinung, die man als **Polyembryonie** bezeichnet (Fig. 248).

Eine der Parthenogenesis verwandte Erscheinung findet sich unter den Pilzen bei gewissen Mucorarten, bei denen bisweilen einzelne oder alle ihrer Anlage nach zur Kopulation bestimmte Zellen, ohne zu kopulieren, jede für sich zu zygosporientigen Keimzellen Azygosporen, auswachsen; und auch bei Saprolegniaceen, bei denen die im Oogonium gebildeten Eizellen wegen Fehlschlagens der Antheridienäste unbefruchtet bleiben und trotzdem zur vollen Reife und normalen Keimfähigkeit gelangen. Gänzlich Fehlschlagens der Geschlechtsorgane und Ersatz des Befruchtungsvorganges durch vegetative Sprossung ist bei *Pteris cretica* und einigen anderen Farnen nachgewiesen worden. Das Prothallium bildet hier keine Archegonien, sondern an deren Stelle wächst ein ungeschlechtlicher Embryo direkt aus dem Gewebe des Prothalliums hervor und entwickelt sich zur neuen Farnpflanze. Dieses Verhalten wird als **Apogamie** bezeichnet. Auf welche Weise dabei die sonst durch die Zellverschmelzung erreichte Verdopplung der Chromosomenzahl in den Zellkernen der Farnpflanze zustande kommt oder ersetzt wird, ist bisher nicht sicher festgestellt.

Im allgemeinen gilt das Gesetz, daß zur Entstehung einer lebensfähigen Nachkommenschaft die bei der geschlechtlichen Fortpflanzung zur

* Eine ausführlichere, leicht verständliche Darstellung der verwickelten Verhältnisse findet sich in *G i e s e n h a g e n*, Befruchtung und Vererbung, Leipzig 1907.

Vermischung kommenden Sexualzellen derselben Pflanzenart entstammen müssen. Ausnahmsweise führt aber auch die sexuelle Vermischung nahe verwandter Formen zur Ausbildung entwicklungsfähiger Keime. Man bezeichnet die Nachkommen einer derartigen Kreuzung als Bastarde oder Hybriden, den Vorgang der geschlechtlichen Vermischung zweier verschiedenen Arten angehörigen Elternpflanzen als Bastardierung oder Hybridation.

Besonders bei den Blütenpflanzen, beim Transport des Pollens durch den Wind oder durch Tiere, kann es nicht ausbleiben, daß gelegentlich der Pollen einer Pflanzenart auf die Narben einer anderen Art übertragen wird. Das Verhalten des Pollens auf den fremden Narben kann dann ein sehr verschiedenes sein. In vielen Fällen keimen die

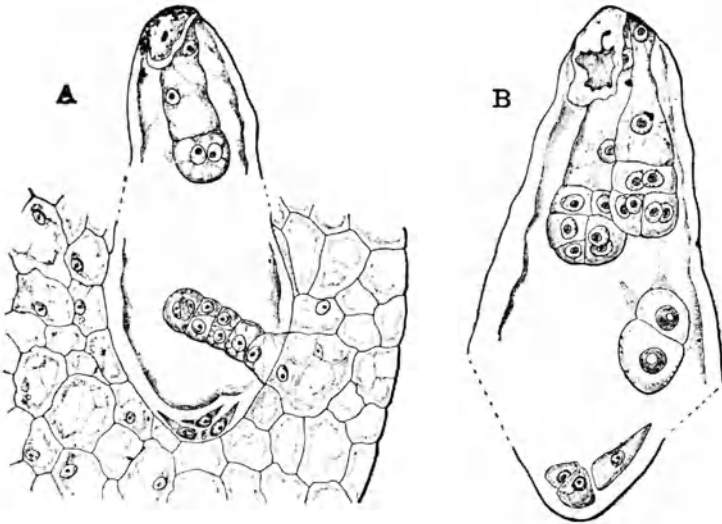


Fig. 248.

A Embryosack von *Alchemilla sericata*, in welchem neben dem aus der unbefruchteten Eizelle entstandenen Embryo eine vegetative Zelle des Nucellus zum Embryo auswächst. Der mittlere Teil des Embryosacks mit der Polkerngruppe ist zur Raumersparnis in der Figur fortgelassen. **B** Embryosack von *Alchemilla pastoralis*. Neben der unbefruchteten Eizelle ist auch eine Synergide zum Embryo geworden. Ein mittleres Stück des Embryosacks ist in der Figur fortgelassen worden. Beide Figuren sind sehr stark vergrößert (nach Murbeck).

fremden Pollenkörner überhaupt nicht, in anderen Beispielen treiben sie wohl Pollenschläuche, diese gehen aber nach kurzer Zeit zugrunde. Endlich kann aber auch, und zwar nur zwischen nahe verwandten Pflanzenarten, durch den fremden Pollen eine Befruchtung herbeigeführt werden, welche zur Ausbildung von keimfähigen Samen den Anstoß gibt. Häufig haben die Bastarde eine besonders kräftige Entwicklung ihrer vegetativen Organe, während das Vermögen zu geschlechtlicher Fortpflanzung geschwächt erscheint oder gänzlich fehlt. Besonders häufig schlagen die Staubblätter fehl, indem sie entweder gänzlich verkümmern oder zu Blumenblättern umgewandelt werden. Der letztere Umstand wird von den Gärtnern vielfach benutzt, um gefüllte Blüten zu erzielen. Uebrigens kommen neben den sexuell geschwächten Bastarden auch solche mit voll erhaltener Sexualität vor.

In der freien Natur kommen Bastardbildungen trotz der häufigen Verschleppung von Pollen auf fremde Narben selbst zwischen solchen Pflanzen, bei denen künstliche Bastardierung leicht gelingt, verhältnismäßig selten vor. Das beruht darauf, daß neben dem fremden Pollen fast regelmäßig auch der eigene Pollen der Art auf die Narbe gelangt. Der letztere ist dann aber durch seine vollkommeneren Anpassung an die auf der

Narbe gebotenen Verhältnisse so sehr bevorzugt, daß er in der Entwicklung vorseilt und die Befruchtung ausführt, bevor der fremde Pollen mit seinen Pollenschläuchen die Samenanlagen erreicht. In der freien Natur häufiger auftretende Bastarde sind die Weidenmischlinge, die Bastarde von verschiedenen *Verbascum*-, *Rosa*-, *Rubus*- und *Cirsium*arten.

Ueber das Zustandekommen neuer Arten sind verschiedene Hypothesen aufgestellt worden. Die von Darwin aufgestellte Selektionstheorie geht davon aus, daß niemals die Nachkommen einer Art, ja eines Individuums unter sich und mit den Eltern vollkommen ähnlich sind. Aus inneren Ursachen treten kleine, zunächst unbedeutende Abweichungen von dem Typus nach beliebiger Richtung hin auf. Durch den in der Natur herrschenden Kampf ums Dasein, der alles Unzweckmäßige dem Untergang entgegenführt, wird unter den so entstandenen Variationen fortgesetzt eine Auslese bewirkt, und indem die geringen aber zweckmäßigen Abänderungen an den Ueberlebenden sich im Laufe der Generationen summieren, gehen aus ihnen neue Eigenschaften hervor, die zur spezifischen Unterscheidung zwischen diesen Formen und ihren nach anderen Richtungen hin variierten Stammesgenossen führen.

Nägels Abstammungslehre unterscheidet an den Organismen Anpassungsmerkmale und Organisationsmerkmale. Die ersteren sind nach Nägeli in ihrer Ausgestaltung von der direkten Einwirkung der äußeren Umstände abhängig, die letzteren aber erfahren aus inneren, in dem Wesen der Organisation begründeten Ursachen im Laufe der Stammesgeschichte eine allmählich fortschreitende Vervollkommnung, wobei besonders das Prinzip der Arbeitsteilung und der Reduktion von außer Funktion tretenden Organen zu immer höherer äußerer Gliederung und innerer Differenzierung führt.

Nach Weismanns Vermischungstheorie beruht alle Neubildung auf der bei der geschlechtlichen Fortpflanzung stattfindenden Mischung der elterlichen Eigenschaften im Keim. Die Anpassung der Lebewesen wird dabei ebenso wie bei der Selektionstheorie Darwins durch Ausschaltung alles Nichtzweckmäßigen erklärt. Im Gegensatz dazu steht der Neo-Lamarckismus, der auf ältere bereits von Lamarck ausgesprochene Anschauungen zurückgreifend die Ansicht vertritt, daß die unter dem Einfluß der äußeren Umstände erworbenen Eigenschaften im Laufe der Generationen erblich fixiert werden und damit zu neuen Formen konstanter Erblichkeit führen können. Endlich suchte in neuerer Zeit de Vries durch Experimente exakt nachzuweisen, daß auch Mutationen, d. h. sprungweise Aenderungen der Eigenschaften, welche an einzelnen Nachkommen hervortreten und von Anfang an erblich sind, die Entstehung neuer Arten bewirken können.

Keine einzige dieser kurz skizzierten Abstammungslehren ist imstande, für sich alle im Tier- und Pflanzenreich auftretenden Formen und Verhältnisse hinreichend zu erklären. Die Ansicht der meisten Biologen geht deshalb dahin, daß die verschiedenen in den einzelnen Hypothesen für die Neubildung der Arten herangezogenen Faktoren in langen Zeiträumen neben- und miteinander wirkend das Reich des Organischen auf der Erde zu der in der Gegenwart vorliegenden Organisationshöhe geführt haben mögen.

Dritter Abschnitt.

Spezielle Botanik.*

Die spezielle Botanik hat die Aufgabe, die einzelnen Pflanzen kennen zu lehren, Form, Zusammensetzung und Lebensweise derselben zu beschreiben und die einzelnen Pflanzenarten nach ihren Eigenschaften zu einem wissenschaftlichen System zusammenzuordnen. Man unterscheidet künstliche und natürliche Pflanzensysteme. In den ersteren werden die Pflanzen nach willkürlich gewählten Merkmalen zu Gruppen vereinigt. Das bekannteste künstliche System ist dasjenige von Linné, in welchem die Blütenpflanzen oder Pnanerogamen nach der Zahl, Ausbildung und Anordnung ihrer Geschlechtsorgane in 23 Klassen verteilt, während alle nicht blühenden Gewächse als Kryptogamen in der 24. Klasse vereinigt sind. Bei der Aufstellung natürlicher Systeme verfolgt man den Zweck, die Pflanzen nach ihrer natürlichen Verwandtschaft zu Gruppen zu vereinigen und diese Gruppen möglichst nach der Reihenfolge ihres entwicklungsgeschichtlichen Alters wie die Zweige eines Stammbaums aneinanderzustellen. Es gibt zurzeit mehrere sogen. natürliche Systeme, welche oft in wesentlichen Punkten voneinander abweichen, ein Beweis, daß auch diese Systeme nicht ein unfehlbarer Ausdruck der in der Natur vorhandenen Verwandtschaftsverhältnisse der Pflanzen sind. Wer sich eingehender mit der speziellen Botanik beschäftigen will, wird nicht umhin können, die verschiedenen in Gebrauch befindlichen Systeme näher zu studieren. Für unseren Zweck genügt es, eine systematische Uebersicht der Hauptgruppen des Pflanzenreiches zu geben, welche, ohne an das Gedächtnis allzugroße Anforderungen zu stellen, dem Anfänger ein Wegweiser durch die formenreiche Pflanzenwelt sein kann und ihm gestattet, die in der Natur sich ihm darbietenden Einzelheiten in einen geordneten Zusammenhang zu bringen.

* Für eingehendere Studien sind zu empfehlen: G o e b e l , Systematik und spezielle Pflanzenmorphologie. Leipzig 1882, W a r m i n g , Handbuch der systematischen Botanik, deutsche Ausgabe. Wettstein, Handbuch der systematischen Botanik, Leipzig und Wien 1901. W a r b u r g , Die Pflanzenwelt. Leipzig 1916; speziell für die Blütenpflanzen: E i c h l e r , Blütendiagramme. Leipzig 1875, und S o l e r e d e r , Systematische Anatomie der Dikotyledonen. Stuttgart 1899; und als Nachschlagewerke: L e u n i s , Synopsis der Pflanzenkunde, Hannover 1883, und E n g l e r - P r a n t l , Die natürlichen Pflanzenfamilien. Leipzig 1894 f. Zum Bestimmen der einheimischen Gefäßpflanzen existieren in allen Teilen des Gebietes handliche Lokalfloren; als beliebte Werke, welche das gesamte Gebiet der deutschen Flora umfassen, mögen genannt sein: G a r c k e , Illustrierte Flora von Deutschland, Berlin 1908, und W ü n s c h e , Schulflora von Deutschland. Leipzig 1909. Das letztere Werk umfaßt in seinem I. Band auch die gefäßlosen Kryptogamen; ausführlicher sind diese behandelt in R a b e n h o r s t s Kryptogamenflora, Leipzig. Umfänglichere Werke mit Abbildungen aller deutschen Blütenpflanzen sind: R e i c h e n b a c h , Icones florae Germaniae; H e g i , Illustrierte Flora von Mitteleuropa; S c h l e c h t e n d a l , Flora von Deutschland u. a. m.

Die Pflanzenindividuen, welche in allen erblichen Merkmalen übereinstimmen, die also untereinander keine größeren Unterschiede aufweisen als die durch normale Fortpflanzung entstandenen Nachkommen einer einzigen Mutterpflanze, werden als Angehörige einer *A r t* oder *S p e z i e s* angesehen. Die in allen wesentlichen Merkmalen ihres Baues, insbesondere in der Ausgestaltung ihrer Fortpflanzungsorgane übereinstimmenden Arten bilden zusammen eine *G a t t u n g* oder ein *G e n u s*. Jeder Pflanze kommt demnach als wissenschaftliche Bezeichnung ein Doppelname zu, der sich aus dem Gattungs- und Artnamen zusammensetzt.

Gattungen, die durch die Uebereinstimmung in gewissen Merkmalen als nahe verwandt erscheinen, werden zu höheren Einheiten, den *P f l a n z e n f a m i l i e n* vereinigt, die Familien bilden wieder nach dem Grade ihrer Zusammengehörigkeit *O r d n u n g e n*, *R e i h e n* und *K l a s s e n*. Die Klassen werden nach ihren Beziehungen in die fünf *G r u p p e n*: Thallophyten, Bryophyten, Pteridophyten, Gymnospermen und Angiospermen, zusammengeordnet, deren Abgrenzung gegeneinander sich aus der nachstehenden tabellarischen Uebersicht ergibt.

A. Zellenpflanzen. Gewächse hauptsächlich aus Parenchymzellen mit lebendem Plasmakörper gebaut, ohne typische mit Gefäßen oder Tracheiden und Siebröhren versehene Leitbündel und ohne echte mit Wurzelhaube versehene Wurzeln.

I. Der Vegetationskörper ist ein Thallus, dessen Ausgestaltung in der Gruppe von einfachsten Formen ausgehend durch alle Uebergänge zu polargebauten, in Sproß und Wurzel gegliederten und im extremsten Falle selbst mit laubblattartigen Bildungen versehenen Typen fortschreitet. Die Fortpflanzung erfolgt bei den niedersten Formen ausschließlich auf ungeschlechtlichem Wege; bei den übrigen kommt daneben eine geschlechtliche Fortpflanzung in Betracht, die von isogamer zu oogamer Ausbildung aufsteigt. Bei den höchstentwickelten Formen ist das weibliche Geschlechtsorgan eine als Oogonium bezeichnete Zelle, welche eine oder mehrere nackte Eizellen einschließt. Die Entwicklung der aus dem befruchteten Ei hervorgehenden neuen Pflanze erfolgt von Anfang an unabhängig von der Mutterpflanze, nur bei den Rotalgen geht aus dem die befruchtete Zelle enthaltenden Zellkomplex eine als ein Teil der Mutterpflanze erscheinende Sporenfrucht hervor, deren Produkte, die Carposporen, von der Mutterpflanze losgelöst zu neuen Individuen werden. 1. Gruppe: **Thallophyta oder Lagerpflanzen.**

II. Im Entwicklungsgang der Individuen wechseln zwei in Wuchs und Ausbildung verschiedene Generationen, die geschlechtliche und die ungeschlechtliche Generation, regelmäßig miteinander ab. Der Vegetationskörper der ersteren ist ein thalloser oder in Achse und regelmäßig angeordnete Blätter gegliederter, meist nur einige Millimeter oder Zentimeter langer Sproß, welcher mit Rhizoiden am Substrat befestigt ist. Die Fortpflanzung erfolgt, abgesehen von gelegentlicher, ungeschlechtlicher Vermehrung, auf geschlechtlichem Wege, indem ein in einem Archegonium gebildetes Ei durch ein Spermatozoid befruchtet wird. Der aus dem befruchteten Ei

hervorgehende Embryo wird von der Mutterpflanze ernährt und entwickelt sich im Zusammenhang mit ihr zur ungeschlechtlichen Generation, welche in einem kapselartigen Behälter zahlreiche, zu vieren aus einer Sporenmutterzelle hervorgehende Sporen erzeugt.

2. Gruppe: **Bryophyta oder Moose.**

B. **Gefäßpflanzen.** Gewächse mit typischen Leitbündeln und typischen Wurzeln mit Wurzelhaube.

I. **Blütenlose Gefäßpflanzen.** Es ist ein deutlicher Generationswechsel vorhanden. Der Vegetationskörper der geschlechtlichen Generation, das Prothallium, ist ein winziger Thallus von kurzer Lebensdauer, welcher Antheriden und Archegonien oder doch eines von beiden trägt. Der aus dem befruchteten Ei hervorgehende Embryo ist nur während seiner ersten Entwicklungsstadien auf die Ernährung durch das Prothallium angewiesen. Er entwickelt sich zu einer bewurzelten Gefäßpflanze mit zur Verzweigung befähigtem, beblättertem Sproß und fortwachsenden Vegetationspunkten an der Spitze der Sprosse und Wurzeln, welche in ihrem Entwicklungsgang wiederholt in blattständigen, kapselförmigen Sporangien ungeschlechtliche Sporen erzeugt.

3. Gruppe: **Pteridophyta oder Gefäßkryptogamen.**

II. **Blütenpflanzen.** Durch Rudimentärwerden der geschlechtlichen Generation, welche nur noch als ein in der Blüten- und Fruchtbildung verborgenes mikroskopisches Anhängsel der ungeschlechtlichen Generation erscheint, wird der Generationswechsel verwischt. Der Vegetationskörper ist eine bewurzelte und beblätterte Gefäßpflanze mit fortwachsenden Vegetationspunkten, welche in ihrem Entwicklungsgange ein- oder mehrmals Blüten bildet, d. h. metamorphosierte Sprosse mit Blättern, welche die Fortpflanzungsorgane, Pollensäcke und Samenanlagen tragen. Die in den Samenanlagen sich entwickelnden Eizellen werden durch ein männliches Sperma befruchtet, welches aus dem Inhalt der in den Pollensäcken gebildeten Pollenkörner hervorgeht. Infolge der Befruchtung wird die Samenanlage zum Samen, in welchem der aus der befruchteten Eizelle hervorgehende Embryo von der Samenschale umschlossen zeitweilig ruht.

a) Die Blüten sind eingeschlechtig. Die Eröffnung der in den männlichen Blüten gebildeten Pollensäcke wird durch die oberflächliche Zellschicht der Pollensäcke mechanisch bewirkt. Die Samenanlagen der weiblichen Blüten liegen frei auf der Oberfläche der Fruchtblätter, welche nicht zu Fruchtknoten verwachsen sind.

4. Gruppe: **Gymnospermae oder Nacktsamige.**

b) Die Blüten sind eingeschlechtig oder zwittrig. Die Zellschicht der Pollensäcke, welche die Eröffnung mechanisch bewirkt, ist von einer bei dem Oeffnungsmechanismus nicht wesentlich beteiligten Epidermis bedeckt. Die Samenanlagen sind in einem durch Verwachsung der Fruchtblätter gebildeten Fruchtknoten eingeschlossen.

5. Gruppe: **Angiospermae oder Bedecktsamige.**

Die drei Gruppen der Thallophyten, Bryophyten und Pteridophyten stellte Linné als **Kryptogamen** den Gymnospermen und Angiospermen (**Phanerogamen**) gegenüber. Da bei den Kryptogamen die Sporenbildung als das wesentlichste Moment der Fortpflanzung erscheint, während die Phanerogamen durch die Ausbildung von Blüten und Samen vor ihnen ausgezeichnet sind, so werden vielfach die Kryptogamen auch als **Sporenpflanzen** oder **blütenlose Pflanzen**, die Phanerogamen als **Samenpflanzen** oder **Blütenpflanzen** bezeichnet. Den Thallophyten oder Lagerpflanzen stehen alle übrigen Gruppen, bei denen durchgehends ein typischer Sproß auftritt, als **Cormophyta** oder **Sproßpflanzen** gegenüber. Bryophyta, Pteridophyta und Gymnospermae zeigen in den Fortpflanzungserscheinungen so weitgehende Homologien, daß sie als Abkömmlinge einer einheitlichen phylogenetischen Entwicklungsreihe erscheinen. Da bei ihnen übereinstimmend die Verknüpfung zwischen den im Generationswechsel einander ablösenden Sproßgenerationen durch eine Eizelle vermittelt wird, welche in einem Archegonium zur Ausbildung gelangt, so ist für diese drei Gruppen die gemeinsame Bezeichnung als **Archegoniaten** in Gebrauch.

I. Die Thallophyten oder Lagerpflanzen.

Die Thallophyten umfassen eine Anzahl unter sich verschiedener Entwicklungsreihen, zwischen denen deutliche verwandtschaftliche Beziehungen nicht nachzuweisen sind. Der Ausgangspunkt einzelner Entwicklungsreihen scheint auf die Flagellaten zurückzuführen, eine sehr formenreiche Gruppe niederer einzelliger Lebewesen, die ebenso in Beziehung zu den niederen Tieren stehen und mit diesen an den Anfang der systematischen Uebersicht des Tierreiches gestellt werden.

Die folgende Tabelle gibt eine Uebersicht über die selbständigen Unterabteilungen der Thallophyten.

A. Pflanzenzellen ohne typischen Zellkern. Die Vermehrung erfolgt ausschließlich durch vegetative Teilung.

Klasse I: Spaltpflanzen, Schizophyta

B. Pflanzenzellen mit Zellkern.

1. Chlorophyllhaltige Pflanzen mit autotropher Ernährung.

Klasse II: Algen, Algae

2. Chlorophyllfreie Parasiten und Saprophyten.

a) Die vegetativen Zellen bilden nackte Plasmamassen.

Klasse III: Schleimpilze, Myxomycetes.

b) Der Plasmakörper ist im vegetativen Zustande von einer Zellwand umhüllt.

Klasse IV: Pilze, Fungi.

Eine besondere Stellung nehmen unter den Thallophyten die Flechten ein, deren Vegetationskörper aus Pilzfäden und chlorophyllhaltigen Algen oder Spaltpflanzen zusammengesetzt ist. Die im Flechtenkörper zur Symbiose vereinigten Organismen bilden einen äußerlich einheitlichen Verband von eigenartiger Formgestaltung und Lebensführung und die Flechten werden deshalb von altersher als eine selbständige systematische Abteilung der Thallophyten betrachtet.

Klasse V: Flechten, Lichenes.

Klasse I: Die Schizophyten oder Spaltpflanzen.

Die Schizophyten sind meist einzellig und häufig zu fadenförmigen, flächenförmigen oder körperlichen Kolonien von gleichwertigen Zellindividuen verbunden. Seltener sind fadenförmige oder körperliche Individuen aus ungleichwertigen Zellen. Der Zellinhalt ist wenig differenziert, ein Zellkern von der bei allen übrigen Pflanzen typischen Gestalt und Ausbildung fehlt. Die Zellwand neigt zur Verquellung und Gallertbildung. Die Fortpflanzung erfolgt ausschließlich auf ungeschlechtlichem Wege, nämlich durch vegetative Zweiteilung. Daneben kommt bei manchen Formen Bildung von Dauersporen vor. Man unterscheidet zwei Reihen:

A. Die Cyanophyceen oder Spaltalgen, welche durch den Gehalt ihrer Zellen an Blattgrün zu autotropher Ernährung befähigt sind.

B. Die Schizomyceten oder Spaltpilze, welche des Chlorophylls entbehren und deshalb meistens auf eine saprophytische oder parasitische Ernährung angewiesen sind.

Reihe A. Die **Cyanophyceen** (Spaltalgen, blaugüne Algen) sind blaugrün, schwärzlichgrün, bräunlich oder schwarzpurpurn gefärbt, sie enthalten neben dem Chlorophyll noch einen blaugrünen Farbstoff, das Phycocyan. Die Farbstoffe sind der an die Zellwand angrenzenden, peripherischen Schicht des Protoplasmakörpers eigen, während der zentrale Teil der Zelle, der sogen. Zentralkörper, von Farbstoff frei bleibt. Neben einzelligen, isoliert lebenden oder zu Kolonien verbundenen Formen kommen einfache oder verzweigte Fäden vor, in denen bisweilen zwischen den vegetativen Zellen einzelne gelb gefärbte und abweichend geformte, nicht mehr teilungsfähige „Grenzzellen“ oder „Heterocysten“ eingefügt sind. Die einzelligen Arten vermehren sich durch Zweiteilung; nur in der kleinen Familie der Chamaesiphonaceen löst sich der Inhalt der Zelle zur Vermehrung in einzelne Sporen auf, die je zu einem neuen Individuum auswachsen können. Bei den fadenbildenden Formen führt die Zweiteilung der Zellen nur eine Verlängerung des Fadens herbei, die Vermehrung der Fäden geschieht durch Fragmentation, meistens indem Hormogonien gebildet werden. Für zahlreiche Formen ist die Ausbildung von Dauersporen bekannt.

Übersicht der Familien:

- I. Individuen einzellig, isoliert oder zu klumpen- oder tafelförmigen Kolonien verbunden, seltener kurze Zellfäden, welche sich in kugelige Fortpflanzungszellen auflösen.
 - A. Freilebend, Zellen nicht polar gebaut, Vermehrung ausschließlich durch Zweiteilung. (Fig. 249, 1 u. 2.)

Fam. 1: *Chroococcaceae*.
 - B. Festgewachsen, Basis und Spitze unterschieden. Vermehrung durch Sporenbildung.

Fam. 2: *Chamaesiphonaceae*.
- II. Individuen fadenförmig, mit Hormogonienbildung.
 - A. Fäden nur aus vegetativen Zellen bestehend. (Fig. 249, 4.)

Fam. 3: *Oscillariaceae*.
 - B. Fäden mit Heterocysten.
 1. Ohne Gegensatz von Basis und Spitze,

- a) gänzlich unverzweigt. (Fig. 249, 3 u. 5.)
 Fam. 4: *Nostocaceae*.
- b) scheinbar verzweigt, indem inmitten des Fadens der eine Abschnitt an dem benachbarten seitlich ausweichend vorbeiwächst. (Fig. 249, 7.) Fam. 5: *Scytonemaceae*.
2. Basis und Spitze verschieden.
- a) Fäden festsitzend mit Spitzenwachstum und echter Verzweigung, in den Zellen der Fäden treten neben den Querteilungen auch Längsteilungen auf. (Fig. 249, 8.)
 Fam. 6: *Sirosiphonaceae*.
- b) Fäden nur durch Querteilung der Zellen wachsend, nur scheinbar verzweigt, an der Basis eine Heterocyste tragend, am oberen Ende peitschenartig in eine haarfeine Spitze ausgezogen. (Fig. 249, 6.) Fam. 7: *Rivulariaceae*.

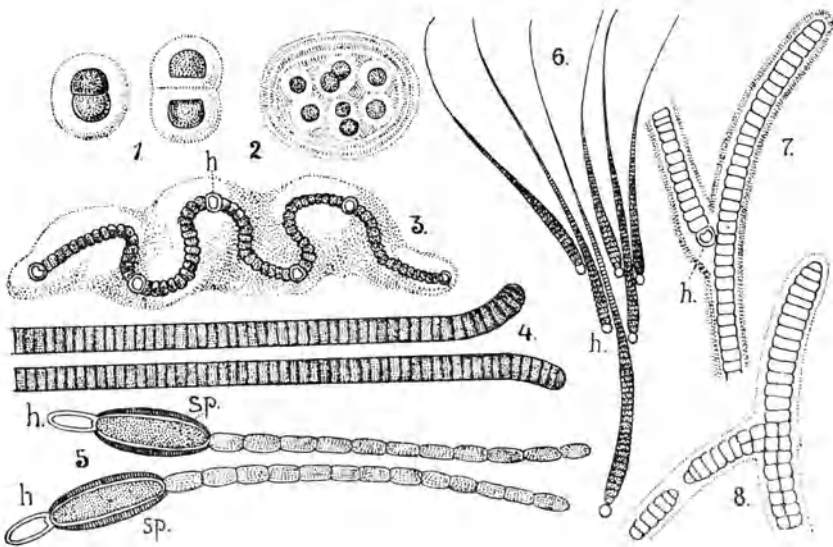


Fig. 249.

Cyanophyceen (stark vergrößert). 1 *Chroococcus*. 2 *Gloeocapsa*. 3 *Nostoc*. 4 *Oscillaria*. 5 *Cylindrospermum*. 6 *Rivularia*. 7 *Tolypothrix*. 8 *Sirosiphon*. *h* Heterocyste, *sp* Spore.

Die zu den **Chroococcaceen** gehörigen Gattungen *Gloeocapsa* (Fig. 249, 2), *Chroococcus* (249, 1) u. a. bilden häufig dünne, schleimige, spangrüne, bisweilen auch violette oder rote Ueberzüge auf Erde, Mauern, Felsen, Holz, an feuchten Orten; die frei im Schlamm der Gewässer lebende *Merismopedia* stellt quadratische Täfelchen mit regelmäßig angeordneten blaugrünen Zellen dar.

Zu den **Oscillariaceen** gehören die überall vertretenen Gattungen *Oscillaria* (Fig. 249, 4) und *Lynbya*, deren cylindrische Fäden in dichten Anhäufungen den Grund mancher verunreinigten Gewässer oder feuchte Erde in gleichmäßiger Decke überziehen. Im Mikroskop zeigen die Fäden eine eigentümliche gleitende und oszillierende Eigenbewegung.

Nostoc commune (Fig. 249, 3), der gemeinste Vertreter der **Nostocaceen** findet sich überall auf feuchter Erde in Gestalt schwarzgrüner, welligfaltiger, bis hand-

großer Gallertklumpen, die im Innern dicht von mikroskopisch feinen, knäuelig gewundenen, perlschnurartigen Zellfäden erfüllt sind. Andere hierher gehörige Formen, wie *Anabaena* und *Aphanizomenon*, treten als Wasserblüte in stehenden Süßwassern auf. Einige Nostocaceen, wie z. B. *Anabaena Azollae*, leben als Raumparasiten in schleimerfüllten Höhlungen höherer Pflanzen. *Cylindrospermum* mit sehr charakteristischer Sporenbildung (Fig. 249, 5) tritt nicht selten in stehendem Süßwasser und auf feuchter Erde in kleinen, klumpenförmigen Ansammlungen auf.

Reihe B. Die **Schizomyceten** oder **Spaltpilze** (Bakterien) sind durchweg sehr kleine, einzellige Organismen von einfachstem Körperbau. Die Einzelzellen bleiben häufig zu Fäden verbunden, oft werden mit bloßem Auge sichtbare salbenartige Ansammlungen, die man als Zoogloen bezeichnet, oder Kahmhäute auf der Oberfläche von Flüssigkeiten gebildet. Was die Gestalt der Zellen anbetrifft, so unterscheidet man Kugelformen oder Kokken, Stäbchen oder Bazillen (im weiteren Sinne), Schraubenformen oder Spirillen. Unter den Kokken unterscheidet man nach der

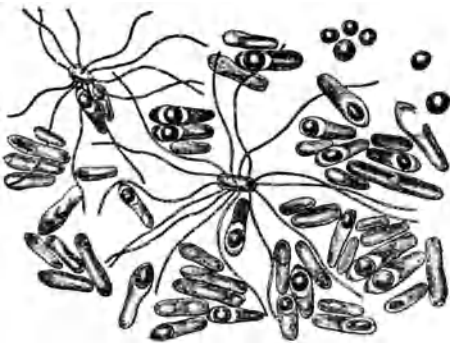


Fig. 250.

Bacillus Pasteurii ($\frac{2000}{4}$). Vegetative Zellen mit Geißeln und sporenbildenden Zellen, sowie isolierte Sporen. (Nach Beijerinck.)

Als durchgreifendes Unterscheidungsmerkmal ist der gänzliche Mangel der bei den Cyanophyceen auftretenden Farbstoffe Chlorophyll und Phycocyan anzusehen.

Die Schizomyceten vermehren sich sehr ausgiebig durch Zweiteilung der Individuen. Sporenbildung ist nur beim kleineren Teil der Formen beobachtet worden (Fig. 250). Bezüglich ihrer Ernährung sind die chlorophyllfreien Schizomyceten mit wenigen Ausnahmen auf die Aufnahme organischer Nährstoffe angewiesen. Sie leben teils als Parasiten, teils als Saprophyten. Manche Spaltpilze produzieren Farbstoffe, die sich in ihrer Zellwand oder in ihrer Umgebung ablagern, andere phosphoreszieren bei lebhafter Vegetation. Im Stoffwechsel der Spaltpilze werden mancherlei Enzyme gebildet, welche Gärungen und Zersetzungen in dem Substrat bewirken. Viele Arten werden dadurch gefährlich, daß sie Giftstoffe, Toxine, produzieren, die schwere Erkrankungen von Menschen und Tieren hervorrufen können. Hinsichtlich des Sauerstoffbedürfnisses unterscheidet man *Aeroben*, welche nur bei Gegenwart von freiem Sauerstoff gedeihen, *fakultative Anaeroben*, welche auch ohne freien Sauer-

relativen Größe Mikrokokken und Makrokokken. Bleiben die Kokken zu fadenförmigen Verbänden vereinigt, so bezeichnet man die Form als Streptococcus. Sind die Kokken nur unregelmäßig zu locker traubigen Gruppen vereinigt, so heißen sie Staphylococcus. Bei der Sarcina-Form sind die nach drei Richtungen des Raumes sich teilenden Kokken regelmäßig zu paketartigen Verbänden vereinigt.

Manche Schizomyceten besitzen Cilien als Bewegungsorgane (Fig. 250). Die Zellwand neigt zur Verquellung und Gallertbildung. Der Zellinhalt ist wie derjenige der Cyanophyceen ohne typischen Kern.

stoff auskommen können, und obligate Anaeroben, welche bei gänzlichem Mangel freien Sauerstoffes ihre günstigsten Entwicklungsbedingungen finden.

Uebersicht der Familien:

I. Ordnung: **Haplobacterinae**. Individuen einzellig frei oder zu verschieden gestalteten Kolonien verbunden.

A. Zellen kugelig.

Fam. 1: **Coccaceae**.

B. Zellen länglich.

1. Zellen gerade, stäbchenförmig.

Fam. 2: **Bacteriaceae**.

2. Zellen schraubig gekrümmt.

Fam. 3: **Spirillaceae**.

II. Ordnung: **Trichobacterinae**. Vegetationskörper ein cylindrischer Zellfaden.

A. Zellfaden unverzweigt.

Fam. 4: **Leptotrichaceae**.

B. Zellfäden durch unechte Verzweigung dichotomisch verzweigt.

Fam. 5: **Cladothrichaceae**.

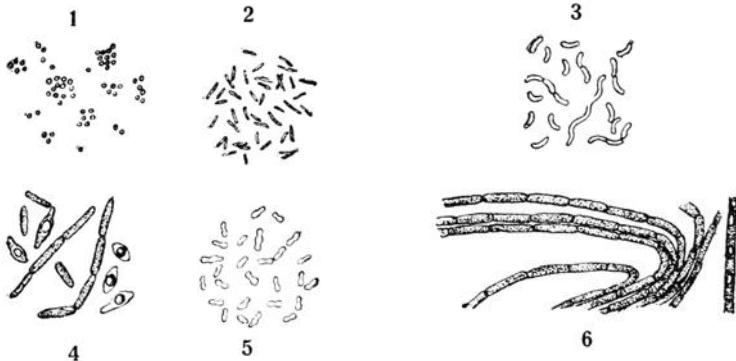


Fig. 251.

Schizomyceten ($1000/\mu$). 1 *Staphylococcus pyogenes aureus*. 2 Tuberkelbazillen. 3 *Spirillum Cholerae asiatica*. 4 *Bacillus amylobacter*, einzelne Exemplare mit Sporen. 5 Diphtheriebazillen. 6 *Bacillus Anthracis*, rechts einige Zellen mit Sporen.

Die Familie der **Coccaceen** umfaßt u. a. die Gattungen *Micrococcus*, *Streptococcus* und *Staphylococcus*. *Micrococcus phosphoreus* erzeugt lebhaftes Phosphoreszenz an dem einige Tage alten Fleisch der Schlachttiere. *Micrococcus acidilactici* verursacht Milchsäuregärung. *Streptococcus mesenterioides*, die Froschlaichbakterie, deren Zellen von mächtigen Gallerthüllen umgeben sind, ist in Zuckerfabriken gefürchtet, weil sie in kurzer Zeit große Vorräte von Melasse durch Dextrin-gärung entwerthen kann. Zu den pathogenen Coccaceen gehören *Micrococcus Gonorrhoeae*, der Erzeuger der Gonorrhöe, *Staphylococcus pyogenes aureus* (Fig. 251, 1), eine Entzündungsbakterie, welche bei Eiterungen, besonders in Karbunkeln, Furunkeln usw. auftritt, und die beiden wohl nur als Varietäten einer Art zu betrachtenden *Streptococcus pyogenes* und *Streptococcus Erysipelatos*, welche die Verursacher von Puerperalfieber und Erysipel sind.

Zu der Familie der **Bacteriaceen** gehören die beiden artenreichen Gattungen *Bacillus* und *Bacterium*, deren Arten von cylindrisch stabförmigen Zellen gebildet werden, welche bei *Bacterium* ohne Geißeln sind, bei *Bacillus* dagegen wenigstens zeitweilig einen diffusen Geißelbesatz tragen. Unter ihnen sind zahlreiche sehr gefährliche Parasiten des Menschen. *Bacterium Pneumoniae*, *B. Tuberculosis* (Fig. 251, 2), *B. Leprae*, *B. Diphtheriae* (Fig. 251, 5), *B. Influencae*; *Bacillus Tetani*, *B. Oedematis maligni*, *B. Typhi*, *B. Pestis* erzeugen diejenigen Erkrankungen des Menschen, von denen ihre Artbenennung abgeleitet

ist und rufen oft schwere Epidemien hervor. *Bacterium Anthracis* (Fig. 251, 6) erregt den Milzbrand, *B. Mallei* den Rotz, beides Krankheiten unserer Haustiere, welche auch auf den Menschen übertragen werden können. Von den für die Nutztiere gefährlichen Arten sind ferner zu nennen *Bacterium Erysipelatosum*, der Erreger des Schweinerotlaufes, *B. suida*, der Erreger der deutschen Schweineseuche, *B. Necroseos*, der Erreger der Kälberdiphtherie und verschiedener anderer Erkrankungen, *B. Acnes*, der Erreger der Acne necrosa des Pferdes, *B. Abortus*, welcher durch Erregung eines Urinkatarrhs das Verwerfen der Kühe herbeiführt, *B. renale*, der Erreger der Pyelonephritis der Kuh; *Bacillus Chauveaui*, der Erreger des Rauschbrandes beim Rind, *B. Cholerae sum*, der Erreger der Schweinepest. *Bacillus Coli* findet sich regelmäßig im Darm der Menschen und Tiere und ist für gewöhnlich unschädlich, kann aber, wenn die Widerstandsfähigkeit des Organismus aus irgendeinem Grunde geschwächt ist, auch zu Erkrankungen Veranlassung geben. Die unter dem Namen Septicaemia haemorrhagica zusammengefaßten Erkrankungen der Tiere werden gleichfalls durch Bacteriaceen, wie z. B. *Bacterium Cholerae gallinarum*, *B. Cholerae anatis*, *B. cuniculicida* u. a. m. verursacht.

Zu den nicht pathogenen Bacteriaceen gehört *Bacillus prodigiosus*, der bisweilen auf stärkehaltigen Nährstoffen in blutfarbigem Tropfen auftritt (blutende Hostien) *Bacillus subtilis*, der Heubacillus, findet sich regelmäßig in Heuabkochungen ein. *Bacillus vulgaris* ist der häufigste Vertreter der Fäulnisbakterien, welche die Zersetzung der Eiweißstoffe unter Erzeugung übelriechender Gase herbeiführen. *Bacterium phosphorescens* erzeugt auf toten Fischen eine smaragdgrüne Phosphorescenz *Bacterium thermophilum* gehört zu den thermophilen Bakterien, welche ihre günstigsten Entwicklungsbedingungen bei sehr hohen Temperaturen (50—60°) finden, bei denen die meisten anderen Arten nicht mehr existieren können.

Manche Arten sind für die Technik und für die Landwirtschaft von großer Bedeutung. *Bacterium acetii* gehört zur Gruppe der Essigsäurebakterien, welche als Kahmhäute auf alkoholischen Flüssigkeiten auftreten (Essigmutter) und den Alkohol in Essigsäure und Wasser spalten. *Bacterium acidilactici* ist eine der häufigsten Milchsäurebakterien, welche in Milch und in anderen zuckerhaltigen Flüssigkeiten die Bildung von Milchsäuren veranlassen. *Bacillus amylobacter* (Fig. 251, 4) verursacht die Buttersäuregärung. *Bacillus caucasicus* findet sich in den Kefirkörnern; er ist bei der als Kefirgärung bezeichneten zusammengesetzten Gärung der Milch beteiligt, deren Resultat die Bildung von Alkohol, Milchsäure und Kohlensäure ist. *Bacillus tenuis* spielt bei dem Prozeß der Käsebereitung eine hervorragende Rolle. *Bacterium Nitrobacter* lebt im Erdboden und ist für den Haushalt der Natur wie für die Landwirtschaft dadurch von besonderer Bedeutung, daß er nebst einigen anderen Nitrobakterien die durch Einwirkung anderer Spaltpilze (Nitritbakterien) aus den Ammoniaksalzen gebildeten Nitrite zu Nitraten oxydiert; auch bei der Dünger- und Kompostbereitung sind die Nitratbakterien als natürliche Salpeterbildner in hervorragender Weise beteiligt. In den Exkrementen der Pflanzenfresser und in der gedüngten Ackererde lebt *Bacillus denitrificans*, der Nitrate unter Entbindung von freiem Stickstoff reduziert. *Bacillus radicolica* ist der Mikroorganismus, welcher als Symbiont die Bakterienknöllchen der Leguminosen bewohnt (vgl. S. 167). Reinkulturen der verschiedenen Rassen dieses Bacillus sind unter dem Namen Nitragin in den Handel gebracht und zur Impfung von Feldern, auf denen Leguminosen angebaut werden sollen, empfohlen worden. Offizinell sind: das Serum antidiphthericum — Diphtherie-Heilserum, d. i. die Blutflüssigkeit von Pferden, welche gegen das von dem *Bacterium Diphtheriae* im Körper erzeugte Gift unempfindlich gemacht worden sind, ferner das Serum antitetanicum — Tetanus Heilserum, d. i. Blutflüssigkeit von Pferden, die gegen das von *Bacillus Tetani* erzeugte Gift unempfindlich gemacht worden sind, und endlich Tuberculinum Koch —, Alt-Tuberkulin, eine aus glyzerinhaltigen Fleischbrühe-Kulturen des *Bacterium Tuberculosis* durch Eindampfen und Filtrieren hergestellte Flüssigkeit.

Zu den **Spirillaceen** gehört *Spirillum Cholerae asiaticae* (Fig. 251, 3), der unter dem Namen Kommabacillus bekannte Mikroorganismus der asiatischen Cholera. Von nicht pathogenen Arten ist *Spirillum undula* in faulenden Flüssigkeiten allgemein verbreitet. *Spirillum sanguineum* gehört zu den Schwefelbakterien, die im Innern der Zellen amorphe Schwefelkörnchen enthalten. Es lebt in Salz- und Brackwasser, wo Meeresalgen und Tierleichen unter Bildung von Schwefelwasserstoff verfaulen, aus dem durch Oxydation die Schwefelkörnchen des Zellinhaltes ge-

wonnen werden. Die früher hierher gerechnete Gattung *Spirochaete*, zu der einige gefährliche Parasiten, wie *Spirochaete Obermeieri*, der Verursacher des Rückfalltyphus und *Spirochaete pallida*, der Syphiliserreger, gehören, ist neuerdings als zum Tierreich in die Abteilung der Protozoen gehörig erkannt worden.

Zur Familie der **Leptotrichaceen** gehören die Gattungen *Leptothrix*, *Crenothrix* und *Beggiatoa*. *Leptothrix buccalis* lebt im Zahnschleim des Mundes; *Leptothrix ochracea* und *Crenothrix polyspora* sind sogenannte Eisenbakterien, welche in eisenhaltigen Wässern rostrote flockige Ueberzüge des Grundes und der Wasserpflanzen bilden. In Wasserleitungen werden sie mitunter dadurch lästig, daß sie das Wasser unappetitlich und für manche technische Zwecke (Brauen, Waschen) ungeeignet machen und durch üppige Wucherung die Leitungsröhren verstopfen. Statt des Eisens kann in manganhaltigen Wässern in ähnlicher Weise von den Bakterien Mangan gespeichert werden. Die Arten der Gattung *Beggiatoa*, welche häufig in verunreinigtem Wasser, besonders in Abzugsgräben aus Häusern und Fabriken meist flutende Rasen bilden, sind Schwefelbakterien. Sie zeigen eine eigentümliche Beweglichkeit, welche an das Bewegungsvermögen der *Oscillariaceen* erinnert.

Als Vertreter der **Cladotrichaceen** sei *Cladotrix dichotoma* genannt, deren Fäden durch Bildung von Scheinästen wiederholt dichotom verzweigt sind. *Cladotrix* lebt im Sumpfwasser, an faulenden Algen und in Schmutzwässern aus Zuckerfabriken u. a. m. — In den Verwandtschaftskreis der *Cladotrichaceen* kann man anhangsweise auch die sogen. Strahlenpilze stellen, von denen *Actinomyces bovis* als Verursacher einer als Aktinomykose bezeichneten Geschwulst beim Rind, beim Schwein und auch beim Menschen Erwähnung verdient.

Klasse II: Die Algen.

Die Algen sind Bewohner feuchter Plätze, meistens Wasserpflanzen. Die Form und Gliederung der Vegetationsorgane ist sehr mannigfaltig. Neben ungeschlechtlicher Vermehrung findet sich in allen Gruppen geschlechtliche Fortpflanzung.

Wir unterscheiden sechs Reihen nach folgender Uebersichtstabelle:

- A. Einzellige Algen freilebend oder seltener mit Gallertstielen angeheftet. Die Zellen sind von einem Panzer aus zierlich gemusterten Platten umhüllt und enthalten neben dem Zellkern gelbbraune Chromatophoren.
 1. Reihe: Panzerträger, *Placophora*.
- B. Ein- oder mehrzellige Algen, deren vegetative Zellen unbegeißelt sind, oder seltener (*Volvocineen*) zwei gleichlange Geißeln tragen.
 1. Der Vegetationskörper ist ein- oder mehrzellig und rein grün gefärbt.
 - a) Einzellige Individuen, oder unverzweigte Zellfäden aus gleichwertigen Zellen. Vegetative Vermehrung erfolgt durch Zerteilung, geschlechtliche Fortpflanzung durch Kopulation unbegeißelter Gameten.
 2. Reihe: Jochalgen, *Conjugatae*.
 - b) Einzellige Individuen, oder Zellfäden oder Zellflächen; ungeschlechtliche Vermehrung erfolgt durch nackte begeißelte Schwärmzellen.
 3. Reihe: Grünalgen, *Chlorophyceae*.
 - c) Der Vegetationskörper ist ein am Grunde wurzelnder aufrechter regelmäßig gegliederter Sproß mit Scheitelwachstum und regelmäßiger kandelaberartiger Verzweigung aus den Sproßknoten.
 4. Reihe: Armleuchteralgen, *Characeae*.
 2. Der stets mehrzellige Vegetationskörper ist durch Beimischung anderer Farbstoffe zum Chlorophyll braun oder rot gefärbt.

- a) Braune Meeresalgen, deren ungeschlechtliche Schwärmsporen und Schwärmgameten zwei seitlich eingefügte Geißeln tragen.
5. Reihe: Braunalgen, Phaeophyceae.
- b) Rote Algen, fast ausnahmslos Meeresbewohner, deren Sporen und Gameten keine Geißeln tragen.
6. Reihe: Rotalgen, Rhodophyceae.

Erste Reihe: Placophoren, Panzerträger.

Die Reihe umfaßt zwei Ordnungen:

- a) Die Zellen tragen zwei ungleichlange und ungleichgerichtete Geißeln, die Platten des Panzers bestehen aus Cellulose.
Dinoflagellata.
- b) Die Zellen sind unbegeißelt, der Panzer ist verkieselt.
Diatomaceae

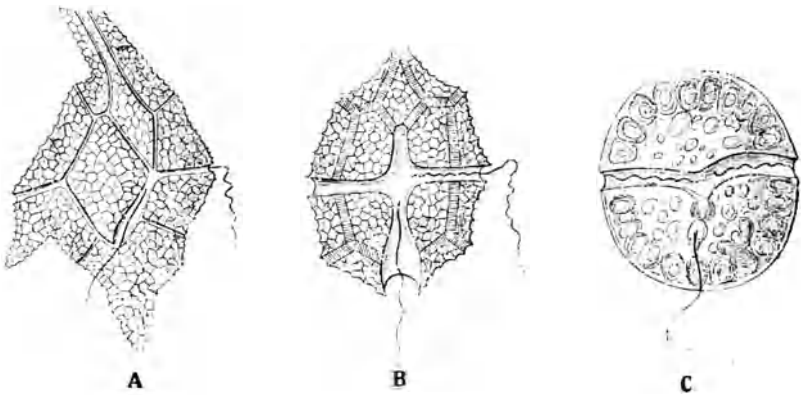


Fig. 252.

Peridinaceen (sehr stark vergrößert). **A** *Ceratium cornutum*. **B** *Peridinium bipes*
C *Glenodinium cinctum*.

a) Die **Dinoflagellaten** oder Furchengeißelträger sind mikroskopisch kleine einzellige, im Wasser freibewegliche Lebewesen von unsymmetrischer Körperform, mit einer meist panzerartigen, aus mehreren Platten zusammengesetzten Cellulosemembran. Sie besitzen als Bewegungsorgane meist zwei verschiedene Cilien: eine Längsgeißel, welche in der Bewegungsrichtung des Körpers nach vorne oder nach rückwärts gerichtet ist, und eine Quergeißel, welche in einer furchenartigen Vertiefung quer um den Körper herumgelegt ist. Im Zellinhalt sind Chromatophoren vorhanden, welche grün, gelb, braun oder auch farblos sein können. Die Vermehrung erfolgt durch Zweiteilung, wobei jeder Tochterzelle die Hälfte der Mutterzellmembran zufällt. Die meisten Arten leben im Meerwasser und nehmen neben gewissen Diatomaceen einen hervorragenden Anteil an der Bildung der Schwebeflora (Plankton).

Wichtigste Familie: **Peridinaceae**. Zu den bei uns häufigsten Süßwasserformen gehören die in Fig. 252 abgebildeten *Ceratium cornutum*, *Peridinium bipes* und *Glenodinium cinctum*.

b) Die **Diatomeen** oder Kieselalgen haben eine stark verkieselte Zellwand aus zwei ungleich großen Schalen, welche wie der Deckel und das Bodenstück einer Pillenschachtel ineinander geschoben sind. Man kann danach an jedem Individuum zwei Hauptansichten unterscheiden: die Schalenseite (Fig. 251, 1 links), welche eine Schale von der Fläche zeigt, und die Gürtelbandseite (Fig. 251, 1 rechts), an welcher die ineinander geschobenen Ränder der beiden Schalen sichtbar sind. Der Zellinhalt weist im Protoplasma neben einem Zellkern körnchen- oder plattenförmige Chromatophoren auf, welche Chlorophyll und einen gelbbraunen Farbstoff (Diatomin) enthalten. Stärke wird in der Diatomeenzelle nicht gebildet; als Reservestoff treten häufig Öltröpfchen auf. Nach Gestalt und Zeichnung der Schalen unterscheidet man zwei Ord-

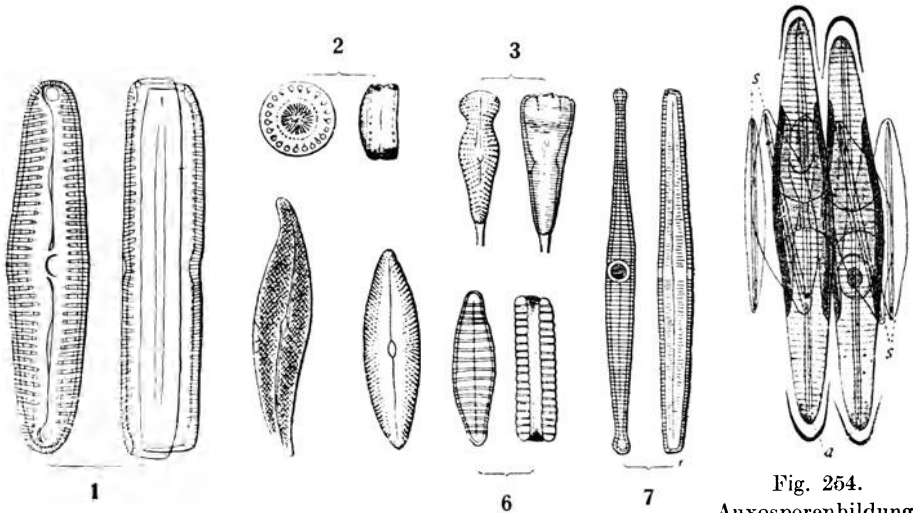


Fig. 253.

Diatomaceen (vergrößert). 1 *Pinnularia viridis*. 2 *Cyclotella operculata*. 3 *Gomphonema constrictum*, 4 *Pleurosigma Aestuarii*. 5 *Navicula palpebralis*. 6 *Diatoma vulgare*. 7 *Synedra pulchella*. Wo eine Art durch zwei Figuren dargestellt wird, ist links die Schalenseite, rechts die Gürtelbandseite gezeichnet.

Fig. 254.

Auxosporenbildung bei einer Diatomacee (*Frustulia*). s die entleerten Schalenhälften zweier Zellen, a die Auxosporen.

nungen: Die Pennatae haben längliche, meist kahn- oder stabförmige Gestalt mit fiederförmigen Skulpturen auf der Schalenseite (Fig. 253, 3—7); die Centricae sind meist kreisrund, scheiben- oder trommelförmig und auf der Schalenseite mit radiären, auf einen organischen Mittelpunkt bezogenen Skulpturen versehen (Fig. 253, 2). Bei der Zweiteilung der Zelle, die mit der Kernteilung beginnt, behält jede Tochterzelle eine der beiden Schalen und bildet dazu eine zweite, innere Schale von gleicher Form aus. Die Tochterzelle, welche das Bodenstück der Mutterzellwand als Mitgift erhalten hat, ist demnach immer um ein geringes kleiner als die Mutterzelle; die daraus sich ergebende Verkleinerung der Individuen in einzelnen Nachkommenreihen wird wieder ausgeglichen durch die sogenannte Auxosporenbildung, wobei die verkleinerten Zellindividuen von dem starren Panzer der Kieselschalen befreit im Schutze einer ausgeschiedenen Gallerthülle zu normaler Größe heranwachsen und sich mit neuen Kieselschalen umhüllen. Bei den Pennatae ist die Auxosporenbildung mit dem Phasen-

wechsel verknüpft; die Auxosporen-Mutterzelle ist in typischen Fällen eine Zygote, welche aus der Verschmelzung zweier, durch unmittelbar vorhergehende Reduktionsteilung haploid gewordener Zellen entstanden ist. Bei den Centricae wird die geschlechtliche Fortpflanzung, soweit bekannt, durch begeißelte Gameten vermittelt, die unter Chromosomenreduktion durch wiederholte Zellteilungen in größerer Zahl in den zu Gametenbehältern werdenden vegetativen Zellen entstehen.

Viele Diatomaceen leben frei und sind selbstbeweglich, einige sind mit Gallertstielen am Standort befestigt. Die unzerstörbaren Kieselschalen der Diatomaceen bilden an manchen Stellen der Erdoberfläche mächtige Lager; die als Kieselgur bezeichnete Substanz findet verschiedenartige technische Verwendung.

Familien: Melosiraceae, Fragillariaceae, Cocconeidae, Cymbellaceae, Surirellaceae, Naviculaceae.

Die **Melosiraceen** haben körnige Farbstoffträger, ihre Schalenseite ist radiär, wie die in Fig. 253, 2 abgebildete *Cyclotella* zeigt. Auch bei den **Fragillariaceen** sind körnige Farbstoffträger vorhanden, die Schalen sind aber bilateral gebaut. Ein Beispiel gibt die Gattung *Diatoma* (Fig. 253, 6).

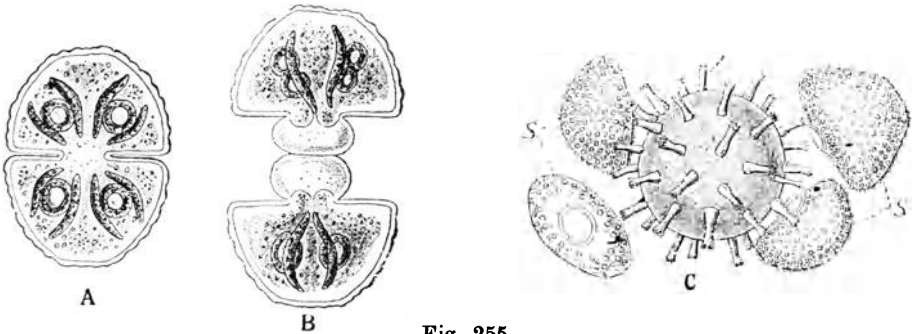


Fig. 255.

Cosmarium Botrytis: **A** im vegetativen Stadium, **B** in Zweiteilung begriffen, **C** Zygosporienbildung von *Cosmarium*. *S* die entleerten Zellwandhälften, *Z* die Zygospore.

Bei den übrigen vier genannten Familien ist der Farbstoff an plattenförmige Träger gebunden. Die **Cocconeiden** haben eine einzige schalenständige Platte. Die **Cymbellaceen** haben eine Platte, welche der Gürtelbandseite anliegt. Hierher gehört die in Fig. 253, 3 abgebildete Gattung *Gomphonema*, deren Individuen auf verzweigten Gallertstielen festsitzen. Bei den **Surirellaceen** sind zwei schalenständige Platten vorhanden. Die hierher gehörende *Surirella Gemma* wird wegen der feinen Struktur ihrer Schale als Prüfungsobjekt für Mikroskoplinsen verwendet. Auch die Gattung *Synedra* (Fig. 253, 7) gehört zu dieser Familie.

Die **Naviculaceen** endlich haben zwei seitlich gestellte Farbstoffplatten. Hierher gehören die in Fig. 253, 1, 4 und 5 abgebildeten Gattungen *Pinnularia*, *Pleurosigma* und *Navicula*. *Pleurosigma angulatum* wird, wie die oben genannte *Surirella*, als Testobjekt für Mikroskope benützt.

Zweite Reihe: Konjugaten.

Der Thallus besteht aus einer Zelle oder aus unverzweigten fadenförmigen Verbänden gleichwertiger Zellen. Die Zellen enthalten im Protoplasma einen typischen Zellkern und band-, platten- oder sternförmige Farbstoffträger. Die einzelnen Zellen haben ein begrenztes Wachstum.

Ausgiebige Vermehrung der Zellen erfolgt durch vegetative Zweiteilung. Daneben kommt geschlechtliche Fortpflanzung durch Verschmelzung zweier gleichartiger unbeweglicher Gameten vor. Sie sind freilebende, frisch grün gefärbte Süßwasseralgen von sehr regelmäßigem, oft in hohem

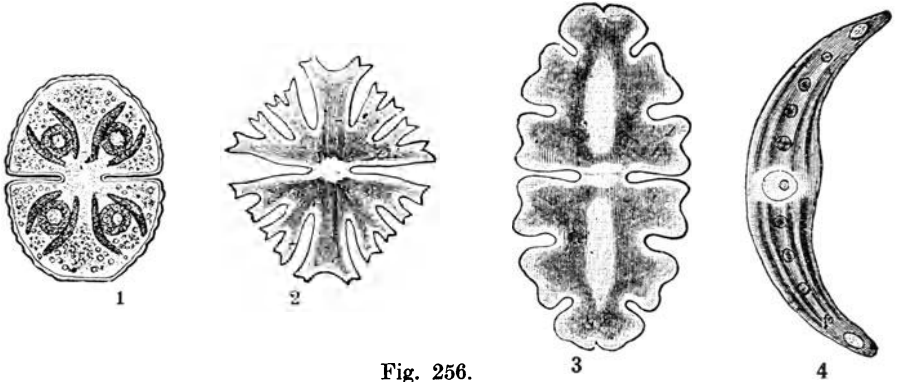
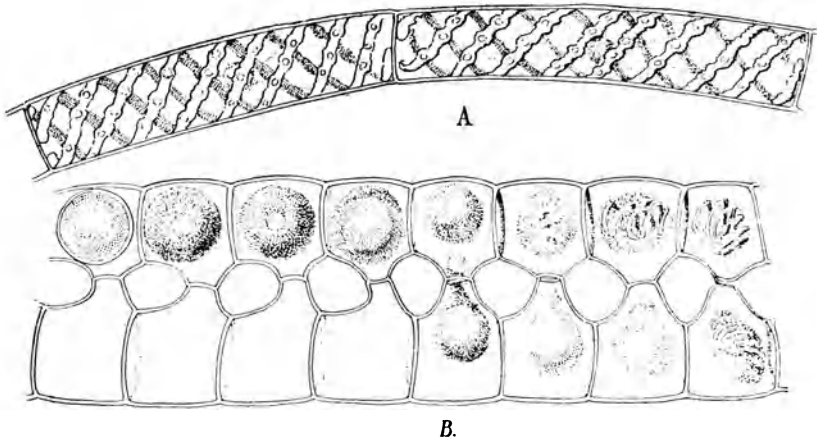


Fig. 256.

Desmidiaceen. 1 *Cosmarium Botrytis*. 2 *Micrasterias Crux melitensis*. 3 *Euastrum oblongum*. 4 *Closterium moniliferum*.

Grade zierlichem Körperbau; die Chloroplasten sind regelmäßige, symmetrische Platten oder Spiralbänder oder gepaarte sternartige Körper, an denen regelmäßige, meist rosettenförmige Stärkeherde, sogen. Pyrenoide, vorhanden sind.



B.

Fig. 257.

A Fadenstücke von *Spirogyra*, vergrößert.
B Stadien der geschlechtlichen Vereinigung.

Uebersicht der Familien:

A. Die Individuen sind einzelne freie, oder seltener zu leichtzerfallenden, kettenförmigen Bändern verbundene symmetrische Zellen

Fam. 1: *Desmidiaceae*

B. Die Individuen sind cylindrische Zellfäden.

Fam. 2: *Zygnemaceae*.

Die **Desmidiaceen** bilden wenig auffällige Ansammlungen am Grunde stehender Gewässer, besonders in Torf- und Wiesenmooren. Die Individuen sind cylindrisch oder spindelförmig, bisweilen mit hornartigen Fortsätzen, oder sie haben einen mehr kreisförmigen oder elliptischen Gesamtumriß und sind durch eine tiefe Einschnürung in zwei vollkommen symmetrische Hälften geteilt. Wo die Einschnürung fehlt, ist doch der Chlorophyllkörper symmetrisch im Innern der Zelle angeordnet. Bei der Zweiteilung tritt die Teilungswand stets in der Symmetrieebene auf (Fig. 255 A, B). Die Zygosporenbildung findet in der Weise statt, daß zwei kreuzweise aneinander gelagerte Individuen nach Abwerfen der Zellwand miteinander verschmelzen und sich mit einer festen, oft durch regelmäßige Auswüchse verzierten Membran umgeben (Fig. 255 C). Von den hierher

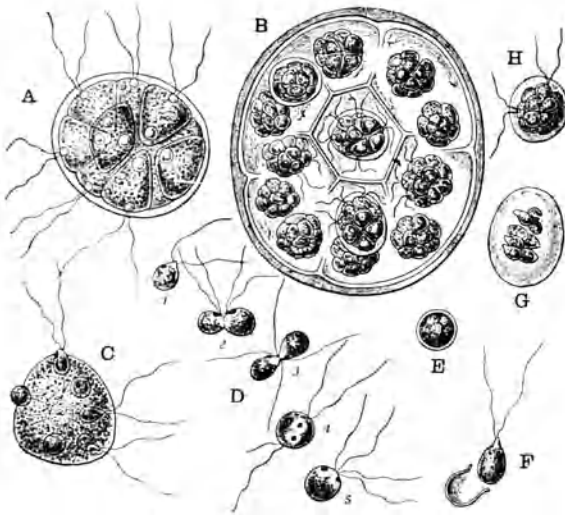


Fig. 258.

Pandorina morum, stark vergrößert (nach Pringsheim). **A** Vegetative Kolonie. **B** Kolonie mit vegetativer Vermehrung. Jede Zelle bildet eine neue Kolonie. **C** Eine Zelle, welche Gameten bildet. **D** Verschmelzende Gameten. 1—5 Verschiedene Stadien der Verschmelzung. **E** Zygote. **F** Die aus der Zygote hervorgehende Schwärmzelle. **G** Teilung der zur Ruhe gekommenen Schwärmzelle in 8 Zellen. **H** Junge Kolonie.

Fortpflanzung ist isogam oder oogam. Die männlichen Gameten tragen zwei Cilien an der Spitze.

Hierher gehören fünf Ordnungen:

a) Volvocineae, b) Protococcoideae, c) Ulothrichoideae, d) Siphonocladiales, e) Siphoneae.

a) Die **Volvocineen** sind einzellig oder zu mehrzelligen Kolonien vereinigt. Die vegetativen Zellen sind durch den Besitz zweier Cilien ausgezeichnet, durch welche die Zellen oder Zellkolonien in Bewegung gehalten werden.

Die Ordnung wird von der Familie der Volvocaceae gebildet.

Zu den einzeln lebenden Formen der **Volvocaceen** gehört *Sphaerella nivalis*, die Alge, welche im hohen Norden und auf den höheren Gebirgen die Erscheinung des roten Schnees verursacht. Die bei uns häufiger auftretenden Gattungen *Gonium* und

gehörenden Gattungen mögen *Cosmarium*, *Micrasterias*, *Euastrium* und *Closterium* als häufiger vorkommend genannt sein (Fig. 256).

Die Familie der **Zygnemaceen** umfaßt die fadenbildenden Konjugaten. Die Zellen der Fäden sind cylindrisch und fest miteinander verbunden. Die häufigsten Gattungen sind *Spirogyra*, 257 A, *Zygnema* und *Mesocarpus*, von denen manche Arten im Frühling große, frischgrüne, schaumige Schlamminseln auf der Oberfläche unserer Gewässer bilden. Die Zygosporenbildung von *Spirogyra* ist in Fig. 257 B dargestellt.

Dritte Reihe: Die Chlorophyceen.

Neben einzelligen Formen finden sich Zellfäden und Zellflächen. Der Zellinhalt besitzt Zellkern und Farbstoffträger.

Ungeschlechtliche Fortpflanzung erfolgt durch Schwärmosporen. Die geschlechtliche

Pandorina (Fig. 258) bilden, erstere tafelförmige, letztere eirunde Kolonien aus 4 bis 16 gleichwertigen Zellen. Die geschlechtliche Fortpflanzung erfolgt hier durch Gametenkopulation. In der Gattung *Volvox* sind zahlreiche, oft mehrere tausend Zellen zu einer Kolonie vereinigt, welche eine gallertartige Hohlkugel darstellt. Die Zellen sind ungleichwertig, die meisten sind rein vegetativ und unfruchtbar, einige werden zu Oogonien mit je einer Eizelle, andere werden zu Antheridien, in denen 64 oder 128 kleine Spermatozoiden entstehen. Außerdem sind einige besonders große Zellen in jeder Kolonie vorhanden, welche auf ungeschlechtlichem Wege, durch einfache Teilung je eine neue Kolonie bilden.

b) Die **Protococcoideen** schließen sich den Volvocineen nahe an. Sie sind ebenfalls einzellige Algen, welche entweder einzeln leben oder zu Familien verbunden sind. Sie besitzen indes im vegetativen Zustande keine Cilien, die geschlechtliche Fortpflanzung ist isogam.

Familien: Pleurococcaeae, Tetrasporaceae, Protococcaceae, Hydrodictyaceae.

Die **Pleurococcaceen** sind einzeln lebende oder zu unbestimmt geformten Cruppen vereinigte Zellen, die sich vorwiegend oder ausschließlich durch vegetative Zellteilung vermehren. Hierher gehört die überall häufige

Gattung *Pleurococcus*. *Pleurococcus vulgaris* bildet grüne, krustig-staubige Ueberzüge an Baumstämmen und feuchten Mauern (Fig. 259, 1).

In der Familie der **Hydrodictyaceen** sind die Zellen zu Cönobien, d. h. Kolonien von bestimmter, oft sehr zierlicher Form verbunden. *Scenedesmus quadricauda* bildet 2—16 zellige Kolonien, deren eiförmige oder elliptische Zellen mit ihren Längsseiten zu einfachen Reihen verbunden sind (Fig. 259, 2). Der Inhalt einzelner Zellen teilt sich in eine Anzahl von Sporen, welche sich schon im Innern der Mutterzelle zu einer neuen Kolonie auseinanderlegen. *Pediastrum* bildet kreisrunde, scheibenförmige Kolonien, welche aus 4, 8, 16, 32 oder 64 Zellen bestehen (Fig. 259, 3). Neue Kolonien werden in ähnlicher Weise wie bei *Scenedesmus* gebildet. *Hydrodictyon* besteht aus cylindrischen mehrkernigen Zellen, welche zu vielen zu einem hohlen Netz, oft von mehreren Zentimetern Länge, verbunden sind (Fig. 259, 4). Neue Netze entstehen, indem der Inhalt einer Zelle zu zahlreichen Schwärmosporen wird, welche schon in der Mutterzelle zur Ruhe kommen und zu einem Netz zusammentreten. Die geschlechtliche Fortpflanzung geschieht durch Gametenkopulation. Die Gameten, welche in großer Zahl in einer Mutterzelle gebildet werden, schwärmen aus und kopulieren paarweise. Die gebildete Zygospore entwickelt aus ihrem Inhalt zwei bis fünf Schwärmosporen. Im Innern derselben bildet sich, wenn sie zur Ruhe gekommen sind, in ähnlicher Weise wie bei der vegetativen Vermehrung der Kolonien, ein neues Netz.

c) Die **Ulothrichoideen** sind mehrzellige Algen. Ihr Thallus ist ein einfacher oder verzweigter Zellfaden oder eine Zellfläche aus einkernigen Zellen zusammengesetzt. Die ungeschlechtliche Fortpflanzung wird durch Schwärmosporen vermittelt, die geschlechtliche Fortpflanzung geht in den einfacheren Fällen durch Gametenkopulation vor sich, bei den höheren

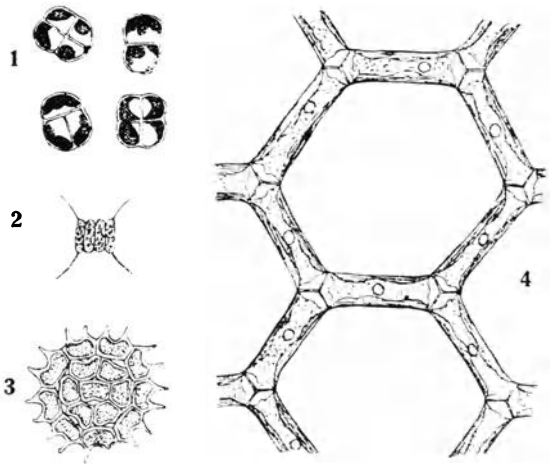


Fig. 259.

Protococcoideen (vergrößert).

1 *Pleurococcus*. 2 *Scenedesmus quadricauda*. 3 *Pediastrum*. 4 Eine Masche aus dem Netz von *Hydrodictyon reticulatum* (³³⁰/₁).

Formen werden Eizellen gebildet, die durch Spermatozoiden befruchtet werden.

Familien: Ulothrichaceae, Ulvaceae, Oedogoniaceae, Chaetophoraceae, Chroolepidaceae, Coleochaetaceae.

Die **Ulothrichaceen** sind unverzweigte Zellfäden, welche in der Regel an einer Unterlage festsitzen. Hierher gehört die auf S. 223 besprochene *Ulothrix zonata* (Fig. 260).

Die **Ulvaceen** bilden ein- oder zweischichtige Zellflächen oder schlauchartige Zellverbände. Die grünen, salatblattähnlichen Thallusflächen gewisser Arten der in allen Weltteilen verbreiteten Gattungen *Ulva* und *Monostroma* sind am Meeresstrande eine gewöhnliche Erscheinung.

Die **Oedogoniaceen** sind einfache oder seltener verzweigte Zellfäden. Die Zellteilung geht bei den beiden hierhergehörigen Gattungen *Oedogonium* und *Bulbochaete* in besonderer Weise vor sich. Die alte Zellwand wird durch einen ring-

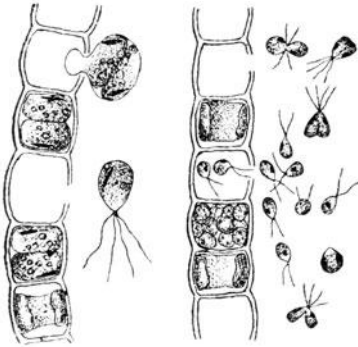


Fig. 260.

Fadenstücke von *Ulothrix*.

In dem linken Fadenstück werden ungeschlechtliche Schwärmsporen ausgebildet. In dem rechten Fadenstück werden Gameten ausgebildet, rechts davon einzelne Gameten in verschiedenen Stadien der Kopulation.

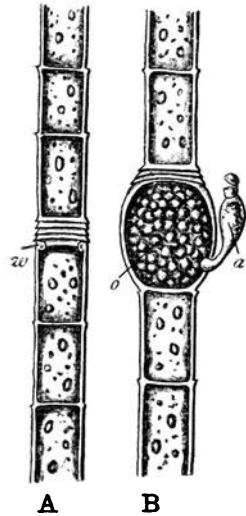


Fig. 261.

Oedogonium. **A** vegetativer Faden, bei *zu* ist ein Cellulose ring gebildet, aus dem ein neues Wandstück bei der Zellteilung hervorgeht. **B** Fadenstück mit Oogonium *o*. An dasselbe hat sich ein kurzer, aus einer Schwärmspore entstandener männlicher Faden: (Zwergmännchen) *a* festgesetzt, dessen obere Zellen Spermatozoiden bilden.

förmigen Riß in zwei ungleiche Teile zerlegt, zwischen denen sich ein neues Wandstück einschleibt (Fig. 261), während sich der Zellinhalt teilt und durch eine Querwand getrennt wird. Die Fortpflanzung geschieht ungeschlechtlich durch Schwärmsporen, welche einen Kranz von Cilien um das hyaline Ende tragen; als Geschlechtsorgane treten Antheridien und Oogonien auf. Die keimende Oospore bildet zuerst Schwärmsporen, welche zu neuen Fäden auswachsen.

Die **Chaetophoraceen** bilden verzweigte Zellreihen. Die Endzellen der Fadenäste gehen meist in lange mehrzellige Haare aus. In Zellen, welche von den vegetativen Fadenzellen äußerlich nicht verschieden sind, werden Schwärmsporen gebildet. Die in Gräben und Bächen bei uns nicht seltenen Arten der Gattungen *Chaetophora* bilden einen zäh gallertartigen, bisweilen fast knorpeligen Thallus von unbestimmter Gestalt. Die ebenfalls im süßen Wasser anzutreffende *Draparnaldia* zeichnet sich durch die Regelmäßigkeit der von einem deutlich differenzierten Hauptstamm ausgehenden Verzweigung aus.

Die **Chroolepidaceen** stehen der vorhergehenden Familie sehr nahe. Sie sind Landalgen, meist verzweigte Zellfäden, deren Zellen einen als Hämatochrom bezeichneten gelben

Farbstoff in Tropfen enthalten. Eine auffällige Erscheinung sind die bei uns überall verbreiteten orangefarbenen Ueberzüge des *Chroolepus aureus* an feuchten Steinen und Brückenbalken. Nahe verwandt ist der auf Steinen wachsende *Chroolepus Jolithus*, der durch seinen veilchenartigen Geruch zu der Bezeichnung Veilchenstein Veranlassung gegeben hat.

Bei den **Coleochaetaceen** besteht der Thallus aus verzweigten Zellfäden, welche aus scheiben- und polsterförmigen Rasen vereinigt sind. Die ungeschlechtliche Fortpflanzung erfolgt durch Schwärmsporen. Die Geschlechtsorgane, Antheridien und Oogonien sind hoch entwickelt (Fig. 262); letztere tragen einen als Empfängerapparat dienenden Schlauchfortsatz. Die Familie umfaßt nur die eine Gattung *Coleochaete*, deren wenige Arten in süßem Wasser vorkommen.

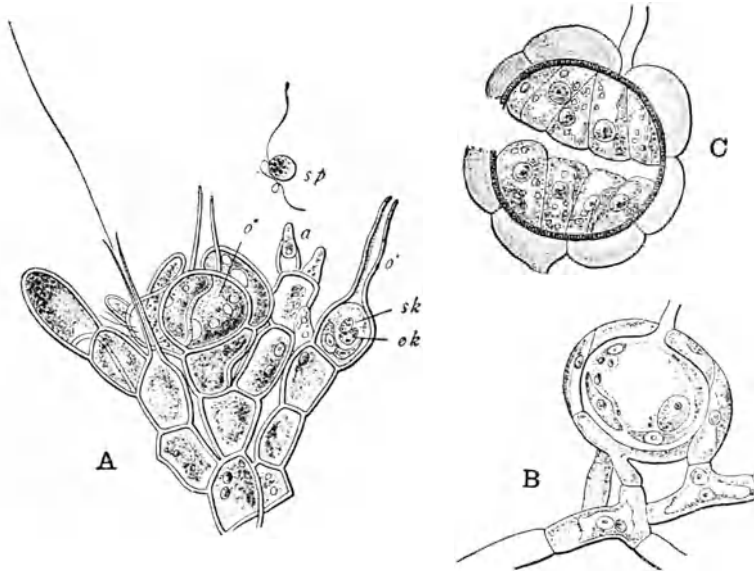


Fig. 262.

Fortpflanzung von *Coleochaete*, stark vergrößert (nach Pringsheim).

A Ein Stück des Vegetationskörpers der Alge mit Oogonien *o'*, *o''* und Antheridien *a*. *sp* ein Spermatozoid. In dem Oogonium *o'* ist neben dem Eikern *ek* noch der Kern des durch den Halsfortsatz eingedrungenen Spermatozoids *sk* sichtbar. **B** Befruchtetes Oogonium mit den Berindungsästen. **C** Gekeimte Oospore; der Inhalt hat sich in 8 einkernige Zellen geteilt.

d) Die **Siphonokladialen** sind mehrzellige Algen, meist verzweigte Fäden aus mehrkernigen Zellen zusammengesetzt. Die geschlechtliche Fortpflanzung ist isogam oder oogam.

Familien: Cladophoraceae, Siphonocladaceae, Valoniaceae, Dasycladaceae, Sphaeropleaceae.

Die **Cladophoraceen** bestehen aus verzweigten Zellfäden mit Spitzenwachstum. In jeder Zelle sind zahlreiche Kerne vorhanden. Manche Vertreter der Gattung *Cladophora* (Fig. 263) sind Meeresalgen, andere, wie *Cladophora glomerata*, bilden in süßem Wasser dichte flutende Rasen.

Die Familien der **Siphonocladaceen**, **Valoniaceen** und **Dasycladaceen** umfassen ausschließlich Meeresalgen.

Der einzige Vertreter der Familie der **Sphaeropleaceen**, die bei uns in süßem Wasser gelegentlich auftretende Art *Sphaeroplea annulina*, besteht aus unverzweigten Zellfäden mit sehr langen, cylindrischen Zellen. Die Befruchtung ist oogam. Die Oospore überwintert und bildet bei der Keimung Schwärmsporen.



Fig. 263.

Thallusast von *Cladophora*, rechts unten ein Seitenast, dessen Zellen Schwärmosporen bilden ($1^{30}/1$).

e) Die **Siphoneen**. Der Thallus gewinnt oft beträchtliche Ausdehnung und ist bisweilen reich gegliedert, er besteht aber immer nur aus einer einzigen schlauchartigen Zelle mit vielen Zellkernen.

Familien: Botrydiaceae, Codiaceae, Bryopsidaceae, Caulerpaceae, Vaucheriaceae.

Die **Botrydiaceen** sind winzige, kugelige oder keulenförmige grüne Bläschen, welche mit einem wurzelartigen, einfachen oder verzweigten Auswuchs an der Basis befestigt sind. Sie vermehren sich durch ungeschlechtliche Schwärmosporen, daneben werden durch Kopulation schwärmender Gameten Zygosporien gebildet. Einer der wenigen Vertreter dieser Familie ist das fast über die ganze Welt verbreitete *Botrydium granulatum*, welches in Fig. 264 abgebildet ist und dessen ungeschlechtliche Fortpflanzung auf S. 217 geschildert wurde.

Die **Codiaceen**, **Bryopsidaceen** und **Caulerpaceen** sind Meeresalgen, zu den letzteren wird die auf S. 55 erwähnte und in Fig. 265 abgebildete *Caulerpa prolifera* gerechnet.

Die **Vaucheriaceen** haben einen fadenförmigen, unregelmäßig verzweigten Thallus, der mit einem kurzen Haftorgan an der Unterlage befestigt ist. Die einzige Gattung ist *Vaucheria*, deren Arten teils im Wasser, teils rasenbildend auf feuchter Erde leben. Die ungeschlechtliche Fortpflanzung wird durch Schwärmosporen vermittelt, welche aus dem Inhalt einer durch Querwand abgegliederten Zelle an der Spitze einzelner Thal-

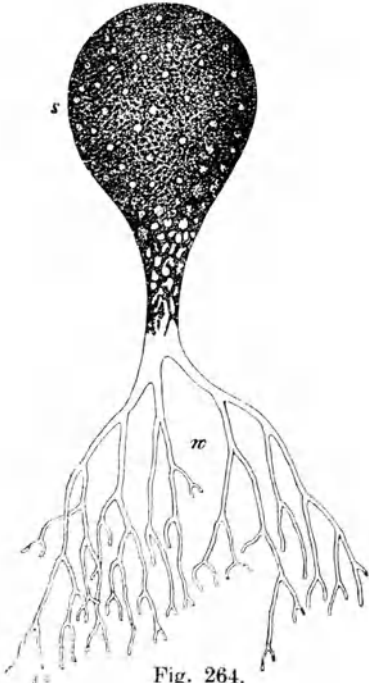


Fig. 264.

Botrydium granulatum (vergrößert, nach Woronia). *w* Wurzel, *s* Spöß.

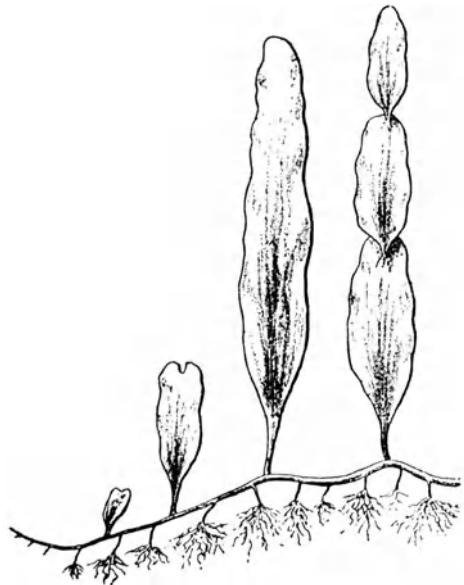


Fig. 265.

Vegetationskörper der Meeresalge, *Caulerpa prolifera*.

lusäste durch Zellverjüngung entstehen (Fig. 266 B C). Die Schwärmsporen sind sehr groß, vielkernig und mit zahlreichen paarweise stehenden Cilien bedeckt. Sie wachsen, wenn sie zur Ruhe gekommen sind, direkt zum neuen Thallusfaden aus. Die Geschlechtsorgane sind Oogonien und Antheridien (Fig. 266 A). Erstere sind kurze, kugelförmig angeschwollene Seitenäste des Thallus, deren Inhalt zu einer Eizelle wird. Die Antheridien entstehen meist in unmittelbarer Nachbarschaft der Oogonien als Thallusäste, welche sich bei manchen Arten posthornartig krümmen. In dem oberen, durch eine Querwand abgetrennten Ende des Antheridienastes entstehen zahlreiche kleine Spermatozoiden, welche ausschwärmen und durch eine im Oogonium entstandene Oeffnung zum Ei gelangen. Die Oospore macht vor der Keimung eine Ruheperiode durch.

Vierte Reihe: Die Characeen.

Die Characeen bilden eine engumgrenzte, scharf charakterisierte Reihe. Ihr Vegetationskörper ist ein bewurzelter, aufrechter Sproß mit Scheitelwachstum (Fig. 267 A). Der Sproß ist regelmäßig in Knoten und Internodien gegliedert. An jedem Knoten entspringt ein Quirl von Blättern, welche ein begrenztes Wachstum besitzen. Der Sproß verzweigt sich monopodial aus den Knoten. In den Zellen des Sprosses und der Blätter sind Zellkerne und zahlreiche wandständige Chlorophyllkörper vorhanden, welche der Pflanze eine frischgrüne Farbe geben. Eine ungeschlechtliche Vermehrung kann durch Fragmentation erfolgen, indem isolierte Knoten des Sprosses sich bewurzeln und einen neuen Sproß erzeugen. Als Geschlechtsorgane treten an den Blättern Antheridien und Oogonien auf (Fig. 267 B). Die in ersteren gebildeten Spermatozoiden sind schraubenförmig gewunden und tragen zwei Cilien an der Spitze. Die Eizelle des Oogoniums ist durch dicht angeschmiegte Aeste, welche unterhalb der Eizelle entspringen, berindet. Bei der Keimung der Oospore entwickelt sich zuerst ein einfach gebauter Vorkeim, an dem die neue Pflanze als seitlicher Ast entsteht.

Die Characeen bilden nur eine einzige Familie mit wenigen Gattungen.

Die artenreichsten und verbreitetsten Gattungen der Familie der Characeen sind *Chara* und *Nitella*; sie unterscheiden sich dadurch, daß das aus den Spitzen der Berindungsäste gebildete Krönchen auf dem Gipfel des Oogoniums bei *Chara* aus 5, bei *Nitella* aus 10 Zellen besteht. Die Internodien des Stengels und die Blätter von *Nitella* sind stets unberindet, während sie bei *Chara* meist ganz oder teilweise von Zellschläuchen, welche aus den Knoten entspringen, in verschiedener Weise berindet werden. *Chara fragilis* und *Chara foetida* sind überall in Süßwasseriümpeln anzutreffen. Manche Arten sind mehr oder minder stark mit kohlensaurem Kalktinkrustiert. Die stellenweise in den Gewässern in ausgedehnten Rasen auftretende *Chara ceratophylla* wird in einigen Gegenden zur Düngung kalkarmer Sandfelder benutzt.

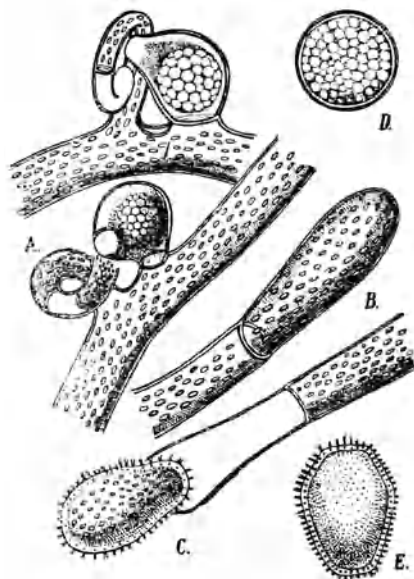


Fig. 266.

A Fadenstücke von *Vaucheria* mit Geschlechtsorganen. B. Fadenast mit Schwärmsporangium. C Sporangium mit ausschließender Schwärmspore. D Ruhende Oospore. E freie Schwärmspore.

Fünfte Reihe: Die Phaeophyceen.

Neben mikroskopischen Formen mit fadenartigem Thallus kommen reichgegliederte Formen von bisweilen riesigen Dimensionen vor. Die höchstentwickelten Arten sind in Sproß und Wurzel gegliedert und bisweilen wird der Sproß durch nachträgliche Spaltung der Thallusfläche in einen achsenartigen Teil und blattähnliche Assimilationsflächen zerlegt. Die Zellen enthalten neben dem Chlorophyll einen braunen Farbstoff, das Phycophaeïn, welches die braune Färbung des Thallus verursacht.

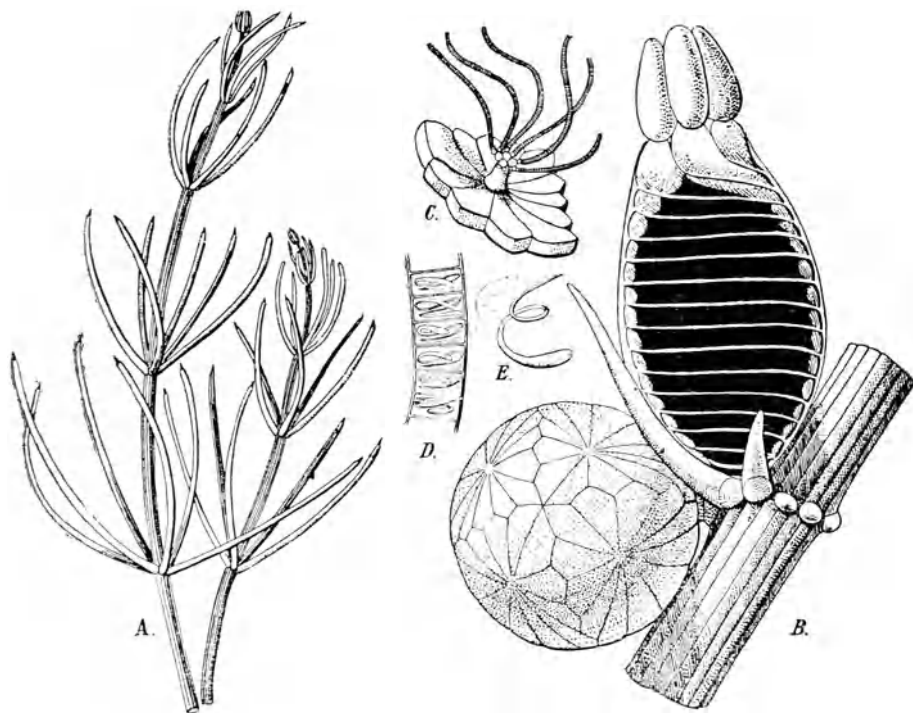


Fig. 267.

A Sproßstück von *Chara*. **B** Blattabschnitt mit Antheridium und Oogonium. **C** Platte aus der Antheridienwand mit dem Büschel von Fäden, in deren Zellen die Spermatozoiden entstehen. **D** Stück eines solchen Fadens. **E** einzelnes Spermatozoid sehr stark vergrößert.

Die Phaeophyceen sind Meeresalgen. Ungeschlechtliche Fortpflanzung wird durch Schwärmsporen vermittelt, geschlechtliche Fortpflanzung ist nur bei einem Teil der hierhergehörenden Arten bekannt; sie steigt von der Kopulation gleicher beweglicher Gameten durch alle Stufen zur Befruchtung eines unbeweglichen Eies. Die Schwärmsporen und die selbstbeweglichen Sexualzellen tragen die Cilien nicht an der Spitze, sondern seitlich an der Basis des hyalinen Endes der birnförmigen Körper. Die Verschmelzung der Gameten findet stets außerhalb der Mutterpflanze statt.

Trotz der Mannigfaltigkeit der Formen und der Entwicklungsvorgänge lassen sich die Phaeophyceen zu einer einzigen Ordnung vereinigen.

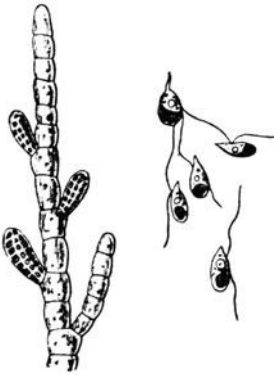


Fig. 268.
Fadenast von *Ectocarpus* mit Gametenbehältern. Rechts daneben ein weiblicher Gamet, welcher von männlichen umschwärmt wird. (Vergrößert.)

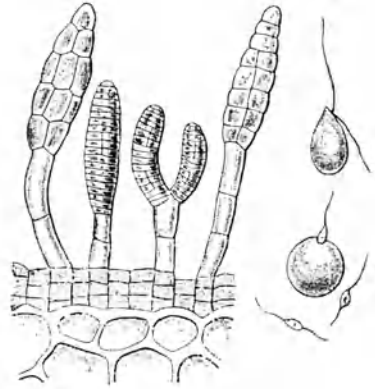


Fig. 269.
Stück der Oberfläche des Thallus von *Zanardinia* mit Gametenbehältern. Rechts daneben männliche und weibliche Gameten. (Vergrößert.)

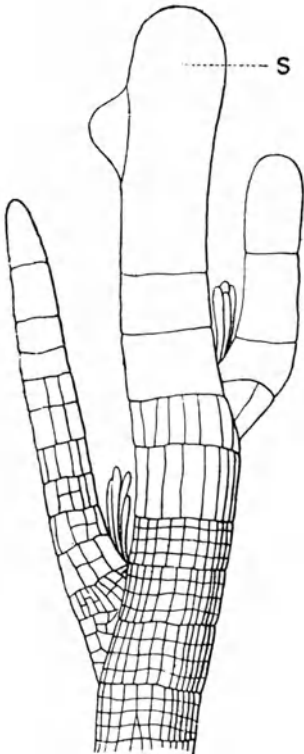


Fig. 270.
Thallusast der Meeresalge *Stypocaulon* (vergrößert nach Geyster). S Scheitelzelle.



Fig. 271.
Laminaria digitata ($\frac{1}{8}$).

Familien: Ectocarpaceae, Cutleriaceae, Sphacelariaceae, Laminariaceae, Fucaceae.

Die **Ectocarpaceen** bestehen aus einfachen oder verzweigten Zellfäden, deren Zellzahl durch Teilung beliebiger Fadenzellen vermehrt wird. In ein oder mehrfächerigen Sporangien entstehen ungeschlechtliche Schwärmosporen und die den isogamen Fortpflanzungsvorgang bewirkenden Schwärmgameten. Hierher gehört die Gattung *Ectocarpus* (Fig. 268).

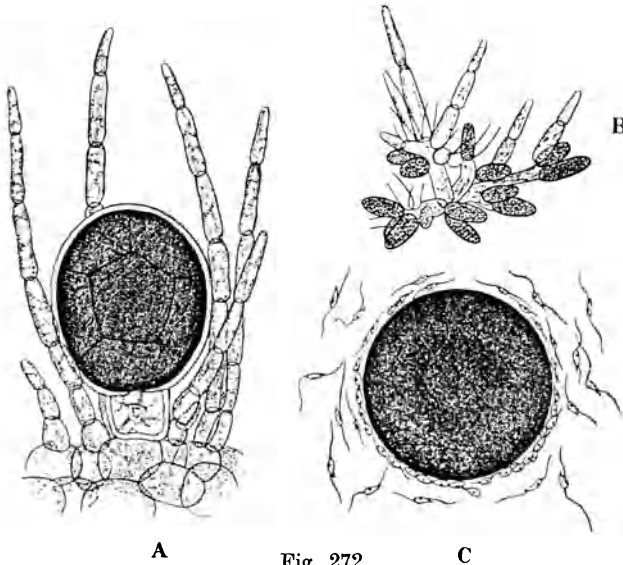


Fig. 272.

Geschlechtsorgane von *Fucus*, vergrößert (nach Thuret).

A Oogonium, in welchem acht Eizellen gebildet werden. **B** verzweigte Fäden mit Antheridien aus einem Conceptaculum. **C** ein reifes Ei, welches von Spermatozoiden umschwärmt wird (stärker vergrößert).

Die **Cutleriaceen** haben einen mehrschichtigen, flächenförmigen Thallus mit Randwachstum. Die Befruchtung ist oogam; es werden in den mehrfächerigen Gametangien männliche Mikrogameten und vielmal größere weibliche Makrogameten gebildet (Fig. 269). Gattungen *Cutleria*, *Zanardinia*.

Der Thallus der **Sphacelariaceen** ist ein aus parenchymatischen Zellen zusammengesetzter verzweigter Cylinder, der mit einer besonderen Scheitelzelle wächst. Gattungen: *Sphacelaria*, *Stypocaulon* (Fig. 270).

Die **Laminariaceen** haben einen hochgegliederten Thallus. Auf einem wurzelähnlichen Haftorgan erhebt sich ein cylindrischer Teil, welcher an seiner Spitze eine große, laubartige, einfache oder zerteilte Fläche trägt (Fig. 271). An der Basis der Fläche ist ein teilungsfähiges Gewebe vorhanden, welches alljährlich eine neue Blattfläche erzeugt, während die vorjährige zugrunde geht. Der cylindrische Stiel hat ein sekundäres Dickenwachstum. Einige Arten erreichen eine riesige Größe; der Thallus von *Macrocystis* wird mehrere hundert Meter lang. Die Stiele von *Laminaria digitata* liefern die zu chirurgischen Zwecken verwendeten *Stipites Laminariae*. Die geschlechtliche Fortpflanzung ist bei den Laminariaceen mit regelmäßigem Generationswechsel verbunden.

Die Familie der **Fucaceen** ist die höchstentwickelte. Der lederartige Thallus ist dichotom oder fiederartig verzweigt. Häufig sind an demselben regelmäßige, blasenförmige Auftreibungen vorhanden, welche als Schwimmorgane dienen. Ungeschlechtliche Fortpflanzung ist unbekannt. Die oogame geschlechtliche Fortpflanzung (Fig. 272)

ist auf S. 226 für die an den europäischen Küsten überall anzutreffende Gattung *Fucus* geschildert worden. Ein Generationswechsel findet nicht statt. Als häufig vorkommende Art möge *Sargassum bacciferum*, das Golfkraut, genannt werden, das im Atlantischen Ozean große schwimmende Inseln, sogenannte Sargassowiesen oder Tangwiesen, aus losgerissenen Exemplaren bildet.

Sechste Reihe: Die Rhodophyceen oder Florideen.

Die einfachsten Formen sind verzweigte Zellreihen, bisweilen kommt eine Gewebebildung durch Verschmelzung ursprünglich getrennter Aeste zustande. Bei anderen ist der Thallus eine Zellfläche oder ein strang- oder

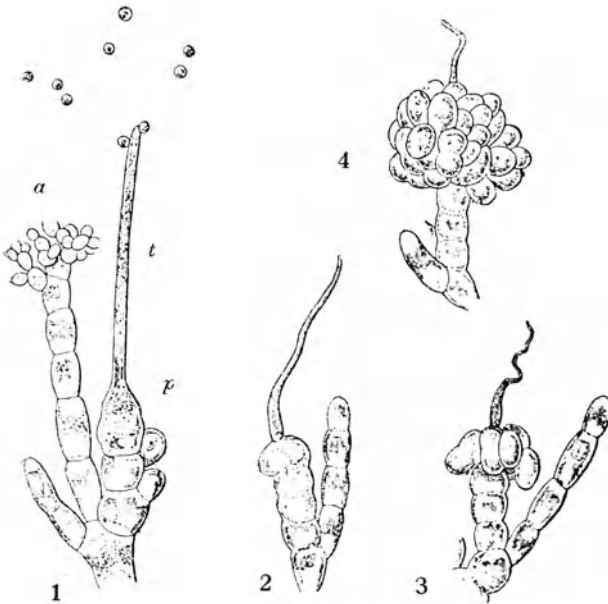


Fig. 273.

Nemalion multifidum.

1 Thallusäste mit Antheridien *a* und Prokarp; *p* Karpogon, *t* Trichogyn desselben. 2—4 Entwicklung des Prokarps nach der Befruchtung (⁴⁰⁰/₁ nach Bornet und Thuret).

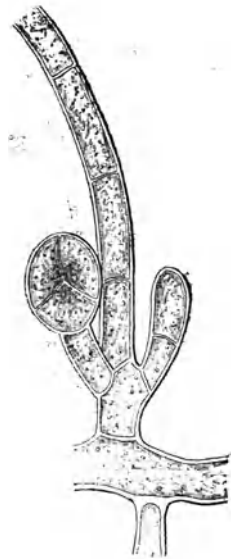


Fig. 274.

Zweigstück von der Floridee *Lejolisia mediterranea*, an welchem links ein Tetrasporangium steht (²⁵⁰/₁ nach Bornet).

flächenartiger Gewebekörper, der sich bei manchen Formen vielfach verästelt. In allen Fällen wird das Spitzenwachstum durch eine Scheitelzelle vermittelt. Der Zellinhalt führt einen roten Farbstoff, das Phycoerythrin, welcher den grünen Farbstoff verdeckt. Infolgedessen erscheinen die Florideen im frischen Zustande meist rot oder violett gefärbt, seltener sehen sie schmutzigrün oder schwärzlich aus. Die meisten Florideen leben im Meere, oft in beträchtlicher Tiefe, einige wenige sind Süßwasserbewohner.

Schwärmsporen fehlen gänzlich. Als Organe der vegetativen Vermehrung werden Sporen ohne Cilien gebildet (Fig. 274). Die geschlechtliche Fortpflanzung erfolgt durch Karposporenbildung. Die männlichen

Geschlechtsorgane sind Antheridien, welche Spermastien erzeugen. Das weibliche Geschlechtsorgan ist ein Prokarp mit einem fadenförmigen Empfängnisapparat, dem Trichogyn (Fig. 273). Die befruchtete Prokarpzelle oder eine mit ihr nach der Befruchtung kopulierende Auxiliarzelle wächst zu einer Sporenfrucht (Cystokarp) heran (Fig. 273, 2—4), die an derselben gebildeten Sporen (Karposporen) können zu neuen Individuen auswachsen. Für einige Fälle ist nachgewiesen, daß die so entstandenen Nachkommen eine ungeschlechtliche Zwischengeneration darstellen. Die von ihr gebildeten Tetrasporen werden durch Keimung zu neuen Geschlechtspflanzen. Bei anderen Arten gehen aus den Karposporen direkt wieder Geschlechtspflanzen hervor.

Die Florideen bilden eine einzige Ordnung.

Familien: Bangiaceae, Cryptonemiaceae, Nematolionaceae, Gigartinaceae, Rhodymeniaceae.

Die **Nematolionaceen** sind vor den übrigen Rotalgen dadurch ausgezeichnet, daß bei ihnen die Gonimoblasten, d. h. die das Cystokarp bildenden Fäden, an denen die Karposporen entstehen, direkt aus der befruchteten Karpogonzelle hervorgehen. Außer der Gattung *Nematolion* (Fig. 273), deren Befruchtungsvorgang auf S. 228 geschildert worden ist, und anderen, meist einfach gebauten Meeresalgen, gehören zu dieser Familie auch einige in süßem Wasser lebende Arten der Gattungen *Batrachospermum* und *Lemanea*.

Die Gonimoblasten der **Gigartinaceen** gehen aus einer mit der befruchteten Eizelle kopulierenden Auxiliarzelle hervor. Die Gigartinaceen sind ausnahmslos Meeresbewohner und in zahlreichen Gattungen und Arten in allen Meeren verbreitet. Hierher gehören einige Algenarten, welche unter dem Namen „Carrageen“ oder „irländisches Moos“ dem Arzneischatz angehören, nämlich *Gigartina mamillosa* (Fig. 275) und *Chondrus crispus*, welche beide an den Küsten Westeuropas, besonders bei Irland, eingesammelt werden. Arten von *Gigartina* liefern neben anderen Algen auch das aus Japan und China bei uns eingeführte



Fig. 275.

Gigartina mamillosa.
Offizinell.

Agar-Agar, welches zur Herstellung fester, durchsichtiger Nährböden für Bakterienkulturen verwendet wird.

Eine auffällige Erscheinung bieten die in allen Meeren, namentlich in den wärmeren Gegenden verbreiteten, zur Familie der **Cryptonemiaceen** gehörenden Corallineen, deren verschieden gestalteter Thallus meistens so stark mit kohlensaurem Kalk inkrustiert ist, daß die Pflanzen korallenähnlich erscheinen. Derartige durch Inkrustation ausgezeichnete Kalkalgen finden sich gelegentlich auch in anderen Familien der Florideen, wie z. B. manche Arten der Gattungen *Galaxaura* und *Actinotrichia* aus der Familie der **Nematolionaceen**.

Klasse III: Die Myxomyceten oder Schleimpilze.

Der Vegetationskörper der Schleimpilze ist ein Plasmodium, d. h. eine zellwandlose Protoplasmamasse, welche sich unter steter Formänderung kriechend in und auf dem Substrat bewegt. In dem körnigen Protoplasma sind zahlreiche Zellkerne zerstreut. Geschlechtliche Fortpflanzung ist nicht vorhanden. Die Entwicklungsgeschichte ist von derjenigen aller übrigen Pflanzen wesentlich verschieden. Die Sporen sind kugelige Zellen mit fester Wand. Aus den keimenden Sporen gehen meist Schwärmer hervor,

welche sich mittels einer Cilie bewegen. Nach dem Verlust der Cilie gehen die Schwärmer in einen amöbenartigen Zustand über; die als Myxamöben bezeichneten Körper bewegen sich unter Pseudopodienbildung. Sie wachsen unter Aufnahme organischer Nährstoffe und vermehren sich durch vegetative Zweiteilung. Später kriechen die Myxamöben zusammen und bilden ein Plasmodium. Von dem Plasmodium werden neue Sporen gebildet, indem entweder die ganze Plasmamasse in rundliche Zellen zerfällt, oder indem aus dem Plasmodium zapfen- oder kapselartige Sporangien entstehen, an oder in denen die Sporen gebildet werden. In den kapselartigen Sporangien ist neben den Sporen häufig noch ein Knäuel von einzelnen oder netzartig verbundenen Strängen vorhanden, welches Capillitium genannt wird.

Die Myxomyceten bilden eine einzige Reihe mit drei Ordnungen:

a) Acrasieae, b) Phytomyxinae, c) Myxogasteres.

a) Die **Acrasieen** bilden eine kleine Abteilung, deren Arten sich von den übrigen Myxomyceten dadurch wesentlich unterscheiden, daß die zum Plasmodium zusammentretenden Myxamöben nicht vollkommen verschmelzen, sondern gewissermaßen nur einen Amöbenaufen bilden. Man bezeichnet zum Unterschied von den durch Verschmelzung der Amöben gebildeten Fusionsplasmodien der übrigen Myxomyceten den Vegetationskörper der Acrasieen als Aggregatplasmodium. Die Sporen sind nicht in Sporangien eingeschlossen, sondern bilden nackte, ballenartige Anhäufungen, welche bei manchen Arten von zelligen Stielen getragen werden. Aus den Sporen entwickelt sich bei der Keimung direkt eine Myxamöbe.

Familien: Guttulinaceae, Dictyosteliaceae.

b) Die **Phytomyxinen** sind Parasiten, welche in lebenden Pflanzenzellen schmarotzen. Ihr Vegetationskörper ist ein Fusionsplasmodium. Bei der Sporenbildung zerfällt das Plasmodium in zahlreiche rundliche Körperchen, welche sich mit einer festen Membran umgeben. Die Phytomyxinen bilden eine einzige Familie.

Erwähnenswert ist die zu der Familie der **Phytomyxinen** gehörige *Plasmodiophora Brassicae*, welche in den Parenchymzellen der Wurzeln des Kohls lebt und an der Pflanze die als Kohlhernie oder Kropf des Kohls bezeichnete, vernichtende Krankheit hervorruft.

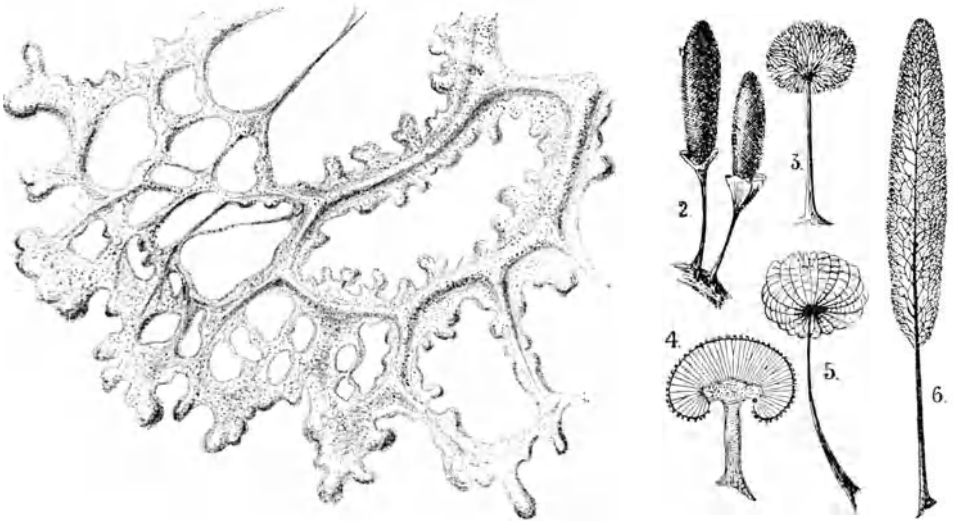
c) Die **Myxogasteres** bilden bei weitem die größte Ordnung unter den Schleimpilzen. Sie leben saprophytisch. Die Vegetationskörper sind Fusionsplasmodien (Fig. 276, 1). Aus denselben werden zu Ende der Vegetationsperiode Fruchtkörper gebildet, welche zahlreiche von einer strukturlosen Hüllmembran, der Peridie, umschlossene Sporen enthalten. Nur in der Familie der Ceratomyxaceen entstehen die Sporen äußerlich an den Fruchtkörpern; sie werden gegenüber den im Innern der Sporangien gebildeten Endosporen als Ektosporen bezeichnet.

Familien: Ceratomyxaceae, Liceaceae, Cribrariaceae, Clatroptychiaceae, Trichiaceae, Reticulariaceae, Stemonitaceae, Brefeldiaceae, Spumariaceae, Didymiaceae, Physaraceae.

Die zur Familie der **Trichiaceen** gehörigen Gattungen *Trichia* und *Arcyria* haben keulen- oder köpfchenförmige, wenige Millimeter hohe Sporangien mit meist auffällig gelb oder rot gefärbten Sporen, zwischen denen ein zierliches Capillitium vorhanden ist (Fig. 276, 2). Auch die an morschen Baumstümpfen überall häufige *Lycogala*, deren kugelige Fruchtkörper bisweilen Haselnußgröße erreichen, gehört zu den Trichiaceen.

Zur Familie der **Stemonitaceen** gehört die Gattung *Stemonitis*. Sie umfaßt einige weit verbreitete, häufiger vorkommende Schleimpilze. Die bis zu 1,5 cm langen Sporangien sind cylindrisch und werden von einem schlanken Stiel getragen, der sich als Säulchen in das Sporangium fortsetzt. Von den Säulchen entspringen zahlreiche, viel verzweigte und miteinander verbundene Capillitiumfäden, welche als ein engmaschiges Netzwerk nach der Sporenausstreung zurückbleiben und dem entleerten Sporangium ein sehr zierliches Aussehen verleihen (Fig. 276, 6).

Zu den **Physaraceen** gehört das in Lehrbüchern oft erwähnte *Aethalium septicum* (*Fuligo varians*), welches auf Gerberlohe allverbreitet ist und große chromgelbe, als Lohblüte bezeichnete Plasmodien besitzt. Die Sporangien der Lohblüte sind zu breiten, kuchenartigen Platten, sogen. Aethalien oder Plasmokarpien, fest verschmolzen und enthalten ein starkes, fädig netzförmiges Capillitium.



1 Fig. 276.

1 Stück eines Plasmodiums von *Didymium* (³⁵⁰/₄). 2—6 Entleerte Sporangien, schwach vergrößert. 2 *Arcyria*. 3 *Lamproderma*. 4 *Didymium*. 5 *Dictydium*. 6 *Stemonitis*.

Klasse IV: Die Pilze.

Abgesehen von einigen niederen Formen ist der Vegetationskörper der Pilze aus verzweigten Fäden zusammengesetzt, welche als Hyphen bezeichnet werden. Die Gesamtheit der Hyphen, welche sich in oder auf dem Nährboden ausbreiten, heißt das Mycelium oder kurz das Mycel des Pilzes. Bisweilen werden durch Verflechtung der Hyphen pseudoparenchymatische Gewebekörper gebildet. Die Zellen der Pilze besitzen typische Zellkerne im Protoplasma und eine Zellwand aus Pilzcellulose. Entsprechend dem Chlorophyllmangel sind die Pilze entweder Saprophyten oder Parasiten.

Die ungeschlechtliche Fortpflanzung wird durch Sporen oder Conidien vermittelt; erstere sind bei einigen Formen mit Cilien versehen und selbstbeweglich, meistens aber nur passiv beweglich. Die geschlechtliche Fortpflanzung ist bei manchen Pilzen reduziert oder sie fehlt gänzlich. Bei den Phycomyceten besteht sie in Zygosporen- oder Oosporienbildung durch

Verschmelzung unbeweglicher Gameten. Bei gewissen Ascomyceten ist ein oogamer Sexualprozeß nachgewiesen worden, während bei der Mehrzahl der Ascomyceten und bei den Basidiomyceten eine geschlechtliche Fortpflanzung durch Karyogamie (s. S. 229) zu erfolgen scheint.

Wir unterscheiden drei Reihen:

1. Phycomycetes (S. 277), 2. Ascomycetes (S. 279), 3. Basidiomycetes (S. 283).

Erste Reihe: Die Phycomyceten oder Algenpilze.

Der Vegetationskörper, das Mycel, wird von einer reichverzweigten Hyphe gebildet, welche nicht in einzelne Zellen gegliedert ist, der Inhalt

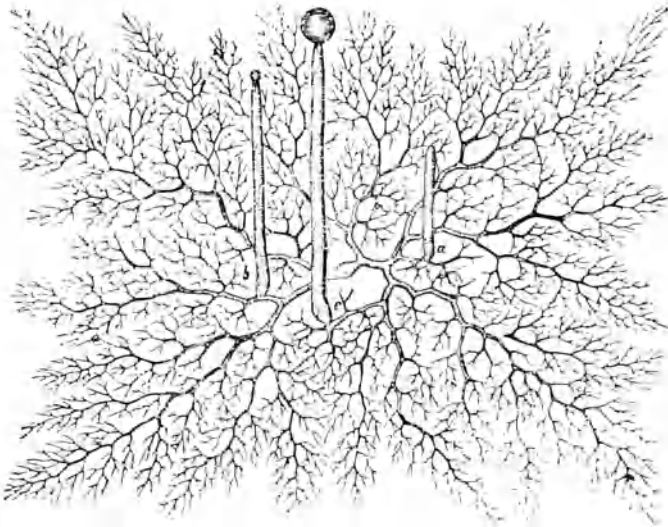


Fig. 277.

Junges Exemplar eines Schimmelpilzes (*Mucor*). *a b c* Fruchtträger in verschiedenen Entwicklungsstadien. Alles übrige stellt das reichverzweigte Mycel dar (nach Kny).

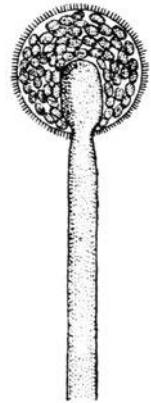


Fig. 278.

Sporangium im optischen Längsschnitt (stärker vergrößert).

enthält zahlreiche Zellkerne. Die meisten Formen sind Saprophyten, einige davon leben im Wasser untergetaucht auf zerfallenden organischen Stoffen. Eine Anzahl lebt parasitisch im Gewebe höherer Pflanzen. Ungeschlechtliche Fortpflanzung wird bei einigen durch Schwärmsporen, bei den meisten durch unbewegliche Sporen oder durch Conidien vermittelt. Die geschlechtliche Fortpflanzung beruht auf der Verschmelzung unbeweglicher Gameten und ist entweder isogam oder oogam. Danach unterscheidet man zwei Ordnungen:

a) Zygomycetes, b) Oomycetes.

a) Die **Zygomyceten** haben keine Schwärmsporen. Die ungeschlechtliche Fortpflanzung wird durch Conidien oder durch unbewegliche Sporen vermittelt, welche sehr zahlreich in gestielten Sporangien erzeugt werden. Die geschlechtliche Fortpflanzung, die auf S. 223 beschriebene Zygosporienbildung (Fig. 225 B), kommt meist in der freien Natur nicht gerade häufig

vor. Bisweilen verschmelzen die ausgebildeten Gametenäste nicht miteinander, sondern jeder oder einer von ihnen wird direkt zur Spore, die in ihrer Ausbildung und in ihrem Verhalten von den echten Zygosporien nicht verschieden ist. Man bezeichnet derartige Gebilde als Azygosporien.

Familien: Mucoraceae, Chaetocladiaceae, Piptocephalidaceae, Mortierellaceae, Entomophthoraceae.

Die Familie der **Mucoraceen** enthält in der Gattung *Mucor* einige Arten, wie *Mucor mucedo* und *M. stolonifer*, welche schimmelbildend auf allerhand organischen Körpern, auf Brot, Kartoffeln, Fruchtsäften usw. auftreten. Einige Arten, *M. racemosus*, können in zuckerhaltigen Flüssigkeiten Alkoholgärung erzeugen. *M. piriformis* vermag aus Zucker durch Gärung reichlich Zitronensäure zu bilden. Die Sporenbildung von *Mucor* ist in Fig. 277 und 278, die Zygosporienbildung bereits in

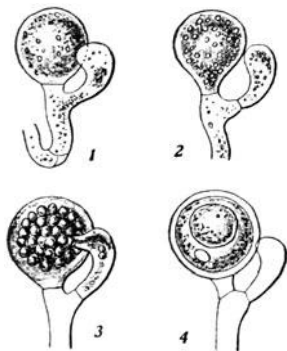


Fig. 279.

1—4 Aufeinanderfolgende Stadien der Oosporenbildung bei *Pythium gracile* (ca. $\frac{800}{1}$ nach De Bary).

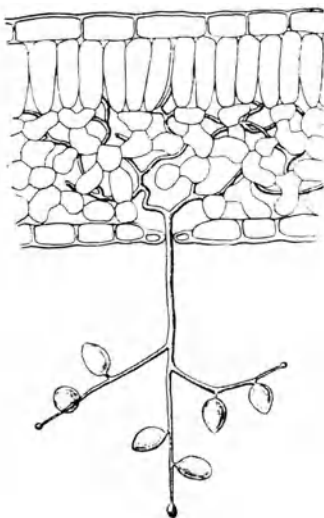


Fig. 280.

Teil vom Querschnitt eines von *Phytophthora* bewohnten Kartoffelblattes. An der Unterseite des Blattes wächst aus einer Spaltöffnung ein Conidienträger des Pilzes hervor ($\frac{150}{1}$).

Fig. 225 B dargestellt worden. Zu den Mucoraceen gehört auch der in botanischen Instituten häufig zu physiologischen Versuchen verwendete *Phycomyces nitens*, welcher aus Amerika zu uns gekommen ist, und der auf S. 198 besprochene *Pilobolus*.

Die Familie der **Entomophthoraceen** bildet bezüglich der geschlechtlichen Fortpflanzung einen Uebergang zwischen den Zygomyceten und Oomyceten. Die Entomophthoraceen finden sich zum größten Teil als Parasiten auf Insekten, welche lebend befallen und schnell getötet werden. Hierher gehört der Fliegenschimmel, *Empusa Muscae*, welcher im Herbst eine Epidemie unter den Stubenfliegen verursacht. Der Körper der befallenen Fliegen wird vom Mycel des Pilzes durchwuchert. Einzelne Myceläste treten aus der Körperoberfläche hervor und schnüren je eine spitzkugelförmige Conidie ab, welche bei der Reife fortgeschleudert wird, wodurch andere in die Nähe kommende Fliegen infiziert werden. *Empusa Aulicae* erweist sich durch Vernichtung der als Forstschädling gefürchteten Raupe von *Trachea piniperda* nützlich.

b) Die **Oomyceten** pflanzen sich ungeschlechtlich durch Schwärmsporen, unbewegliche Sporen oder durch Conidien fort. Die geschlechtliche Fortpflanzung wird durch Oosporenbildung bewirkt (Fig. 279). Normalerweise werden die in Oogonien gebildeten Eizellen von einem Antheridienast aus befruchtet. Sehr häufig ist Apogamie vorhanden, indem entweder der

von dem Antheridienast gebildete Befruchtungsschlauch geschlossen bleibt, oder indem überhaupt kein Befruchtungsschlauch gebildet wird. Die unbefruchteten Eizellen entwickeln sich in diesen Fällen gleichwohl zu Sporen, welche mit den Oosporen gleiche Ausbildung und gleiches Verhalten zeigen.

Familien: Chytridiaceae, Monoblepharidaceae, Peronosporaceae, Saprolegniaceae.

Zu den **Peronosporaceen** gehören einige Schmarotzerpilze, welche oft die Wirtspflanzen erheblich schädigen. Von besonderem Interesse sind diejenigen Arten, welche Kulturpflanzen befallen. Von ihnen möge der Verursacher der Kartoffelkrankheit, *Phytophthora infestans*, als Beispiel angeführt werden. Das Mycel überwintert in kranken Kartoffelknollen und dringt im Frühling in die sich entwickelnden Laubtriebe ein. Aus den Spaltöffnungen der Kartoffelblätter wachsen baumartig verzweigte Myceläste hervor, welche Conidien abströmen (Fig. 280). Durch die letzteren wird die Erkrankung auf andere Kartoffelpflanzen übertragen. Als gefährliche Parasiten sind ferner zu nennen *Phytophthora omnivora*, welche die Keimlinge vieler Pflanzen befällt und bisweilen die Buchenkeimlinge in Pflanzschulen vernichtet, ferner viele Arten der Gattung *Peronospora*, besonders *P. viticola*, der falsche Mehltau des Weinstocks, ein aus Amerika eingewandertes gefährlicher Schädling, der durch mehrmaliges Besprengen der Blätter mit einer zwei- bis vierprozentigen Kupfervitriol-Kalk-Brühe erfolgreich bekämpft wird, und *P. parasitica*, die bisweilen an Kulturen von Kohl, Raps, Rüben, Lein- und Getreide beträchtlichen Schaden anrichtet. Sehr häufig ist überall als Schmarotzer auf Cruciferen, besonders auf *Capsella Bursa pastoris*, *Cystopus candidus* (*Albugo candida*) zu finden, welcher unter der Epidermis der Wirtspflanze große, schwierig aufgetriebene, weiße, glänzende Conidienlager entwickelt. Zu der Familie gehört auch die Gattung *Pythium* (Fig. 279), deren Oosporenbildung auf S. 224 beschrieben worden ist.

Die **Saprolegniaceen** leben im Wasser auf toten Tieren oder Pflanzenresten; bisweilen werden sie auch als Schmarotzer auf jungen Fischen in Fischbrutanstalten gefunden. Die ungeschlechtliche Fortpflanzung erfolgt sehr ausgiebig durch Schwärmsporen. Hierher gehörige Gattungen sind *Saprolegnia*, *Achlya* und *Leptomitum*. *Leptomitum lacteus* tritt bisweilen in ungeheurer Menge in den Abwässern der Zucker-, Spirit- und Stärkefabriken auf und schädigt, indem seine Massen der Fäulnis verfallen, die Fischzucht auf weite Strecken in den die Abwässer aufnehmenden Flüssen.

Zweite Reihe: Die Ascomyceten oder Schlauchpilze.

Der Vegetationskörper besteht mit vereinzelt Ausnahmen aus verzweigten Hyphen, welche bei einigen frei bleiben, bei anderen zu dickeren

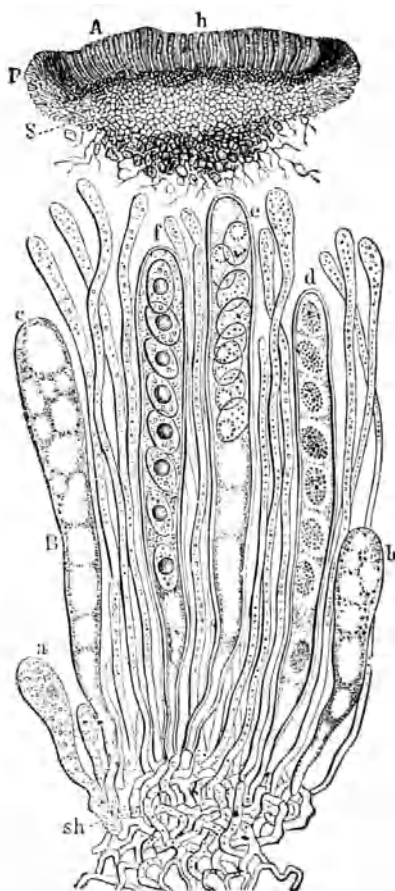


Fig. 281.

Peziza convexula.

A Längsschnitt durch den Fruchtschale, bei h die Schicht der Sporenschläuche. B mehrere Sporenschläuche vergrößert, von a bis f die verschiedenen Zustände der Schläuche und der in ihnen durch freie Zellbildung entstehenden Sporen zeigend. (Stark vergrößert.)

Strängen oder flachen, krustenartigen Körpern verwebt sind. Geschlechtliche Fortpflanzung ist bisher nur bei einigen wenigen Formen nachgewiesen worden. Die Vermehrungsorgane sind Sporen, welche gewöhnlich in bestimmter Anzahl, meist zu acht, durch freie Zellbildung im Innern von keulen- oder kugelförmigen Sporangien entstehen. Die Sporangien werden als Asci (in Einzahl als Ascus), die Sporen als Ascosporen bezeichnet. Die Asci entstehen bei den niedersten Formen direkt an den freien Mycelfäden, die höheren Ascomyceten bilden Fruchtkörper aus, in oder an denen die Asci in größerer Zahl auftreten (Fig. 281). Bei manchen Ascomyceten

sind neben den Ascosporen noch Conidien bekannt.

Hierher gehören drei Ordnungen:

- a) Carpoasci,
- b) Exoasci,
- c) Hemiasci.

a) Die **Carpoasci** bilden pseudoparenchymatische Fruchtkörper aus, in oder an denen die meist achtsporigen Asci stehen. Die Gewebeschicht, welche die Sporenschläuche enthält, wird Hymenium genannt. Gewöhnlich sind in dem Hymenium zwischen oder neben den Asci zahlreiche haarförmige Fäden enthalten, welche man als Saftfäden oder Paraphysen bezeichnet (Fig. 281). In einzelnen Fällen ist die Entstehung des die Asci enthaltenden Gewebekomplexes aus einem durch einen Antheridienast befruchteten Oogonium nachgewiesen worden.

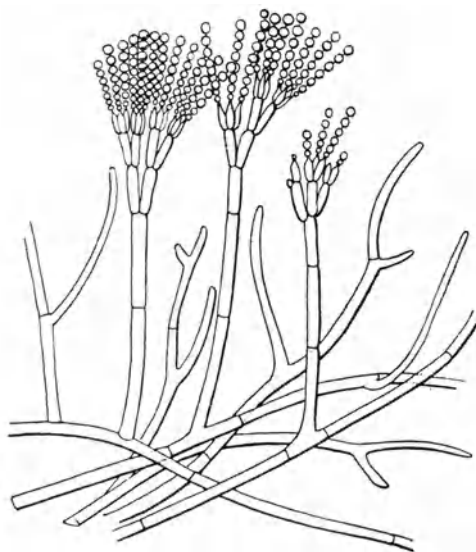


Fig. 282.

Ein Teil eines Schimmelrasens stark vergrößert. Die kriechenden Fäden des Schimmelpilzes (*Penicillium*) tragen aufrechte Aeste, an denen grau-grüne, perlchnurartig aneinandergereihte Sporen in ungeheurer Menge abgeschnürt werden.

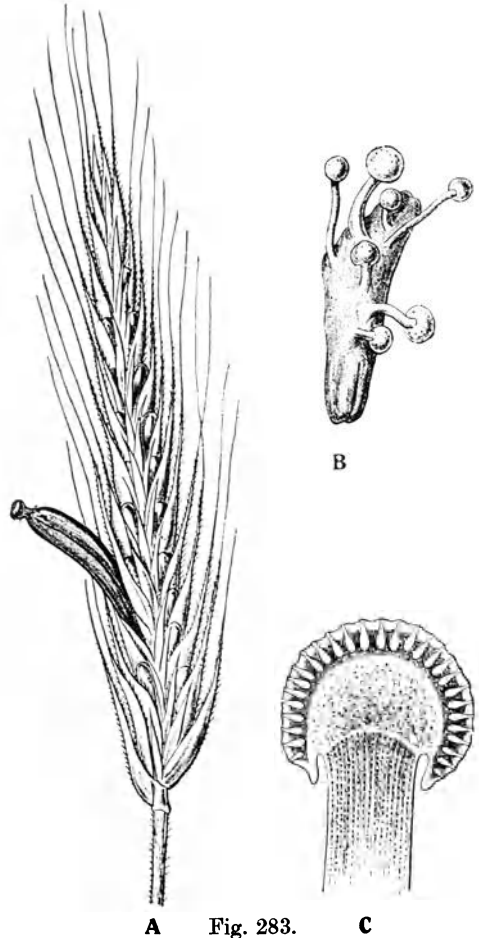
Neben der Ascosporenbildung haben viele Arten noch Conidienbildung, häufiger werden die Conidien an eigenen Fruchttägern gebildet, welche frei an den Hyphenästen stehen oder wie die Schlauchfrüchte dem zu einem dichten Stroma verwobenen Mycel eingesenkt sind.

Familien: Perisporiaceae, Pyrenomycetes, Discomycetes.

Die **Perisporiaceen** sind dadurch ausgezeichnet, daß die Sporenschläuche im Innern vollkommen geschlossener Fruchtkörper, sogen. Perithezien, gebildet werden. Bei den, hauptsächlich den Gattungen *Erysiphe*, *Uncinula*, *Sphaerotheca* angehörenden Mehltaupilzen, welche als Schmarotzer auf den Blättern höherer Pflanzen schimmel- oder mehllartige Ueberzüge bilden, sind die Perithezien punktkleine, schwarze oder braune, oft mit zierlichen Anhängseln versehene Kügelchen, welche einen oder mehrere oft achtsporige Schläuche enthalten. Daneben werden an fädigen Aesten Conidien gebildet. Der bei uns meist nur in der Conidienform *Oidium Tuckeri* auftretende Mehltau oder Aescherich des Weinstocks *Uncinula necator* beein-

trächtig bisweilen die Weinernte, indem er, auf die jungen Beeren übergehend den sogen. Beerenbruch erzeugt und damit das Absterben und die Fäulnis der befallenen Beeren veranlaßt. Von größeren Pilzen gehört die unterirdisch lebende Hirschtrüffel, *Elaphomyces* hierher mit knollenförmigen hasel- bis walnußgroßen Peritheciën. Zu den Perisporiaceen werden auch die Gattungen *Eurotium* und *Penicillium* gestellt, von denen einige Arten zu den verbreitetsten Schimmelpilzen gehören. Die Fortpflanzung durch Ascosporen tritt bei diesen Formen sehr zurück gegen die Conidienbildung. Die Conidien werden an pinselförmig verzweigten Mycelästen in reichster Menge abgliedert, wie es in Fig. 282 für *Penicillium* abgebildet ist.

Bei den **Pyrenomyceten** sind die Sporenschläuche gleichfalls in einen Fruchtkörper eingeschlossen, die Wand des Fruchtkörpers, die Peridie, besitzt aber oben eine feine Oeffnung, durch welche die reifen Sporen ins Freie gelangen. Die einzelnen Fruchtkörper oder Peritheciën stehen bei einigen Formen unmittelbar auf dem Mycel, meist aber sind sie in einem vom Mycel gebildeten polster- oder keulenförmigen Stroma eingesenkt. Neben der Ascosporenbildung kommt häufig Conidienbildung vor. Als Beispiel möge *Claviceps purpurea*, der Pilz, der das officinelle Mutterkorn — *Secale cornutum* — liefert, angeführt werden (Fig. 283). Das eigentliche Mutterkorn, die schwarzen, hornartigen Körper, welche vereinzelt an Stelle von Fruchtknoten in den Roggenähren stehen, ist aus pseudoparenchymatisch verwobenen Hyphen des Pilzes gebildet, es stellt ein Dauermycelium, ein sogen. Sklerotium dar, welches bei der Getreideernte auf den Erdboden gelangt und unverändert überwintert. Im Frühling wachsen aus den Sklerotien rötliche, hutpilzähnliche Stromata hervor, in deren kugeligen Köpfchen zahlreiche Peritheciën eingesenkt sind. Die in den Peritheciën gebildeten Asci enthalten je acht fadenförmige Sporen, welche bei der Reife ausgeschleudert werden und so auf junge Roggenähren gelangen. Dort entwickelt sich aus ihnen ein Mycel, welches zu der Deformation des Fruchtknotens Anlaß gibt. Die Hyphen dringen aus der Oberfläche hervor und überziehen die ganze Fruchtanlage mit dichtem Gewebe; dessen Außenfläche von senkrechtstehenden kurzen Aesten gebildet wird. Die



A Fig. 283. **C**
Claviceps purpurea. Offizinell.
A Roggenähre mit einem Sklerotium. **B** ein Sklerotium mit Fruchtkörperchen. **C** Längsschnitt durch ein Köpfchen, in dessen Oberfläche die flaschenförmigen Peritheciën eingesenkt sind. Die Asci in den letzteren sind nicht gezeichnet. (Nach Tulasne.)

letzteren erzeugen an ihrer Spitze zahlreiche Conidien, welche mit ausgeschiedenen Flüssigkeitstropfen (Honigtau des Getreides) zwischen den Spelzen hervortreten, von Insekten auf andere Fruchtknoten übertragen werden und dort neue Infektion erzeugen. Später geht der Pilz wieder in das anfangs erwähnte Sklerotienstadium über. Zahlreiche andere Pyrenomyceten leben als Schmarotzer auf den verschiedensten Wirtspflanzen. *Cladospodium herbarum* verursacht die sogen. Schwärze des Getreides, *Pleospora putrefaciens* die Bräune der Runkelrübenblätter. Arten von *Leptosphaeria*

kommen gleichfalls als Schädlinge auf Roggen und Weizen vor. Der Ertrag der Apfel- und Birnbäume wird bisweilen durch *Fusicladium*-Arten beeinträchtigt. *Dematophora necatrix* ruft den Wurzelschimmel und *Gloeosporium ampelophagum* den schwarzen Brenner des Weinstocks hervor. *Phoma Betae* ist die Ursache der Trockenfäule der Zuckerrüben. *Brunchhorstia destruens* und *Pestalozzia Hartigii* sind gefährliche Schädlinge verschiedener Nadelhölzer. An Pflaumenbäumen wird durch *Polystigma rubrum*, an Süßkirschen durch *Gnomonia erythrostoma* eine die Ernte beeinträchtigende Blattfleckenkrankheit veranlaßt. Arten von *Nectria* bewirken krebsartige Erkrankungen an verschiedenen Laubbäumen. Einige Arten der Gattung *Cordyceps* leben auf abgestorbenen Insektenlarven; im übrigen begnügen sich die Saprophyten aus dieser Gruppe meist mit Tierkot oder mit abgefallenen Blättern und dünnen Holz- und Rindenstücken.

Die **Discomyceten** haben schüssel-, schüssel-, becher- oder kreiselförmige Fruchtkörper, welche Apothecien genannt werden. Das Hymenium überzieht in größerer oder geringerer Ausdehnung die innere bzw. die obere Seite der Apothecien. Auch hier sind vielfach Nebenfruchtformen mit Conidienbildung vorhanden. Die häufigen Arten der Gattung *Peziza* haben fleischige oder wachsartige, schüsselförmige Apothecien (Fig. 281). Einige Discomyceten sind als gefährliche Parasiten von Kulturpflanzen berüchtigt: der Wurzeltötter der Luzerne, *Rhizoctonia violacea*, gehört hierher. Arten von *Sclerotinia* verursachen die als Sklerotienkrankheit bezeichnete Beschädigung an Klee, Raps, Hanf u. a. m. Die zu einem in die gleiche Verwandtschaft gehörigen Pilz gerechnete, als *Botrytis* bezeichnete Conidienform soll auf den reifen Weintrauben die sogen. Edelfäule veranlassen. Zu den stattlichsten Discomyceten gehören die Morcheln, von denen einige den Gat-

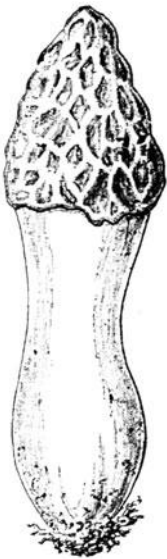


Fig. 284.

Morchella conica.

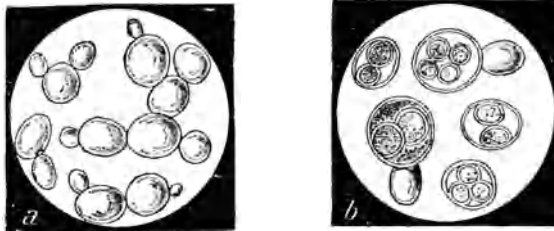


Fig. 285.

Saccharomyces cerevisiae.

a vegetative Zellen. b Ascosporenbildung.

tungen *Morchella* (Fig. 284) und *Helvella* angehörende Arten als schmackhafte Speiseschwämme geschätzt werden. Die als Speiseschwämme verwendeten *Helvella*-Arten enthalten im frischen Zustande ein für den Menschen gefährliches Gift, welches beim Trocknen des Pilzes verschwindet und beim Abbrühen des frischen Schwammes in die Brühe übergeht. Letztere darf deshalb nicht mitgenossen werden. Die ebenfalls hierher gehörigen Trüffelpilze, welche meist unterirdisch im Waldboden leben, haben fleischige, knollenförmige Fruchtkörper, die bei einzelnen Arten über ein Kilo schwer werden können. Unter den Trüffelpilzen gehören Arten der Gattung *Tuber*, besonders *Tuber melanosporum*, *T. aestivum*, *T. brumale*, zu den feinsten Speisepilzen.

b) Die **Exoasci** bilden keine eigentlichen Fruchtkörper, die Sporenschläuche stehen nackt und frei an den Mycelfäden. Die in ihnen gebildeten Ascosporen gehen bisweilen schon innerhalb des Ascus zu hefeartiger Sprossung über, so daß der reife Ascus mit zahlreichen sproßconidien erfüllt wird.

Familie: Gymnoasci.

Von den zu der Familie der **Gymnoasci** gehörigen Pilzen sind am bemerkenswertesten die *Taphrina*-Arten. Sie leben parasitisch im Gewebe höherer Pflanzen und rufen häufig an dem Vegetationskörper des Wirtes auffällige Veränderungen hervor. So verursacht z. B. *Taphrina Cerasi* die als Hexenbesen bezeichnete Mißbildung an Kirschbäumen. Bekannt und weit verbreitet ist auch *Taphrina pruni*, welche die als Narren, Hungerzwetschen oder Schusterpflaumen bezeichnete Mißbildung der Früchte von *Prunus domestica* verursacht. *T. deformans* veranlaßt die den kultivierten Pfirsichbäumen bisweilen verhängnisvolle Kräuselkrankheit der Blätter. Andere Arten wie *T. Sadebeckii*, *T. Betulae* etc. erzeugen mildergefährliche Blattfleckenkrankheiten an Erlen, Birken usw.

c) Die **Hemiasci** sind auf einer niederen Entwicklungsstufe stehende Pilze, denen zum Teil eine Hyphenbildung vollkommen fehlt. Die Sporangien sind kugel- oder schlauchförmige Zellen, deren Inhalt durch freie Zellbildung Sporen in unbestimmter Anzahl erzeugt.

Familien: *Protomyces*, *Saccharomyces*.

Zu den **Protomyces** gehört der überall häufige *Protomyces macrosporus*, welcher an Stengel, Blattstielen und Blattnerven von *Aegopodium* Anschwellungen verursacht. Das in den Anschwellungen vorhandene Mycel des Pilzes bildet zahlreiche dickwandige Dauerzellen, welche überwintern und im nächsten Frühling bei der Keimung sofort ein ascusartiges Sporangium mit vielen Sporen erzeugen.

Die **Saccharomyces** oder Hefepilze bestehen aus runden, mit einem Zellkern versehenen Zellen, welche fortgesetzt sich durch Sprossung vermehren. Die Zellen leben einzeln oder sie bleiben in kurzen sproßverbänden beieinander; ein typisches Mycel wird nie gebildet. Die Sporangien unterscheiden sich äußerlich nicht von den vegetativen Zellen. In ihrem Inhalt entstehen zwei bis acht kugelige Sporen mit dicker Membran. Die Hefepilze rufen durch ihre Vegetation in zuckerhaltigen Flüssigkeiten eine Gärung hervor, indem sie den Zucker in Alkohol und Kohlensäure zerlegen. Es ist in neuerer Zeit gelungen, aus dem Zellinhalt zerriebener Hefezellen ein Enzym, die Zymase, zu gewinnen, welche auch ohne das Vorhandensein lebender Hefezellen die Vergärung von Traubenzucker zu bewirken vermag. Andere in den Hefezellen gefundene Enzyme wie die Invertase, Maltase u. a. m. wandeln andere Zuckerarten wie Maltose und Saccharose in den vergärbaren Traubenzucker um. In der freien Natur finden die Hefearten wie z. B. *Saccharomyces apiculatus* u. a. m. ihre günstigen Entwicklungsbedingungen in dem zuckerhaltigen Saft der Früchte und in Baumflüssen. Sie überwintern im Erdboden und gelangen mit dem Staube durch den Wind oder durch Insekten wieder in ausfließende Baumsäfte und auf die Früchte. Die in der Technik der Gärungsgewerbe verwendeten Hefepilze sind meistens uralte Kulturpflanzen, welche ohne die Pflege des Menschen in der Natur nicht mehr fortkommen. Man unterscheidet Oberhefen, welche bei normaler Temperatur sich vorwiegend an der Oberfläche der gärenden Flüssigkeit ansammeln, und Unterhefen, deren Zellen zum größten Teil in der Flüssigkeit untergetaucht vegetieren. Die mit einem Sammelnamen als *Saccharomyces cerevisiae* bezeichneten Bierhefepilze (Fig. 285) werden bei der Bierbereitung zur Hervorrufung der Alkoholgärung in dem zuckerhaltigen Malzauszug verwendet. *Saccharomyces ellipsoideus* und andere bewirken in dem ausgepreßten Traubensaft die Weinbildung. Die beim Backen verwendete Preßhefe bewirkt dadurch, daß sie bei der Vergärung des Zuckers Kohlensäureblasen bildet, zugleich die Lockerung des Teiges.

Dritte Reihe: Die **Basidiomyceten**.

Der Vegetationskörper ist ein aus Hyphen gebildetes Mycel. Sporangien, welche in ihrem Innern Sporen ausbilden, fehlen. Träger der Fortpflanzung sind Conidien in verschiedener Form und Ausbildung. Bei den typischen Formen werden die Conidien in bestimmter Zahl an keulenförmigen Stielzellen, den Basidien, abgegliedert. Die Basidien stehen sehr selten einzeln, meist sind sie an der Oberfläche von pseudoparenchymatischen Fruchtkörpern oder im Innern derselben zu dichten Lagern vereinigt.

Die von ihnen gebildeten Conidien werden als Basidiosporen bezeichnet. Bei manchen Basidiomyceten werden nebeneinander verschiedene Arten von Conidien ausgebildet.

Wir unterscheiden vier Ordnungen:

a) Hemibasidii, b) Protobasidii, c) Hymenomycetes, d) Gastromycetes.

a) Die **Hemibasidier**. Die Conidienträger sind basidienähnlich, haben aber die Bestimmtheit in Form und Conidienzahl, welche die echten Basidien auszeichnet, noch nicht erreicht. Die Conidienträger entwickeln sich direkt aus überwinternden Dauersporen.

Familie: Ustilaginaceae.

Die **Ustilaginaceen** oder Brandpilze leben parasitisch auf höheren Pflanzen, vorzugsweise auf den Getreidearten und anderen Gräsern und erzeugen an denselben die als Brand bezeichneten Krankheiten. Ihre Dauersporen, welche in der Regel als schwarze Staubmassen einzelne deformierte Organe der befallenen Pflanze erfüllen, werden Brandsporen genannt. Aus der Dauerspore entwickelt sich bei der Keimung direkt die Basidie,

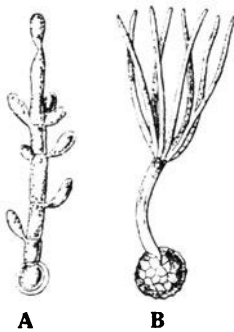


Fig. 286.

A keimende Dauerspore von *Ustilago*, welche eine Basidie gebildet hat.

B keimende Dauerspore von *Tilletia* mit Basidie.

welche entweder quer geteilt ist und aus jeder Zelle eine unbestimmte Anzahl von Basidiosporen hervorbringt (Fig. 286A), oder einen kurzen ungegliederten Zellfaden darstellt, der an seiner Spitze die Conidien trägt (Fig. 286B). Man unterscheidet danach die **Ustilagineen**, mit geteilten, und die **Tilletieen**, mit ungeteilten Basidien. Unter den ersteren enthält die Gattung *Ustilago* eine Anzahl gefährlicher Getreideschädlinge. Die als *Ustilago Carbo* bezeichnete Artengruppe erzeugt den Staub-, Flug- oder Rußbrand des Hafers, des Weizens und der Gerste (Fig. 287, 1—3). *U. Maidis* ruft faust- bis kindskopfgroße Brandbeulen an der Maispflanze hervor. *U. destruens* ist der Verursacher des Hirsebrands an *Panicum miliaceum*. Zu den Tilletieen gehören *Tilletia caries*, welche den Stein-, Schmier- oder Stinkbrand des Weizens veranlaßt (Fig. 287, 4), und *Urocystis occulta*, der Verursacher des Roggenstengelbrandes. Da die Infektion der Getreidepflanzen in der Regel durch die Brandsporen erfolgt, welche dem Saatkorn anhaften, so bekämpft man die Brandkrankheiten erfolgreich, indem man das Saatgut vor der Aussaat in eine schwache (2—8%) Lösung von Kupfervitriol einlegt oder für kurze Zeit mit Wasser von ca. 55° C benetzt, wodurch die Keimfähigkeit

der Pilzsporen vernichtet wird. Es kann aber auch während des Sommers eine Infektion der Fruchtknoten des Getreides mit Brandkeimen erfolgen; das dabei gebildete Mycel überwintert im Innern der Getreidekörner und gelangt erst im nächsten Jahr an der Keimpflanze zur Sporenbildung. Gegen diese Form der Infektion schützt die Beizung des Saatgutes nicht.

b) Die **Protobasidier**. Die Conidienträger sind entweder quer oder längs geteilt, jede Teilzelle der Basidie bildet eine Conidie. Bei manchen Arten sind mehrere Nebenfruchtformen bekannt.

Familien: Uredineae, Auriculariaceae, Pilacreae, Tremellinaceae, Exobasidiaceae.

Die **Uredineen** oder Rostpilze haben freie, quergeteilte Basidien, welche sich direkt aus keimenden Dauersporen entwickeln. Bei den meisten Rostpilzen sind verschiedene Nebenfruchtformen bekannt, welche bisweilen in dem Entwicklungsgang der Individuen eine wichtige Rolle spielen. Als Beispiel möge die überall verbreitete *Puccinia graminis* angeführt sein, welche Rostkrankheit des Getreides verursacht (Fig. 288). Im Frühjahr erscheinen auf den Blättern des Sauerdorns, *Berberis vulgaris*, orangefarbene Flecken, aus denen bald kleine, urnenförmige Pilzfrüchte hervorgehen, in denen von kurzen Hyphenästen zahlreiche Conidien abgeschnürt werden. Diese Fruchtform wird als das *Aecidium* des Pilzes bezeichnet. Neben den *Aecidien*

kommt auf denselben Blattflecken noch eine andere Conidien bildende Fruchtkform vor, die Spermogonien, über deren Bedeutung für die Fortpflanzung des Pilzes nichts bekannt ist. Die Aecidiensporen entwickeln, wenn sie auf ein Grasblatt gelangen, ein in das Blattgewebe eindringendes Mycelium, aus dem nach einiger Zeit ein rostbraunes Conidienlager erzeugt wird, welches unter der Epidermis des befallenen Blattes hervorbricht. Diese Fruchtkform heißt Uredo, die hier gebildeten Conidien werden als Uredosporen bezeichnet.



Fig. 287.

Brandkranke Getreide: 1 Staubbrand des Hafers. 2 Staubbrand der Gerste.
3 Staubbrand des Weizens. 4 Steinbrand des Weizens.

Sie keimen sofort und können die Infektion auf andere Graspflanzen übertragen. Gegen Ende des Sommers oder im Herbst erzeugt das Mycelium des Pilzes auf den Grashalmen Dauersporen, welche Teleutosporen genannt werden. Dieselben sind bei *Puccinia* aus zwei keimfähigen Zellen zusammengesetzt, andere Uredineen haben einzellige oder drei- oder mehrzellige Teleutosporen. Die Teleutosporen überwintern und keimen im nächsten Frühling, indem sie quergegliederte Basidien erzeugen, an welchen auf kurzen Sterigmen die Basidiosporen entstehen. Die letzteren rufen wieder an Berberisblättern die Blattflecken mit Aecidien hervor. Die merkwürdige Erscheinung, daß die verschiedenen Entwicklungsformen des Pilzes verschiedene Pflanzen bewohnen, wird als Wirtswechsel be-

zeichnet; sie findet sich bei verschiedenen Uredineen, kommt aber auch in anderen Pilzgruppen vor.

Puccinia Rubigo vera verursacht den Weizenrost, das Aecidium lebt auf Ackerunkräutern aus der Familie der Asperifoliaceen. *Puccinia coronifera* erzeugt den Kronenrost, der besonders den Hafer, aber auch gelegentlich andere Getreide befällt. Das Aecidium entwickelt sich auf *Rhamnus cathartica* und *Frangula*. Der Pilz kann aber auch durch überwinternde Uredosporen in das neue Vegetationsjahr fortgepflanzt werden. Der besonders häufig auf Blättern kultivierter Rosenstöcke auftretende Rost wird von *Phragmidium rosarum* verursacht. Alle Entwicklungsstadien leben auf derselben Wirtspflanze. Die Teleutosporen sind walzenförmig, 5—10 zellig. Die Gattung *Uromyces* mit einzelligen Teleutosporen liefert gleichfalls manche Schmarotzer auf Kulturpflanzen, z. B. *Uromyces pisi*, *U. betae*, *U. phaseolorum*, *U. viciaefabae* u. a. m.

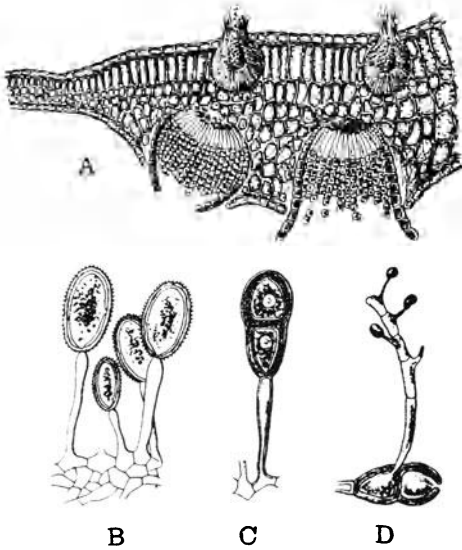


Fig. 288.

Puccinia graminis. **A** Teil vom Querschnitt eines vom Pilz befallenen Blattes von *Berberis vulgaris*. An der Unterseite sind zwei Aecidien, oben sind zwei Spermogonien getroffen. **B** Uredosporen. **C** eine Teleutospore. **D** gekeimte Teleutospore; der Keimschlauch bildet eine quer-gliederte Basidie mit seitlichen Sterigmen (vergrößert).

Ein häufiger Vertreter der Familie der **Auriculariaceen** ist die *Auricularia sambucina*, das Judasrohr, welche ohrmuschelähnliche, schwarzbraune Fruchtkörper an alten Holunderstämmen entwickelt. Die Basidien sind hier gleichfalls quer geteilt.

Bei den **Tremellinaceen** ist die Basidie durch zwei aufeinander senkrechte Wände der Länge nach in vier Zellen geteilt, deren jede ein Sterigma mit einer Conidie entwickelt (Fig. 289). Bei den von einigen Autoren als besondere Familie der **Dacryomycetaeen** abgetrennten Arten unterbleibt

jedoch die Ausbildung der Teilungswand in der Basidie, deren äußere Erscheinung aber mit derjenigen der übrigen Tremellinaceen durchaus übereinstimmt. Die auf Nadelholz gesellig wachsende *Calocera viscosa*, deren orangerote, gallertartige, zitternde, trocken hornartige Fruchtkörper geweihähnlich verzweigt sind, gilt für essbar. Die Mycelien der Tremellinaceen leben meist in Holz, ihre gallertartigen, zitternden Fruchtkörper treten bei feuchtem Wetter hervor.

e) Die **Hymenomyceten** oder Hautpilze. Bei den Hymenomyceten, mit Ausnahme der **Tomentellaceen**, sind die Basidien zu einer Hautschicht, **Hymenium**, vereinigt, welche die freie Oberfläche verschieden gestalteter Fruchtkörper überzieht. Die Basidien sind einzellig und meist mit vier oder zwei Sterigmen mit je einer Basidiospore versehen (Fig. 290).

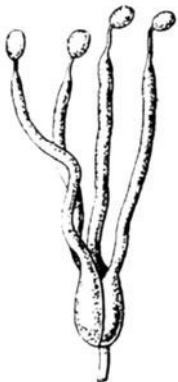


Fig. 289.
Längsgeteilte
Basidie von *Tremella*
(450 \times nach Brefeld).



Fig. 290.
Gruppe von Basidien
von einem *Agaricus*.

Familien: Tomentellaceae, Telephoraceae, Clavariaceae, Hydnaceae, Polyporaceae, Agaricaceae.

Die **Telephoraceen** besitzen ein glattes Hymenium, welches nicht an bestimmt geformte Hervorragungen des Fruchtkörpers gebunden ist, sondern die Unterseite des gestielten oder sitzenden, hut- oder trichterförmigen Fruchtkörpers überzieht. Häufiger in Wäldern vorkommend ist *Craterellus cornucopioides*, die Totentrompete. *C. clavatus* mit fleischigem Fruchtkörper ist unter dem Namen Hasenohrchen oder Schweinsohr als Speiseschwamm bekannt.

Die Familie der **Clavariaceen** ist durch aufrechte, einfache oder ästig verzweigte Fruchtkörper ausgezeichnet, welche an ihrer ganzen Oberfläche mit dem Hymenium überzogen sind. Die Arten der Gattungen *Clavaria* und *Sparrassia*, deren geweihähnlich verzweigte Fruchtkörper oft fußbreite Rasen auf dem Waldboden bilden, sind meist essbar und schmackhaft.

Die **Hydnaceen** sind an der Unterseite ihres Fruchtkörpers mit Stacheln oder Warzen versehen, welche mit der Hymenialschicht bedeckt sind. Einige Arten der Gattung *Hydnum*, z. B. *Hydnum repandum* und *H. imbricatum*, sind beliebte Speiseschwämme.

Die **Polyporaceen** haben an der Unterseite des Fruchtkörpers grubige oder röhrenförmige Vertiefungen, deren Innenwände mit dem Hymenium ausgekleidet sind. Zu dieser Familie gehört der den Feuerzunder liefernde, als Fungus Chirurgorum ofizinelle *Fomes (Polyporus) fomentarius*. Derselbe lebt als Parasit besonders in Rotbuchen, aus deren Stämmen die konsolartigen, großen Fruchträger hervorwachsen. Essbar sind mehrere Arten der Gattung *Boletus*, vor allem wird der Steinpilz, *Boletus edulis*, als schmackhaft geschätzt, auch *B. scaber*, der Birkenpilz oder Kapuzinerpilz, *B. bovinus*, der Kuhpilz, *B. granulatus* und *luteus*, der Butterpilz, werden in manchen Gegenden Deutschlands auf den Markt gebracht. Andere *Boletus*-arten, z. B. *Boletus Satanas*, *lupinus* und *pachypus* sind giftig. Der in feuchtem Holz saprophytisch lebende *Merulius lacrymans* kommt auch im Balkenwerk feuchter Gebäude vor und zerstört dasselbe; er ist deswegen unter dem Namen Hauschwamm sehr gefürchtet. Ganz ähnliche Beschädigungen am Bauholz der Häuser vermag auch *Polyporus vaporarius* hervorzurufen.

Die **Agaricaceen** oder Blätterschwämme tragen an der Unterseite des schirmartigen Fruchtkörpers radial angeordnete, blattartige Lamellen, welche mit dem Hymenium überzogen sind. Unter den zahlreichen Arten der Familie ist der Champignon, *Agaricus campestris*, als Speiseschwamm am bekanntesten (Fig. 291F). Der Champignon wird an vielen Orten in Europa, besonders in Paris, im großen angebaut. *Agaricus melles*, der Hallimasch, ist ein Schmarotzer auf Waldbäumen, besonders Kiefern und Fichten, die er zum Absterben bringt. Sein Mycel dringt von der Wurzel her in den Baum ein und bildet in der Rinde fest verflochtene, wurzelähnliche, schwarze Stränge, welche als *Rhizomorpha* bezeichnet werden und früher für eine eigene Pilzgattung gehalten wurden. Die Fruchtkörper dieses Schädlings sind essbar. Zu den häufiger auf den Markt gebrachten Speiseschwämmen gehören auch *Cantharellus cibarius*, der Pfifferling, bei dem die schmalen Lamellen weit am Stiel herablaufen, ferner der durch lebhaft gelbten Milchsaff ausgezeichnete Reizker, *Lactaria deliciosa* und der Suppenpilz *Lepiota procera* mit schuppig geflecktem, am Grunde knolligem Stiel und einem verschiebbaren Ringe unterhalb des weißlichen oder graubraunen, dunkler genabelten Hutes. Als giftig wird vor anderen der in unseren Wäldern sehr häufige Fliegenpilz, *Amanita muscaria*, gefürchtet, dessen Fruchtkörper einen schön korallenroten Hut mit weißen Tupfen und schneeweiße Lamellen hat. Besonders gefährlich wegen seiner oberflächlichen Ähnlichkeit mit dem Champignon ist der angenehm schmeckende und riechende, aber äußerst giftige Knollenblätterschwamm *Amanita phalloides*, welcher die meisten der alljährlich wiederkehrenden tödlichen Pilzvergiftungen verursacht.

d) Die **Gastromyceten** oder Bauchpilze. Das Hymenium liegt im Innern der verschieden gestalteten, meist großen, fleischigen Fruchtkörper. Das äußere Hyphengewebe der Fruchtkörper bildet eine festere, oft aus mehreren Schichten zusammengesetzte Hülle, welche als Peridie bezeichnet wird. Dieselbe umschließt ein weiches Hyphengewebe, die Gleba, dessen

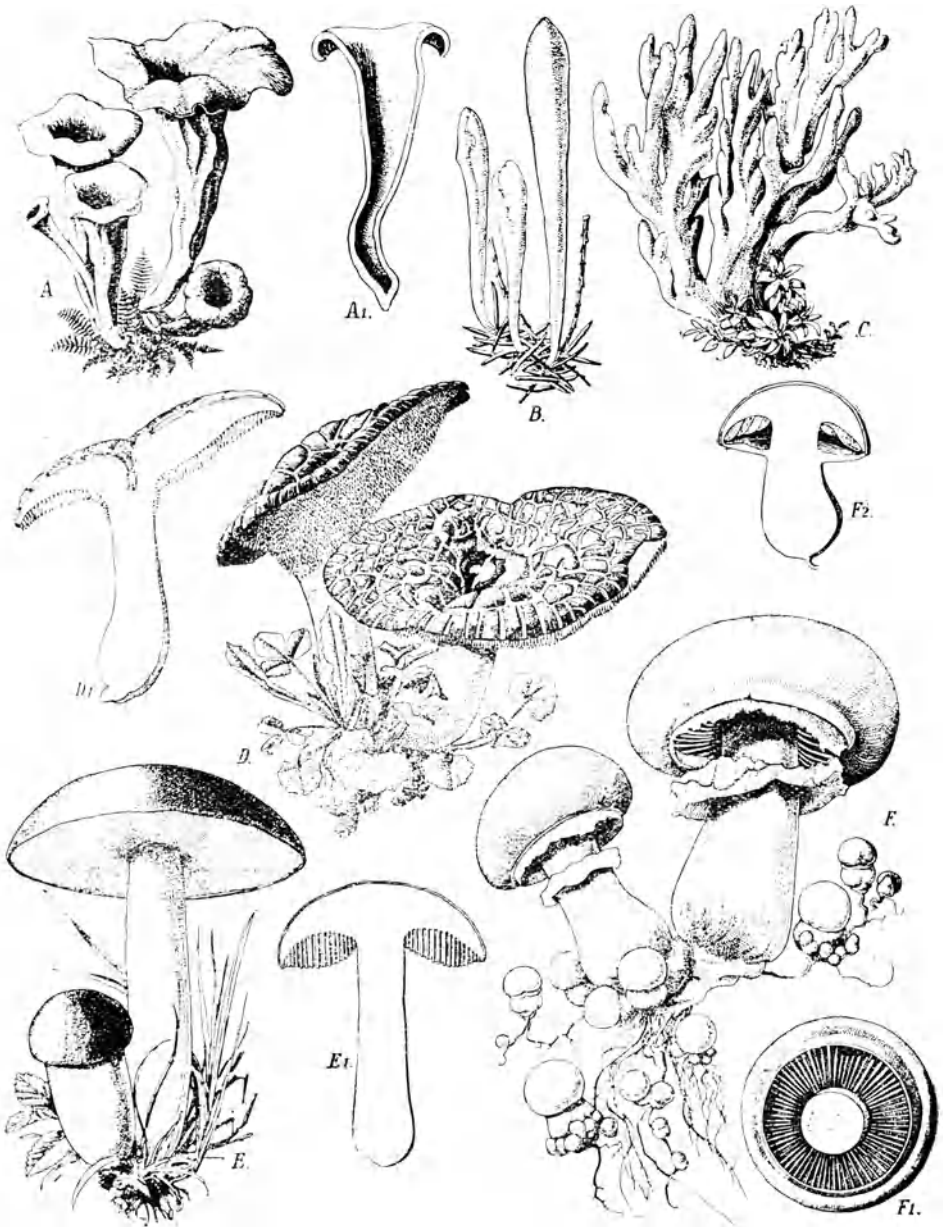


Fig. 291.

Vertreter der verschiedenen Familien der Hautpilze (etwas verkleinert) **A** Telephoracee Totentrompete **A₁** im Längsschnitt. **B** und **C** Clavariaceen, *Clavaria pistillaris* und *C. grisea*. **D** Hydnacee, *Hydnum imbricatum*. **D₁** im Längsschnitt. **E** Polyporacee, *Boletus versipellis*. **E₁** im Längsschnitt. **F** Agaricacee, *Agaricus campestris*. **F₁** Hut von unten. **F₂** Fruchtkörper im Längsschnitt.

Höhlungen mit der Hymenialschicht ausgekleidet sind. Bei der Sporenreife öffnet sich die Peridie in verschiedener Weise, die Gleba löst sich auf und entläßt die Basidiensporen. Bisweilen bleiben Reste der Gleba zwischen den Sporen erhalten und bilden ein als Capillitium bezeichnetes wolliges Netzwerk.

Familien: Phallaceae, Nidulariaceae, Lycoperdaceae, Hymenogastraceae, Sclerodermaceae.

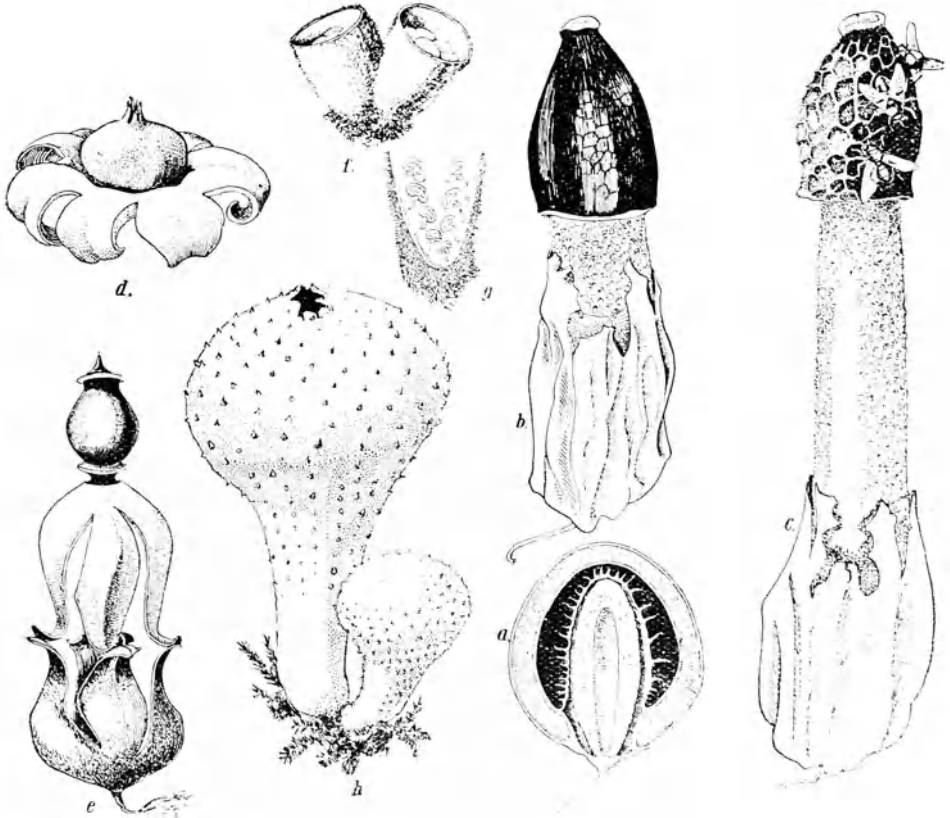


Fig. 292.

a, b, c *Phallus impudicus* in drei verschiedenen Entwicklungszuständen. *a* im Längsschnitt. *d* *Geaster fimbriatus*, *e* *G. coronatus*. *f* *Crucibulum*. *g* dasselbe im Längsschnitt die Peridien zeigend. *h* *Lycoperdon*.

Die **Phallaceen** schließen sich ziemlich nahe an gewisse Hymenomyceten an, indem die Gleba bei der Sporenreife die Peridie sprengt und in bestimmter Gestalt als fruchtträgerartige Bildung frei hervortritt. Ein Beispiel bietet *Phallus impudicus*, der Gichtschwamm (die Stinkmorchel) unserer Wälder (Fig. 292 *a—c*). Dieser Pilz hat kugelförmige, weiße Fruchttäger von der Größe eines Hühnereies. Die dicke, dreischichtige Peridie öffnet sich später an der Spitze und die zerfließende Gleba wird auf einem sich schnell streckenden, weißen Stiel hervorgeschoben. Durch den leichenartigen Geruch des Pilzes werden Aasliegen angelockt, welche die klebrigen Sporen verbreiten.

Die **Nidulariaceen** sind kleinere, zierliche Pilze. Die Peridie öffnet sich becherartig, die einzelnen Kammern der Gleba werden durch Auflösung des zwischen ihnen liegenden

Gewebe isoliert, so daß sie als linsenförmige Körperchen, sogen. Peridioten, im Grunde des von der sich öffnenden Peridie gebildeten Bechers liegen. Als Beispiel möge *Cruicium vulgare*, eine häufiger vorkommende Art, genannt sein (Fig. 292 f).

Bei den **Lycoperdaceen**, zu denen die überall vertretenen Gattungen *Bovista* und *Lycoperdon* (Fig. 292, h) gehören, öffnet die Peridie sich unregelmäßig mit einem Loch an ihrem Scheitel, um die Sporen zu entlassen. Bei der Gattung *Geaster* zerreißt die äußere Schicht der Peridie in vier oder mehr Klappen, welche sich infolge ihrer Hygroskopicität bei trockenem Wetter zurückschlagen, bei feuchtem Wetter aber zusammenschließen. Die innere Schicht, welche das Capillitium und die Sporen einschließt, öffnet sich am Gipfel. (Fig. 292 d, e.)

Die **Hymenogastraceen** sind wahrscheinlich keine einheitliche Verwandtschaftsgruppe, sondern nur unterirdisch lebende Formen der Phallaceen, Nidulariaceen u. a. von trüffelähnlichem Habitus. Bei ihnen öffnet sich die Peridie nicht, die Sporen werden durch Zerfall der Hülle frei, ein Capillitium wird nicht gebildet. *Rhizopogon rubescens* wird in manchen Gegenden statt echter Trüffeln verkauft und gegessen; auch die ebenfalls trüffelähnlichen *Melanogaster variegatus* und *Pompholyx sapida* gelten als Speisepilze.

Die kleine Familie der **Sclerodermaceen** unterscheidet sich von den übrigen Gastromyceten wesentlich dadurch, daß das Hymenium nicht als häutige Schicht die Kammerwände bekleidet, sondern aus unregelmäßigen Büscheln und Knäueln von Basidien besteht, welche die Höhlung der Glebakammern erfüllen. Das hierher gehörige *Scleroderma vulgare* hat knollige bis zu 6 cm breite Fruchtkörper mit einer mehrere Millimeter dicken, lederigen Peridie. Der Inhalt ist anfangs weißlich, später bläulich schwarz gefärbt. Der Pilz, welcher bisweilen mit der Trüffel verwechselt wird, soll giftig sein.

Klasse V: Die Flechten.

Die Flechten oder Lichenen sind keine einheitlichen Organismen, sie werden gebildet durch die Vergesellschaftung eines Pilzes und einer Alge,

welche miteinander in Symbiose leben. Dementsprechend besteht ihr verschieden geformter Vegetationskörper aus einem Geflecht von Pilzhyphen, in welches Algen eingestreut sind (Fig. 293). Die Algenzellen werden als Gonidien der Flechte bezeichnet. Die in Betracht kommenden Pilze gehören meist zur Abteilung der Ascomyceten, seltener zu den Basidiomyceten; man kann danach Ascolichenen und Basidiolichenen unterscheiden; unter den Ascolichenen trennt man wiederum in Discolichenen und Pyrenolichenen, je nachdem der Flechtenpilz ein Discomycet oder Pyrenomycet ist. Die Algen, welche als Komponenten am Aufbau des Flechtenkörpers teilnehmen können, gehören zu den Cyanophyceen und Chlorophyceen. Wenn Pilzfäden und Gonidien durch den Flechtenkörper ziemlich gleichmäßig verteilt sind, so bezeichnet man den Thallus als homöomer. Häufiger

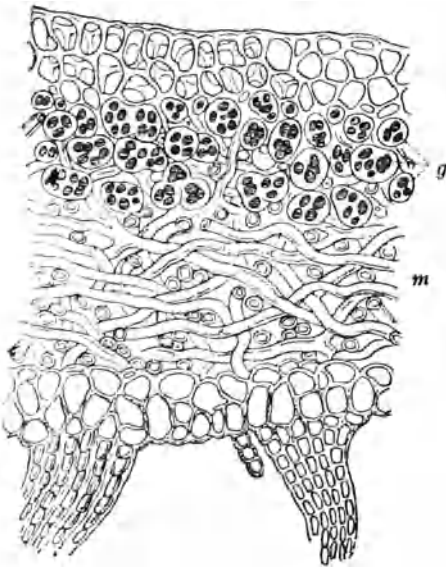


Fig. 293.

Querschnitt durch einen Flechtenthallus (nach Sachs). g die Algenzellen, m die Pilzfäden.

sind die Gonidien auf eine besondere Partie des Flechtenkörpers beschränkt, während der Thallus im übrigen ausschließlich von Pilzmycel gebildet wird. In diesem Falle wird der Thallus als heteromer bezeichnet. Die Vermehrung der Flechten erfolgt durch Fragmentation, indem kleine Partien des Pilzmycels mit einigen Algenzellen von dem Flechtenkörper losgelöst werden und sich selbständig weiter entwickeln; die sich loslösenden Teile werden Soredien genannt. Daneben kommt noch eine Sporenbildung zustande, welche von den Fortpflanzungsorganen des Pilzes ausgeht. Die Sporenschläuche oder die Basidien sind meistens zu einem Hymenium vereinigt, welches die Oberfläche oder den inneren Hohlraum eines Apotheciums oder Peritheciums bedeckt. Als Nebenfruchtform treten häufig bei den zu den Ascomyceten gehörigen Flechtenpilzen noch Conidienfrüchte, Spermogonien auf, in welchen zahlreiche stabförmige Conidien



Fig. 294.
Usnea barbata.



Fig. 295.
Thallusast von *Cetraria islandica.*
Offizinell.

gebildet werden, über deren Schicksal nichts näheres bekannt ist. Die Sporenbildung der in den Flechten lebenden Algen ist durch die Symbiose anscheinend gänzlich unterdrückt.

Die heteromeren Flechten werden nach ihrer Wuchsform als Strauchflechten, Laubflechten und Krustenflechten unterschieden. Bei den Strauchflechten ist der Thallus ein stift- oder strauchartiges Gebilde, welches sich frei von der Unterlage erhebt. Als Beispiel mögen die Familien der *Cladoniaceae*, *Usneaceae* und *Ramalinaceae* genannt sein.

Bei den **Cladoniaceen** ist der Thallus meist aus zarten, niederliegenden, laubartigen oder selbst nur staubig krustigen Schüppchen gebildet, aus denen sich aufrechte stift-, becher- oder strauchartige Träger (Podetien) erheben, welche die gewölbten oder kugelig-kopfigen Apothecien tragen. Manche Cladonien überziehen auf weite Strecken hin den Boden der Nadelwälder oder der Heiden. Ueberall häufig ist *Cladonia rangiferina*, die Renntierflechte.

Zu den **Usneaceen** gehört die Bartflechte, *Usnea barbata* (Fig. 294), deren stielrunder, bis in haarfeine Fäden verzweigter vielästiger Thallus auf Baumästen wächst und oft lang herabhängende graugrüne Moosbärte bildet.

Bei den **Ramalinaceen** sind die Thallusäste flach bandartig verbreitert. Die bei uns überall häufigen Arten der Gattungen *Ramalina* und *Evernia* sind Baumbewohner. *Cetraria islandica*, das isländische Moos, deren laubartig verbreiteter,

lappig vielteiliger Thallus auf der Oberseite blaß-graugrün oder kastanienbraun, unterseits weißlich gefärbt ist (Fig. 295), wächst bodenständig auf Heideboden und in Nadelwäldern sowohl in der Ebene als auch in höheren Gebirgslagen. Die schildförmigen Apothecien sind schief an dem Thallusrand angewachsen, ihre Scheibe ist braun gefärbt. Die Flechte ist unter dem Namen *Lichen islandicus* — isländisches Moos — officinell; sie ist die einzige Flechte, welche derzeit noch im Arzneischatze der deutschen Pharmakopöe aufgeführt wird.

Die Laubflechten bilden ein laubartiges Lager, welches dorsiventral über der Unterlage ausgebreitet und stellenweise mit ihr verwachsen ist. Hierher gehört die Familie der **Parmeliaceen**, als deren häufigster Vertreter die an Baumstämmen, Bretterwänden, Ziegeln und Steinen überall häufige **Wandflechte**, *Physcia parietina*, genannt sein mag. Sie hat einen rosettenförmigen gelben oder pomeranzenfarbigen Thallus, der reichlich mit schlüsselförmigen Apothecien besetzt ist.

Die Krustenflechten haben ein krustenartig ergossenes Lager, welches in seiner ganzen Ausdehnung mit der Unterlage fest verwachsen ist. Zu unseren gemeinsten Krustenflechten gehört die Gattung *Lecanora*, nach welcher die Familie der **Lecanoraceen** benannt ist. Die Arten dieser Gattung haben kleine schlüsselförmige Apothecien und bilden landkartenartige graue Flecken auf glatten Baumrinden, kommen aber auch auf altem Holz, an Steinen, Mauern und Felsen und selbst an der Erde auf Moosen vor.

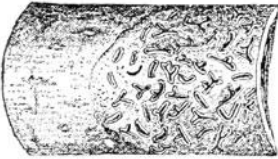


Fig. 296.

Rindenstück mit *Graphis scripta*.

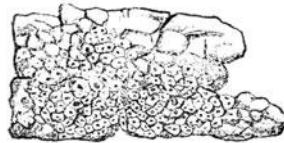


Fig. 297.

Buchenrinde mit *Pertusaria communis*.

Die **Graphidaceen** haben länglich strichförmige Apothecien, welche in den krustenförmigen Thallus eingesenkt sind, wie z. B. die Schriftflechte, *Graphis scripta*, deren Thallus an Baumrinden grauweißliche Flecken bildet, auf denen die schwarzen Apothecien wie hebräische Schriftzeichen hervortreten (Fig. 296).

Die **Pertusariaceen**, welche ebenfalls als Krustenflechten wachsen, sind Pyrenolichenen. Ihre Perithechien sind ohne eigenes Gehäuse in warzenförmigen Erhebungen des Thallusgewebes eingeschlossen. *Pertusaria communis*, die gewöhnlichste Art, bildet häufig knorpelige Krusten von teergrüner Farbe mit warziger Oberfläche (Fig. 297).

Als ein Beispiel aus der Gruppe der homöomeren Flechten mag endlich die Familie der **Collema** erwähnt werden. Die hierher gehörige Gattung *Collema* bildet laubartige, von Pilzhyphen durchzogene Gallertplatten, welche Nostoc-artige Gonidien enthalten.

II. Die Bryophyten oder Moose.

Der Vegetationskörper der Moose bildet einen bewurzelten Sproß, welcher mittels einer Scheitelzelle wächst. Die Wurzeln sind Zellfäden; der Sproß bildet in den weniger häufigen Fällen eine thallose Laubausbildung, meist ist derselbe ein einfaches oder verzweigtes Stämmchen, welches Laubblätter trägt. Das Gewebe besteht der Hauptsache nach aus parenchymatischen Zellen, Gefäßbündel sind nicht vorhanden. In dem Entwicklungsgang der Pflanze tritt ein deutlicher Generationswechsel hervor. Aus der Keimung einer ungeschlechtlichen Spore entsteht ein Vorkeim, das *Protonema*, an dem sich die geschlechtliche Generation, die eigentliche

Moospflanze, entwickelt, welche Antheridien und Archegonien trägt. Aus der Eizelle der Archegonien erwächst nach der Befruchtung die ungeschlechtliche Generation, das Sporogonium, welche wieder ungeschlechtliche Sporen hervorbringt.

Die Gruppe der Bryophyten besteht aus zwei Abteilungen:

- A. Protonema unbedeutend, Sproß dorsiventral, thallusartig oder mit nervenlosen Blättchen in dorsiventraler Anordnung besetzt. Das Sporogonium ist eine gestielte Kapsel ohne Deckel und Haube, deren Wand unregelmäßig oder meist mit vier Längsrissen sich öffnet. Neben den Sporen sind häufig Elateren vorhanden, eine Columella fehlt meistens. **Hepaticae** (Lebermoose).
- B. Protonema fadenalgen-ähnlich entwickelt, Sproß radiär beblättert, Blättchen meist mit Mittelnerv. Das Sporogonium ist in der Jugend von einer Haube bedeckt, es öffnet sich in der Regel durch Abwerfen eines Deckels urnenförmig und enthält neben den Sporen meist eine Columella, aber keine Elateren. **Musci** (Laubmoose).

A. Die Lebermoose.

Die Lebermoose entwickeln ein unbedeutendes Protonema, welches bald in den Vegetationskörper der geschlechtlichen Pflanze übergeht. Die letztere ist entweder ein dorsiventraler, thalloser Sproß mit Haarwurzeln an der Bauchseite, oder er ist ein bewurzelttes Stämmchen mit zwei- oder dreizelliger Beblätterung in dorsiventraler Anordnung. Die Blätter haben keine Mittelrippe. Das Sporogonium ist ohne Deckel und Haube und öffnet sich unregelmäßig oder durch zwei oder vier Längsrisse vom Gipfel her. Eine Columella fehlt meistens. Zwischen den Sporen liegen Elateren, d. h. spindelförmige Zellen mit spiraligen Wandverdickungen, welche bei manchen Arten durch ihre Hygroskopicität bei der Ausstreuung der Sporen eine Rolle spielen. Hierher gehören drei Reihen:

1. Marchantiinae (S. 293), 2. Anthocerotinae (S. 294), 3. Jungermaniinae (S. 295).

Erste Reihe: Die Marchantiinen.

Der Vegetationskörper der Marchantiinen ist ein dorsiventraler, thalloser Sproß mit Haarwurzeln an der Unterseite. Die Sporogonien öffnen sich unregelmäßig mit Zähnen oder mit einem Deckel, eine Columella ist nicht vorhanden. Diese Reihe bildet eine Ordnung, welche aus zwei Familien besteht.

Familien: Ricciaceae, Marchantiaceae.

Die **Ricciaceen** haben keine Atemporen an dem Laube. Die Antheridien und Archegonien sind in offenen Höhlungen der Sproßoberfläche eingesenkt. Das Sporangium bleibt in dem Archegonienbauch eingeschlossen. Sein Inhalt, welcher nur aus Sporen besteht, wird durch den Zerfall der Wand frei. Die Gattung *Riccia* ist in der einheimischen Flora durch mehrere Arten vertreten. *Riccia glauca* wächst in kleinen sternförmigen Gruppen auf feuchtem, lehmigem Ackerland (Fig. 235).

Die **Marchantiaceen** entwickeln verhältnismäßig große, krautige Laubflächen, deren Oberfläche eine eigentümliche, regelmäßige Felderung zeigt, welche der Verteilung der Lufthöhlen unterhalb der Epidermis entspricht. In der Mitte jedes Feldes ist ein weiter

Atemporus mit bloßem Auge wahrnehmbar (Fig. 299). Die Geschlechtsorgane werden von umgebildeten Laubsprossen, Receptacula, getragen. Die Sporogonien öffnen sich unregelmäßig mit Zähnen oder mit einem Deckel. Im Innern sind neben den Sporen zahlreiche Elateren vorhanden. Bei *Marchantia polymorpha* (Fig. 298), welche überall an feuchten Stellen wächst, sind die weiblichen Receptacula lang gestielt, ihre Scheibe ist fast bis zur Mitte in acht oder mehr schmale, strahlenförmige Lappen geteilt, an deren Unterseite die Archegonien stehen. Bei dem männlichen Receptaculum ist die Scheibe nur am Rande gekerbt. Die Antheridien sind an der Oberseite der Scheibe völlig eingesenkt. Die Sporogonien sind kurzgestielte, eiförmige Kapseln mit gelben Sporen und Elateren. Die ungeschlechtliche Vermehrung durch Brutknospen ist auf S. 219 besprochen worden. Bei *Fegatella conica* ist die Scheibe des langgestielten weiblichen Receptaculums kegelförmig und ganzrandig oder doch nur schwach gelappt. Bei *Preissia* ist die Scheibe halbkugelförmig, *Lunularia vulgaris*, welche auf der Oberseite halbmondförmige Brutbecherchen trägt, findet sich bei uns weitverbreitet auf Blumentöpfen in Gewächshäusern. Die aus Südeuropa eingewanderte Art bildet bei uns keine Sporogonien aus.

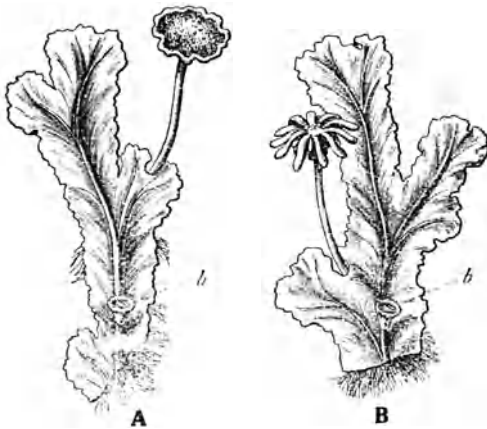


Fig. 298.

Marchantia polymorpha.

A mit männlichem, B mit weiblichem Receptaculum, b Brutbecherchen.

Zweite Reihe: Die Anthocerotinen.

Der Sproß ist ein unregelmäßig gelapptes, horizontal ausgebreitetes Laub, dessen Rand gewöhnlich wellig gekräuselt ist. Die Antheridien und Archegonien sind in das Laub eingesenkt. Das reife Sporogonium öffnet sich von der Spitze her schotenartig mit zwei Klappen. Im Innern ist eine zentrale Columella vorhanden, welche von Sporen und Elateren umgeben ist. Die Reihe enthält nur eine einzige Familie, Anthocerotae.

Die Familie der **Anthoceroten**, welche über die ganze Erde verbreitet ist, wird in der einheimischen Flora nur durch wenige, teils seltener vorkommende Arten vertreten. Verhältnismäßig häufig ist *Anthoceros Paevii*, welcher bisweilen nach der Ernte die Oberfläche feuchter Ackerstellen zwischen den Stoppeln überkleidet (Fig. 300).

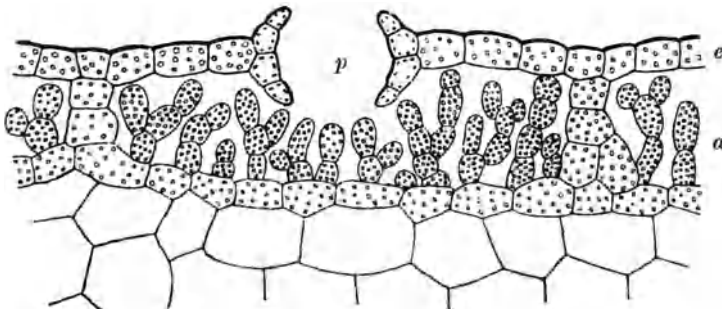


Fig. 299.

Querschnitt durch den thallosen Sproß von *Marchantia polymorpha*. p Atemporus, e Epidermis, a Assimilationszellen.

Dritte Reihe: Die **Jungermanniinen**.

Die Jungermanniinen haben entweder thallose oder regelmäßig zwei- oder dreireihig beblätterte, dorsiventrale Sprosse. Die Archegonien stehen einzeln an dem Thallus oder an den Enden der Sprosse oder ihrer Seitenzweige. Die reife Kapsel des Sporogoniums öffnet sich regelmäßig durch Längsrisse mit vier Klappen. Der Inhalt besteht aus Sporen und Elateren, eine Columella ist nicht vorhanden. Man unterscheidet zwei Ordnungen:

- a) Formen mit meist thallosem Sproß und rückenständigen Sporogonien. **Anacrogynae.**
- b) Formen mit beblättertem Sproß und gipfelständigen Sporogonien. **Acrogynae.**

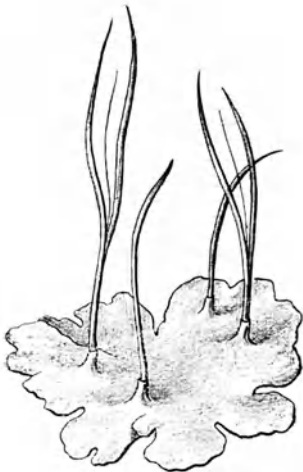


Fig. 300.
Anthoceros laevis.
($\frac{2}{1}$ nach Luerssen.)

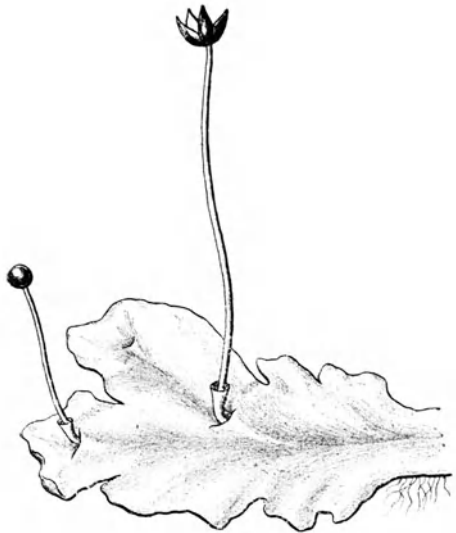


Fig. 301.
Sproßstück von *Pellia epiphylla* mit einem geöffneten Sporogonium. (Vergrößert.)

a) Die **anacrogynen Jungermanniinen** haben fast ausnahmslos thallose Sprosse, die Archegonien und dementsprechend die Sporogonien steher auf dem Rücken des Sprosses. Bisweilen sind die Archegonien von dem umgeschlagenen Rande des Laubes schützend umhüllt, in anderen Fällen entsteht als Wucherung des benachbarten Sproßgewebes eine scheidenartige Schutzhülle, welche als *Involucrum* bezeichnet wird.

Familien: Metzgeriaceae, Aneuraceae, Haplolaenaceae, Diplomitriaceae, Codoniaceae, Haplomitriaceae.

Die **Metzgeriaceen** haben einen linealischen, wiederholt gegabelten Sproß, der von einer mehrschichtigen Mittelrippe durchzogen ist. Die Geschlechtsorgane stehen an kurzen, an der Unterseite der Mittelrippe entspringenden eingekrümmten Seitensprossen. *Metzgeria furcata* kommt ziemlich häufig an Baumrinden vor, *Metzgeria pubescens* bildet am Waldboden feuchter Gebirgstäler oft fußbreite, saftige Rasen.

Zu den **Haplolaenaceen** gehört die überall häufige *Pellia epiphylla*, deren unregelmäßig gelappter Sproß an feuchten, quelligen Orten flache Rasen bildet (Fig. 301). Die Archegonien stehen zu mehreren in einer nach dem vorderen Laubrande hin geöffneten taschenförmigen Hülle.

b) Die **acrogynen Jungermanniinen** haben ausnahmslos beblätterte Sprosse. Es sind immer zwei seitlich stehende Reihen schräg angehefteter Blätter vorhanden, bei manchen Formen steht außerdem auf der Bauchseite des Sprosses noch eine Zeile von Blättern, den sogen. Amphigastrien, welche gewöhnlich viel kleiner sind als die als Oberblätter bezeichneten seitlichen Blätter. Die Sprosse sind unregelmäßig monopodial verzweigt. Die Zweige, welche Archegonien tragen, schließen ihr Scheitelwachstum mit der Ausbildung der Geschlechtsorgane ab. Die Archegonien sind meist



Fig. 302.

Sproßstück von *Scapania undulata* mit einem geöffneten Sporogonium. (Vergrößert.)

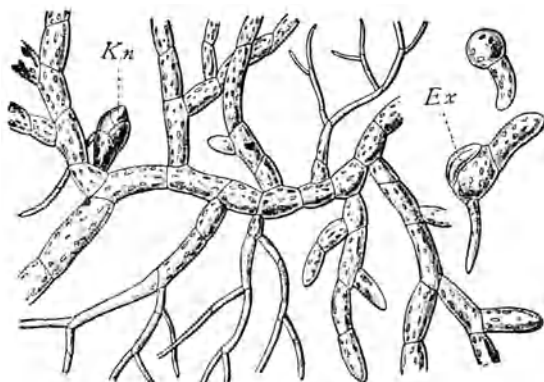


Fig. 303.

Teil eines Moosprotonemas. (Vergrößert.)
Rh Rhizoiden. *Kn* erste Anlage eines Moosstämmchens.
 Rechts neben der Hauptfigur zwei keimende Moossporen.
Ex Rest des Exosporiums.

von einer als **Perianthium** bezeichneten schlauch- oder becherförmigen Hülle umgeben, welche aus Blattanlagen hervorgeht. Die zunächst unter dem **Perianthium** stehenden Laubblätter sind meist abweichend gestaltet und bilden eine als **Perichaetium** bezeichnete Umhüllung des Archegonienstandes.

Familien: **Jubuleae**, **Platyphyllaceae**, **Ptilidiaceae**, **Lepidoziaceae**, **Geocalyceaceae**, **Jungermanniaceae**, **Gymnomitriaceae**.

Die **Jubuleen** haben überschlächlige Blätter, d. h. der Vorderrand jedes Oberblattes liegt über dem Hinterrand des nächst jüngeren Blattes derselben Zeile. Die Oberblätter sind in zwei Lappen geteilt, von denen der hintere gewöhnlich öhrchenartig eingeschlagen ist. Bei der hierher gehörenden *Frullania dilatata*, welche überall an Baumstämmen oder Felsen kupferbraune oder grünschwärzliche Rasen bildet, ist der Oberlappen der Blätter kreisrund und ganzrandig, der Unterlappen ist fast halbkugelig, kappenförmig, hohl und bildet einen kapillaren Wasserbehälter.

Die zu den **Platyphyllaceen** gehörigen Gattungen *Radula* und *Madotheca* haben gleichfalls überschlächlige Blätter. *Radula complanata* ohne Amphigastrien und *Madotheca platyphylla* mit großen, ungeteilten Amphigastrien gehören bei uns zu den verbreitetsten Lebermoosen; sie bilden meistens dichte, grüne, reichlich fruktifizierende Rasen an Baumstämmen in feuchten Wäldern.

Die Oberblätter der **Jungermanniaceen** sind unterschlächtig, d. h. der vordere Blattrand wird von dem nächstjüngeren Blatt derselben Zeile überdeckt. Die artenreichste Gattung ist *Jungermannia*, welche dadurch ausgezeichnet ist, daß das walzenförmige oder kantige Perianthium am Rande gezähnt oder einfach gespalten oder gewimpert ist. Die Archegonien stehen meist am Gipfel des Hauptsprosses. *Jungermannia albicans*, *J. obtusifolia*, *J. bicrenata*, *J. trichophylla* kommen bei uns an Felsen und auf feuchtem Boden in schattigen Wäldern häufiger vor. Die ebenfalls zu den Jungermanniaceen gehörenden Gattungen *Scapania* (Fig. 302) und *Plagiochila* haben ein plattgedrücktes Perianthium. Die Blätter der ersteren Gattung sind in zwei aufeinander liegende Lappen geteilt. Bei *Plagiochila* sind die Blätter ungeteilt. *Plagiochila asplenioides* ist bei uns in Wäldern überall gemein.

B. Die Laubmoose.

Die Laubmoose haben ein großes, meist einer verzweigten Fadenalge ähnliches Protonema (Fig. 303). Der Sproß der am Protonema entstehenden geschlechtlichen Pflanze ist radiär gebaut und trägt spiralig gestellte Blätter. Die letzteren haben oft mehrschichtige Mittel- und Randrippen aus gestreckten Zellen. Das Sporogonium ist in der Jugend von dem mitwachsenden Archegonium umhüllt, dessen endlich abreißender oberer Teil bei den meisten als Haube die Kapsel bedeckt. Die Kapsel öffnet sich in der Regel durch Abwerfen eines Deckels, unter welchem meist ein Peristom am Rande der Kapsel stehen bleibt. Die Kapsel des Sporogoniums besitzt fast immer eine Columella, Elateren sind nie vorhanden. Man unterscheidet vier Reihen:

- A. Das Sporogonium ist ungestielt. Die Haube fehlt; die Columella springt von der Basis des Kapselhohlraumes zapfenartig vor.
 - I. Die Sporenkapsel öffnet sich mit einem abspringenden Deckel.
 1. **Sphagna** (Torfmoose) (S. 297).
 - II. Die Sporenkapselwand teilt sich bei der Eröffnung durch vier Längsrisse in vier oben und unten zusammenhängende Klappen.
 2. **Schizocarpae** (S. 298).
- B. Das Sporogonium ist mehr oder minder lang gestielt. Die Kapsel ist zeitweilig von einer Haube bedeckt. Die Columella durchsetzt den Sporenraum von unten bis oben. Die Kapsel springt meist durch Ablösung eines Deckels auf. Am Rande der geöffneten Kapsel steht ein regelmäßiges Peristom.
 3. **Bryineae** (S. 299).

Erste Reihe: Die Torfmoose.

Im Gegensatz zum Vorkeim aller übrigen Laubmoose ist das Protonema der *Sphagna* eine Zellfläche. Der Stengel der sich daraus entwickelnden geschlechtlichen Pflanze ist sehr regelmäßig verzweigt. Die nervenlosen Blätter haben neben den chlorophyllhaltigen Zellen große, leere Zellen mit ring- oder spiralbandförmiger Wandverdickung und weiten Poren (Fig. 304). Gleiche Zellen, welche als kapillare Leitbahnen und Reservoirs des Wassers dienen, sind auch in der Stengelrinde vorhanden. Die Sporogonien, welche bei ihrem Wachstum das Archegonium durchbrechen und also keine Haube tragen, sind ungestielt, sie werden aber durch einen stielähnlichen, blattlosen Teil des sie tragenden Sprosses (**Pseudopodium**) über die Laubblattregion emporgehoben, die kugelige oder kurz eiförmige Kapsel

öffnet sich explosionsartig mit einem Deckel, ein Peristom ist nicht vorhanden. Die Columella ist zapfenförmig und erreicht die obere Wand der Kapsel nicht, so daß der Sporenraum glockenförmig ist. Die Reihe enthält nur eine einzige Familie: Sphagnaceae.

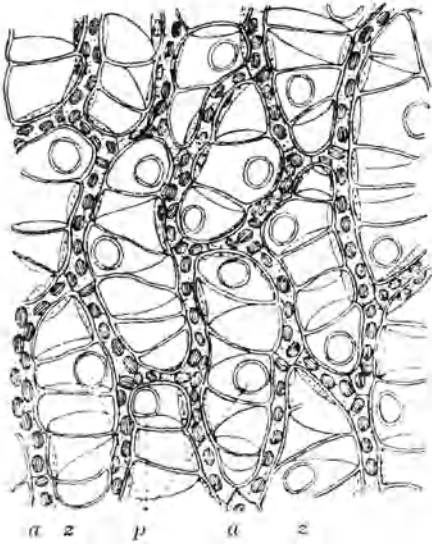


Fig. 304.

Teil von der Blattfläche eines Torfmooses.
Stark vergrößert.
a die chlorophyllhaltigen Zellen, *z* die leeren Zellen mit spiralförmigen Verdickungsleisten an der Wand, *p* die Oeffnungen, durch welche das Wasser eindringt.

Längsrisse in vier oben und unten zapfenförmige Columella erreicht den

Die einzige Gattung der Familie ist *Sphagnum*. Die Arten der Gattung bewohnen ausnahmslos feuchte Orte, besonders häufig finden sie sich auf Torfmooren, in schwammigen Polstern. Die von unten her absterbenden Pflanzen tragen wesentlich zur Vermehrung der Torfmasse bei. Als gemeinste, überall verbreitete Arten können *Sphagnum cymbifolium* (Fig. 305, 1) und *Sph. acutifolium* genannt werden.

Zweite Reihe: Die Schizocarpen.

Die Schizocarpen sind kleine ausdauernde Moose mit dichotom verzweigten beblätterten Stengeln. Die gipfelständigen Sporogonien sind wie die der Sphagna ungestielt und von einem stielartigen Sproßabschnitt getragen. Sie sind bis zur Reife von dem zuletzt haubenartig abreißenden Archegonium eingehüllt. Die Wand der eiförmigen Kapsel spaltet sich bei der Reife durch zusammenhängende Klappen. Die Scheitel der Kapsel nicht, so daß ein

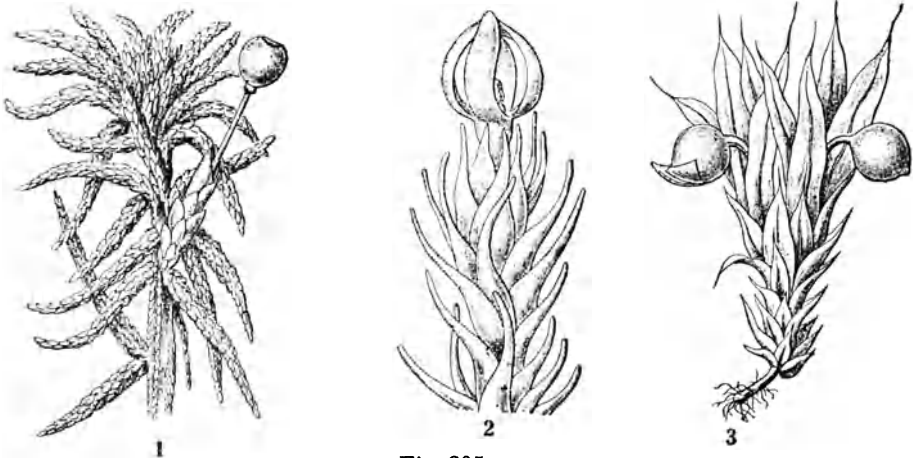


Fig. 305.

1 *Sphagnum cymbifolium*. 2 *Andreaea rupestris*. 3 *Phascum cuspidatum*. (19/1 n. Schimper.)

glockenförmiger Sporenraum bleibt. Die Reihe wird von einer einzigen Familie gebildet, Andreaeaceae.

Die Familie der **Andreaeaceen** enthält nur die eine Gattung *Andreaea*, deren Arten auf kieselhaltigen Felsen kleine braune oder schwärzliche Polster bilden. Von den wenigen in Deutschland vorkommenden Arten sind *Andreaea petrophila* mit nervenlosen Blättern und *A. rupestris*, deren Blätter eine Mittelrippe besitzen, am meisten verbreitet (Fig. 305, 2).

Dritte Reihe: Die Bryineen.

Die Reihe der Bryineen umfaßt die Mehrzahl aller Laubmoosarten. Die Stämmchen, welche sich an dem konfervenartigen Protonema entwickeln,

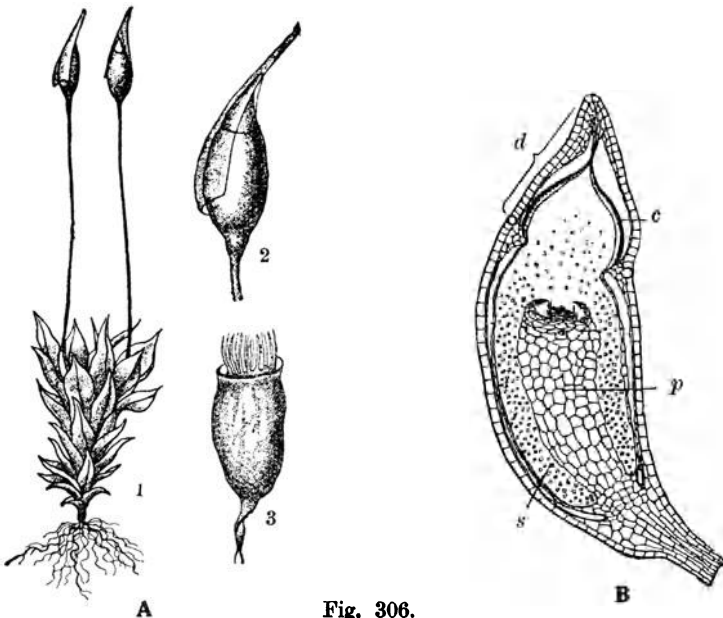


Fig. 306.

A *Anacalypta*. 1 ein Moospflänzchen, welches zwei Sporogonien trägt. 2 die Kapsel eines Sporogoniums mit Deckel und Haube, stärker vergrößert. 3 dieselbe nach dem Aufspringen. An dem Rande der Kapsel ist das Peristom sichtbar. **B** Längsschnitt durch ein reifes Sporogon von *Rhynchostegium*. *d* Deckel, *p* Peristom, *c* Columella, *s* Sporen.

sind hinsichtlich ihrer Verzweigung und Beblätterung sehr verschieden. Sehr übereinstimmend und charakteristisch ist dagegen die Ausbildung des Sporogoniums (Fig. 306). Die kürzer oder länger gestielte Kapsel trägt eine Haube und ist mit einem genabelten oder schnabelförmig ausgezogenen Deckel versehen, welcher bei der Reife abspringt. In der Regel ist an der Grenze zwischen dem Deckel und der übrigen Kapselwand ein Ring eigentümlich ausgebildeter, meist stark verdickter Zellen, der Annulus, vorhanden, durch dessen Verhalten die Ablösung des Deckels bewirkt wird. Das der Kapsel zugekehrte Ende des Stieles, welches als Apophyse bezeichnet wird, erlangt bei manchen Arten gleichfalls eine besondere Ausbildung. Häufig ist das Gewebe der Apophyse mit Intercellularräumen versehen,

welche durch Spaltöffnungen mit der Atmosphäre in Verbindung stehen. Am Rand der geöffneten Kapsel steht gewöhnlich ein Peristom, d. h. ein einfacher oder doppelter Kranz von zierlichen Zähnen, welche meist aus den verdickten Wandstellen zerrissener Zellen bestehen. Im Innern der

Kapsel ist eine durchgehende Columella vorhanden, welche von einem hohlcylindrischen Sporenraume umgeben ist.

Wir unterscheiden zwei Ordnungen:

a) Die **akrocarpen Bryineen**, bei denen die Archegonien und die aus ihnen hervorgehenden Sporangien am Gipfel des Hauptsprosses stehen.

Familien: Dicranaceae, Leucobryaceae, Fissidentaceae, Seligeriaceae, Distichiaceae, Pottiaceae, Grimmiaceae, Tetraphidaceae, Schistostegaceae, Splachnaceae, Funariaceae, Bryaceae, Polytrichaceae, Buxbaumiaceae.

In der artenreichen Familie der **Bryaceen** sind die Kapseln der Sporangien meist regelmäßig, glatt und mit verschmälerter Apophyse versehen und daher birn- oder keulen-

förmig. Gewöhnlich nicken sie auf den Stielen oder hängen gänzlich nach abwärts. Das doppelte Peristom hat im äußeren Kreise sechzehn enggegliederte Zähne. Das innere Peristom wird von einer faltigen Membran gebildet, welche meist sechzehn zahnartige Fortsätze trägt, zwischen denen je zwei bis drei knotige Wimpern stehen. Bei der Gattung *Bryum*, welche mit gegen vierzig Arten in der deutschen Flora vertreten ist, sind die Wimpern des Peristoms meist mit langen, scharfen Anhängseln versehen. Häufiger vorkommende Arten sind *Bryum capillare*, dessen verkehrt eiförmige Blätter am Rande mit engeren Zellen gesäumt sind und in eine Haarspitze auslaufen, — und *Bryum*

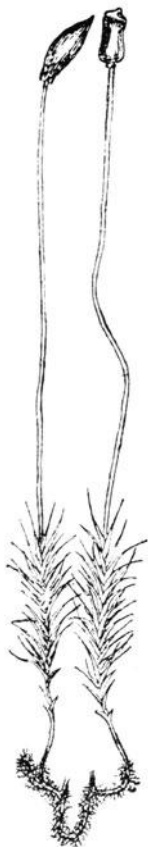


Fig. 307.

Polytrichum commune.



Fig. 308.

Hylocomium triquetrum.

argenteum, dessen breit eiförmige Blätter dicht dachziegelartig aufeinander liegen, so daß die silber- oder grünlichweiß schimmernden Sprosse kätzchenartig erscheinen. Die ebenfalls sehr artenreiche Gattung *Mnium* unterscheidet sich von der vorhergenannten hauptsächlich dadurch, daß die Zellen des Blattes überall weit parenchymatisch sind, während bei *Bryum* die Blattzellen oben mehr prosenchymatische Ausbildung haben. Außerdem ist der Antheridienstand bei *Bryum* knospenförmig von Blättern umschlossen und enthält neben den Antheridien fadenförmige Paraphysen, bei *Mnium* aber ist der Antheridienstand scheibenförmig geöffnet und die Paraphysen sind keulenförmig. *Mnium punctatum* mit ganzrandigen Blättern und *M. undulatum* mit gezähnten, lang zungenförmigen, wellig verbogenen Blättern sind in schattigen Wäldern überall häufig. Besonders die letztere Art gehört wegen ihrer Größe und wegen der zierlichen Baumform der fruchttragenden Sprosse zu den schönsten Moosen.

Die stattlichsten Moose finden wir in der Familie der **Polytrichaceen**, welche sich durch die Ausbildung ihres Peristoms von den übrigen Moosen wesentlich unterscheidet,

Das einfache Peristom besteht aus sechzehn, zweiunddreißig oder vierundsechzig kurzen, ungegliederten Zacken, von deren Gipfel aus ein als Paukenhaut bezeichneter Rest des Kapselgewebes die Mündung des entdeckelten Sporogoniums überzieht. *Polytrichum commune*, welches überall in dunkelgrünen Rasen weite Strecken des Wald- und Moorbodens überzieht, ist eine der größten und schönsten Formen (Fig. 307). Das Stämmchen erreicht nicht selten eine Länge von 10 cm. Das langgestielte, derbe Sporogonium trägt auf seiner vierkantigen Kapsel eine mit dichtem, herabhängendem Haarfilz bedeckte Haube, die Apophyse ist stark entwickelt und scharf abgesetzt. Fast ebenso häufig als die genannte Art ist bei uns *Trichum undulatum*, dessen bis zu 5 cm hohes Stämmchen lang lanzettförmige, wellig verbogene Blätter trägt. Die Kapsel ist wurstförmig gekrümmt und mit langgeschnäbeltem Deckel und einer kahlen Haube bedeckt.

b) Die **pleurocarpen Bryineen.**

Familien: Fontinalaceae, Hookeriaceae, Neckeraceae, Leskeaceae, Fabroniaceae, Hypnaceae.

Die Familie der **Hypnaceen** stimmt in der Ausbildung des Peristoms mit den Bryaceen überein. Nach der Ausbildung des Blattzellnetzes und der Kapsel werden zahlreiche Gattungen unterschieden, unter denen die Gattung *Hypnum* die artenreichste ist. Die Blätter sind bei den Hypnumarten der Hauptsache nach aus linealischen, meist etwas geschlängelten Zellen gebildet, nur an der Blattbasis ist das Zellnetz weitmaschiger und aus quadratischen Zellen bestehend. Der Deckel der Kapsel ist mehr oder weniger spitz und gar nicht oder nur ganz kurz geschnäbelt. Bei dem verbreiteten, auf Erde, an Mauern, Felsen und Baumstämmen wachsenden *Hypnum cupressiforme* ist der Deckel der cylindrischen, meist schwach geneigten Kapsel lang zugespitzt. An dem unregelmäßig fiederförmig verästelten Sproß stehen sichelförmig einseitwendige, sehr schmal gespitzte Blätter, welche ganz oder fast ganz ohne Rippe sind. Bei den ebenfalls gemeinen Arten *Hypnum cuspidatum* und *H. Schreberi* sind die eilänglichen oder eirunden Blätter ziemlich stumpf und mit sehr kurzer Doppelrippe versehen. Die erstere Art hat an der Kapsel einen deutlichen Annulus, bei der letzteren fehlt derselbe. Zu den gemeinsten Waldmoosen gehört *Hylacomium triquetrum*, dessen robuste, spärlich fiederästige Stengel mit allseitwendigen, sparrig abstehenden Blättern vielfach zur Verfertigung von Mooskränzen verwendet werden (Fig. 308).

III. Die Pteridophyten oder Gefäßkryptogamen.

Der Vegetationskörper ist in Wurzel, Stamm und Blätter gegliedert. Die Wurzeln besitzen eine Wurzelhaube. Im Gewebe sind typische Leitbündel vorhanden. Der Generationswechsel ist deutlich erkennbar. Die aus der Spore erwachsende geschlechtliche Generation ist ein unscheinbares Prothallium (Fig. 309 E). Als Geschlechtsorgane treten Antheridien (G) und Archegonien (J) auf. Die befruchtete Eizelle wird zur ungeschlechtlichen Pflanze, welche wieder Sporen erzeugt. Im Gegensatz zu den Moospflanzen ist bei den Gefäßkryptogamen die ungeschlechtliche Generation eine selbständig lebende, mit Vegetationspunkten wachsende Gefäßpflanze.

Die Gefäßkryptogamen bilden drei Reihen:

- A. Sproß wenig verzweigt, Blätter ansehnlich, meist reich gegliedert, Sporangien am Rande oder an der Unterseite der Laubblätter oder abweichend geformter Sporophylle, welche mit den sterilen Blättern untermischt stehen.
 1. **Filicinae** (S. 302).
- B. Sprosse mehr oder minder reich verzweigt, Blätter einfach, Sporophylle häufig an besonderen Sproßabschnitten zu Sporangienständen vereinigt.

- I. Blätter in Quirlen, scheidig verwachsen an dem Knoten des gegliederten, mit hohlen Internodien versehenen Sprosses. Sporophylle schildförmig mit mehreren Sporangien an der Unterseite. 2. *Equisetinae* (S. 308).
- II. Blätter nicht scheidig verwachsen, Sproß nicht knotig gegliedert. Sporophylle nicht schildförmig, mit je einem Sporangium. 3. *Lycopodinae* (S. 308).

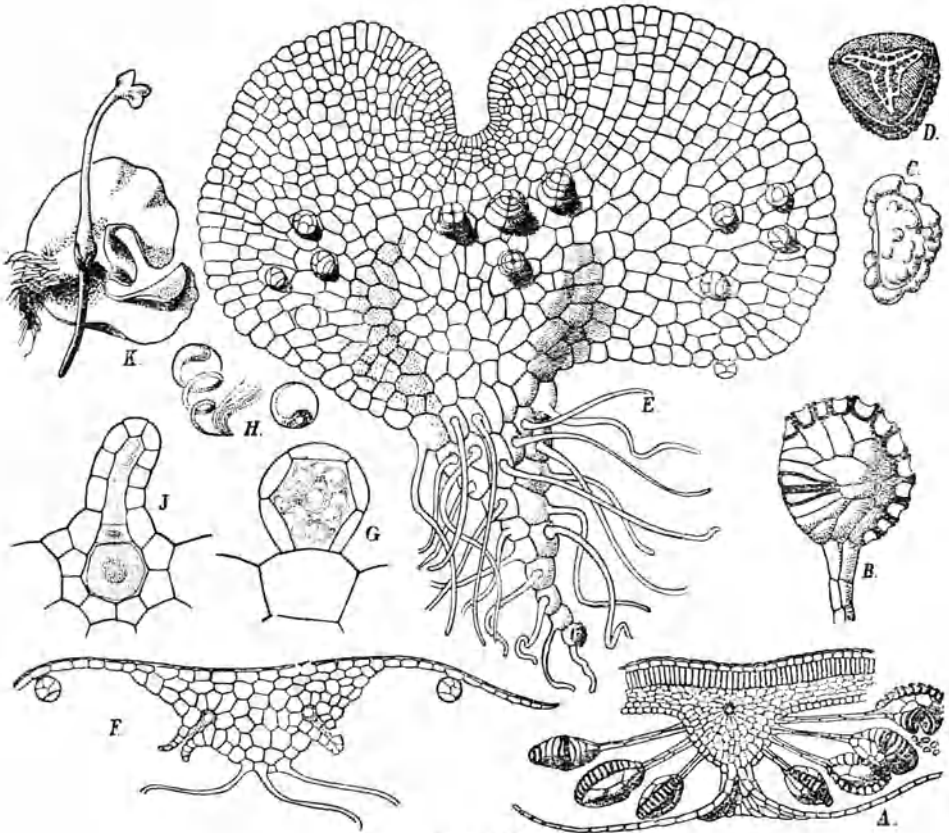


Fig. 309.

Aspidium Filix mas. A Blattquerschnitt mit Sorus. B Sporangium. C und D Sporen. E Prothallium. F Querschnitt des Prothalliums. G Antheridium. H Spermatozoiden. I Archegonium mit Eizelle. K Prothallium mit Keimpflanze. A E F K schwach, die übrigen Figuren stärker vergrößert.

Erste Reihe: Die Filicinae oder Farne.

Der nur spärlich oder nicht verzweigte Sproß trägt kräftig entwickelte Blätter. Die letzteren sind oft weit verzweigt und besitzen eine komplizierte Nervatur. Die Sporangien entstehen meist zahlreich auf unveränderten oder auf metamorphosierten Blättern, welche nicht auf eine bestimmte Region des Sprosses beschränkt sind.

Wir unterscheiden drei Ordnungen:

A. Es werden nur einerlei Sporen gebildet.

I. Die Sporangienwand ist mehrschichtig.

a) **Filices eusporangiatae.**

II. Die Sporangienwand ist einschichtig.

b) **Filices leptosporangiatae.**

B. Es sind Mikro- und Makrosporen vorhanden.

c) **Hydropterides.**

a) Die **eusporangiaten Farne** sind dadurch ausgezeichnet, daß bei ihnen das Sporangium aus einem Komplex von Blattzellen hervorgeht, während bei den leptosporangiaten Farnen und den Hydropteriden eine einzige Epidermiszelle den Ausgangspunkt für die Entwicklung des Sporangiums bildet. Die Prothallien der Eusporangiaten tragen beiderlei Geschlechtsorgane. Die Antheridien sind in das Prothalliumgewebe eingesenkt.

Familien: Marattiaceae, Ophioglossaceae.

Bei den **Marattiaceen** stehen die mit einer mehrschichtigen Wand versehenen Sporangien einzeln oder zu mehreren in einem Sorus vereinigt auf der Unterseite der Blätter. Der Sproß ist ein dicker, knollenförmiger Stamm, die Blätter sind groß, einfach oder in verschiedener Weise zusammengesetzt. An der Blattbasis stehen bei den meisten Marattiaceen nebenblattartige Gebilde, welche die jüngeren Blattanlagen und die Stammspitze schützend umhüllen. Die Prothallien der Marattiaceen sind wie die der Leptosporangiaten herzförmige, grüne Laubblätter, welche mit Haarwurzeln am Boden haften. Die hierher gehörigen Gattungen *Angiopteris*, *Marattia*, *Kaulfussia*, *Archangiopteris* und *Danaea* sind nur in der heißen Zone Amerikas, Asiens und auf den Südseeinseln vertreten.

Die **Ophioglossaceen** haben einen kurzen, unterirdischen Stamm, welcher in jeder Vegetationsperiode nur ein einziges Blatt entwickelt, das nur zum Teil laubblattartig ausgebildet ist. Ein Abschnitt des Blattes, welcher der Laubausbreitung entbehrt, trägt zahlreiche dickwandige Sporangien. Die Blätter haben eine scheidenförmige Basis, durch welche die jüngeren Teile des Sprosses schützend umhüllt werden. Die Prothallien der Ophioglossaceen sind knollenartig und tragen beiderlei Geschlechtsorgane. In der einheimischen Flora sind die Ophioglossaceen vertreten durch *Ophioglossum vulgatum* und *Botrychium Lunaria*. Bei ersterem ist der sterile Blatteil eiförmig und ungeteilt, der fertile Teil einfach ährenförmig (Fig. 310), bei *Botrychium Lunaria* ist der sterile Teil einfach fiederschnittig mit halbmondförmigen Abschnitten, der fertile Blatteil ähnelt einer gedrungenen Rispe.

b) Die **leptosporangiaten Farne** tragen die aus einer einzigen Epidermiszelle hervorgehenden Sporangien an unveränderten oder wenig veränderten Blättern. Die Blätter sind ohne Nebenblätter. Die am Rande oder an der Unterseite der Blätter stehenden Sporangien sind meistens zu Gruppen (Sori) zusammengestellt, welche häufig von besonders gebildeten Indusien (Fig. 311 B) oder von dem umgeschlagenen Blattrande bedeckt werden. Die Wand des reifen Sporangiums besteht aus einer einfachen Schicht von Zellen, von denen einzelne durch verdickte Wände ausgezeichnet sind und einen die Eröffnung bei der Sporenreife bewirkenden Annulus bilden (Fig. 311 E, M). Es werden nur einerlei Sporen gebildet. Die Pro-



Fig. 310.
Ophioglossum vulgatum.

thallien tragen beiderlei Geschlechtsorgane, die Antheridien ragen über die Oberfläche des Prothalliums hervor.

Familien: Hymenophyllaceae, Cyatheaceae, Polypodiaceae, Gleicheniaceae, Schizaeaceae, Osmundaceae.

Die **Hymenophyllaceen** oder Hautfarne sind kleine, krautartige Farne mit zarten, meist aus einer Zellschicht gebildeten Blättern ohne Spaltöffnungen. Die Sporangien sind ungestielt und kugelförmig und haben einen schief oder quer zur Anheftungsstelle angeordneten, vollständig geschlossenen Annulus. Die Eröffnung der Sporenwand er-

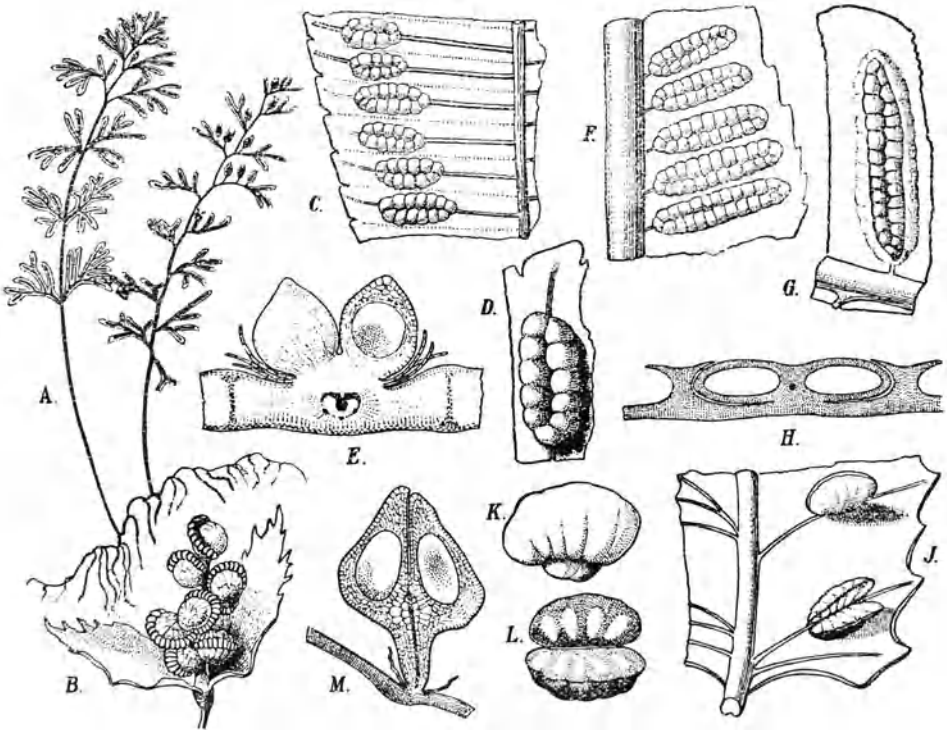


Fig. 311.

A Hymenophyllum Tunbridgense. **B** Sorus von Hymenophyllum mit Indusium. **C** Blattstück von Angiopteris mit Sori. **D** Sorus stärker vergrößert. **E** Blattquerschnitt mit Sorus. **F** Blattstück von Danaea mit Sori. **G** Sorus stärker vergrößert. **H** Sorus in Querschnitt. **I** Blattstück von Marattia mit Sori. **K** und **L** Einzelner Sorus. **M** Sorus im Querschnitt.

folgt infolgedessen durch einen Längsriß. Die Sporangien sind zu Sori vereinigt, welche direkt am Blattrande auf einem, vom verlängerten Nerven gebildeten, fadenförmigen oder keulenförmigen Receptaculum stehen. Vom Blattrande her wird jeder Sorus durch ein becherförmiges oder muschelartig zweiklappiges Indusium eingehüllt. Die Prothallien sind fadenförmig oder band- und plattenartig von unbestimmten Umrissen. Die meisten Arten der hierher gehörenden beiden Gattungen *Hymenophyllum* und *Trichomanes* leben in feuchten Urwäldern der Tropen und Subtropen. In Deutschland ist nur eine Art, *Hymenophyllum Tunbridgense*, an einem einzigen Standorte gefunden worden.

Die **Cyatheaceen** sind meist große, teils baumartige Farne mit großen, mehrfach gefiederten Blättern. Die Sori der mit einem schiefen, geschlossenen Annulus versehenen, sitzenden oder kurz und dick gestielten Sporangien stehen am Rande

oder auf der Unterseite der Laubblätter und sind bei einigen Gattungen von einem napfförmigen oder zweiklappigen Indusium umgeben. Die Arten der hierher gehörenden Gattungen *Cibotium*, *Dicksonia*, *Alsophila*, *Hemitelia* und *Cyathea* gehören meistens den Tropen und den subtropischen Gegenden der südlichen Halbkugel an.

Die Familie der **Polypodiaceen** ist die artenreichste von allen; sie ist charakterisiert durch die gestielten, mit einem unvollständigen vertikal gestellten Annulus versehenen Sporangien, welche sich durch einen Querriß öffnen (Fig. 311 B). Die Sori stehen meist auf der Unterseite der Blätter, an dem Ende, dem Rücken oder der Flanke eines Nerven. Man unterscheidet sechs Unterfamilien:

1. *Acrosticheae*. Die Sporangien bilden keine begrenzten Sori, sondern sind gleichmäßig über eine größere Fläche des Blattes verteilt. Ein Indusium ist nicht vorhanden. Gattungen: *Acrostichum*.
2. *Polypodieae*. Die begrenzten Sori sind ohne Indusium (Fig. 312 a). Gattungen: *Gymnogramme*, *Polypodium*, *Platycerium*, *Phegopteris*, *Ceterach*, *Notochlaena*.

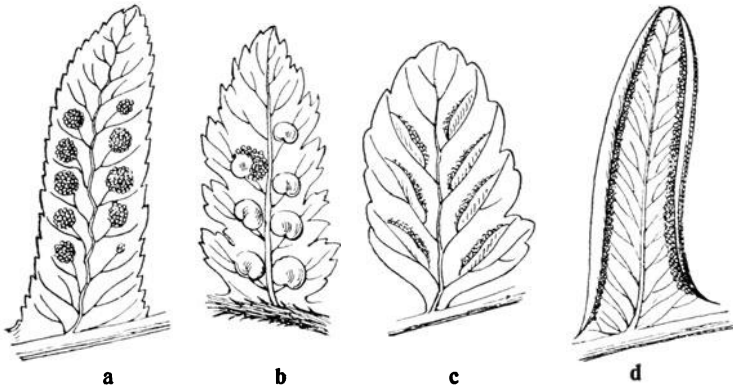


Fig. 312.

Sori einiger Polypodiaceen; **a** nackt bei *Polypodium*; **b** bedeckt, rundlich bei *Aspidium*; **c** linienförmig, bedeckt bei *Asplenium*; **d** randständig bei *Pteris*.

3. *Pterideae*. Die randständigen Sori werden von dem umgeschlagenen Blatt-
rande bedeckt (Fig. 312 d). Gattungen: *Adiantum*, *Allosorus*, *Pteris*.
4. *Asplenieae*. Die Sori sind länglich und seitenständig und werden von
einem seitlichen Indusium überdeckt (Fig. 312 c). Gattungen: *Blechnum*,
Asplenium, *Athyrium*, *Diplazium*, *Scolopendrium*.
5. *Aspidieae*. Die rundlichen Sori stehen auf dem Rücken des Nerven und
sind von einem verschiedenartig ausgebildeten echten Indusium geschützt
(Fig. 312 b). Gattungen: *Aspidium*, *Cystopteris*, *Woodsia*, *Struthiopteris*.
6. *Davallieae*. Die Sori sind endständig am Zahn oder im Einschnitt des
Blattrandes und sind von einem dem Blatzzahn ähnlichen Indusium bedeckt.
Gattung: *Davallia*.

Zu den verbreitetsten Farnen gehört bei uns *Polypodium vulgare* (Fig. 313). Es hat einen mit braunen Spreuschuppen dicht bedeckten, kriechenden, rhizomartigen Sproß, welcher auf dem Rücken zwei Zeilen langgestielter Blätter trägt mit ei-lanzettlicher, tiefiederteiliger Spreite. Die Abschnitte des Blattes haben auf der Unterseite zwei Reihen rundlicher, bei der Reife brauner Sori. Von den Asplenieen kommt das fast über die ganze Welt verbreitete *Athyrium Filix femina* auch bei uns häufiger vor. Es trägt an dem schief aufsteigenden, reichbewurzelten Sproß doppelt gefiederte Blätter mit lineal-lanzettlichen, fiederspaltigen Fiederchen, deren Lappen nach vorne gekrümmt und gezähnt sind. Die wenig in die Länge gezogenen Sori haben ein seitliches Indusium, welches erhalten bleibt. Die zu den Aspidieen zu stellende Art *Aspidium Filix mas* (Fig. 314) gehört seit Dioscorides' Zeiten zum Arzneischatz; der

Sproß, im Arzneibuch als Farnwurzel — *Rhizoma Filicis* — bezeichnet, liefert ein Medikament, welches auch heute noch als sicher wirkendes Mittel gegen Eingeweidewürmer in hohem Ansehen steht. Das große, dicke Rhizom des Farns steht schief aufrecht und trägt doppelt gefiederte Blätter mit länglichen, stumpfen, gekerbten Fiederchen. Blattstiel und Mittelrippe sind mit braunen Serpuschuppen bedeckt. Die großen, rundlichen Sori stehen in zwei Reihen auf der basalen Hälfte

der Fiederchen und sind mit einem oberständigen, nierenförmigen, in der Bucht befestigten Indusium versehen. Zur Unterscheidung der Art von dem vorher genannten *Athyrium Filix femina* möge noch angeführt sein, daß bei *Aspidium Filix mas* auf dem Querschnitt des Blattstieles die Leitbündel mit bloßem Auge als acht bis zwölf rundliche Punkte erscheinen, während im Blattstiel von *Athyrium* nur zwei bandartige Leitbündel vorhanden sind, welche sich weiter oben zu einem einzigen, im Querschnitt hufeisenförmigen Bündel vereinigen.

Die kleine Familie der **Osmundaceen** hat kurz und dick gestielte, schief ei- bis

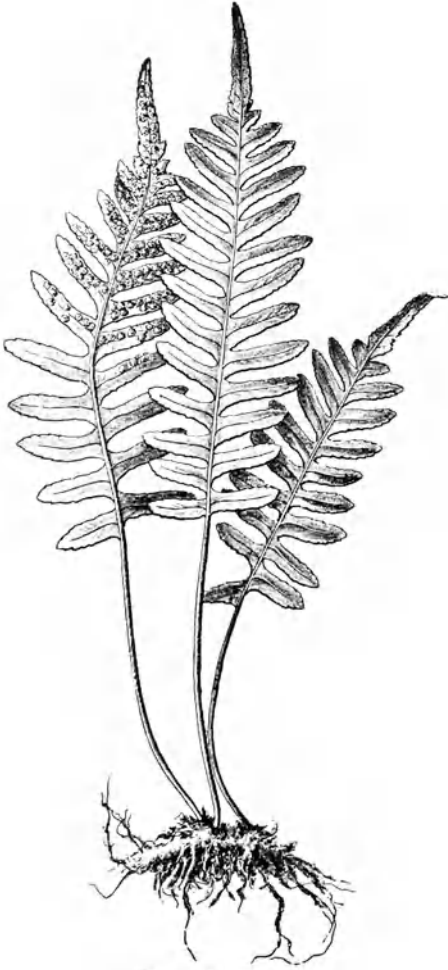


Fig. 313.

Polypodium vulgare.

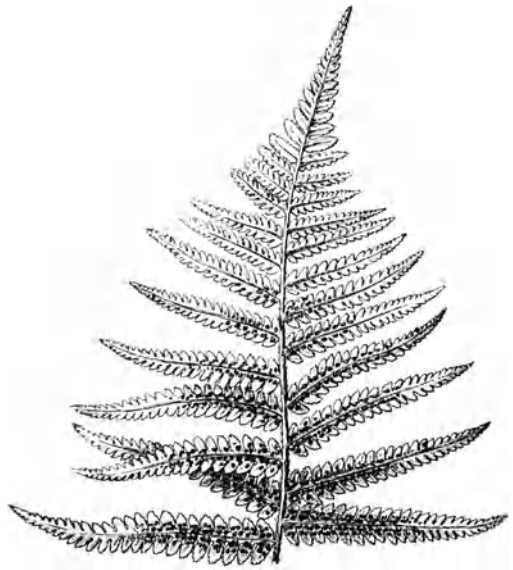


Fig. 314.

Aspidium Filix mas. Offizinell.

Spitze eines fertilen Wedels von der Unterseite ($\frac{1}{2}$).

birnförmige Sporangien, deren Annulus auf eine hochseitenständige Gruppe dickwandiger Zellen reduziert ist. Die einzige bei uns einheimische Art der Familie, *Osmunda regalis*, hat große, länglich eiförmige, doppelt gefiederte, sterile Blätter. Die fertilen Blätter sind im unteren Teil ebenso beschaffen, ihr oberer Teil bildet aber eine dreifach-gefiederte Rispe ohne deutliche Laubausbreitung, welche dicht mit rostroten Sporangien bedeckt ist.

c) Die **Hydropteriden** oder **Wasserfarne**, so genannt, weil sie im Wasser oder doch auf sumpfigem Boden wachsen, sind wie die Farne der vorher-

gehenden Ordnung leptosporangiat; sie unterscheiden sich von den letzteren aber wesentlich dadurch, daß in verschiedenen Sporangien zweierlei Sporen, Mikrosporen und Makrosporen erzeugt werden. Die einschichtige Sporangienwand ist ohne Annulus. Die Mikro- und Makrosporangien sind entweder für sich oder untermischt zu Sori vereinigt, welche in bohnenförmige oder kugelige, aus umgewandelten Blattzipfeln hervorgegangene Sporocarpien eingeschlossen sind. Aus den Mikrosporen gehen männliche, aus den Makrosporen weibliche Prothallien hervor. Dieselben sind rudimentär und bleiben ganz oder teilweise von der Sporenwand umhüllt.

Familien: Salviniaceae, Marsiliaceae.

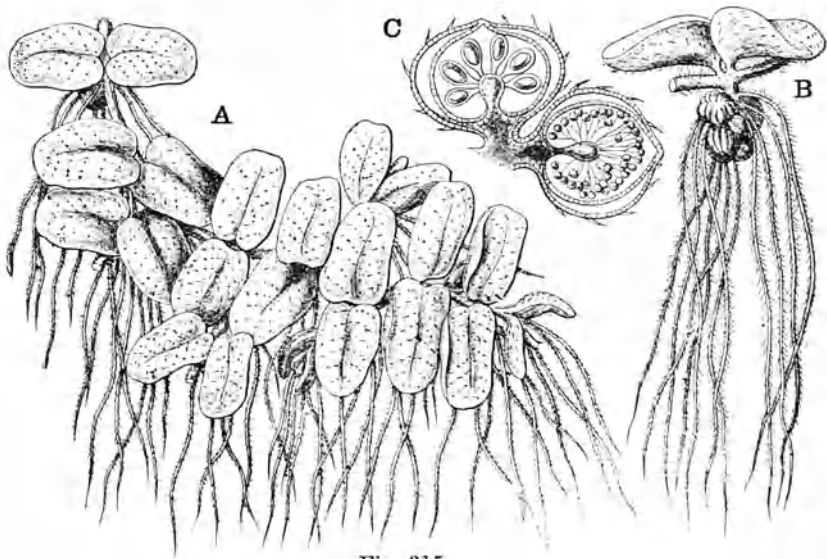


Fig. 315.

Salvinia natans.

A schwimmende Pflanze. **B** ein Blattquirl mit Sporocarpien. **C** zwei Sporocarpien im Längsschnitt; das obere mit Makrosporangien, das untere mit Mikrosporangien.

(Nach Luerssen.)

Die **Salviniaceen** sind kleine, einjährige Pflanzen mit horizontal schwimmendem Sproß. Die einzige in der heimischen Flora vertretene Gattung, *Salvinia*, ist völlig wurzellos. Die Blätter stehen in dreizähligen Quirlen. Je zwei Blätter jedes Quirls sind oval und ungeteilt und flach auf der Wasseroberfläche ausgebreitet; das dritte Blatt ist in viele, mit zarten Haaren besetzte, fadenförmige Zipfel verteilt, welche in dichtem Büschel ins Wasser hinabhängen (Fig. 315). Die kugeligen Sporocarpien, welche je entweder nur Mikrosporangien oder nur Makrosporangien enthalten, stehen zu kleinen Gruppen vereinigt an den untergetauchten Blättern. *Salvinia natans* findet sich sehr zerstreut auf stehenden und langsam fließenden Gewässern in Mittel- und Süddeutschland.

Die **Marsiliaceen** haben einen horizontal kriechenden, an der Bauchseite bewurzelten Sproß, welcher die aufrechten Blätter in zwei alternierenden Reihen trägt. Die Sporocarpien entspringen einzeln oder zu mehreren aus dem unteren Teil des Blattes. Sie enthalten stets mehrere Sori, in denen Mikrosporangien und Makrosporangien nebeneinander stehen. Die beiden hierher gehörenden Gattungen sind auch in Deutschland vertreten. *Pilularia globulifera* mit fadenförmigen Blättern und kugeligen, vierfächerigen Sporocarpien wächst in Seen und Gräben, besonders auf Torfgrund

(Fig. 316). *Marsilia quadrifolia* hat langgestielte Blätter, deren kleeblatt-ähnliche Spreite aus zwei Paaren breitkeilförmiger Fiederblättchen zusammengesetzt ist. Die bohnenförmigen Sporocarpien entspringen zu zwei oder drei oberhalb der Blattstielbasis. *Marsilia* wächst sehr vereinzelt in Süddeutschland in Sümpfen und Gräben.

Zweite Reihe: Die Equisetinen.

Die Sprosse der Equisetinen sind reich verzweigt und knotig gegliedert. An den mit hohlen Internodien abwechselnden Knoten stehen Wirtel von kleinen Blättern, welche zu gezähnten Scheiden verbunden sind. Die Sporangien entstehen an schildförmigen Blättern, welche am Sproßgipfel zu ährenartigen Sporangienständen vereinigt sind.

Die Equisetinen bilden eine einzige Familie: Equisetaceae.

Die Equisetaceen oder Schachtelhalme, welche allein von der artenarmen Gattung *Equisetum* vertreten werden, sind eusporangiat, d. h. ihre Sporangien gehen aus einer Gruppe von Zellen hervor, wie diejenigen der Marattiaceen und Ophioglossaceen. Die Sporangien enthalten nur einerlei Sporen, welche von je zwei bandartigen Elateren umhüllt sind (Fig. 317). Die Prothallien sind trotzdem diözisch, indem die schwächer entwickelten nur Antheridien, die kräftigeren nur Archegonien tragen. Die Elateren, welche hygroskopische Bewegungen ausführen, bewirken, daß die Sporen schon im Sporangium zu flockigen Massen aneinanderhäkeln und so stets zu mehreren gleichzeitig und am gleichen Ort zur Aussaat gelangen. Indem auf diese Weise männliche und weibliche Prothallien nebeneinander zur Entwicklung gelangen, wird die Befruchtung ermöglicht und erleichtert. Bei einigen Arten sind die fertilen Sprosse der ungeschlechtlichen Pflanze von den sterilen in Form und Farbe verschieden. Die fertilen Sprosse gehen dann entweder nach der Sporenreife zugrunde, oder sie werden nachträglich durch Entwicklung grüner Zweige zu vegetativen Sprossen. Von den elf deutschen Arten ist *Equisetum arvense* bei uns überall gemein. Die

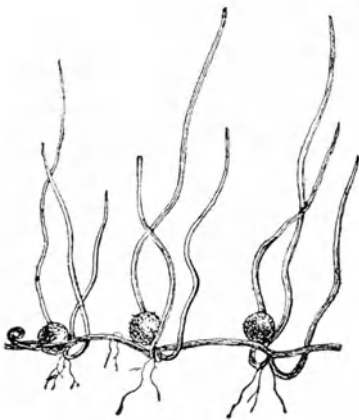


Fig. 316.

Pilularia globulifera.

zuerst erscheinenden fertilen Sprosse sind rötlich gefärbt und unverzweigt, sie vertrocknen nach der Ausstreuung der Sporen. Später treten reichverzweigte, grüne, sterile Sprosse auf, welche ausdauern. Die sterilen Sprosse von *Equisetum arvense* und einige andere *Equisetum*arten können wegen des reichen Kieselgehaltes der epidermalen Zellwände zum Scheuern von Zinngefäßen und zum Polieren von Holz und Horn verwendet werden (Scheuerkraut oder Zinnkraut).

Dritte Reihe: Die Lycopodinen.

Die oft reichverzweigte, selten einfache Sproßachse ist mit zahlreichen einfachen, meist kleinen Blättern besetzt, welche von einem unverzweigten Mittelnerven durchzogen sind. Die Sporangien stehen einzeln am Grunde von wenig oder nicht veränderten Labblättern oder sind etwas auf die Oberfläche der Sproßachse hinübergerückt. Häufig sind die fertilen Blätter zu endständigen Sporangienähren vereinigt.

Wir unterscheiden zwei Ordnungen:

a) Isosporeae, b) Heterosporeae.

a) Die **isosporen Lycopodinen** haben nur einerlei Sporen. Die monözischen Prothallien, welche ganz oder teilweise unterirdisch leben, sind

knollen- oder rübenförmig oder unregelmäßig gestaltet (Fig. 318). Sie ernähren sich zum Teil durch Vermittlung endotropher Mykorrhizen saprophytisch; bei einigen werden oberirdisch grüne, laubartige Lappen als Assimilationsorgane ausgebildet. Die Prothallien tragen beiderlei Geschlechtsorgane, die Antheridien sind in das Gewebe eingesenkt.

Familien: Lycopodiaceae, Psilotaceae.

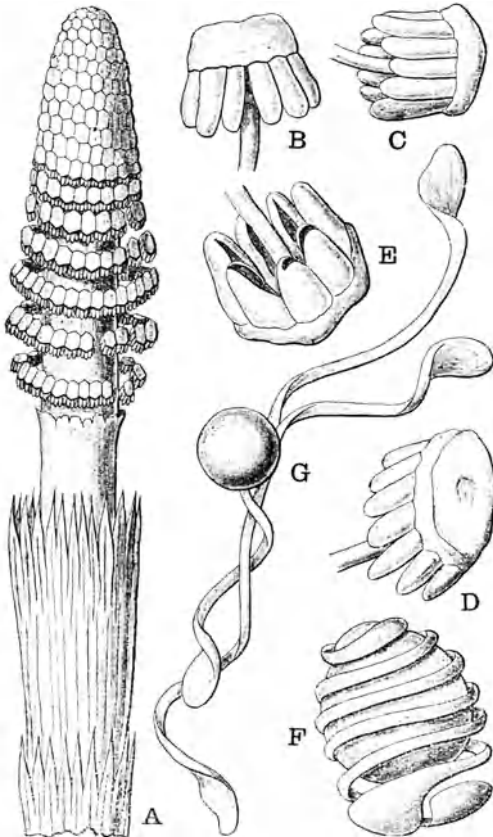


Fig. 317.

Equisetum Telmateja. A Sporangienähre. B, C, D, E ein Sporophyll in verschiedenen Lagen. Bei E sind die Sporangien bereits geöffnet und entleert. F und G Sporen mit Elateren (nach Luerssen).

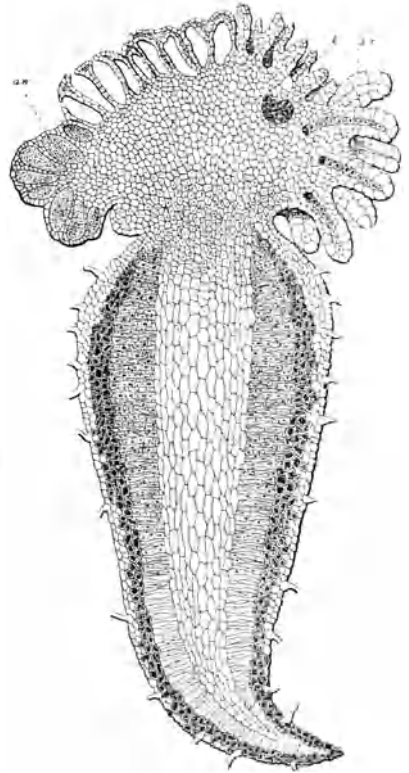


Fig. 318.

Längsschnitt eines Prothalliums von *Lycopodium complanatum* (²⁵/₁). ar Archegonien, k Embryo, an Antheridien (nach Bruchmann).

Von den zur Familie der **Lycopodiaceen** gehörigen Gattungen ist nur die Gattung *Lycopodium* in unserer Flora vertreten. Der Habitus der Lycopodien ist moosartig. Die Sporophylle sind bei vielen Arten am Sproßgipfel zu ährenförmigen Fruchtständen vereinigt. Jedes derselben trägt auf seiner Basis ein einziges nierenförmiges Sporangium, welches sich bei der Reife durch einen Querriß öffnet. *Lycopodium clavatum*, der gemeine Bärlapp (Fig. 319), hat einen weithin kriechenden, monopodial verzweigten, wurzelnden Stengel, welcher ringsherum dicht mit kleinen Blättern besetzt ist. Die fertilen Aeste sind aufrecht und spärlicher beblättert und tragen an ihrem Gipfel zwei oder mehr Sporangienähren, deren Sporophylle von den

Laubblättern verschieden sind. Die tetraedrischen Sporen werden eingesammelt und sind unter dem Namen Bärlappsporen — *Lycopodium* — officinell.

b) Die **heterosporen Lycopodinen** haben Mikrosporen und Makrosporen, welche in verschiedenen Sporangien zur Ausbildung kommen. Jedes Sporophyll trägt ein Sporangium. In der Nähe des Sporangiums entspringt aus dem Sporophyll eine häutige Schuppe, die Ligula. Die Prothallien sind klein und rudimentär und bleiben während ihrer ganzen Entwicklung ganz oder teilweise von der Sporenhaut umschlossen.

Familien: Selaginellaceae, Isoëtaceae.



Fig. 319.
Lycopodium clavatum.



Fig. 320.
Längsschnitt eines Sporangienstandes von *Selaginella* (nach Sachs).

Der Sproß der **Selaginellaceen** ist dünn und schlank, meist dorsiventral, reichlich monopodial oder dichotomisch verzweigt und mit kleinen flachen Blättern besetzt, welche zwei Zeilen größerer flankenständiger Unterblätter und zwei Zeilen kleinerer rückenständiger Oberblätter bilden. Die Sporophylle bilden endständige, meist prismatisch vierkantige, seltener cylindrische Aehren (Fig. 320). Die kugeligen Mikrosporangien enthalten zahlreiche Mikrosporen; in den etwas größeren Makrosporangien werden nur je vier kugeltetraedrische Makrosporen gebildet. Die einheimischen Arten *Selaginella helvetica* (Fig. 321) und *S. spinulosa* kommen in Norddeutschland seltener, in Süddeutschland, besonders im Alpengebiet, ziemlich häufig vor.

Die Familie der **Isoëtaceen** ist bei uns nur durch zwei im Wasser lebende seltene Arten, *Isoetes lacustris* (Fig. 322) und *I. echinospora*, vertreten. Sie

besitzen einen kurzen, normal unverzweigten, aufrechtstehenden Sproß ohne Internodien. Die gewöhnlich bis 15 cm langen, binsenartigen Blätter stehen dicht gedrängt in spiraler Anordnung. Die Sporangien sind in eine grubige Vertiefung der scheidenförmigerweiterten Blattbasis eingesenkt und von dem häutigen Rand der Grube teilweise überdeckt (Fig. 322 b). Die Pflanzen sind ausdauernd und erzeugen in jeder Vegetationsperiode neue Blätter. Die äußersten Blätter tragen Makrosporangien darauf folgen Blätter mit Mikrosporangien; die innersten Blätter der Rosette sind steril. Die Sporangien sind unvollkommen gefächert, indem der Sporenraum von vorne nach hinten von Zellplatten oder Balken, den sogenannten Trabeculae, durchzogen wird (Fig. 322 a).

Die als Versteinerungen in den Schichten der Erdrinde erhaltenen Ueberreste der Pflanzen aus früheren Erdepochen lehren uns, daß die Gefäßkryptogamen in der paläozischen Periode vom Devon durch die Steinkohlenzeit bis in das Perm hinein in der Zusammensetzung der Landflora die wichtigste Rolle gespielt haben. Es gab damals ausgedehnte Wälder von mächtigen, baumförmigen Equisetinen und Lycopodinen, wie den Calamarien, den Sigillarien und Lepidodendren, deren Stämme sich zum Teil bis über 25 m hoch erhoben und durch sekundäres Dickenwachstum einen beträchtlichen Umfang erreichten. Neben den in großer Artenzahl und Mannigfaltigkeit auftretenden Filicinen jener Erdepochen fanden sich die ihnen in der Form nahestehenden, heute gänzlich ausgestorbenen Cycadofilices oder Pteridospermae, die in neuerer Zeit als vermittelnde Zwischenglieder zwischen Gefäßkryptogamen und Gymnospermen erkannt worden sind.



Fig. 321. *Selaginella helvetica*.
Vegetativer Sproß mit Sporangienähren s.

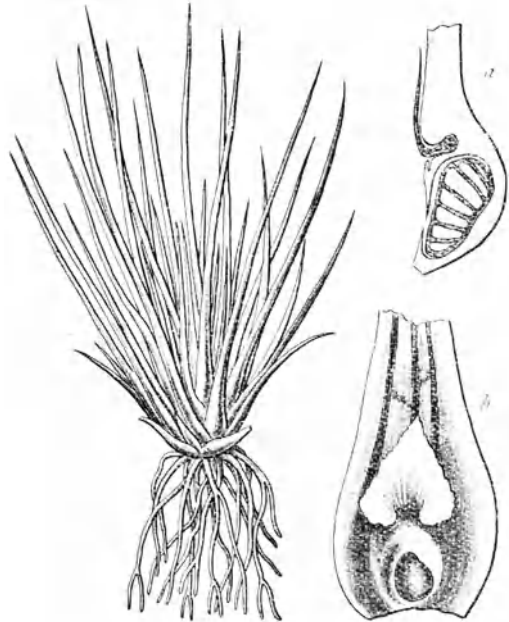


Fig. 322. *Isoetes lacustris*.
a fertile Blattbasis im Längsschnitt, b von oben.

Die als Versteinerungen in den Schichten der Erdrinde erhaltenen Ueberreste der Pflanzen aus früheren Erdepochen lehren uns, daß die Gefäßkryptogamen in der paläozischen Periode vom Devon durch die Steinkohlenzeit bis in das Perm hinein in der Zusammensetzung der Landflora die wichtigste Rolle gespielt haben. Es gab damals ausgedehnte Wälder von mächtigen, baumförmigen Equisetinen und Lycopodinen, wie den Calamarien, den Sigillarien und Lepidodendren, deren Stämme sich zum Teil bis über 25 m hoch erhoben und durch sekundäres Dickenwachstum einen beträchtlichen Umfang erreichten. Neben den in großer Artenzahl und Mannigfaltigkeit auftretenden Filicinen jener Erdepochen fanden sich die ihnen in der Form nahestehenden, heute gänzlich ausgestorbenen Cycadofilices oder Pteridospermae, die in neuerer Zeit als vermittelnde Zwischenglieder zwischen Gefäßkryptogamen und Gymnospermen erkannt worden sind.

IV. Die Gymnospermen.

Die Gymnospermen sind Bäume oder Sträucher mit typischen Gefäßbündeln und sekundärem Dickenwachstum in Sproß und Wurzel. Die Sporophylle sind an einzelnen Sprossen oder Sproßabschnitten zu eingeschlechtigen Blüten vereinigt (Fig. 323). Die Samenanlagen der weiblichen Blüten sitzen frei auf der Oberfläche nicht verwachsener Fruchtblätter (Fig. 323 A). Aus den Samenanlagen werden nach der vermitteltst eines Pollenschlauches erfolgten Befruchtung Samen, in denen der aus einer befruchteten Eizelle hervorgegangene, von Endosperm umhüllte Embryo eine Ruhezeit durchmacht.

Die Gruppe umfaßt drei Reihen:

1. Cycadeae (S. 312), 2. Coniferae (S. 313), 3. Gnetaceae (S. 317).

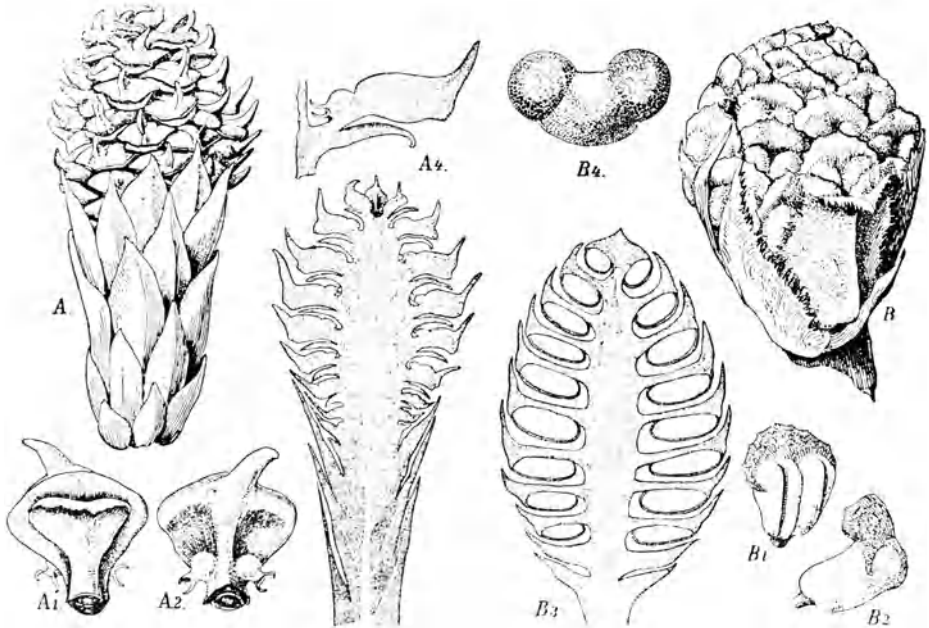


Fig. 323.

A weibliche Blüte von *Pinus silvestris*. A₁ Fruchtblatt von unten, A₂ dasselbe von oben mit den zwei Samenanlagen. A₃ ganze Blüte, A₄ einzelnes Fruchtblatt im Längsschnitt. B männliche Blüte von *Pinus silvestris*. B₁, B₂ einzelnes Staubblatt von unten und von der Seite. B₃ Blüte im Längsschnitt. B₄ Pollenkorn stärker vergrößert.

Erste Reihe: Die Cycadeen.

Die Sproßachse der Cycadeen ist meist unverzweigt. Die großen fiederförmig verzweigten; farnblattähnlichen Blätter sind spiralig angeordnet. In dem durch sekundäres Dickenwachstum erzeugten Holz sind keine typischen Gefäße, sondern nur Tracheiden vorhanden.

Die Cycadeen bilden eine einzige gleichnamige Familie.

Die wenigen zur Familie der **Cycadeen** gehörigen artenarmen Gattungen *Cycas*, *Encephalartos*, *Zamia*, *Ceratozamia* u. a. leben nur in den warmen Zonen. *Cycas revoluta* wird bei uns viel in Warmhäusern gezogen; seine stattlichen, immergrünen Blätter werden unter der falschen Bezeichnung als Palmwedel von den Gärtnern zu Trauerkränzen verwendet.

Zweite Reihe: **Die Coniferen.**

Die Sproßachse der Coniferen ist **reich** verzweigt, die meist nadel- oder schuppenförmigen Blätter stehen **spiralig** oder in alternierenden Quirlen. Der Gefäßteil der Bündel und das durch sekundäres Dickenwachstum gebildete Holz enthält nur Tracheiden, keine Gefäße.

Die Familien gruppieren sich in zwei Ordnungen:

a) Pinoideae, b) Taxoideae.

a) Die **Pinoideen** haben vollkommene Zapfen, d. h. die weiblichen Blüten bestehen aus einer Anzahl von schuppenartigen Fruchtblättern, welche spiralig oder in Wirteln an einer gemeinsamen Achse stehen. Die Samenschale der Pinoideen ist lederartig, holzig oder knochenhart.

Uebersicht der Familien:

A. Blätter und Zapfenschuppen gegenständig.

Fam. 1: **Cupressaceae.**

B. Blätter spiralig.

1. Fruchtblätter einfach, mit je einer Samenanlage.

Fam. 2: **Araucariaceae.**

2. Fruchtblätter in Deck- und Fruchtschuppe gegliedert.

a) Fruchtschuppe mit je 2 seitlichen Samenanlagen.

Fam. 3: **Abietaceae.**

b) 2 bis 8 achselständige oder auf der Fläche der Fruchtblätter stehende Samenanlagen.

Fam. 4: **Taxodiaceae.**

In der Familie der **Cupressaceen** sind die nadel- oder schuppenförmigen Blätter und die Zapfenschuppen in zwei- oder mehrzähligen Quirlen angeordnet. Die orthotropen Samenanlagen sitzen selten einzeln, meist zu zwei oder mehreren auf einer schwachen Hervorragung an der Basis des Fruchtblattes. Ein einheimischer, überall verbreiteter Vertreter der Familie ist *Juniperus communis*, der Wacholder (Fig. 324). Die Pflanze ist strauchartig, selten baumförmig. Die nadelförmigen Blätter stehen in dreizähligen Quirlen. Die Blüten sind diözisch verteilt. Der Zapfen hat nur einen einzigen dreizähligen Quirl von Fruchtblättern, von denen drei Samenanlagen umschlossen sind. Der anfangs grüne Zapfen wird später zu einer wenig saftigen, schwärzlichen, blaubereiften Beere. Die Wacholderbeeren sind als *Fructus Juniperi* officinell. Der früher ebenfalls officinelle Sadebaum, *Juniperus Sabina*, hat schuppenförmige Blätter in vorherrschend zweizähligen Quirlen. Männliche und weibliche Blüten stehen auf demselben Strauch. Die Zapfen haben zwei oder drei Fruchtblattquirl und werden wie bei der vorigen Art zu runden, schwarzen Beeren. Manche ausländische Arten der ebenfalls zu den Cupressaceen gehörigen Gattungen *Cupressus*, *Thuja*, *Biota* u. a. werden als beliebte Zierbäume bei uns gezogen.

Bei den **Araucariaceen** sind Blätter und Zapfenschuppen spiralig gestellt, jedes Fruchtblatt ist einfach und trägt auf seiner Innenseite eine einzige anatrophe Samenanlage. In der einheimischen Flora ist die Familie nicht vertreten. Die Gattung *Dammara* ist im malaiischen Archipel heimisch. Die neuseeländische Kaurifichte *Agathis australis* liefert Kauri-Kopal. Arten von *Araucaria* treten in Brasilien und Chile waldbildend auf. Einige *Araucaria*arten werden bei uns zur Zierde als Zimmerpflanzen gezogen.

Zu der Familie der **Abietaceen** gehört eine Anzahl einheimischer Waldbäume mit nadelförmigen Blättern; es handelt sich um die Gattungen *Pinus*, *Larix*, *Picea*

und *Abies*. Allen gemeinsam ist, daß die spiralig gestellten Fruchtblätter aus zwei nur an der Basis verbundenen Teilen bestehen. Der zur Basis des Zapfens hin gewendete Teil wird Deckschuppe genannt. Der zur Spitze hin gewendete Teil, die Samenschuppe, trägt zwei Samenanlagen. Die reifen Samen sind von einem flügelartigen Hautrand umgeben. Die Arten der Gattung *Pinus* haben Lang- und Kurztriebe. An den letzteren stehen außer einigen häutigen Schuppen nur wenige wintergrüne Nadeln (Fig. 325). Bei *Larix* sind ebenfalls Lang- und Kurztriebe vorhanden (Fig. 326). Die Nadeln der letzteren stehen in großer Zahl büschelig beieinander, sie sind weich und fallen im Herbst ab. Die Gattung *Picea* (Fig. 327) hat nur einerlei Sprosse. Die wintergrünen Nadeln sind vierkantig. Die reifen Zapfen hängen mit der Spitze nach unten und fallen endlich ganz ab. *Abies* hat ebenfalls nur Langtriebe und wintergrüne Nadeln. Die letzteren sind aber flach (Fig. 328). Die Zapfenspinde bleibt bei der Samenreife am Baum sitzen, die Zapfenschuppen lösen sich einzeln von derselben ab.



Fig. 324.

Zweig von *Juniperus communis* mit weiblichen Blüten und Früchten. Offizinell.

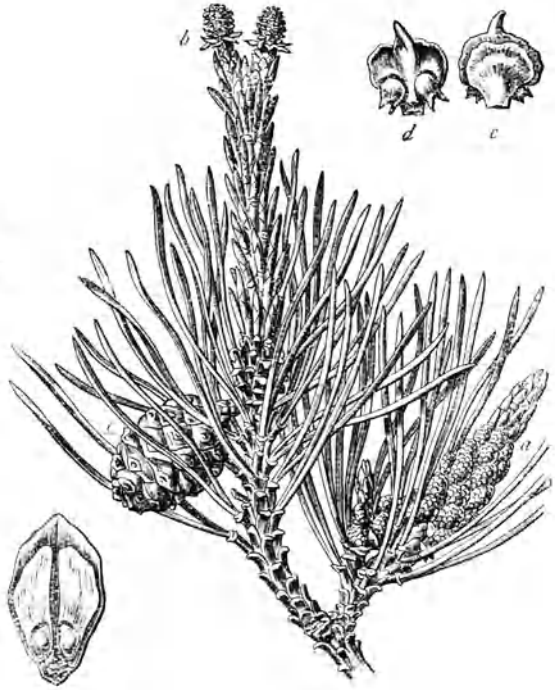


Fig. 325.

Zweig von *Pinus silvestris* mit zahlreichen zwei-nadeligen Kurztrieben; *a* männliche Blüten, *b* weibliche Blüten, *c* ein unreifer Fruchtzapfen, *d* Schuppe des weiblichen Zapfens von oben gesehen, die beiden Samenanlagen zeigend, *e* eine Schuppe von unten gesehen, *f* Schuppe des Fruchtzapfens mit zwei reifen geflügelten Samen.

Pinus silvestris, unsere gemeine Kiefer, erreicht als Waldbaum eine Höhe von etwa vierzig Metern und bildet, anfänglich pyramidenartig wachsend, im Alter eine unregelmäßig schirmförmige Krone aus knorrigen Aesten. Sie trägt zwei Nadeln an jedem Kurztrieb (Fig. 325). Das an Kernholz reiche Holz alter Kieferstämme wird als Brennholz und auch als Werkholz, besonders auch für Schiffsmasten, geschätzt. *Pinus montana*, die Legföhre oder Latsche, bildet an der Baumgrenze der mitteleuropäischen Gebirge oft ausgedehnte Bestände von urwaldartiger Ursprünglichkeit. *Pinus Cembra*, die Zirbe oder Zirbelkiefer, ein schöner Baum der Gebirge, trägt drei oder fünf Nadeln an

jedem Kurztrieb. Manche Pinusarten sind officinell. *Pinus silvestris* liefert Holzteer (*Pix liquida*), *P. Laricio* und *P. Pinaster* werden zur Gewinnung von Terpentin — Terebinthina — benutzt, letztere, sowie *P. australis* und *P. Taeda* liefern Terpentinöl und Kolophonium — Colophonium. Die nordamerikanische Weymouthskiefer, *Pinus Strobus*, mit fünfnadeligen Kurztrieben, wird vielfach bei uns als Zierbaum angepflanzt. *Larix europaea*, die gemeine Lärche (Fig. 326), kommt bei uns meist nur in kleinen Beständen als Waldbaum vor. *Larix sibirica*, ein der vorigen Art sehr nahestehender Baum Nordrußlands und Sibiriens, findet wie *Pinus silvestris*, zur Gewinnung von Holzteer Verwendung. *Picea vulgaris*, die gemeine Fichte (Fig. 327), ist der häufigste Waldbaum unserer deutschen Gebirge. Seine Krone ist regelmäßig kegelförmig aus quirlig gestellten Aesten gebildet; der Stamm älterer Bäume ist mit rissiger, rotbrauner Borke bedeckt. Die vierkantigen, stachelspitzigen Nadeln stehen einzeln und zerstreut und sind rings um die Zweige ziemlich gleichmäßig ausgebreitet. Die Gattung *Abies* ist in unseren Wäldern durch die Edeltanne oder Weißtanne, *Abies pectinata*, vertreten, welche ebenfalls einen kegelförmigen Wuchs der Krone und quirlige Stellung der horizontalen Aeste zeigt. Die Oberfläche des bis über sechzig Meter hohen Stammes ist in der Jugend mit glatter, weißlich-grauer Rinde bedeckt. Die Nadeln der Edeltanne sind flach, an der Spitze ausgerandet, unterseits mit zwei weißen Linien versehen. Sie stehen in spiraliger Anordnung, durch Krümmung gewinnen sie indes an den Zweigen eine scheinbar zweizeilige Stellung. Manche ausländische Arten, wie *Abies Nordmanniana*, *A. balsamea* u. a. m., werden bei uns als Zierbäume gezogen. Junge Fichten und Weißtannen werden als Weihnachtsbäume verwendet. Als Vertreter ausländischer Gattungen der Abietaceen mögen genannt werden die Zeder des Libanon, *Cedrus Libani*, welche im Altertum das Bauholz zum Tempel Salomonis und zu anderen Bauwerken geliefert haben soll, und *Tsuga Douglasii*, die Douglasfichte, die im westlichen Nordamerika große Wälder bildet.

Zur Familie der **Taxodiaceen** gehört *Sequoia gigantea*, der kalifornische Mammutbaum, der mit über 100 m Stammhöhe zu den gewaltigsten Baumgestalten der Erde zählt.

b) Die **Taxoideen** haben meist nur wenige Samenanlagen in den weiblichen Blüten. Die Zapfenbildung ist unvollkommen oder fehlt gänzlich. Die Umhüllung des reifen Samens ist weich und fleischig.

Familien: Podocarpaceae, Taxaceae.

Die Familie der **Taxaceen** ist bei uns durch den Eibenbaum, *Taxus baccata*, vertreten, der in früheren Jahrhunderten in Deutschland häufig und weit verbreitet war. Gegenwärtig ist er wildwachsend nur noch vereinzelt zu finden, er wird aber vielfach in Anlagen zu Hecken und Lauben oder zu Formbäumen gezogen. Die Ausbildung von Fruchtblättern ist bei *Taxus* gänzlich unterdrückt. Die weibliche Blüte besteht nur aus einer Samenanlage, welche auf der Spitze eines kurzen Seitenzweiges steht. Der reife Samen ist von einem fleischigen, leuchtend rot gefärbten, schleimig süßen Arillus umgeben (Fig. 329). Der Samen und die Triebspitzen sind giftig.

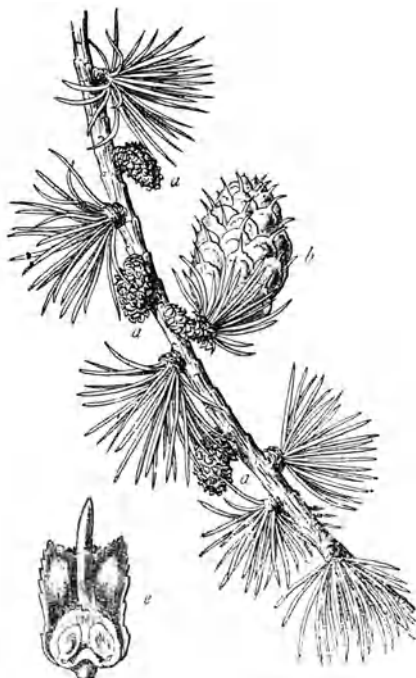


Fig. 326.

Zweig von *Larix europaea* mit mehreren büchelrig benadelten Kurztrieben, a männliche Blüte, b weibliche Blüte, c Schuppe des Fruchtzapfens mit zwei Samen.

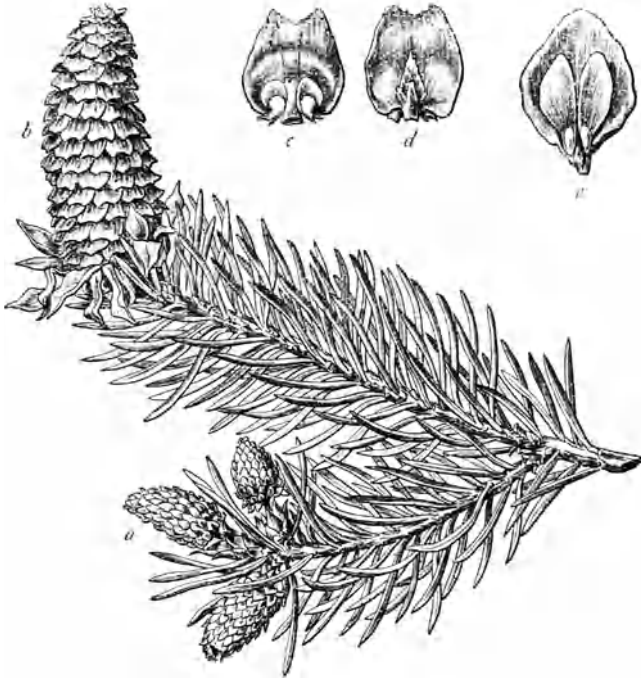


Fig. 327.

Benadelter Zweig von *Picea vulgaris*. *a* männliche, *b* weibliche Blüte; *c* Schuppe der letzteren, von oben die beiden Samenanlagen zeigend. *d* dieselbe von unten gesehen; *e* Schuppe des Fruchtzapfens mit zwei geflügelten Samen.

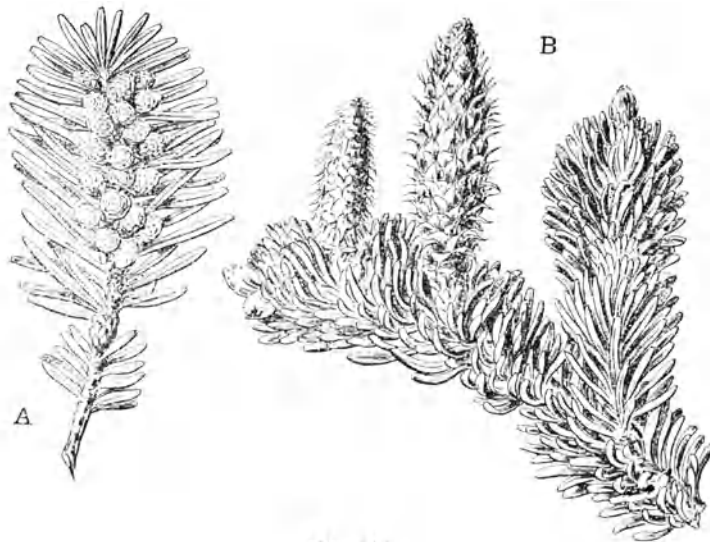


Fig. 328.

A *Abies pectinata*, Zweig mit männlichen Blüten, **B** Sproßabschnitt mit weiblichen Blüten.

Anhangsweise mag hier auch die Familie der **Ginkyoaceen** erwähnt werden, welche in früheren Epochen der Erdgeschichte zahlreiche Vertreter besaß, gegenwärtig aber nur noch von *Ginkyo biloba*, einem in China und Japan kultivierten winterkahlen Baum mit verzweigtem Stamm und flachen, nicht nadelförmigen Blättern repräsentiert wird. Die Ginkyoaceen nehmen in verschiedenen Beziehungen eine vermittelnde Stellung zwischen Coniferen und Cycadeen ein.

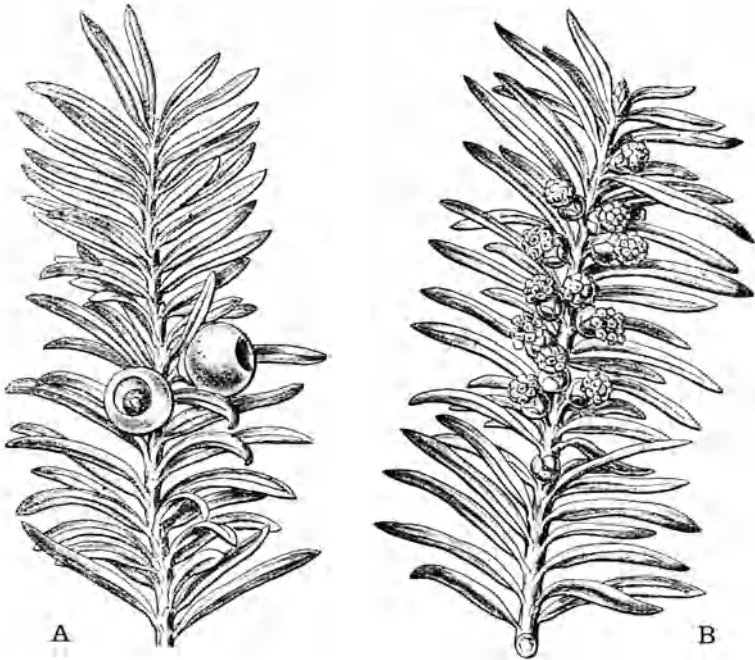


Fig. 329.

Zweige von *Taxus baccata*, A weiblich mit Samen, B mit männlichen Blüten.

Dritte Reihe: Die Gnetaceen.

Die wenigen Arten der Reihe haben sehr verschiedene Gestalt. Gemeinsam ist allen das Auftreten von Hüllblättern an den Blüten und das Vorkommen echter Gefäße in dem durch sekundäres Dickenwachstum gebildeten Holzkörper.

Die Reihe umfaßt nur eine gleichnamige Familie.

Die Familie der **Gnetaceen** wird von drei Gattungen: *Gnetum*, *Ephedra* und *Welwitschia*, gebildet, von denen in Europa nur eine, *Ephedra*, in Deutschland keine vertreten ist. *Ephedra distachya* erinnert im Habitus an die Equiseten. Die langen, dünnen, reichverzweigten Stengel sind gegliedert, die kleinen Blätter bilden an den Stengelknoten zweizählige Scheiden. Die männlichen Blüten bestehen aus zwei bis acht zu einer Säule verbundenen Staubblättern, welche von einer zweiteiligen, verwachsenblättrigen Hülle umgeben sind. Die die Samenanlagen umgebenden Hochblätter werden bei der Samenreife zu einer fleischigen, rotgefärbten Hülle. Die im Südwesten von Afrika lebende Wüstenpflanze *Welwitschia mirabilis* (Fig. 330) hat einen rübenähnlichen Sproß, der nur aus dem verdickten Hypokotyl besteht und bis zu vier Meter Umfang erreicht. Die beiden zuerst entwickelten Blätter des Sprosses sind ausdauernd und bilden während der ganzen Lebenszeit der Pflanze die einzigen Laubblätter. Sie sind breit

riemenförmig, von lederartiger Beschaffenheit und verlängern sich unausgesetzt durch interkalares Wachstum. In der Achsel der Blätter entspringen die Blüten sprosse. Die Arten der Gattung *Gnetum* nähern sich in dem Bau ihres Vegetationskörpers schon sehr den Dikotyledonen; sie haben derbe, lanzettliche, fiedernervige Laubblätter. *Gnetum Gne mon* wird wegen der genießbaren Blätter und Früchte von den Eingeborenen der ostindischen Inseln angebaut.

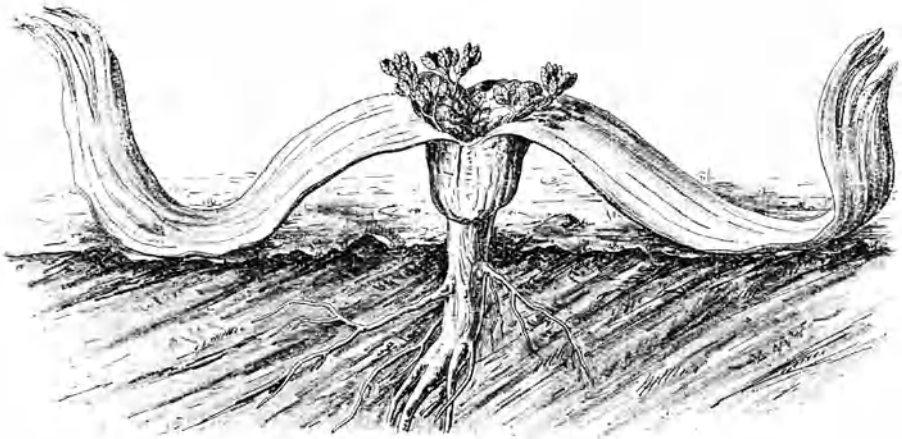


Fig. 330.
Welwitschia mirabilis (verkleinert).

V. Die Angiospermen.

Unter den Angiospermen sind alle Wuchsformen vertreten. Sprosse und Wurzeln sind mit Spitzenwachstum und mit typischen Leitbündeln ausgestattet. Sekundäres Dickenwachstum ist weit verbreitet, aber nicht allgemein. Die Sporophylle treten zu zwitterigen oder eingeschlechtigen Blüten zusammen, welche in der Regel eine besondere Blütenhülle besitzen. Die Samenanlagen sind in einen aus den verwachsenen Fruchtblättern gebildeten Fruchtknoten eingeschlossen. Die in ihnen enthaltene Eizelle wird vermittelt eines Pollenschlauches befruchtet und wächst innerhalb des Samens zum gegliederten Embryo heran. Ein aus dem Protoplasma des Embryosackes nach der Befruchtung hervorgehendes Endosperm wird entweder bei der Entwicklung des Embryos im Samen aufgebraucht, oder es bildet in dem reifen Samen eine Nahrungsreserve, welche der jungen Pflanze bei der Keimung zu Nutzen kommt. Je nachdem der Embryo zwei meist gegenständige und gleichgestaltete Keimblätter oder nur ein einziges Keimblatt besitzt, unterscheidet man die beiden Abteilungen der *Dikotylen* und *Monokotylen*.

A. Die Dikotylen.

Die Dikotylen sind Bäume, Sträucher oder Kräuter mit meist gestielten, häufig geteilten oder zusammengesetzten, netznervigen Blättern. Die offenen Leitbündel sind im Sproß zu einem Cylinder angeordnet, der

auf dem Querschnitt als Bündelring erscheint. Die Blüten haben oft zwei seitliche Vorblätter; als typische Blütenformel kann die Formel

$$\text{Kn Cn An} + n \text{ G } 0 - n$$

angesehen werden, wobei n meist gleich 5, seltener gleich 2, 4 oder 6, nur ausnahmsweise gleich 3 ist. Der Embryo hat zwei Kotyledonen.

Die Dikotylen lassen sich in zwei Abteilungen trennen:

- a) **Choripetalae.** Die Blüten sind acyklisch, hemicyklisch oder cyklisch gebaut. Die Blütenhülle ist ein einfaches Perigon oder sie ist gegliedert in einen Kelch und eine aus freien, untereinander nicht verwachsenen Blättern gebildete Blumenkrone.
- b) **Sympetalae.** Die Blütenhülle der stets cyklisch gebauten Blüten besteht aus zwei Kreisen, die deutlich in Kelch und Krone geschieden sind. Die Kronblätter sind miteinander verwachsen.

Ausnahmsweise finden sich auch bei den Choripetalen gelegentlich Fälle, in denen, wie z. B. in der Familie der Malvaceen, die Kronblätter miteinander verwachsen sind, und ebenso sind auch in der Abteilung der Sympetalen in vereinzelt Beispielen, z. B. bei gewissen Primulaceen, freie oder fast freie Kronblätter anzutreffen.

a) Die Choripetalen.

Die Choripetalen umfassen sechs Reihen:

1. Juliflorae (S. 319), 2. Centrospermae (S. 326), 3. Aphanocyclicae (S. 330), 4. Eucvelicae (S. 346), 5. Tricoccae (S. 358), 6. Calyciflorae (S. 360).

Erste Reihe: Die Julifloren.

Die meist eingeschlechtigen Blüten der Julifloren sind durch den Mangel einer Blumenkrone ausgezeichnet, manche bestehen nur aus Androeceum oder Gynaeceum, andere besitzen eine einfache unscheinbare Blütenhülle. Die einzelnen Blüten stehen meist dicht gedrängt zu ähren-, kolben- oder kätzchenförmigen Inflorescenzen vereinigt.

Hierher gehören drei Ordnungen:

a) Amentaceae, b) Piperinae, c) Urticinae.

a) Die **Amentaceen** sind Bäume oder Sträucher. Sie haben stets eingeschlechtige Blüten; die männlichen Blüten haben in der Regel ein einfaches Perigon aus vier bis sechs Blättern. Die Zahl der Staubblätter ist wechselnd; wenn ihre Zahl mit derjenigen der Perigonblätter übereinstimmt, so stehen sie den letzteren superponiert. Die männlichen Blüten stehen in Kätzchen, welche nach dem Verblühen als Ganzes abfallen. Die weiblichen Blüten sind oft nackt, meist aus zwei oder drei synkarpen Fruchtblättern gebildet. Die reifen Samen enthalten einen geraden Keimling, Nährgewebe ist nicht vorhanden.

Familien: Salicaceae, Betulaceae, Corylaceae, Cupuliferae, Myricaceae, Juglandaceae, Casuarinaceae.

Die **Salicaceen** sind Holzpflanzen mit einfachen Blättern und Nebenblättern. Sie haben eingeschlechtige Kätzchen, welche diözisch verteilt sind. Die Blüten sind ohne Hülle und enthalten außer den Geschlechtsorganen nur einen meist in zahnartige Honigschuppen aufgelösten Discus. Der dünne, einfächerige Fruchtknoten enthält mehrere Samenanlagen. Die Frucht ist eine zweiklappige Kapsel. Die reifen Samen sind von langer Haarwolle umhüllt und enthalten kein Endosperm. Zu den Salicaceen gehören die Gattungen *Salix* und *Populus*. Die *Salix*-Arten oder Weiden sind meist strauchartig, nur wenige, wie die Salweide, *Salix Caprea* (Fig. 331), die Silberweide,

S. alba, die Bruchweide, *S. fragilis* u. a., haben baumförmigen Wuchs. Sie lieben feuchte Standorte und gedeihen besonders auf Moor- und Bruchboden, wie an Teich- und Bachufern. Die schlanken, astlosen Ruten mancher Arten, besonders von *Salix viminalis*, *S. alba*, *S. purpurea*, werden zur Korbflechterei verwendet. Die *Populus*-Arten oder Pappeln sind Bäume mit langgestielten Blättern. *Populus tremula*, die Zitterpappel oder Espe, wächst überall in feuchten Laubwäldern. *Populus nigra*, die Schwarzpappel, wächst an Ufern und Waldrändern und wird, wie die aus Amerika stammende Spitzpappel, *Populus pyramidalis*, bisweilen als Alleebaum gepflanzt.

Die **Betulaceen** sind Bäume oder Sträucher. Die eingeschlechtigen Blüten sind monözisch. Die männlichen Blüten besitzen ein normal von vier verwachsenen Blättern gebildetes Perianth, denen die vier Staubblätter gegenüberstehen. Die weiblichen Blüten sind nackt. Der zweifächerige Fruchtknoten trägt zwei fädige Griffel und enthält eine hängende Samenanlage in jedem Fach. Die Frucht ist eine Nuß ohne Cupula. Als ein-

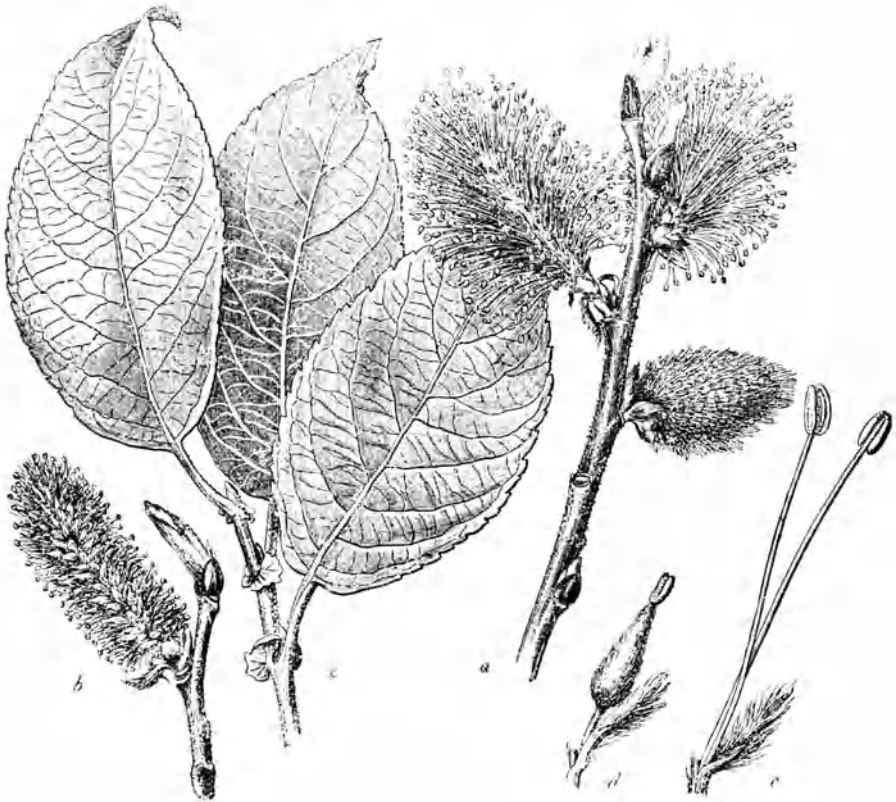


Fig. 331.

Salix Caprea. *a* Zweig mit männlichen Kätzchen, *b* weiblicher Blütenstand, *c* beblätterter Zweig, *d* einzelne weibliche, *e* einzelne männliche Blüte. (Nach Willkomm.)

heimischer Waldbaum tritt besonders in gemischten Beständen und auf Lichtungen und an Waldrändern die durch die weiße Korkhülle ihres Stammes ausgezeichnete Birke, *Betula alba*, auf. In Brüchen und an Bachrändern wird vielfach die Erle, *Alnus glutinosa* und *incana*, angepflanzt und als Wadelholz genutzt.

Die zu den **Corylaceen** gehörigen Holzpflanzen haben monözische Blüten. Die männlichen Blüten sind ohne Perianth, die weiblichen dagegen von einer rudimentären Blütenhülle umgeben. Um die reifende Frucht bilden die verwachsenen Vorblätter der weiblichen Blüte eine anfangs krautige Hülle, welche mit der reifen Nuß als Cupula verwachsen bleibt.

Der einheimische Haselstrauch, *Corylus Avellana* (Fig. 332), und die Lambertnuß, *Corylus tubulosa*, aus Südeuropa, deren Nüsse als Obst und zur Oelgewinnung geschätzt sind, werden neuerdings bei uns vielfach angebaut. Der einheimische Ertrag deckt indessen den Bedarf noch bei weitem nicht. Die ebenfalls hierhergehörige Hain- oder Weißbuche, *Carpinus Betulus*, ist ein bei uns überall verbreiteter und häufiger Waldbaum, dessen weißes Holz als Werkholz geschätzt wird.



Fig. 332.

Corylus Avellana. *a* winterkahler Zweig mit aufrechtem, weiblichem Blütenstand und zwei hängenden männlichen Kätzchen. *b* ein Laubblatt.

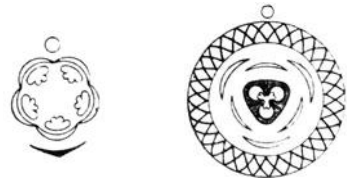


Fig. 333.

Quercus Robur. Offizinell.
a weibliche Blüte. *b* zwei männliche Blüten. *c* Frucht in der Cupula.

Die **Cupuliferen** sind stattliche Bäume mit einfachen oder mehr oder weniger stark gelappten Blättern und Nebenblättern. Die an derselben Pflanze in gesonderten Inflorescenzen stehenden männlichen und weiblichen Blüten haben ein ansehnliches verwachsenblättriges Perianth aus vier bis sieben Blättern (Fig. 334 A), welche in der männlichen Blüte ebensoviel oder doppelt soviel Staubblätter einschließen. Der Fruchtknoten ist unterständig, dreifächerig (Fig. 334 B) und enthält je zwei Samenanlagen mit zwei Integumenten in jedem Fach. Die Frucht ist eine einsamige Nuß, welche einzeln oder zu mehreren gemeinsam von einer Cupula umhüllt ist. Der Same enthält kein Endosperm. Hierher gehören die schönsten Bäume unserer Laubwälder, die Eiche, *Quercus Robur* (Fig. 333), mit den beiden Unterarten Stein- oder Wintereiche, *Q. sessiliflora*, und Stiel- oder Schmmereiche, *Q. pedunculata*, welche je eine Frucht in jeder becherförmigen Cupula enthalten, und die Buche, *Fagus silvatica*, deren kapselartige, mit vier Klappen aufspringende Cupula zwei dreikantige Früchte einschließt.

Als wichtige Nutzhölzer spielen Eiche und Buche im Forstbetriebe eine hervorragende Rolle. Sie liefern ein vorzügliches Brenn- und Werkholz. Die von gefällten Eichen oder in Eichenschälwäldungen gewonnene Eichenrinde ist ein wertvolles Gerb-



A B Fig. 334.

Blütendiagramm von *Quercus*.
A männliche, B weibliche Blüte.

material. Die jüngere Rinde von *Quercus Robur* ist als Eichenrinde — *Cortex Quercus* — officinell. Die Früchte der Eichen und Buchen dienen zur Schweinemast. Der mächtig entwickelte Kork des Stammes der in den westlichen Mittelmeerländern heimischen Korkeiche, *Quercus suber*, liefert den Flaschenkork. Die durch Gallwespenstiche auf den jungen Trieben der orientalischen Form von *Quercus lusitania* (*Q. infectoria*) hervorgerufenen Auswüchse sind die Galläpfel — *Gallae* — der Pharmakopöe. *Castanea vesca*, die Edelkastanie oder eßbare Kastanie, welche in Griechenland und Italien ganze Wälder bildet, hat süße, eßbare Nüsse, welche bei uns als Maronen in den Handel gebracht werden.

Die **Juglandaceen** sind Bäume mit Fiederblättern oder Nebenblätter. Ihre Blüten sind diklin und monözisch. Die männlichen Blüten stehen in hängenden Kätzchen, die weiblichen in ährenartigen Blütenständen. Der unterständige, aus zwei Fruchtblättern gebildete Fruchtknoten ist durch falsche Scheidewände unvollständig gefächert und enthält eine grundständige, atrope Samenanlage. Die Frucht ist eine Steinfrucht mit grünem, faserfleisichtigem Mesokarp, der Same enthält kein Endosperm. *Juglans regia* (Fig. 335), der Walnußbaum, stammt aus dem Orient und wird wegen seiner eßbaren Samen überall im wärmeren Europa kultiviert. Sein Holz wird als Werkholz besonders in der Möbelschreinererei sehr geschätzt. Die Walnußblätter — *Folia Juglandis* — sind officinell.

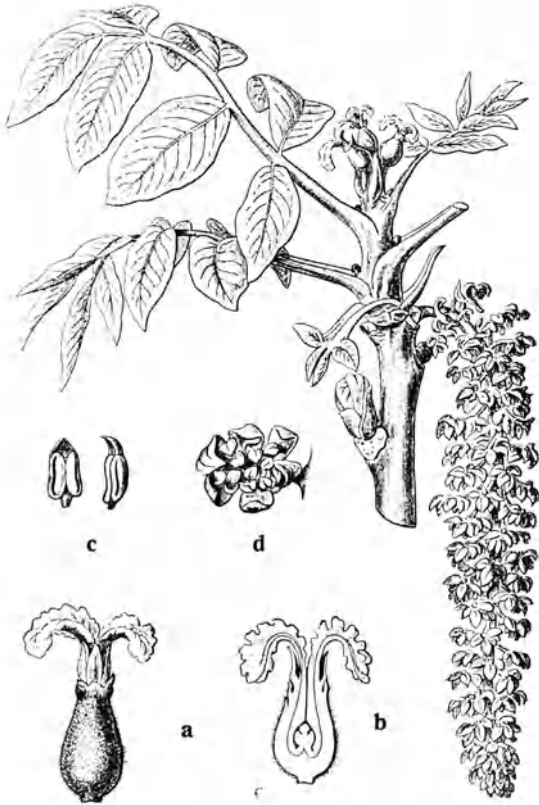


Fig. 335.

Juglans regia. Offizinell. (Nach Wossidlo.)
a weibliche Blüte. **b** Längsschnitt durch die weibliche Blüte. **c** Staubblätter. **d** männliche Blüte.

men ist Endosperm und ein mächtig entwickeltes Perisperm als Nährgewebe des kleinen Embryos vorhanden.

Familien: Saururaceae, Piperaceae.

Die **Piperaceen** sind Kräuter und Sträucher mit Zwitterblüten. Die Blüten, welche in einer Aehre oder Traube mit fleischig kolbenartiger Achse stehen, sind ohne Perianth. Staub- und Fruchtblätter sind meist in Dreizahl vorhanden. Der Fruchtknoten ist ein-

b) Die **Piperinen** sind exotische Gewächse oft mit knotig gegliedertem Sproß und mit einfachen Blättern, deren Nebenblätter, wenn vorhanden, in der Jugend eine tutenförmige Umhüllung der Endknospe bilden. Die kleinen Blüten sind meist völlig nackt und zwitтерig. In einigen Fällen kommen sechs Staubblätter in zwei Kreisen vor, ihre Zahl ist aber gewöhnlich geringer und geht im Extremen auf zwei zurück. Der drei- oder wenigerteilige Fruchtknoten ist einfächerig und enthält eine einzige gerade aufrechte Samenanlage. Im Sa-

fächerig und enthält eine grundständige orthotrope Samenanlage. Die Frucht ist eine Steinfrucht. Hierher gehört die exotische Gattung *Piper*, der Pfeffer. *Piper nigrum* liefert in seinen Beeren den als Speisegewürz wichtigen Pfeffer, und zwar geben die unreif getrockneten Steinfrüchte den schwarzen, die ihres Fleisches beraubten reifen Früchte den weißen Pfeffer. Die nahe verwandte Art *Piper Cubeba* (Fig. 336) liefert die officinellen Kubeben — *Cubebae*.

c) Die **Urticinen**. Ihre Blüten sind meist eingeschlechtig; die männlichen haben ein vier- oder fünfteiliges Perianth und wenige Staubblätter, welche den Perianthblättern superponiert sind (Fig. 337 A). Der oberständige Fruchtknoten der weiblichen Blüte besteht aus einem Fruchtblatt, seltener aus zweien, und enthält eine einzige Samenanlage (Fig. 337 B). Endosperm ist im Samen meistens vorhanden. Die Blütenstände sind nie typische Kötzchen.

Familien: *Ulmaceae*, *Moraceae*, *Cannabinaceae*, *Urticaceae*.

Die **Ulmaceen** sind Bäume mit einfachen gestielten Blättern und abfallenden Nebenblättern. Die Blüten sind häufig zwittrig mit unscheinbarer, glockig verwachsener 4—6 teiliger Hülle, geraden superponierten Staubblättern und einem meist einfächerigen Fruchtknoten mit einer hängenden, gekrümmten Samenanlage. Die Rüster oder Ulme, *Ulmus campestris* (Fig. 338), ein schöner Laubbaum mit mächtiger dunkelgrüner Krone und einfachen, gesägten, unsymmetrischen, zweizeilig gestellten Blättern, wird bei uns überall in Anlagen und an Wegen als Alleebaum verwendet. Seine Frucht ist eine geflügelte Nuß. Das Holz des in den Mittelmeerlandern einheimischen Zürgelbaumes, *Celtis australis*, wird zu Schnitzarbeiten und zu Blasinstrumenten verwendet.

Die **Moraceen** sind Bäume oder Sträucher mit Milchsaft. Ihre eingeschlechtigen Blüten sind in kötzchen- oder köpfchenartigen Blütenständen zusammengedrängt oder auf der fleischigen Achse zu einem Blütenkuchen vereinigt. Man unterscheidet als Unterfamilien die *Moraceae*, deren Staubblätter in der Knospe einwärts gekrümmt und deren Blätter in der Knospe gefaltet sind, und die *Artocarpeae* mit ge-



Fig. 336.
Piper Cubeba. Offizinell. (Nach Baillon.)

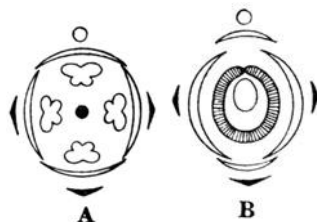


Fig. 337.

Blütendiagramme von *Urtica dioica*. A männliche, B weibliche Blüte.

raden Staubfäden und in der Knospe gerollten, mit Cystolithen versehenen Blättern. Zu den ersteren gehört der Maulbeerbaum. *Morus alba*, der weiße Maulbeerbaum, liefert in seinen Blättern das Futter für die Seidenraupen. Die Früchte des schwarzen Maulbeerbaumes, *Morus nigra*, werden als Obst und Kompott gegessen. Zu den Artocarpeen gehört der Feigenbaum, *Ficus carica*, eine uralte Kulturpflanze der Mittelmeerländer. deren Früchte, die eßbaren Feigen, frisch und getrocknet auch bei uns in den Handel kommen. *Ficus elastica*, der Gummibaum, der seiner schönen Blätter wegen vielfach in kleinen Exemplaren als Zimmerpflanze gehalten wird, ist in seiner ostindischen Heimat ein gewaltiger Baum, dessen Milchsaft zu Kautschuk verarbeitet wird. Auch die mexikanische *Castilleja elastica* wird in den Tropen als Kautschukbaum angepflanzt. Die über kopfgroßen Fruchtstände des Brotfruchtbaumes *Artocarpus* werden in Ostindien als Nahrungsmittel verwendet. Die in Südamerika heimische *Cec-*



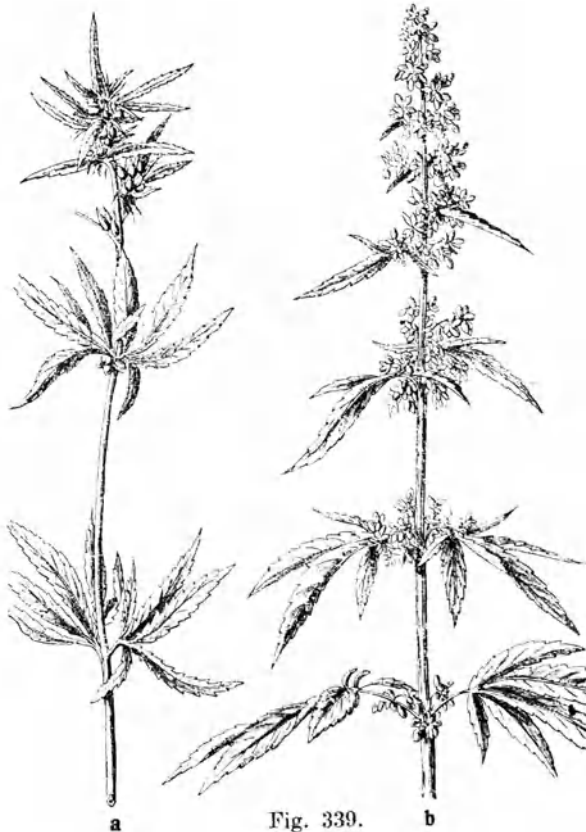
Fig. 338.

Ulmus campestris. *a* blühender Zweig. *b* Zweig mit Laubblättern und Fruchtstand. *c* Einzelblüte.

ropia adenopus ist ein bekanntes Beispiel einer Ameisenpflanze, sie wird angeblich durch die in den leicht zugänglichen Stamminternodien wohnenden Ameisen gegen die sie bedrohenden Blattschneiderameisen geschützt und liefert ihren Beschützern in kleinen drüsenartigen, eiweißreichen Körpern (Müllersche Körperchen), welche im Haarfild der Blattstielkissen gebildet werden, die Nahrung. *Antiaris toxicaria*, der javanische Upasbaum, liefert Pfeilgift.

Die *Cannabaceen* sind Kräuter ohne Milchsaft, mit handnervigen und handförmig gelappten oder geteilten Blättern und freien Nebenblättern. Die Blüten sind diözisch verteilt. Die männlichen Blüten, welche in komplizierten rispenartigen Infloreszenzen stehen, haben ein fünfblättriges Perianth und fünf superponierte, auch in der Knospe

gerade Staubblätter. Das Perianth der weiblichen Blüten ist niedrig, napfförmig, verwachsen und ganzrandig. Der oberständige Fruchtknoten mit einem zweiseitigen oder zwei freien Griffeln, schließt eine hängende aufwärtsgekrümmte Samenanlage ein. Die Frucht ist eine Nuß; der Same enthält neben dem gekrümmten Embryo sehr wenig oder gar kein Endosperm. Die Familie umfaßt die Gattungen *Humulus* und *Cannabis*, denen zwei sehr wichtige Kulturpflanzen, der Hanf, *Cannabis sativa* (Fig. 339), und der Hopfen, *Humulus Lupulus* (Fig. 340) angehören. Die weiblichen Hopfenpflanzen tragen ihre Blüten in eigentümlich zapfenartigen Blütenständen, deren Schuppenblätter an der Basis mit kreiselförmigen Drüsenhaaren besetzt sind, welche ein bitteres Sekret absondern und die als Lupulin bezeichnete Droge liefern. Wegen des aromatischen



Cannabis sativa. **a** weibliche, **b** männliche Pflanze. (Nach Calwer.)

bitteren Stoffes werden die Hopfenzapfen als Gewürz beim Bierbrauen verwendet. Der Hanf wird als Gespinstpflanze angebaut. Die Blattfasern des Stengels werden zu Seilen und zu groben Geweben verarbeitet. Der fette Same dient als Vogelfutter und wird auch zur Oelgewinnung benutzt. Im Orient wird aus der weiblichen Hanfpflanze eine be rauschende Substanz, der Haschisch, gewonnen.

Die *Urticaceen* sind Kräuter ohne Milchsaft, mit einfachen Blättern und freien Nebenblättern. Das Perianth der eingeschlechtigen Blüten, welche in reichblütigen, bisweilen kätzchenartigen Knäueln stehen, besteht meist aus vier in zwei Kreisen geordneten grünen Perianthblättchen (Fig. 337). Die vier superponierten Staubblätter sind in der Knospe scharf nach innen gebogen und schnellen bei der Pollenreife explosivartig auf,

um den Blütenstaub der sich öffnenden Antheren dem Winde zu übergeben. Der Fruchtknoten trägt einen Griffel mit einer kopf- oder pinselförmigen Narbe und enthält eine aufrechte gerade Samenanlage. Die Frucht ist eine Nuß oder seltener eine Steinfrucht. Der Same enthält Endosperm. Manche Arten, wie z. B. die einheimischen Brennesseln, *Urtica dioica* und *Urtica urens*, besitzen Brennhaare. Einige Arten liefern in ihren Bastfasern Gespinststoffe. Die im gemäßigten Asien heimische *Urtica cannabina* und unsere *Urtica dioica* werden zu Nesseltuchen verarbeitet; die Fasern der tropischen *Boehmeria nivea*, welche als Ramieh oder Chinagrass in den Handel kommen, liefern gleichfalls feinere Gewebe.



Fig. 340.

Humulus Lupulus. a Blütenzweig der weiblichen Pflanze. b Blütenzweig der männlichen Pflanze. c ein Fruchzapfen.

Zweite Reihe: Die Centrospermen.

Neben kronlosen Blüten kommen auch solche mit Kelch und Krone vor. Das Androeceum besteht aus einem oder zwei Kreisen. Das Gynaeceum wird aus zwei bis fünf Fruchtblättern gebildet, welche zu einem einfächerigen Fruchtknoten verwachsen sind. Die Samenanlagen stehen entweder einzeln im Grunde des Fruchtknotens- oder zu vielen an einer Zentralplacenta.

Wir unterscheiden drei Ordnungen:

a) Polygoninae, b) Chenopodinae, c) Caryophyllinae.

a) Die **Polygoninen** haben kronenlose Blüten und zwei Kreise von Staubblättern. Im Grunde des Fruchtknotens steht eine einzige atrophe Samenanlage. Am Grunde der wechselständigen Laubblätter steht eine aus verwachsenen Nebenblättern gebildete, die Sproßachse scheidenartig umfassende Ochrea.

Familie: Polygonaceae.

Die **Polygonaceen** sind meist krautartige Pflanzen mit wechselständigen einfachen, bisweilen spieß- oder pfeilförmigen Blättern an knotig gegliederter Achse. Die kleinen Blüten haben ein aus fünf oder sechs freien Blättern gebildetes, grünliches oder weißes Perianth. Wo dreizählige Kreise von Perianthblättern auftreten, steht das unpaare Blatt des äußeren Kreises nach hinten (Fig. 341). Die Zahl der Staubblätter wechselt

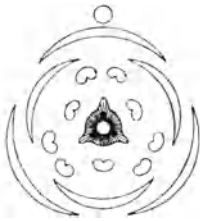


Fig. 341.
Blütendiagramm
von Rheum.



A Fig. 342. B
Rheum officinale. Offizinell. A Einzelblüte.
B Blütenlängsschnitt. (Nach Luerssen.)

zwischen fünf bis neun. Der Fruchtknoten wird von zwei oder drei Fruchtblättern gebildet und ist stets einfächerig. Die Gattung *Rheum* hat eine sechsblättrige Blütenhülle (Fig. 341 und 342). Der äußere Staubblattkreis besteht aus sechs, der innere aus drei Gliedern. Die saftigen Blattstiele des bei uns vielfach als Zierpflanze in Gärten gezogenen *Rheum undulatum* werden als Gemüse verzehrt. Die geschälten, oft unregelmäßig zugeschnittenen Wurzelstöcke von Rheum-Arten Hochasiens, vorzüglich wohl *Rheum palmatum* und *R. officinale*, sind officinell unter dem Namen Rhabarber — *Rhizoma Rhei*. Der Gattung *Rumex*, Ampfer, fehlt der innere Perigonkreis, der äußere ist wie bei Rheum durch Spaltung sechszählig. Der innere Perigonkreis verwächst mit der Frucht und hüllt dieselbe vollkommen ein. *Rumex Acetosa*, der Sauer-Ampfer, *R. Acetosella*, *R. crispus* u. a. m. sind bei uns überall häufig; *Rumex Acetosa*, *scutatus* und *Patienta* werden als Gemüsepflanzen in Gärten gezogen. Bei *Polygonum*, Knöterich, ist das kronblattartige Perianth meist tief fünfspaltig. Staubblätter sind bis zehn in zwei unvollständigen Kreisen vorhanden. Einige *Polygonum*arten, wie *Polygonum aviculare*, *P. Convolvulus*, *P. Persicaria*, *P. Hydro Piper*, sind bei uns überall gemein. *Polygonum Fagopyrum*, Buchweizen oder Heidekorn, wird in sandigen Gegenden und Alpentälern häufig als Getreide angebaut.

b) Die **Chenopodinen** sind Kräuter mit wechselständigen nebenblattlosen Blättern. Die kronlosen Blüten sind oft eingeschlechtig. Das Androeceum besteht meist aus einem Kreise. Die am Grunde des Fruchtknotens stehende Samenanlage mit langem Funiculus ist mehr oder weniger camptotrop.

Familien: Chenopodiaceae, Amarantaceae, Phytolaccaceae, Nyctaginaceae.

Bei den **Chenopodiaceen** folgen auf das fünfzählige, häufig grüne Perianth fünf superponierte Staubblätter. Der Fruchtknoten ist aus zwei medianen Fruchtblättern gebildet. Einige hierher gehörige Arten, wie *Salicornia herbacea*, das Glasschmalz, und *Salsola Kali*, das Salzkraut, gedeihen nur auf Salzboden. Manche Arten von *Chenopodium*, Gänsefuß, wie *Ch. album* und *Ch. polyspermum*, sind lästige Unkräuter. *Ch. Quinoa*, die Reismelde, eine alte Kulturpflanze aus den südamerikanischen Anden, wird auch in Europa in südlichen Ländern mit Erfolg wegen seiner mehrlreichen Samen angebaut. *Beta vulgaris* wird in verschiedenen Varietäten als Nutzpflanze im großen angebaut. *Beta vulgaris* var. *Rapa*, die Zuckerrübe, wird in ausgedehntem Maße im landwirtschaftlichen Betriebe angebaut



Fig. 343.
Blütendiagramm von *Stellaria media*.

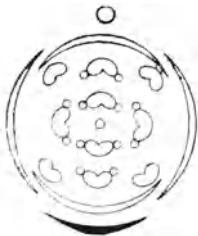


Fig. 345.
Diagramm der männlichen Blüte von *Laurus nobilis*.

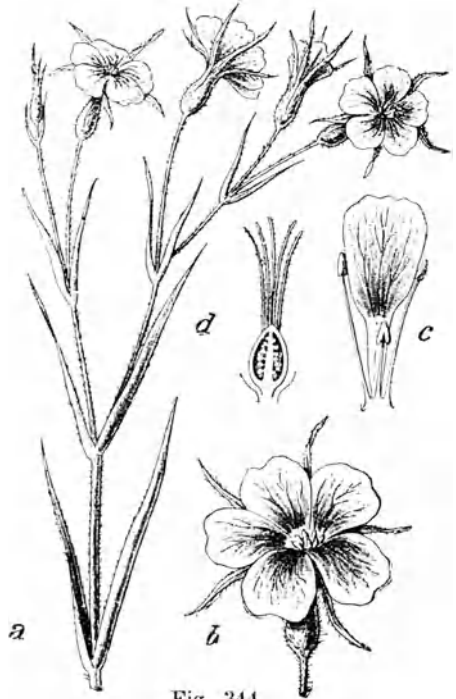


Fig. 344.
Agrostemma Githago.
a Blütenzweig, *b* Einzelblüte, *c* ein langgenageltes Blumenblatt mit drei Staubgefäßen, *d* Fruchtknoten.

und in Fabriken auf Rohrzucker verarbeitet; die dabei als Abfall verbleibenden Rübenschnitzel werden als Futtermittel verwertet. Andere Varietäten sind die Futterrübe oder Runkelrübe und die als Gemüse verwendete rote Beete und der Mangold. *Spinacia oleracea*, der Spinat, ist als Gemüsepflanze in Kultur. Die Gattung *Atriplex*, Melde, hat dikline Blüten, bisweilen kommen daneben Zwitterblüten vor. Die männlichen und die zweigeschlechtigen Blüten haben ein drei- bis fünfzähliges, die weiblichen Blüten ein zweizähliges Perianth. *Atriplex patulum* ist bei uns auf Schutt an Wegrändern und in Gärten gemein. *Atriplex hortensis* wird als Gemüse in Gärten gebaut. Die in den Mittelmeerländern auf dem salzhaltigen Boden des Meeresstrandes wachsenden Arten von *Salsola* und andere Salzpflanzen werden auf Soda verarbeitet.

c) Die **Caryophyllinen** haben gegenständige, einfache, ganzrandige Blätter ohne Nebenblätter und typisch mit Kelch und Krone ausgestattete Blüten. Das Androeceum besteht gewöhnlich aus zwei Kreisen. Im Fruchtknoten steht eine Zentralplacenta mit vielen Samenanlagen, seltener eine einzige campylo trope Samenanlage.

Familien: Caryophyllaceae, Aizoaceae, Portulacaceae.

Die **Caryophyllaceen** sind Kräuter mit einfachen, ein- oder dreinervigen, gegenständigen Blättern. Sie haben aktinomorphe Blüten aus fünf- oder vierzähligen Kreisen. Das normal aus zwei Kreisen gebildete Androeceum ist bisweilen auf einen Kreis reduziert. Der oberständige, einfächerige Fruchtknoten besteht aus zwei bis fünf verwachsenen Fruchtblättern und enthält in der Regel viele (seltener nur eine) campylo trope Samenanlagen an einer freien Zentralplacenta.

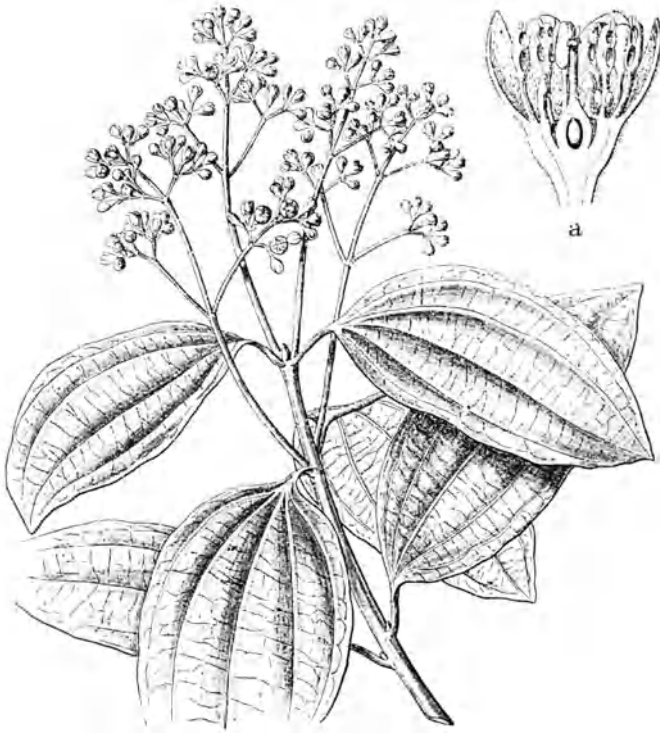


Fig. 346.

Cinnamomum ceylanicum. Offizinell. a Blütenlängsschnitt.
(Nach Berg und Schmidt).

Die Gattung *Stellaria*, die Sternmiere, deren Blüten fünf zweispaltige oder zweiteilige Kronblätter und drei Griffel besitzen (Fig. 343), tritt mit einer Anzahl von Arten in der einheimischen Flora auf. *Stellaria media*, der Hühnerdarm, ist ein überall verbreitetes, winterhartes Unkraut, das bisweilen selbst unter dem Schnee blüht und fruchtet. *Spergula arvensis*, Acker-Spark oder Spergel, wird in sandigen Gegenden als Futterpflanze angebaut. Einige Arten von *Dianthus*, Nelke, und *Silene*, Leimkraut, namentlich *Dianthus barbatus*, *D. plumarius* und *Silene Armeria* sind beliebte Gartenpflanzen, andere Arten, wie *Dianthus deltoides*, *Silene nutans*, sind an Waldrändern unter Gebüsch und auf trockenen Wiesen häufig, *Lychnis flos-cuculi*, die Kuckucks-Lichtnelke, und

Melandryum rubrum, die rote Lichtnelke, sind auf feuchten Wiesen gemein. *Agrostemma Githago* (Fig. 344), die Kornrade, ist ein lästiges Unkraut unter Wintergetreide, seine Samen sind giftig.

Anhangsweise mag hier auch die exotische Ordnung der **Opuntinae** untergebracht werden, welche sich verwandtschaftlich in mancher Beziehung an gewisse Caryophyllinen anschließt, welche aber durch spiralige Anordnung der Blütenteile und durch parietale Placentation von den übrigen Ordnungen wesentlich unterschieden ist.

Sie wird von der exotischen Familie der **Cactaceen** gebildet, die zahlreiche sukkulente Gattungen, wie *Opuntia*, *Cereus*, *Melocactus*, *Mamillaria*, enthält.

Dritte Reihe: Die **Aphanocylicae**.

Die Blütenteile sind entweder spiralig angeordnet, oder, wo sie in Quireln stehen, da weicht die Zahl der zu den einzelnen Organgruppen verwendeten Kreise von dem Typus

$$\text{Kn Cn An} — n \text{ Gn}$$

ab, oder es ist durch Vermehrung der Gliederzahl in den einzelnen Kreisen die Regelmäßigkeit des Zahlenverhältnisses in der Blüte verwischt.

Wir unterscheiden vier Ordnungen:

a) **Polycarpicae**, b) **Rhoeadinae**, c) **Cistiflorae**, d) **Columniferae**.

a) Die **Polycarpicae**. Die Blüten sind vorwiegend spiralig gebaut. Das Perianth ist oft nicht deutlich in Kelch und Krone geschieden, oder die Krone fehlt ganz. Die Staubblätter sind meist schon in der Anlage, nicht durch Spaltung, zahlreich. Das Gynaeceum besteht meist aus vielen apokarpen Fruchtblättern.

Familien: Lauraceae, Berberidaceae, Hernandiaceae, Menispermaceae, Monimiaceae,



Fig. 347.

Sassafras officinalis. Offizinell. a männliche, b weibliche Blüte (nach Berg und Schmidt).

Myristicaceae, Annonaceae, Magnoliaceae, Calycanthaceae, Ranunculaceae, Lardizabalaceae, Ceratophyllaceae, Nymphaeaceae.

Die Blüten der **Lauraceen** haben keine Krone. Die Blüten sind meist aus dreizähligen Quirlen aufgebaut, von denen zwei auf die Blütenhülle, zwei bis fünf auf das Androeceum entfallen (Fig. 345). Die Antheren springen mit zwei oder vier Klappen auf. Der einfächerige Fruchtknoten enthält nur eine Samenanlage. Die meist baum- oder strauchförmigen Arten sind Bewohner der warmen Zonen. Die Rinde des auf Ceylon heimischen Strauches *Cinnamomum ceylanicum* ist als Ceylonzimt — *Cortex Cinnamomi* — offizinell und als Gewürz im Handel (Fig. 346). Der chinesische Zimt des Handels stammt von *Cinnamomum Cassia*, einem Strauch, der in Südchina

angebaut wird. *Cinnamomum Camphora* liefert den officinellen Kampfer — *Camphora*. Das zerkleinerte Wurzelholz von *Sassafras officinalis* (Fig. 347) bildet die unter dem Namen Sassafrasholz — *Lignum Sassafras* — officinelle Droge. Der in allen Mittelmeerländern kultivierte Lorbeerbaum, *Laurus nobilis* (Fig. 348), hat länglichrunde oder kugelige Steinfrüchte, welche als Lorbeeren — *Fructus Lauri* — officinell sind. Lorbeerblätter werden als Gewürz an Speisen verwendet.

Die Zwitterblüten der *Berberidaceen* sind aus zwei- oder dreizähligen Kreisen aufgebaut, von denen zwei oder mehr auf den Kelch, je zwei auf die Krone und das Androeceum entfallen (Fig. 349). Das Gynaeceum ist einblättrig. *Berberis vulgaris* (Fig. 350), der Sauerdorn, ein Strauch mit drei- bis fünfteiligen Dornen, wächst bei uns in Hecken und an Waldrändern. Als Wirt für das *Aecidium* des Getreiderostes, *Puccinia*



Fig. 348.

Laurus nobilis. Offizinell. (Nach Wossidlo.)

a weibliche, b männliche Blüte im Längsschnitt.



Fig. 349.

Blütendiagramm von *Berberis*.



Fig. 350.

Berberis vulgaris.

graminis (vgl. S. 284), kann der Strauch für die Landwirtschaft schädigend wirken, weshalb in einigen deutschen Ländern die Verwendung der Berberitze als Heckenpflanze verboten ist. Der aus dem alkoholischen Extrakt der Wurzel des ebenfalls zu den Berberideen gehörigen *Podophyllum peltatum* (Fig. 351) mit Wasser abgeschiedene Stoff ist das Podophyllin — *Podophyllum* — der Pharmakopöe.

Die *Menispermaceen* sind meist schlingende Sträucher der warmen Zone mit diözischen Blüten. Von den zwei- oder dreizähligen Quirlen der Blüte kommen auf den Kelch zwei bis zehn, auf Krone und Androeceum je zwei. Das oberständige Gynaeceum besteht aus ein bis sechs Fruchtblättern. Die in Ostafrika einheimische *Jatrophia palmata* (Fig. 352) liefert die Kolombowurzel — *Radix Colombo* — der Pharmakopöe.



Fig. 351.
Podophyllum peltatum. Offizinell. (Nach Baillon.)



Fig. 352.
Jatropha palmata. Offizinell. (Nach Berg und Schmidt.)

Die **Myristicaceen** haben diözische Blüten ohne Krone. Auf das dreiblättrige Perianth folgen drei bis fünfzehn zur Säule verwachsene Staubblätter. Das oberständige Gynaeceum wird von zwei Fruchtblättern gebildet. Die Arten der einzigen Gattung *Myristica* sind tropische Sträucher oder Bäume. *Myristica fragrans* (Fig. 353) ist officinell. Der stumpf-eiförmige oder fast kugelige Samenkern wird in der Pharmakopöe als Muskatnuß — Semen Myristicae — bezeichnet, das ätherische Oel des Samenmantels heißt ätherisches Muskatöl — Oleum Macidis. Muskatnuß und der als Macis bezeichnete Samenmantel finden auch als Gewürz Verwendung.

Die **Ranunculaceen** sind meist Kräuter, seltener Sträucher oder Lianen mit holzigem Sproß. Ihre Blüten sind spiralg oder hemicyklisch, seltener cyklisch gebaut. Die Blütenhülle ist nicht immer in Kelch und Krone gesondert. Die Staubblätter sind zahlreich. Die meist zahlreichen Karpelle sind fast immer apokarp (Fig. 354).

Die meisten Ranunculaceen sind giftig. *Ranunculus Ficaria*, die Feigwurz; *Anemone nemorosa*, das Buschwindröschen und *Hepatica triloba*, das Leberblümchen, sind überall in Wäldern und Hecken vorkommende Frühlingsblumen. Auf sonnigen Hügeln blüht schon im April die großblumige *Anemone Pulsatilla*, die Küchenschelle (Fig. 355). Von der Gattung *Ranunculus*, Hahnenfuß, sind viele Arten bei uns einheimisch; häufiger werden angetroffen: *Ranunculus*



Fig. 353.

Myristica fragrans. Offizinell. (Nach Baillon.)



Fig. 354.

Blütendiagramm von *Ranunculus acer*.

culus arvensis, *R. repens*, *R. acer* (Fig. 356), *R. sceleratus* und die im Wasser lebenden *R. aquatilis*, *R. fluitans*. *Caltha palustris*, die Sumpf-Dotterblume (Fig. 357), ist in Gräben und auf feuchten Wiesen, *Delphinium consolida*, der Rittersporn, ist als Unkraut unter dem Getreide bei uns weit verbreitet. *Helleborus niger*, die Christrose oder schwarze Nieswurz (Fig. 358), welche fußförmige Blätter besitzt, und welche ihre großen, rötlich-weißen Blüten schon unter dem Schnee erschließt, wird bei uns vielfach in Gärten als Zierpflanze kultiviert. Der Kelch ist kronblattartig, die Kronblätter sind zu röhrenförmigen Nektarien umgebildet. Auch in der Gattung *Aconitum* bilden die lebhaft kronblattartig gefärbten Kelchblätter die Blütenhülle. Von den Kronblättern sind die zwei hinteren zu eigentümlich geformten Nektarien umgewandelt (Fig. 359). Ausländische Arten von *Aquilegia*, Akelei, *Delphinium*, Rittersporn, *Aconitum*, Eisenhut, und *Paeonia*, Pfingstrose, sind beliebte Gartenzierpflanzen. Die Wurzelknollen von *Aconitum Napellus* sind als Eisenhutknollen — *Tubera Aconiti* — officinell. Das bewurzelte Rhizom der in Nordamerika einheimischen *Hydrastis canadensis* (Fig. 360) ist das Hydrastisrhizom — *Rhizoma Hydrastis* der Pharmakopöe.

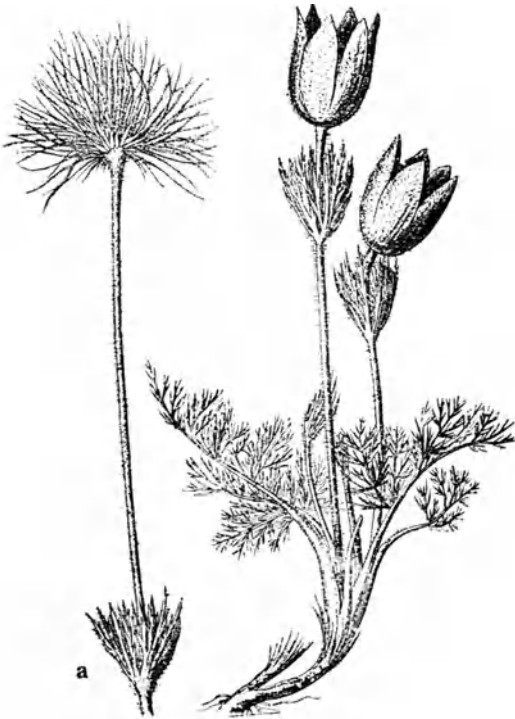


Fig. 355.
Anemone Pulsatilla. Giftig. **a** Fruchtstand.



Fig. 356.
Ranunculus acer. Giftig.
b Frucht.



Fig. 357.
Caltha palustris. Giftig.



Fig. 358.
Helleborus niger. Giftig.

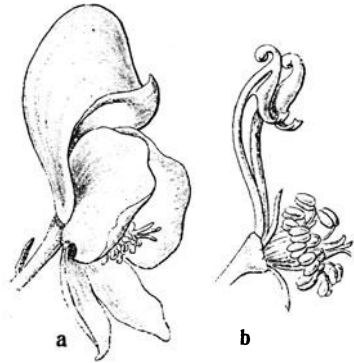


Fig. 359.
Aconitum Napellus. Offizinell und giftig.
a Blüte von außen. b Blüte nach Entfernung der Kelchblätter. Oben die zwei gestielten Nektarien. (Nach Wossidlo.)



Fig. 360.
Hydrastis canadensis. Offizinell.
a Blüte.

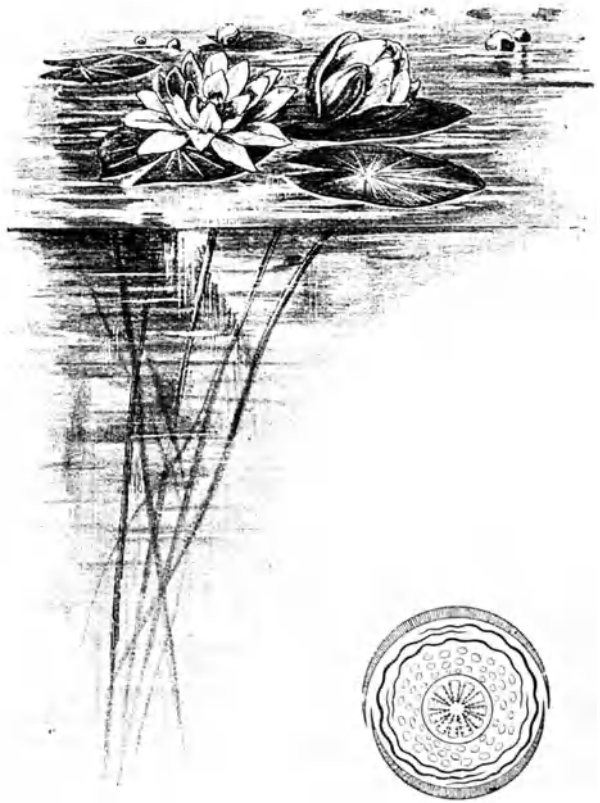


Fig. 361.
Nymphaea alba.
(Nach Cohn.)

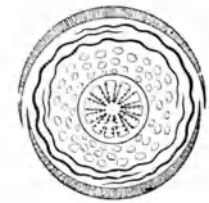


Fig. 362.
Blütendiagramm von
Papaver somniferum.

Die **Nymphaeaceen** sind krautige Wasserpflanzen mit großen schwimmenden Blättern und Blüten. Die Zahl der Perianthblätter und der Staubfäden ist sehr groß. Zwischen beiden Organgruppen sind Uebergangsformen ausgebildet. Die Fruchtblätter sind gleichfalls zahlreich und zu einem vielfächerigen Fruchtknoten verwachsen, der oben eine von den Narben gebildete strahlige Scheibe trägt. Bei uns einheimisch sind *Nymphaea alba*, die weiße Seerose (Fig. 361) und einige Arten von *Nuphar*. *Nuphar luteum*, die gelbe Seerose, ist in stehenden und langsam fließenden Gewässern nicht selten. Hierher gehört auch die südamerikanische Wasserpflanze *Victoria regia* mit bis zu zwei Meter breiten kreisrunden Schwimmblättern, welche bei uns fast in allen botanischen Gärten im Warmwasserbassin kultiviert wird.



Fig. 363.
Chelidonium majus. (Nach Berg und Schmidt.)



Fig. 364.
Papaver somniferum. Offizinell und giftig. a Frucht. (Nach Calwer.)

b) Die **Rhoeadinen**. Die Blütenteile stehen in zwei- bis viergliedrigen Kreisen. Die Blütenhülle besteht aus drei gesonderten Kreisen, von denen entweder zwei auf den Kelch und einer auf die Krone oder umgekehrt einer auf den Kelch und zwei auf die Krone entfallen. Im Androeceum tritt häufig Vermehrung der Glieder durch Spaltung ein. Das Gynaeceum ist nie apokarp. Die zwei bis vielen Fruchtblätter bilden einen einfächerigen, bisweilen gekammerten oder durch eine falsche Scheidewand zweifächerigen Fruchtknoten mit parietaler Placentation.

Familien: Papaveraceae, Fumariaceae, Cruciferae, Capparidaceae.

Die **Papaveraceen** sind Kräuter mit Milchsaft und wechselständigen Blättern ohne Nebenblätter. Die meist ansehnlichen Blüten (Fig. 362) haben zwei leicht abfallende Kelchblätter, vier bis sechs Kronblätter, zahlreiche Staubblätter und einen aus zwei bis vielen Fruchtblättern gebildeten, einfächerigen oder gekammerten, oberständigen Fruchtknoten, welcher zur Kapsel wird. *Chelidonium majus* (Fig. 363), das bei uns an Hecken und auf Schutt überall gemeine Schöllkraut mit gelbem Milchsaft, hat

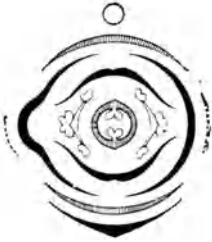


Fig. 365.

Blütendiagramm von *Corydalis cava*.

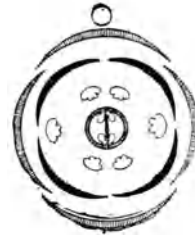


Fig. 366.

Diagramm der Cruciferenblüte.

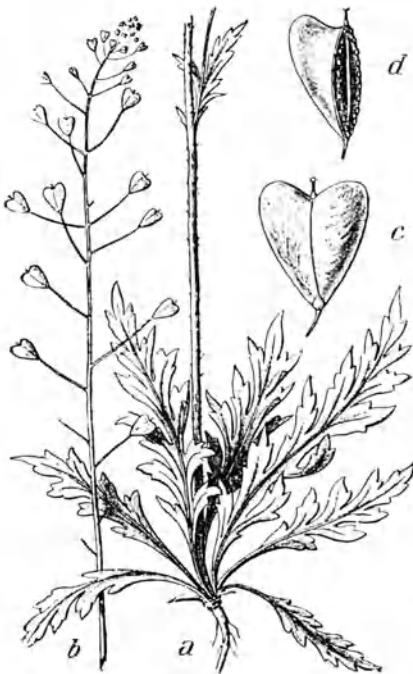


Fig. 367.

Capsella Bursa pastoris.

c Schötchen. *d* Schötchen nach Entfernung einer Klappe.

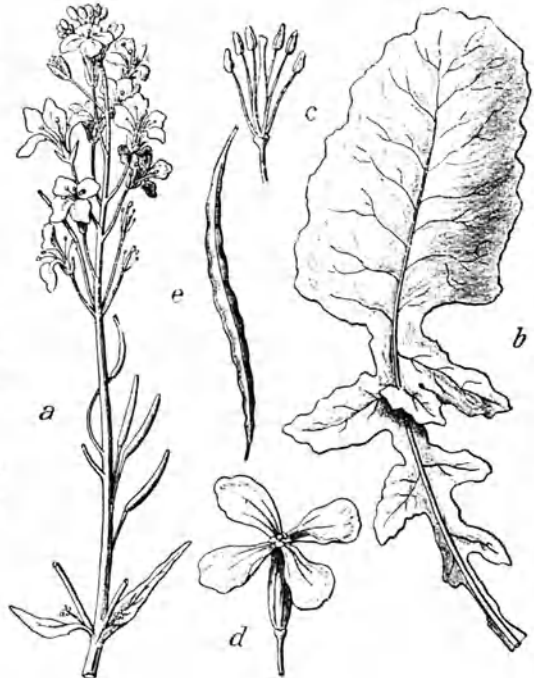


Fig. 368.

Brassica oleracea.

b unteres Stengelblatt. *c* Androeceum und Gynaeceum. *d* Einzelblüte. *e* Schote.

als Frucht eine schotenförmige, zweiklappige Kapsel. Von der Gattung *Papaver*, Mohn, deren Frucht eine Porenkapsel ist, sind bei uns *Papaver Rhoeas* und *P. Argemone* als Unkraut unter der Saat und an Wegrändern überall gemein. *Papaver somniferum* (Fig. 364), der Schlaf-Mohn, wird bei uns kultiviert. Mohn-

samen — *Semen Papaveris* — ist officinell. Der in Kleinasien durch Anschneiden der unreifen Früchte von *Papaver somniferum* gewonnene, an der Luft eingetrocknete Milchsaft ist unter dem Namen Opium officinell.

Die Familie der **Fumariaceen** umfaßt wenige Kräuter mit kahlen, wiederholt fiederförmig zerteilten Blättern ohne Nebenblätter und mit dorsiventralen Blüten (Fig. 365). Auf zwei Kelchblätter folgen vier Kronblätter in zwei alternierenden Kreisen. Meistens ist ein Kronblatt des äußeren Kreises gespornt. Die Staubblätter sind zu zwei Bündeln verwachsen. Jedes Bündel enthält ein mittleres vollständiges Staubblatt und zwei seitliche mit halben Antheren. Der einfächerige Fruchtknoten besteht aus zwei Fruchtblättern, welche bei der Reife eine schotenartige Kapsel bilden. Hierher gehören die einheimischen Gattungen *Corydalis* und *Fumaria*. *Fumaria officinalis*, der Erdrauch, ist ein häufiges Unkraut auf Aeckern und in Gärten.

Die **Cruciferen** sind Kräuter ohne Milchsaft, mit wechselständigen Blättern ohne Nebenblätter. Die Blüten stehen in Trauben, welche sich während des von unten her erfolgenden Aufblühens durch Streckung verlängern. Deck- und Vorblätter fehlen. Die Blüten (Fig. 366) haben einen aus zwei zweizähligen Quirlen gebildeten Kelch. Die vier damit gekreuzten Kronblätter gehören einem Kreise an. Der äußere Staubblattkreis ist zweigliedrig, der innere besteht aus zwei zweigliedrigen Gruppen. Das Gynaeceum wird aus zwei transversalen Fruchtblättern gebildet. Der Fruchtknoten, welcher durch eine falsche Scheidewand in zwei Fächer geteilt wird, bildet bei der Reife eine Schote oder ein Schötchen. Als Formel ergibt sich also:



Der Same enthält nur eine einzige Zellschicht von Endosperm, der Embryo ist in verschiedener Weise gekrümmt oder eingerollt.

Die Familie umfaßt zahlreiche einjährige und ausdauernde Kräuter, die meist der nördlichen, gemäßigten und kalten Zone angehören.

Viele Arten der genannten Gattungen sind bei uns weit verbreitet, besonders häufig sind *Cardamine pratensis*, das Wiesenschaumkraut; *Nasturtium silvestre*, die Wald-Brunnenkresse; *Sisymbrium officinale*, der Raukensenf; *Erysimum cheiranthoides*, der Schotendotter; *Sinapis arvensis*, der Acker-Senf; *Draba verna*, das Hungerblümchen; *Alyssum calycinum*, das Schildkraut; *Capsella Bursa pastoris*, das Hirten-Täschel (Fig. 367). Als Gemüse- und Küchenpflanzen werden angebaut *Brassica oleracea* (Fig. 368), als dessen wichtigste Varietäten genannt sein mögen *var. acephala*, der Braun- oder Grünkohl; *var. capitata*, der Kopfkohl, Weiß- und Rotkraut; *var. sabauda*, der Wirsing; *var. gemmifera*, der Rosenkohl; *var. Botrytis*, der Blumenkohl; *var. Gongylodes*, der Kohlrabi; ferner *Brassica Rapa var. rapifera*, die weiße Rübe; *Brassica Napus var. rapifera*, der Kohlrabi oder Turnips; *Lepidium sativum*, die Garten-Kresse; *Armoracia rusticana*, der Meerrettich; *Raphanus sativus*, der Rettich. Wegen der ölhaltigen Samen werden angebaut *Brassica Rapa var. oleifera*, der Rübsen; *Brassica Napus var. oleifera*, der Raps und *Camelina sativa*, der Leindotter. *Cheiranthus Cheiri*, der Goldlack, und *Matthiola annua*, die Levkoje, sind Zierpflanzen. Officinell ist schwarzer Senf — Samen *Sinapsis* — von *Brassica nigra* (Fig. 369). Die Samen von *Sinapis alba* (Fig. 370), weißer Senf, werden als Küchengewürz und wie der schwarze Senf zur Bereitung von Mostrich verwendet.

Die exotische Familie der **Capparidaceen** steht den Cruciferen im Bau der Blüten sehr nahe, aber das Androeceum zeigt wechselnde Ausbildung. Bisweilen sind nur vier Staubblätter vorhanden, bisweilen finden sich durch mehr oder minder weitgehende Spaltung in dem innern oder in beiden Staubblattkreisen alle Uebergänge zur Polyandrie. *Capparis spinosa*, der Kappernstrauch (Fig. 372), ist ein dorniger Kletterstrauch der Mittelmeerländer, dessen an dem gestielten keulenförmigen Fruchtknoten leicht kenntliche Blütenknospen eingemacht und als Kappern zu Würze an Fleischspeisen verwendet werden.

c) Die **Cistifloren** haben vorherrschend cyklischen Bau mit meist fünfgliedrigen Kreisen. Die Blütenhülle hat Kelch und Krone, in der Knospe liegen die Kelchblätter mit ihren Rändern übereinander. Das Androeceum ist gewöhnlich durch Spaltung vielgliedrig, oft sind die Staub-

blätter zu Gruppen verwachsen. Das Gynaeceum besteht aus drei bis fünf svnkarpn Fruchtblättern. Der Fruchtknoten ist ein- oder mehrfächerig.

Familien: Resedaceae, Violaceae, Droseraceae, Sarraceniaceae, Nepenthaceae, Cistaceae, Bixaceae, Hypericaceae, Clusiaceae, Tamaricaceae, Ternströmiaceae, Dilleniaceae, Ochnaceae, Dipterocarpaceae.



Fig. 369.

Brassica nigra. Offizinell.

a geöffnete Schote. b Blatt von der Stengelbasis. (Nach Calwer.)



Fig. 370.

Sinapis alba.

a blühender Sproß. b geschlossene, c geöffnete Schote.

Die einheimischen Vertreter der Familie der **Violaceen** sind niedere Kräuter, in den Tropen kommen aber auch strauchartige Violaceen vor. Die wechselständigen Blätter, deren Spreite in der Knospenanlage eingerollt ist, haben Nebenblätter. Die Blüten sind meist medianzygomorph und haplostemon. Die äußeren Kreise der Blüte sind fünfzählig, das Gynaeceum ist aus drei Fruchtblättern gebildet (Fig. 373). Die Samenanlagen sind wandständig. Die Frucht ist eine loculicide Kapsel oder seltener eine Beere. Der Same enthält einen von fleischigem Endosperm umhüllten geraden Keim. Mehrere Arten der Gattung *Viola*, Veilchen, z. B. *Viola canina*, *V. silvestris*, *V. palustris*, *V. odorata*, *V. tricolor* (Fig. 374) sind bei uns einheimisch. Einige von ihnen bilden neben großen offenen, für Insektenbestäubung eingerichteten Blüten auch kleistogame Blüten aus, welche durch Selbstbestäubung befruchtet werden und

reichlich keimfähige Samen bringen. *Viola altaica*, Pensée; *V. odorata*, das März-Veilchen, und *V. tricolor*, das Stiefmütterchen, werden in zahlreichen Varietäten als Zierpflanzen gezogen. Das Kraut der wildwachsenden *V. tricolor* ist unter dem Namen Stiefmütterchen — *Herba Violae tricoloris* — officinell.

Die **Droseraceen** sind krautige Moor- oder Wasserpflanzen mit Einrichtungen zum Fangen und Verdauen tierischer Nahrung. Ihre aktinomorphen Blüten entsprechen der Formel $K\ 5\ C\ 5\ A\ 5-29\ G\ (3)$.

Von einheimischen Gewächsen gehören hierher die auf Sphagnummooren häufig anzutreffende *Drosera rotundifolia*, der Sonnentau (Fig. 375), und einige andere Arten der Gattung, und ferner die seltene Schwimmpflanze *Aldrovandia vesiculosa*. Von ausländischen Droseraceen mag die nordamerikanische *Dionaea muscipula* erwähnt werden, deren



Fig. 371. *Cochlearia officinalis*.
a Blütenlängsschnitt. (Nach Berg und Schmidt.)



Fig. 372. *Capparis spinosa*.



Fig. 373.
Blütendiagramm von
Viola.

Einrichtung zum Insektenfang wie diejenige des Sonnentau früher auf S. 164 besprochen worden ist.

Auch die Vertreter der den Droseraceen nahe verwandten exotischen Familien der **Sarraceniaceen** und **Nepenthaceen** sind Insektivoren. Die Sarraceniaceen sind Sumpfpflanzen Nordamerikas, meistens der Gattung *Sarracenia* angehörig, bei welcher die Blätter aufrechtstehende Schläuche darstellen (Fig. 70 c), welche für die durch abgesonderten Honig angelockten Insekten als Fallgruben wirken (vgl. S. 164). Ganz ähnlich funktionieren die zum Teil in eine gedeckelte Kanne umgewandelten Blätter bei der Familie der Nepenthaceen bildenden Gattung *Nepenthes* (Fig. 376), welche mit vielen Arten in den Tropen des indomalaiischen Gebietes als Urwaldpflanze heimisch ist.

Die Familie der **Cistaceen** umfaßt Sträucher und Halbsträucher mit einfachen ungeteilten, meist gegenständigen Blättern. Die Blüten sind radiär gebaut nach der Formel $K\ 5\ C\ 5\ A\ \infty\ G\ (3-5)$.



Fig. 374.

Viola tricolor. Offizinell. (Nach Wossidlo.)
a geöffnete Kapsel.



Fig. 375.

Drosera rotundifolia.
($\frac{1}{2}$; nach Cohn.)

Der einfächerige Fruchtknoten enthält zahlreiche gerade Samenanlagen. Die Kapsel öffnet sich loculicid. Der Same enthält einen gekrümmten Keim. Die meisten Arten gehören der Mittelmeerflora an. Das Sonnenröschen *Helianthemum vulgare* ist bei uns auf Heiden und sonnigen Grasplätzen verbreitet.

Die **Hypericaceen** haben gegen- oder quirlständige einfache, ganzrandige Blätter, welche meist durchscheinend punktiert sind, und radiäre Blüten (Fig. 377). Kelch und Krone sind fünfzählig, die zahlreichen Staubblätter sind zu drei oder fünf Bündeln verwachsen (Fig. 378), der oberständige Fruchtknoten wird von drei oder fünf Fruchtblättern gebildet und trägt ebensoviele freie Griffel. Die Frucht ist eine septicide Kapsel, seltener eine Beere. Der Same enthält einen geraden Embryo. Endosperm ist nicht vorhanden. Von der Gattung *Hypericum*, Hartheu oder Johanniskraut, sind einige Arten bei uns einheimisch. *Hypericum perforatum* ist an Wegrändern gemein.

Die **Ternstroemiaceen** sind Holzpflanzen der warmen Zone mit je fünf Kelch- und Kronblättern und zahlreichen freien Staubblättern. Der Fruchtknoten ist dreifächerig

und bildet bei der Reife eine dreisamige loculicide Kapsel. Die Kamellie, *Camellia japonica*, ein in China und Japan einheimischer Zierstrauch, wird wegen der schönen Blüten bei uns als Topfpflanze gezogen. *Thea chinensis* (Fig. 379), der Teestrauch, ist seit den ältesten Zeiten in China kultiviert worden und ist noch gegenwärtig eine der wichtigsten tropischen und subtropischen Kulturpflanzen. Außer zur Bereitung des in der ganzen Welt als Getränk bekannten und beliebten Tees werden die Teeblätter zur Reingewinnung des als Koffein — Coffeinum — bezeichneten officinellen Alkaloids verwendet.



Fig. 376.
Nepenthes Dominiana (verkleinert). (Nach Cohn.)



Fig. 377.
Blütendiagramm von *Hypericum*.

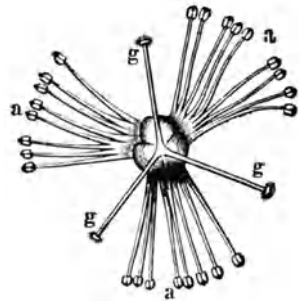


Fig. 378.
Androeceum und Gynaecium von *Hypericum*.
a Staubgefäße zu drei Bündeln verwachsen. *g* Griffel.

Die **Clusiaceen** sind tropische Bäume und Sträucher mit dekussierten Blättern. Die Blüten sind radiär und diözisch, oder es kommen neben eingeschlechtigen Blüten Zwitterblüten an derselben Pflanze vor. Der Kelch besteht aus zwei bis acht oft ungleichen Blättern, die Krone ist vier- bis zehnlätterig, die Staubblätter sind zahlreich. Die Frucht bildet eine Kapsel, Beere oder Steinfrucht. *Garcinia Hanburyi* (Fig. 380) ist ein Baum des südlichen Asiens. Das aus Verletzungen der Rinde ausfließende gelbe Gummiharz ist als Gummigutt — Gutti — officinell.

Die zu den nahe verwandten **Dipterocarpaceen** gehörigen tropischen Bäume haben radiäre Zwitterblüten mit fünfzähligen Perianthkreisen und meist vielen Staubblättern. Ihre Frucht ist meist eine einsamige Nuß, an welcher zwei oder drei Blätter des bleibenden Kelches lange, flügelartige Anhängsel bilden. Sie sind durch den Besitz von Harzgängen

ausgezeichnet. Die ostindische *Shorea Wiesneri* und vielleicht auch noch andere Bäume aus derselben Familie liefern nach der Angabe der Pharmakopöe das unter dem Namen Dammar officinelle Harz. Die auf Sumatra heimische *Dryobalanops camphora* liefert den Baroskampfer.

d) Die **Columniferen** haben radiäre, cyklische Blüten mit meist fünfgliedrigen Kreisen. Die Blütenhülle hat Kelch und Krone, die Kelchblätter haben klappige Knospenlage, d. h. sie berühren sich in der Knospe nur mit den Rändern. Das Androeceum ist durch Spaltung vielgliedrig. Das Gynaeceum ist aus zwei bis vielen synkarpen Fruchtblättern gebildet, der Fruchtknoten ist stets mehrfächerig.

Familien: Tiliaceae, Sterculiaceae, Malvaceae.



Fig. 379.
Thea chinensis.



Fig. 380.

Garcinia Hanburyi. Offizinell. (Nach Baillon.)

Die **Tiliaceen** sind größtenteils Holzpflanzen mit wechselständigen einfachen, am Rande gezähnten oder gelappten Blättern und kleinen Nebenblättern. Kelch und Krone der Zwitterblüten (Fig. 381) sind freiblättrig, das Androeceum ist typisch diplostemon, die Zahl der Staubblätter wird aber durch Spaltung sehr vergrößert. Die zweifächerigen Staubbeutel sind intrors. Der mehrfächerige Fruchtknoten trägt einen einfachen Griffel. Die Frucht ist eine Kapsel oder eine Nuß. Die Samen enthalten fleischiges Endosperm. Bei der Gattung *Tilia*, Linde, ist der äußere Staubblattkreis völlig unterdrückt. Die zahlreichen Staubblätter des inneren Kreises bilden fünf, den Kronblättern superponierte Gruppen. Die meisten Vertreter der Familie leben in den Tropen. *Tilia cordata* (Fig. 382), die Winterlinde, und *T. platyphyllos*, die Sommerlinde, sind bei uns vielfach in Anlagen, an Straßen und auf Plätzen angepflanzt, einige

ausländische Arten werden als Zierbäume gezogen. Der Bast der beiden genannten einheimischen Arten wird technisch verwendet. Ihr Holz dient zu Laubsägearbeiten. Die Blütenstände, deren Hauptachse mit einem pergamentartigen, bei der natürlichen Aussaat als Flugorgan dienenden Hochblatt zur Hälfte verwachsen ist, sind als Lindenblüten — Flores *Tiliae* — officinell. Einige Arten der exotischen Gattung *Corchorus*, besonders *Corchorus olitorius* und *capsularis*, werden in den Tropen kultiviert zur Gewinnung der Bastfasern, welche unter dem Namen „Jute“ in den Handel kommen und vielfach zu gröberen Geweben verarbeitet werden.

Die **Sterculiaceen** gehören den Tropen an. Der Kelch ist verwachsenblättrig, die Kronblätter sind frei. Das Androeceum ist obdiplostemon, der innere, epispale Kreis entwickelt aber niemals Antheren, während die Zahl der Anlagen im äußeren Kreise meist durch Spaltung vergrößert wird. Die Antheren sind bald zwei, bald einfächerig



Fig. 381.
Blütendiagramm von
Tilia.



Fig. 382.
Tilia cordata. Offizinell. (Nach Berg und Schmidt.)

und stets extrors. Der Fruchtknoten ist gewöhnlich fünffächerig mit mehreren Samen in jedem Fach. Hierher gehört der Kakaobaum, *Theobroma Cacao* (Fig. 383), eine uralte Kulturpflanze des tropischen Amerika, welche gegenwärtig im ganzen Tropengürtel der Erde kultiviert wird. Ihre Samen dienen zur Herstellung eines angenehm schmeckenden, zugleich anregenden und nährenden Getränkes, des Kakaos; dieselben werden ferner zu Schokolade verarbeitet. Die Kakaobutter — *Oleum Cacao* der Pharmakopöe — ist das aus den entschalteten Samen des Kakaobaumes ausgepreßte Fett. In neuerer Zeit gewinnt auch der westafrikanische Kolanußbaum, *Cola vera*, für den europäischen Handel Bedeutung. Seine entschalteten Samen, die Kolanüsse, welche in Zentralafrika gewissen Negerstämmen als Münze dienen und dort zur Herstellung eines Kaubissens benutzt werden, liefern gleichfalls ein durch seinen Gehalt an anregenden und nährenden Stoffen ausgezeichnetes Getränk.

Die **Malvaceen** sind Holzpflanzen oder Kräuter mit wechselständigen einfachen, häufig handförmig gelappten, in der Knospe gefalteten Blättern und Nebenblättern. Sie haben einen verwachsenblättrigen Kelch, unter welchem häufig ein von Hochblättern gebildeter Außenkelch steht. Auch die Kronblätter sind am Grunde unter sich und mit den Staubblättern verwachsen. Die letzteren bilden unterwärts eine lange, enge, die

Griffel umhüllende Röhre, welche oben zahlreiche Fäden mit einfächerigen Antheren trägt (Fig. 384). Die drei bis vielen Fruchtblätter sind synkarp und tragen einen einfachen Griffel, der sich oberwärts nach der Zahl der Fruchtblätter in Narbenschkel spaltet. Die Frucht ist eine Spaltfrucht oder eine Kapsel. In der Gattung *Malva* haben die Blüten einen dreiblättrigen Außenkelch, einen fünfspaltigen Kelch und fünf verkehrt herzförmige Kronblätter. Der Fruchtknoten ist scheibenförmig und vielfächerig.



Fig. 383.
Theobroma Cacao.
Offizinell. (Nach Baillon).



Fig. 384.
Blütendiagramm von *Althea rosea*.



Fig. 385.
Malva silvestris. Offizinell.

Die Malven, *Malva silvestris* und *M. neglecta*, sind bei uns auf Schutt und Wegen gemein. Offizinell sind Malvenblüten — *Flores Malvae* — von *Malva silvestris*, und Malvenblätter — *Folia Malvae* — von *Malva neglecta* und *M. silvestris* (Fig. 385). Nahe verwandt ist die Gattung *Althaea* mit sechs- bis neunspaltigem Außenkelch. *Althaea rosea*, die Stockrose, aus dem Orient wird bei uns in Gärten als Zierpflanze kultiviert. Die Blätter von *Althaea officinalis* (Fig. 386) sind als Eibischblätter — *Folia Althaeae* — offizinell; die Aeste von der Wurzel derselben Pflanze bilden die Eibischwurzel — *Radix Althaeae* der Pharmakopöe. Die Arten der Gattung *Gossypium*, welche über den ganzen Tropengürtel der Erde verbreitet ist, liefern in den langen, fadenförmigen Haaren ihrer

Samen die Baumwolle, die wichtigste Ware des Welthandels. Für den plantagenmäßigen Anbau, welcher besonders in den Tropen und Subtropen Amerikas in hoher Blüte steht, werden hauptsächlich verwendet *Gossypium barbadense*, *G. peruvianum*, *G. hirsutum* und *G. herbaceum* (Fig. 387), von denen zahlreiche Varietäten und Kulturformen existieren. Aus den durch Maschinen von ihrer Samenwolle befreiten Baumwollsamensamen wird ein fettes Öl gepreßt, welches als Brenn- und Speiseöl, besonders auch bei der Herstellung von Kunstbutter, verwendet wird. Die als Preßrückstand verbleibenden Baumwollsamensamen liefern, wenn sie von vorher geschälten Baumwollsamensamen stammen, ein wertvolles, fett- und eiweißreiches Viehfutter. Die weißen, entfetteten Haare der Samen von *Gossypium*-Arten sind als gereinigte Baumwolle — *Gossypium depuratum* — in der Pharmakopöe verzeichnet.



Fig. 386.

Althaea officinalis. Offizinell. (Nach Berg u. Schmidt.)

oder fehlen ganz. Das Gynaeceum wird von fünf verwachsenen Fruchtblättern gebildet. Der Fruchtknoten ist gefächert. Die anatropen Samenanlagen sind hängend mit aufwärts gewendeter Mikropyle. Bisweilen wächst die Blütenachse am Grunde der Staubblätter zu einzelnen Nektardrüsen aus.

Familien: Geraniaceae, Tropaeolaceae, Limnanthaceae, Oxalidaceae, Linaceae, Balsaminaceae.

Die **Geraniaceen** sind Kräuter mit gelappten oder geteilten Blättern. Sie haben einen fünffächerigen, tief fünffurchigen Fruchtknoten mit kräftigem Griffel, welcher an der Frucht zu einem langen Schnabel auswächst. Bei der Reife lösen sich die fünf Fruchtknotenfächer unten von einer stehenbleibenden Mittelsäule ab und ihr Griffelteil rollt sich ein. Die Gattung *Geranium*, Storchschnabel, hat aktinomorphe Blüten mit zwei fünfgliedrigen Staubblattkreisen (Fig. 388). Die Griffelteile der Fruchtknotenfächer rollen sich uhrfederartig ein. Gewöhnlichste Art ist bei uns *Geranium pratense* (Fig. 389); *G. palustre* und *G. pusillum* kommen häufig vor. Bei der Gattung *Erodium* sind von den zehn Staubblättern nur fünf fruchtbar (Fig. 93 D). Die Griffelteile werden bei der Reife schraubenförmig eingerollt. *Erodium cicutarium*

Vierte Reihe:

Die Eucylier.

Die Blüten sind rein zyklisch, die typischen Zahlenverhältnisse sind nicht durch Spaltungen verwischt. Der Fruchtknoten ist stets oberständig.

Die Reihe umfaßt vier Ordnungen:

a) Gruinales, b) Terebinthinae, c) Aesculinae, d) Frangulinae.

a) Die **Gruinalen** besitzen fast durchgehends fünfzählige Blüten mit Kelch und Krone. Das Androeceum ist obdiplostemon. Die Kronstamina sind bisweilen rudimentär

tarium, der Reiherschnabel, ist als gemeinsames Ackerunkraut in ganz Deutschland verbreitet. Die Blüten der *Pelargonium*-Arten sind dorsiventral. Ein Kelchblatt ist gespornt, die fünf ungleichen Kronblätter sind zweilippig gestellt. Die Pelargonien, welche aus Afrika stammen, werden in vielen Arten und Varietäten bei uns als Zierpflanzen gezogen.

Die **Tropaeolaceen**, eine in den Anden Nordamerikas heimische Pflanzenfamilie, sind Kräuter, welche zum Teil mit den rankenden Blattstielen der einfachen, bisweilen schildförmigen Blätter klettern. Sie haben zygomorphe Blüten, ein Kelchblatt ist gespornt, die fünf Kronblätter sind ungleich, das hintere Staubblatt des äußeren und das vordere des inneren Kreises fehlen. Der Fruchtknoten ist dreifächerig. *Tropaeolum majus*; die Kapuzinerkresse, mit schildförmigen Blättern (Fig. 63 B) und großen orangegelben Blüten ist eine beliebte Gartenzierpflanze.



Fig. 387.

Gossypium herbaceum. Offizinell.
a eröffnete Fruchtkapsel.



Fig. 388.

Blütendiagramm von
Geranium pratense.

Zur Familie der **Oxalidaceen** gehören neben Kräutern vereinzelte tropische Holzgewächse. Die Blätter sind meist kleeblattartig zusammengesetzt, mit Gelenkknoten versehen und zu Reizbewegungen (Schlafstellung) befähigt. Sie haben aktinomorpe Blüten. Die zehn Staubblätter sind am Grunde verwachsen. Der Fruchtknoten besteht aus fünf Fruchtblättern und bildet eine längliche Kapsel Frucht, seltener eine Beere. Der Same enthält ein fleischiges Nährgewebe. Der Sauerklee, *Oxalis acetosella*, mit weißrötlichen Blüten und kleeartigen Blättern ist bei uns in Gebüsch und Laubwäldern häufig. Er entwickelt neben großen auffälligen Blüten, deren Fruchtknoten zur elastisch aufspringenden Kapsel wird, auch winzige unscheinbare kleistogame Blüten, welche in den Boden eindringen und die Früchte unterirdisch zur Reife bringen. *Oxalis stricta* und *O. corniculata* sind aus Amerika eingewanderte, bei uns in Gemüsegärten häufige Unkräuter mit gelben Blüten.

Die **Linaceen** sind vorwiegend Kräuter mit einfachen ungeteilten sitzenden oder fast sitzenden Blättern. Die aktinomorphen Blüten bestehen aus fünf- oder seltener viergliedrigen Kreisen (Fig. 390). Vom Androeceum sind nur die Kelchstamina fruchtbar. Die Kronstamina sind rudimentär oder fehlen ganz. Der Fruchtknoten trägt fünf bzw.

vier freie Griffel. Jedes der in gleicher Zahl vorhandenen Fruchtknotenfächer wird durch eine senkrechte, von der Außenwand entspringende falsche Scheidewand halbiert. Die Gattung *Linum*, der Lein, hat fünfzählige Blüten, die Kronblätter sind in der Knospe

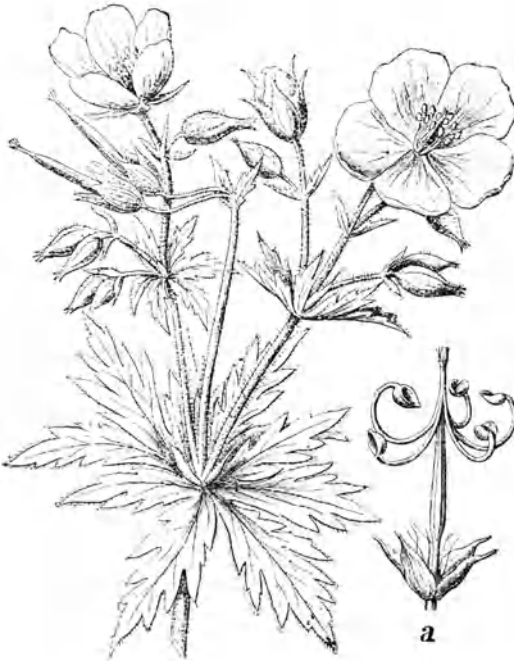


Fig. 389.

Geranium pratense.

a Frucht nach dem Aufspringen. (Nach Wossidlo.)

gedreht und fallen leicht ab. Die Staubgefäße sind am Grunde verwachsen. Die Kronstamina sind nur durch kurze Zähnchen angedeutet. Die Frucht ist eine zehnfächerige, zehnsamige Kapsel. Einige Arten, z. B. *Linum catharticum*, kommen bei uns wildwachsend vor, *Linum usitatissimum* (Fig. 391), der Flachs, wird seit den ältesten Zeiten als wertvolle Gespinstpflanze überall angebaut. Seine Samen sind officinell als Leinsamen — Semen Lini.

Die **Balsaminaceen** sind Kräuter mit dorsiventralen Blüten. Es sind nur drei Kelchblätter vorhanden, das hintere ist größer und gespornt. Von den fünf Kronblättern ist das medianvordere das größte, die seitlichen sind paarweise verwachsen. Die Frucht ist eine fünfklappige, elastisch aufspringende Kapsel. Einheimisch ist nur *Impatiens noli tangere*, das Springkraut, mit hängenden Blüten und zurückgebogenem Sporn (Fig. 86 B). *Impatiens minor* mit aufrechten Blüten und geradem Sporn stammt aus der Mongolei und ist jetzt an vielen Stellen in Deutschland verwildert. **I. Balsamina**, die Balsamine, aus Ostindien wird als Zierpflanze in Gärten gezogen.



Fig. 390.

Blütendiagramm von *Linum*.

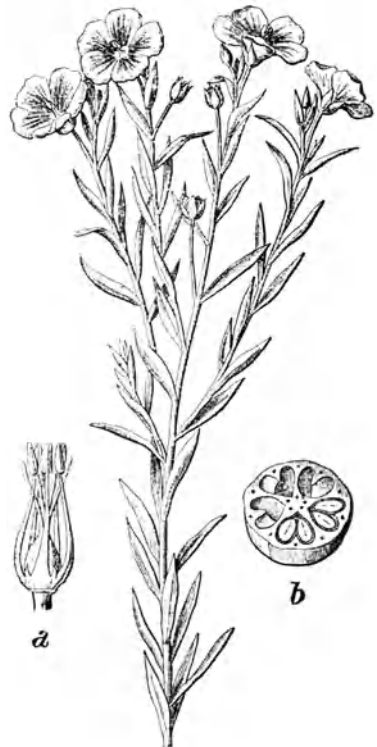


Fig. 391.

Linum usitatissimum. Officinell.
(Nach Berg und Schmidt.)

a die inneren Blütenteile. *b* quer-durchschnittene Fruchtkapsel.

b) Die **Terebinthinen** stimmen im Blütenbau mit der vorhergehenden Ordnung überein, nur ist zwischen dem Androeceum und dem Gynaeceum ein deutlicher Discus vorhanden.

Familien: Zygophyllaceae, Rutaceae, Connaraceae, Meliaceae, Simarubareae, Burseraceae, Anacardiaceae.

Die **Zygophyllaceen** sind zum größten Teil Holzgewächse der wärmeren Länder mit meist gegenständigen, oft paarig gefiederten Blättern. Die Blüten sind aktinomorph und zwitтерig und in allen Kreisen fünfzählig. Die Antheren der zehn Staubblätter sind intrors und häufig mit schuppigen oder gefransten Anhängseln versehen. Der Discus ist wenig entwickelt. Der synkarpe Fruchtknoten ist gefächert. Die amerikanische Gattung *Guajacum* zeichnet sich durch septicide Kapseln aus. *Guajacum sanctum* (Fig. 392) ist ein immergrüner Baum West-Indiens. Offizinell ist das Guajakholz — *Lignum Guajaci* — von *Guajacum officinale*.



Fig. 392.

Guajacum sanctum. (Nach Baillon.)

Die **Rutaceen** sind meistens Holzgewächse, seltener Kräuter mit nebenblätlosen Blättern in wechselnder Gestalt und Anordnung. Die Blüten, welche gewöhnlich aktinomorph und zwitтерig sind, haben fünf- oder vierzählige Organkreise (Fig. 393). Die Kronstamina des obdiplostemonen Androeceums sind häufig unterdrückt. Der Discus ist wohl entwickelt. Der Fruchtknoten besteht meistens aus fünf oder vier Fruchtblättern.



Fig. 393.
Blütendiagramm
von *Ruta*..

Frucht- und Samenbildung sind in den einzelnen Gattungen verschieden. Alle Arten enthalten zahlreiche lysigene Oellücken in der Rinde und in den Blättern. Die meisten hierher gehörenden Arten sind ausländischen Ursprungs. *Ruta graveolens* (Fig. 394), die Raute, und *Dictamnus fraxinella*, der Diptam, werden bei uns in den Gärten gezogen. Die Gattung *Citrus* (Fig. 395), der Zitronen- oder Orangenbaum, wird in zahlreichen Arten und Varietäten als Obstbaum in allen wärmeren Ländern angebaut. Die Fächer des Fruchtknotens füllen sich durch aus der Fruchtwand hervorsproßende Zellhöcker nachträglich mit einem großzelligen, saftreichen Fruchtbrei, so daß die Frucht beerenartig erscheint. *Citrus medica* (= *C. Limonum*) liefert die Zitronen. *C. Aurantium* liefert die Orangen (Apfelsinen). *C. Aurantium* subsp. *amara* (= *C. vulgaris*) liefert die Pomeranzen. In den Tropenländern werden auch die wenig aromatischen, schwach säuerlichen, kopfgroßen Früchte der Pompelmuse, *C. decumana*, als Obst genossen. Neuerdings wird auch die Mandarine, die Frucht der in Hinterindien einheimischen *C. nobilis*, in großen Mengen eingeführt. Offizinell sind unreife Pomeranzen — *Fructus Aurantii im-*



Fig. 394. *Ruta graveolens*.
(Nach Berg und Schmidt.) a Einzelblüte.

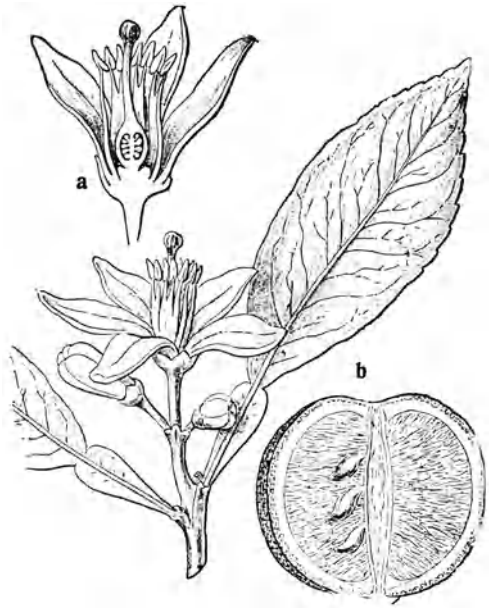


Fig. 395. *Citrus aurantium*. (Nach Wossidlo.)
a Blütenlängsschnitt. b halbierte Frucht.



Fig. 396. *Pilocarpus pennatifolius*.
a Einzelblüte (Nach Koehler.)



Fig. 397. *Quassia amara*. Offizinell. (Nach Baillon.)

maturi — und Pomeranzenschale — *Cortex Aurantii Fructus* —, die Schale der ausgewachsenen Früchte von *Citrus Aurantium* subspecies amara; ferner die Citronenschale — *Cortex Citri Fructus* — die Schale der ausgewachsenen Früchte von *Citrus medica*. Der im tropischen Amerika einheimische Baum *Pilocarpus pennatifolius* (Fig. 396) liefert die früher officinellen Jaborandiblätter — *Folia Jaborandi*.

Die **Simarubaceen**, tropische und subtropische Holzgewächse mit nebenblattlosen, meist gefiederten Laubblättern stimmen im Blütenbau im allgemeinen mit den Rutaceen überein, sie unterscheiden sich aber durch den Mangel der Oellücken und durch den reichen

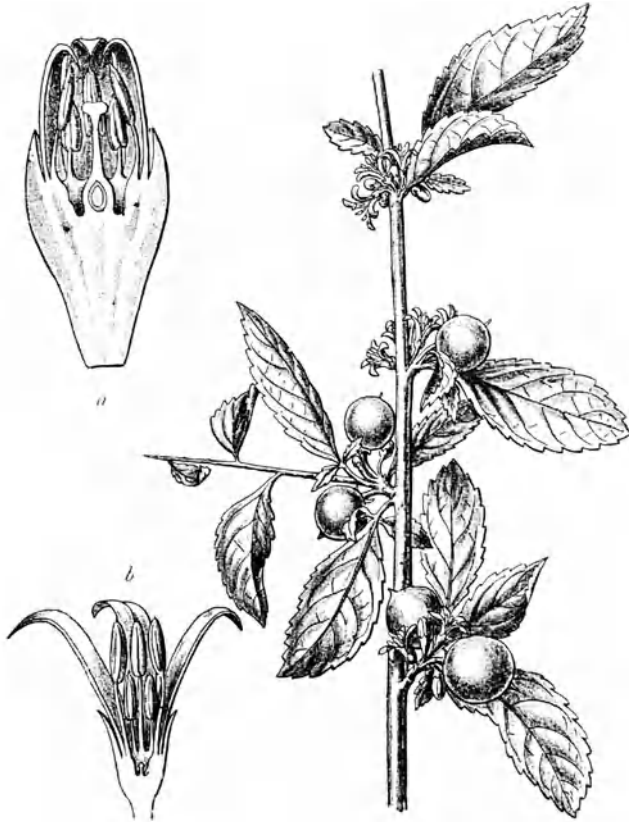


Fig. 398.

Commiphora abyssinica. Offizinell.

a weibliche, b männliche Blüte im Längsschnitt.

Gehalt an Bitterstoffen in Holz und Rinde. Als ein Vertreter der Familie mag der bei uns als Zierbaum in Anlagen angepflanzte, aus China stammene Götterbaum *Ailanthus glandulosa* genannt sein. Offizinell ist Quassiaholz — *Lignum Quassiae* —, das Holz von *Picrosma excelsa* und von *Quassia amara* (Fig. 397), und Simarubarinde — *Cortex Simarubae* —, die Wurzelrinde von *Simaruba amara*.

Die **Burseraceen** sind meist tropische Bäume und Sträucher mit abwechselnd gestellten, unpaarig gefiederten, seltener einfachen Blättern und kleinen, meist eingeschlechtigen, seltener zwittrigen Blüten. Sie sind durch den Besitz längsverlaufender Balsamgänge ausgezeichnet. *Commiphora abyssinica* (Fig. 398) und *C. Schimperi*, niedere Bäume in den Küstenländern des Roten Meeres, liefern das unter dem Namen Myrrhe — *Myrrha* — officinelle Gummiharz.

Die **Anacardiaceen**, exotische Holzpflanzen mit meist spiralig gestellten einfachen oder unpaarig gefiederten Blättern, besitzen gleichfalls Harzgänge. Die Blüten sind diplostemon oder haplostemon und verschieden ausgebildet, bisweilen fast oberständig. Ihre Fruchtknoten enthalten meist nur eine Samenanlage. Bei der tropischen Gattung *Anacardium* werden von den zehn Staubblättern neun unterdrückt. Der Fruchtstiel wird unterhalb der nußartigen Frucht (der früher offizinellen Elefantenlaus) zu einem fleischigen, birnförmigen Körper. *Mangifera indica*, ein Baum mit schöner, dichter, dunkelgrüner Laubkrone ist ein wichtiger Obstbaum der Tropenländer. Die im Mittelmeergebiet heimische Gattung *Pistacia* enthält einige Nutzpflanzen. Die Samen der *P. vera* werden als Pistaciennüsse zur Würze von Fleischspeisen verwendet; *P. Lentiscus* liefert das Mastixharz. Einige Arten der Gattung *Rhus*,



Fig. 399.
Rhus Toxicodendron. Giftig.

Sumach, werden bei uns als Ziersträucher angepflanzt; unter ihnen ist der aus Nordamerika stammende Gift-Sumach, *Rhus Toxicodendron* (Fig. 399), wegen seiner toxischen Eigenschaften bemerkenswert. *Rhus Coriaria*, der Gerber-Sumach der Mittelmeerländer, und andere liefern in ihren gerbstoffreichen Rinden ein geschätztes Gerbmaterial.

c) Die **Aesculinen** sind durch einen bisweilen nur schwach entwickelten, außerhalb des Staubblattkreises liegenden Discus gekennzeichnet. Die Blüten sind im Grundplan cyclisch und obdiplostemon wie die der vorhergehenden Reihen; von diesen unterscheidet sich aber die Reihe dadurch, daß das Gynaeceum nur aus zwei oder drei synkarpen Frucht-

blättern besteht. Die Blüten sind häufig schräg zygomorph und durch das Fehlschlagen einzelner Staubblätter unvollständig.

Familien: Malpighiaceae, Erythroxylaceae, Melianthaceae, Fabiaceae, Sapindaceae, Hippocastanaceae, Staphyleaceae, Stackhousiaceae, Aceraceae, Polygalaceae, Vochysiaceae.

Die Familie der **Erythroxylaceen** umfaßt tropische Bäume und Sträucher mit wechselständigen, einfachen Blättern und regelmäßigen fünfgliedrigen Blüten. Die zehn Staubgefäße sind am Grunde zu einer Röhre vereint. Der dreiblättrige Fruchtknoten wird zur einsamigen Steinfrucht. Die Blätter von *Erythroxylum Coca* (Fig. 400) enthalten ein als Heilmittel wichtiges, als Kokaïn bezeichnetes Alkaloid und sind als Kokablätter — *Folia Coca* — officinell.



Fig. 400.

Erythroxylum Coca. Offizinell. (Nach Baillon.)

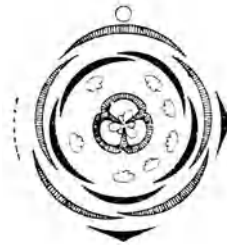


Fig. 401.

Blütendiagramm von
Aesculus Hippocastanum.

Die **Sapindaceen** sind Holzgewächse der wärmeren Länder mit wechselständigen, ungeteilten oder gefiederten Blättern. Ihre bisweilen eingeschlechtigen Blüten sind häufig schrägzygomorph mit ungleichseitigem, extrastaminalem Discus. Die Sapindaceen haben dorsiventrale Blüten. In den beiden Staubblattkreisen sind gewöhnlich einzelne Glieder fehlgeschlagen. Der Fruchtknoten besteht meist aus drei oder zwei Fruchtblättern. Viele Arten sind Bäume und Lianen der warmen Zone. Einige *Nephelium*-Arten sind geschätzte Obstbäume der Tropenländer. Aus den Samen der südamerikanischen *Paullinia sorbilis* wird die *Pasta Guarana* bereitet, welche den südamerikanischen Indianern als anregendes Genußmittel dient und auch bei uns als Droge eingeführt wurde.

Die **Hippocastanaceen** sind Bäume mit gegenständigen, handförmig zusammengesetzten Blättern. Sie schließen sich im Bau ihrer schrägzygomorphen Blüten (Fig. 401) den Sapindaceen nahe an. Die Blüten stehen in stattlichen rispenförmigen Inflorescenzen. Die Kapsel Frucht enthält meist nur einen Samen. Bei uns eingebürgert und als Zierbaum in Anlagen oder als Alleebaum überall verwendet ist *Aesculus Hippocastanum*, die Roßkastanie, mit fünf- bis siebenzählig gefingerten Blättern.

Die **Aceraceen** sind Bäume oder Sträucher mit gegenständigen einfachen oder handförmig gelappten Blättern ohne Nebenblätter. Sie haben regelmäßige Blüten mit vier bis fünf Kelchblättern, vier bis neun Kronblättern, meist acht Staubblättern und



Fig. 402.
Acer platanoides.

einem zweifächerigen Fruchtknoten. Der hypogyne Discus ist oft stark entwickelt. Die reife Frucht zerfällt meist in zwei einsamige Flügelfrüchte. Einige Arten der Gattung *Acer*, besonders *Acer campestre*, der Feld-Ahorn, *A. platanoides*, der Spitz-Ahorn (Fig. 402), *A. pseudoplatanus*, der Berg-Ahorn, zieren mit ihrem schönen Laube die schattigen Wälder des Gebirges und der Ebene. Sie werden auch vielfach als Zierbäume in Anlagen und Alleen angepflanzt. Das Holz derselben ist als Werkholz gesucht. *Acer saccharinum* in Nordamerika liefert zuckerhaltigen Saft.



Fig. 403.
Blütendiagramm von
Polygala.

Die **Polygalaceen** sind Kräuter oder zum Teil lianenartige Holzpflanzen mit einfachen ganzrandigen und nebenblattlosen Blättern. Die Blüten der Polygalaceen sind dorsiventral (Fig. 403). Von den fünf Kelchblättern sind die beiden inneren kronblattartig und flügelförmig. Die Krone besteht aus drei am Grunde verwachsenen Blättern, von denen das vordere kahnförmig ist. Die acht Staubblätter sind zu zwei Bündeln und mit der Krone verwachsen, das Gynaeceum besteht aus zwei verwachsenen Fruchtblättern. Von der Gattung *Polygala*, der Kreuzblume, kommen einige Arten in Deutschland vor. *Polygala vulgaris* und *P. amara* sind

z. B. überall verbreitet. Offizinell ist die Senegawurzel — *Radix Senegae* — von der nordamerikanischen *Polygala Senega* (Fig. 404).

d) Die **Frangulinen**. Die Blüten sind aktinomorph und enthalten nur einen Staubblattkreis. Die Blütenkreise sind vier- oder fünfzählig. Das Gynaeceum besteht aus zwei bis vier synkarpen Fruchtblättern. Der



Fig. 404.

Polygala Senega. Offizinell.
(Nach Berg und Schmidt.)

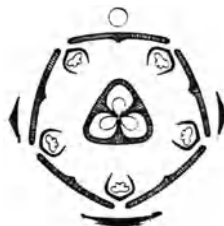


Fig. 405.

Blütendiagramm
von *Rhamnus Frangula*.



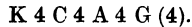
Fig. 406.

Rhamnus cathartica. Offizinell.
(Nach Calver.)

Fruchtknoten ist meist mehrfächerig nach der Zahl der Fruchtblätter. Die anatropen Samenanlagen sind mit der Mikrophyle nach abwärts gewendet. Bei der Mehrzahl der Familien ist ein intrastaminaler oder extrastaminaler Discus vorhanden.

Familien: Celastraceae, Hippocrateaceae, Aquifoliaceae, Rhamnaceae, Ampelidaceae (Buxaceae, Empetraceae).

Die **Celastraceen** sind Sträucher oder Bäume der warmen und gemäßigten Zonen mit einfachen Blättern. Sie haben aktinomorphe Blüten nach der Formel:



Daneben kommen bisweilen fünfzählige Blüten vor. Die Kronblätter greifen in der Knospdachig übereinander, die Staubfäden alternieren mit den Kronblättern. Jedes Fach des Fruchtknotens enthält zwei oder mehr aufrechte anatrophe Samenanlagen. *E v o n y m u s e u r o p a e u s*, Spindelbaum oder Pfaffenhütlein, wächst bei uns in Gebüsch und Hecken und ist durch die rosenroten, stumpf vierkantigen Früchte auffällig, welche vier weiße Samen mit gelbem Arillus einschließen.

Die **Aquifoliaceen** sind meist immergrüne Bäume oder Sträucher mit einfachen wechselständigen Blättern. Sie stimmen im Blütenbau mit den Celastraceen überein,

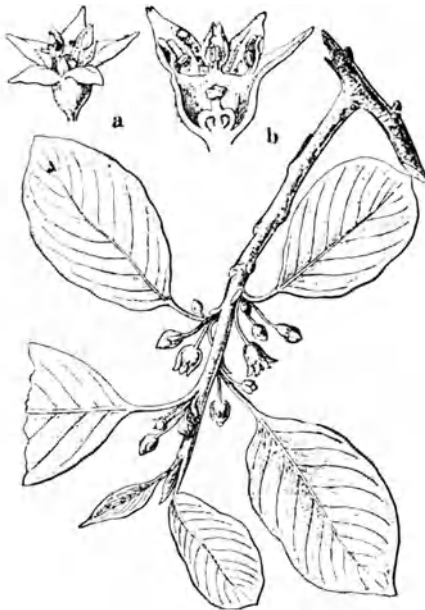


Fig. 407.

Rhamnus Frangula. Offizinell.

(Nach Wossidlo.)

a Einzelblüte. b Blütenlängsschnitt.

Rhamni Purshianae — Amerikanische Faulbaumrinde —, *Cascara Sagrada*, ist die Rinde der nordamerikanischen *Rhamnus Purshiana*.

Die **Ampelidaceen** oder **Vitaceen** sind kletternde Sträucher mit den Blättern gegenüberstehenden, verzweigten Ranken, welche metamorphosierte Blüten sprosse sind. Sie stimmen im Bau der äußeren Organkreise der Blüte mit den Rhamnaceen überein (Fig. 408), der Fruchtknoten ist aber zwei- oder seltener vierfächerig und wird zur Beere. *A m p e l o p s i s h e d e r a c e a*, der wilde Wein, aus Nordamerika stammend, wird bei uns zur Bekleidung von Hauswänden und Lauben angepflanzt. *V i t i s v i n i f e r a* (Fig. 409), der Weinstock, ist eine uralte Kulturpflanze, die in vielen Varietäten angebaut und zur Weingewinnung verwendet wird. Am Weinstock treten regelmäßig zweierlei Sprosse auf, nämlich einmal unbegrenzt in die Länge wachsende Langtriebe, die Lotten, und Kurztriebe mit geringem Längenwachstum, welche niemals Blütenstände hervorbringen, die Geizen. Die Lotten tragen an ihrer Basis zwei schuppenförmige Niederblätter, dann folgen zweizeilig abwechselnd gestellte Laubblätter. Den untersten vier oder fünf Laubblättern steht keine Ranke gegenüber, dann folgen aber die blattgegenständigen Ranken in regelmäßiger Anordnung derart, daß immer auf zwei ränke tragende sproßknoten

ein dritter rankenloser folgt. Statt der untersten Ranken der Lotte können sich Blütenrispen entwickeln. Aus den Achselknospen der Laubblätter gehen die Geizen hervor, welche nur ein seitliches Schuppenblatt an der Basis tragen, im übrigen aber ähnlich wie die Lotten zweizeilig beblättert und mit Ranken versehen sind, nur mit dem Unterschiede, daß bereits dem zweiten Laubblatt eine Ranke gegenübersteht. Die Achselknospe des Niederblattes der Geize liefert eine neue Lotte, alle übrigen Blattknospen bringen nur Geizen hervor. In der Wintersprache werden die Blütenrispen „Geseheine“, die Ranken „Gabeln“ genannt. Als gefährlicher Schädling des Weinbaues kommt außer den früher erwähnten parasitischen Pilzen in der Gegenwart hauptsächlich die Reblaus — *Phylloxera vastatrix* — in Be-

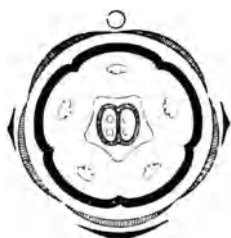


Fig. 408.
Blütendiagramm von
Ampelopsis.

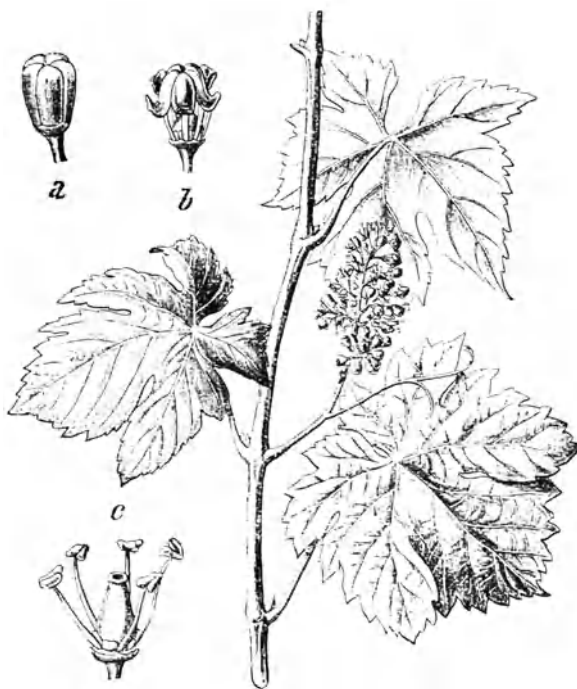


Fig. 409.

Vitis vinifera. (Nach Koehler.)

a, b, c Einzelblüte in verschiedenen Stadien des Aufblühens.

tracht, eine aus Amerika bei uns eingewanderte Blattlaus, welche in einer Reihe von verschieden gestalteten Generationen auf dem Rebstock lebt und denselben hauptsächlich durch Beschädigung der Wurzel zum Absterben bringt.

Die systematische Stellung der **Buxaceen** wie diejenige der ihnen nahestehenden **Empetra-ceen** ist unsicher; von manchen Autoren werden beide Familien zu den **Tricoccae**, von anderen zu den **Aesculinen** gestellt. Die Familie der **Buxaceen** umfaßt in Süd- und Westeuropa heimische Bäume und Sträucher mit nebenblattlosen, ganzrandigen, immergrünen Blättern und unscheinbaren eingeschlechtigen Blüten. *Buxus sempervirens*, der Buchsbaum, wird bei uns in Wintergärten und in einer Zwergform als Beeteinfassung in Blumengärten gezogen. Sein Holz ist für Holzschnitzereien und Drechslerarbeiten sehr geschätzt. Das

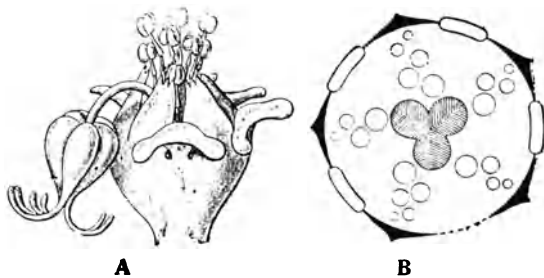


Fig. 410.

A Cyathium von *Euphorbia*. B Diagramm desselben. Die männlichen Blüten sind durch Kreise angedeutet, die weibliche Blüte ist schraffiert.

kleinasiatische und persische Buchsbaumholz wird als Material zur Herstellung von Holzschnitten alljährlich in großen Mengen über England in Europa eingeführt.

Fünfte Reihe: **Die Tricoccae.**

Die Blüten sind meist eingeschlechtig. Das Perigon ist, wenn vorhanden, einfach, oder aus Kelch und Krone gebildet. Die Zahl der Staubblätter schwankt in weiten Grenzen, bisweilen ist nur eines vorhanden. Der oberständige Fruchtknoten ist meist dreifächerig. Jedes Fach enthält eine oder zwei anatrophe Samenanlagen, welche hängend und mit der Mikropyle

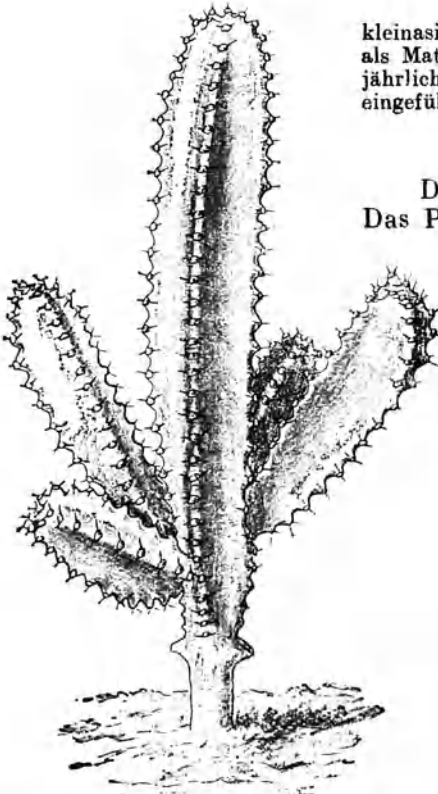


Fig. 411. *Euphorbia canariensis*.



Fig. 412. *Euphorbia resinifera*.
Offizinell. (Nach Berg u. Schmidt.)

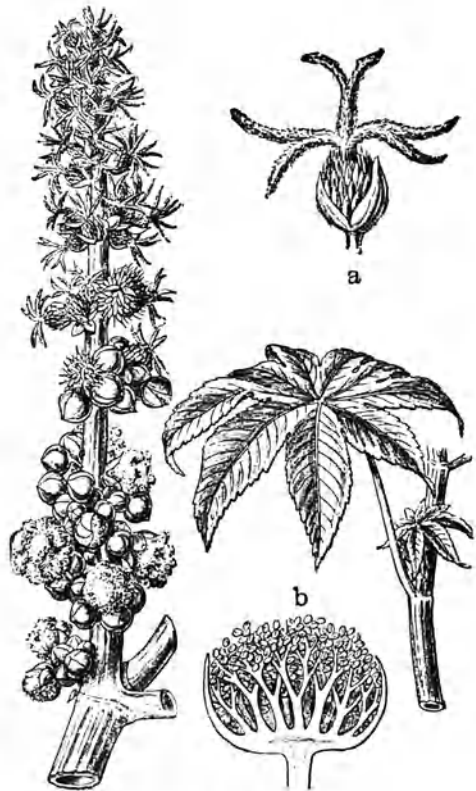


Fig. 413.

Ricinus communis. Offizinell.

a weibliche Blüte. **b** Längsschnitt durch die männliche Blüte. (Nach Berg u. Schmidt.)

nach auswärts gewendet sind. Am endospermhaltigen Samen ist häufig eine Samenschwiele ausgebildet.

Die Reihe enthält nur eine Familie: Euphorbiaceae.

Die vielgestaltige Familie der **Euphorbiaceen** enthält Bäume, Sträucher und Kräuter von verschiedenstem Habitus. Die Blüten sind monözisch oder diözisch. Sie haben entweder Kelch und Krone, beide drei- bis sechsgliedrig, oder ein drei- oder mehrgliedriges Perigon, oder die Blüten sind nackt. Der dreiknopfige Fruchtknoten zerfällt bei der Reife in drei von einer bleibenden Mittelsäule elastisch abspringende Früchtchen. Die Gattung *Euphorbia*, Wolfsmilch, enthält zahlreiche Arten mit ungliederten Milchröhren. Die nackten Blüten stehen in eigentümlichen Blütenständen (Fig. 410), welche eine weibliche Blüte und zehn bis zwölf männliche Blüten enthalten und von einer becherförmigen Hülle, dem *Cyathium*, eingeschlossen werden. Zahlreiche Arten sind einheimisch; zu den häufigsten gehören bei uns *Euphorbia Peplus*, *E. Esula*, *E. Cyparissias* und die eingewanderte *E. Helioscopia*. Alle Euphorbien sind scharfe Giftpflanzen. Manche Arten sind Stammsukkulente. Das gilt unter anderen von der früher erwähnten *Euphorbia canariensis* (Fig. 411) und von der in Afrika heimischen officinellen *Euphorbia resinifera* (Fig. 412), welche ein Gummiharz, das *Euphorbium* der Pharmakopöe, liefert. Von den übrigen Gattungen der Familie ist als einheimisch nur noch *Mercurialis*, das Bingelkraut, zu nennen, deren monözische oder diözische Blüten ein drei- oder vierteiliges Perigon besitzen.

Unter den ausländischen Vertretern der Familien finden sich einige wichtige Nutzpflanzen. *Hevea brasiliensis* und *Hevea guianensis* sind stattliche Bäume der Tropen, welche mit Vorteil auf niederem, sumpfigem Terrain zur Gewinnung von Kautschuk — Cautschuc — kultiviert werden. Auch *Manihot Glaziovii* wird in den Tropen als Kautschukpflanze angebaut, während *M. utilisima*, der Kassavestrauch, hauptsächlich seiner stärkemehlhaltigen Knollen wegen in Gemüsegärten gepflanzt wird. Das aus den Knollen gewonnene Stärkemehl kommt besonders in Gestalt sagoähnlicher Kügelchen oder unregelmäßiger Flocken als Tapioka auch bei uns in den Handel. Offizinell sind der auch bei uns als Zierpflanze gezogene *Ricinus communis* (Fig. 413), dessen Samen das Ricinusöl — *Oleum Ricini* — liefern; ferner *Mallotus philippinensis*, dessen Früchte einen eigenartigen Haarbesatz haben, welcher durch Abbürsten gewonnen, die als Kamala bezeichnete Droge liefert; endlich zwei Arten der Gattung *Croton*. *Croton Eluteria* liefert die Kaskarille — *Cortex Cascarillae* —; aus den Samenkernen von *Croton Tiglium* (Fig. 414) wird das Krotonöl — *Oleum Crotonis* — gewonnen.



Fig. 414.
Croton Tiglium. Offizinell. (Nach Baillon.)

Sechste Reihe: **Calycifloren.**

Die Calycifloren sind dadurch ausgezeichnet, daß die Blütenhülle und das Androeceum ihrer Blüten oder doch eines von beiden perigyn oder epigyn gestellt sind. Die Blüten sind meist cyklisch gebaut. Die Blütenhülle besteht aus Kelch und Krone, im Androeceum tritt bisweilen Vermehrung der Gliederzahl durch Spaltung ein. Es sind selten mehr als zwei Staubblattkreise vorhanden. Die Fruchtblätter sind meist synkarp, seltener apokarp.

Hierher gehören sieben Ordnungen:

a) Umbelliflorae, b) Saxifraginae, c) Passiflorinae, d) Myrtiflorae, e) Thymelaeinae, f) Rosiflorae, g) Leguminosae.

Anhangsweise können hier auch die Hysterophyta untergebracht werden, welche sich durch ihren unterständigen Fruchtknoten den Calycifloren anschließen, durch das nicht in Kelch und Krone geschiedene Perianth ihrer Blüten aber von den übrigen Ordnungen wesentlich abweichen.

a) Die **Umbellifloren.** Die Blüten sind rein epigyn, meist fünf- oder vierzählig. Der Kelch ist rudimentär, die Zahl der Staubblätter gleich der der Kronblätter. Das Gynaeceum besteht aus zwei, selten aus mehr Fruchtblättern. Der Fruchtknoten ist gefächert, jedes Fach enthält eine **Samenanlage**. Der Blütenstand ist meist eine Dolde.

Familien: Umbelliferae, Araliaceae, Cornaceae.

Die **Umbelliferen** haben fast ausnahmslos krautige, knotig gegliederte Stengel mit hohlen Internodien und intercellularen Oelgängen. Ihre abwechselnd stehenden Blätter haben eine breite, bisweilen blasig aufgetriebene Scheide und eine oft mehrfach fiederförmig zusammengesetzte Spreite. Die Blüten stehen in zusammengesetzten (seltener einfachen) Dolden, an deren Grund bisweilen ein aus den Stützblättern der äußeren Doldenstrahlen gebildetes Involucrum auftritt, auch an dem Grunde der Döldchen wird häufig ein entsprechender Hochblattquirl als Involucellum ausgebildet. Die Blüten der Umbelliferen (Fig. 415) entsprechen durchweg der Formel:

$$K\ 5\ C\ 5\ A\ 5\ G\ (\overline{2}).$$

Der Kelch ist unbedeutend. Die Kronblätter sind kurz genagelt, ihre Platte ist häufig vorn ausgerandet oder in einen über die Fläche eingebogenen Zipfel ausgezogen. Bisweilen wird die Krone dorsiventral, indem die zum Rande des Döldchens oder der Dolde hin gerichteten Kronblätter größer sind als die übrigen. Auf die fünf mit den Kronblättern abwechselnden Staubblätter folgt ein epigyn Discus, aus welchem die kurzen, meist auswärts gekrümmten Griffelschenkel entspringen. In jedem Fach des zweitheiligen

unterständigen Fruchtknotens hängt eine anatropische Samenanlage mit auswärts gewendeter Mikropyle. Die Blüten stehen in zusammengesetzten oder seltener in einfachen Dolden. Die Früchte der Umbelliferen sind Doppelachänen, welche bei der Reife sich in der Regel in ihre beiden Teilfrüchte zerspaltten. Häufig bleiben dabei die beiden Teilfrüchte zunächst an einer als Karpophor bezeichneten einfachen oder gegabelten Verlängerung des Fruchstieles hängen, welche aus Teilen der gemeinsamen Wand beider Fruchtabschnitte gebildet wird. Jede Teilfrucht besitzt fünf vorspringende Längsrippen; die der Fuge der Spaltfrucht genäherten Rippen werden als Seitenrippen, die rückenständige als Mittelrippe und die zwischen dieser und den ersteren liegenden als Zwischenrippen bezeichnet. Die vier rinnigen Vertiefungen zwischen den fünf Hauptrippen jeder Teilfrucht werden als Tälchen bezeichnet. Bisweilen treten in den Tälchen noch wieder Längsrippen hervor, welche gegenüber den fünf Hauptrippen als Nebenrippen bezeichnet werden. In den Tälchen und an der als Fugenfläche bezeichneten Berührungsfläche der Teil-

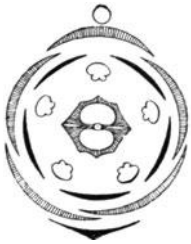


Fig. 415.

**Blütendiagramm
der Umbelliferen.**

früchte verlaufen häufig längsgerichtete ölhaltige Kanäle in der Fruchtknotenwand, welche Oelstriemen genannt werden. Der in der Teilfrucht enthaltene Samen birgt einen kleinen Embryo und massiges Endosperm. Nach der Form des Endospermkörpers unterscheidet man in der großen Familie drei Sektionen. 1. *Orthospermae*: Der Endospermkörper ist auf der Fugenseite flach oder doch nicht konkav. 2. *Campylospermae*: Der Endospermkörper hat auf der Fugenseite eine Längsfurche. 3. *Coelospermae*: Der Endospermkörper ist an der Fugenseite uhrglasartig ausgehöhlt.

Als gemeinste bei uns überall verbreitete Arten mögen genannt werden: *Aegopodium Podagraria*, der Giersch; *Carum Carvi*, der Kümmel (Fig. 416);

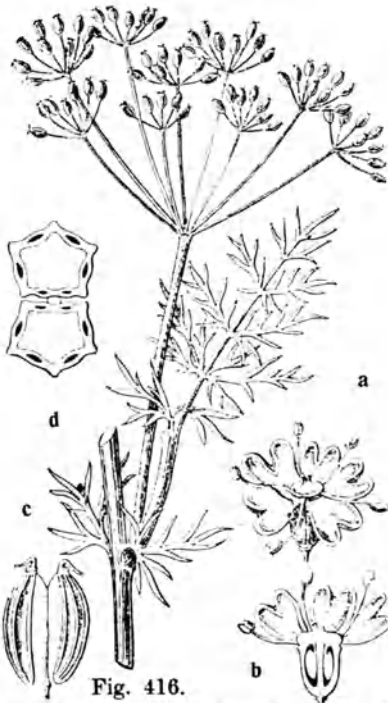


Fig. 416.

Carum Carvi. Offizinell. (Nach Wossidlo.)

a Einzelblüte. b Blütenlängsschnitt. c reife Spaltfrucht. d Querschnitt durch die Frucht.



Fig. 417.

Conium maculatum. Giftig.

a Einzelblüte. b Frucht. c Querschnitt durch die Frucht.

Pastinaca sativa, der Pastinak; *Heracleum Sphondylium*, die Bärenklau; *Daucus Carota*, die Möhre; *Anthriscus silvestris*, der Kälberkropf; *Chaerophyllum hirsutum*, der rauhe Kerbel. Als Küchengewächse respektive als Gemüsepflanzen werden häufiger angebaut: *Apium graveolens*, der Sellerie; *Petroselinum sativum*, die Petersilie; *Carum Carvi*, der Kümmel; *Anethum graveolens*, der Dill; *Anthriscus Cerefolium*, der Kerbel; *Daucus Carota*, die Mohrrübe. Stark giftig wirkende Stoffe enthalten: *Cicuta virosa* (Fig. 418), der Wasserschieferling, und *Conium maculatum*, der Fleckenschieferling (Fig. 417).

Offizinell sind: Kümmel — *Fructus Carvi* — von *Carum Carvi*; Anis — *Fructus Anisi* — von *Pimpinella Anisum* (Fig. 419); Fenchel — *Fructus Foeniculi* — von *Foeniculum vulgare* (Fig. 420); Angelikawurzel — *Radix Angelicae* — von *Archangelica officinalis* (Fig. 421); Liebstöckelwurzel — *Radix Levistici* — von *Levisticum officinale* (Fig. 422); Bibernelnwurzel — *Radix Pimpinellae* — von *Pimpinella Saxifraga* (Fig. 423) und *P. magna*; ferner

Galbanum — Gummiharz von *Ferula galbaniflua*; **Asant** — *Asa foetida* — Gummiharz von *Ferula Asa foetida* (Fig. 424), *F. Narthex* und *F. foetida*, **Ammoniakgummi** — *Ammoniacum* — Gummiharz von *Dorema ammoniacum* u. a.

Die **Araliaceen** sind meist Holzgewächse. Die Achsen besitzen Oelgänge, aber keine Markhöhlen. Die kleinen, wenig auffälligen Blüten stehen in Köpfchen oder einfachen Dolden, welche nicht selten in Trauben oder Rispen zusammengelagert sind. Die Blüten sind meist aus fünfzähligen Kreisen aufgebaut. Das Gynaeceum besteht aus zwei



Fig. 418.

Cicuta virosa. Giftig. a reife Frucht. b Querschnitt durch die Frucht. c Längsschnitt des gekammerten Wurzelstocks (verkleinert).

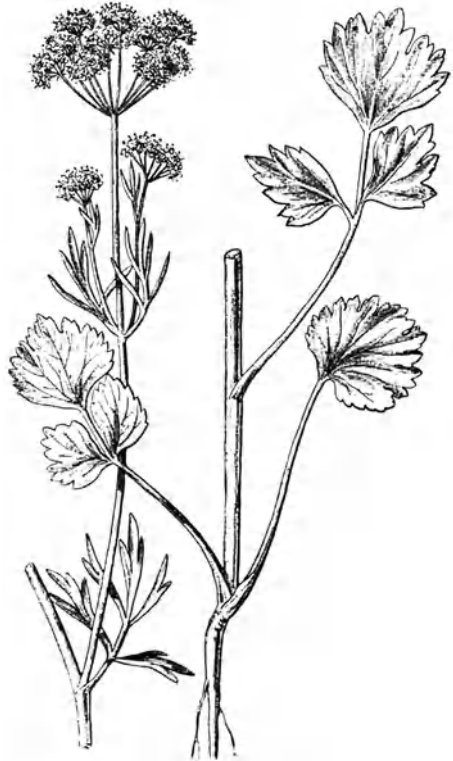


Fig. 419.

Pimpinella Anisum. Offizinell. (Nach Berg und Schmidt.)

oder mehr Fruchtblättern und wird zur Beere oder Steinfrucht. Einheimisch ist nur *Hedera Helix*, der Efeu, welcher als Wurzelkletterer (vgl. Fig. 27) gern Baumstämme und Gemäuer mit seinem dichten Grün überzieht.

Die **Cornaceen** sind meist strauchartige Holzpflanzen der nördlichen gemäßigten Zone ohne Markhöhlen und mit einfachen, gegenständigen Blättern. Ihre Blüten haben vierzählige Organkreise. Der zweifächerige Fruchtknoten wird zur Steinfrucht. Die hängenden anatropen Samenanlagen sind mit der Mikropyle einwärts gekehrt. *Cornus mas*, die Kornelkirsche, und *C. sanguinea*, der Hartriegel, sind einheimische Sträucher, die häufig in Gebüsch und Hecken angepflanzt werden. *Aucuba japonica* ist ein aus Ostasien bei uns eingeführter Zierstrauch.

b) Die **Saxifraginen**. Die Blüten der verschiedenen Gattungen zeigen alle Uebergänge von hypogynem zu epigynem Bau. Der Kelch ist wohl

entwickelt, die Krone oft rudimentär. Das Androeceum ist meist obdiplostemon, bisweilen fehlen die Kronstamina. Die Fruchtblätter sind den übrigen Kreisen gleichzählig oder bis auf zwei vermindert; sie sind ganz oder nur im oberständigen Teil apokarp.

Familien: Crassulaceae, Saxifragaceae, Pittosporaceae, Hamamelidaceae, Platanaceae.

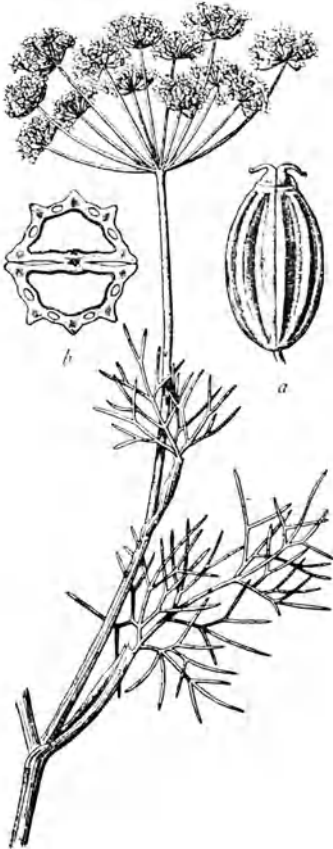


Fig. 420.

Foeniculum vulgare. Offizinell.
(Nach Berg und Schmidt.)
a Frucht. *b* Querschnitt durch die Frucht.



Fig. 421.

Archangelica officinalis. Offizinell.
(Nach Berg und Schmidt.)

Die **Crassulaceen** sind krautartige Blattsukkulente, in deren Blüten alle Kreise drei- bis dreißigzählig sind. Einheimisch sind die Gattungen *Sedum* mit fünfteiligem und *Sempervivum* mit sechs- oder mehrteiligem Kelch. *Sedum acre*, der Mauerpfeffer, ist an sandigen Plätzen überall gemein.

Die **Saxifragaceen** sind der größten Zahl nach Kräuter mit wechselständigen Blättern, welche meist in der gemäßigten Zone heimisch sind und von denen manche in die Hochgebirge und bis zum hohen Norden vordringen. Die Blüten bestehen meist aus vier- oder fünfzähligen Kreisen (Fig. 425). Die Krone ist zum Schwinden geneigt. Das Androe-

ceum ist häufig obdiplostemon, seltener nur aus einem Kreise gebildet oder vielmännig. Das Gynaeceum ist zwei- bis fünfblättrig, unter-, ober- oder halboberständig. *Saxifraga*, *Chrysosplenium*, *Parnassia* und *Ribes* sind einheimische Gattungen. *Ribes rubrum*, die Johannisbeere, und *R. Grossularia*, die Stachelbeere, werden überall als Beerenobst angebaut. *Philadelphus coronarius* und *Deutzia scabra* sind beliebte bei uns eingeführte Ziersträucher.



Fig. 422.

Levisticum officinale. Offizinell.
(Nach Berg u. Schmidt.)



Fig. 423.

Pimpinella Saxifraga. Offizinell.
(Nach Berg u. Schmidt.)

Die **Hamamelidaceen** gehören den wärmeren Ländern an; sie sind zum Teil stattliche Bäume wie der *Rasamala*, *Altingia excelsa*, der javanischen Urwälder. Manche führen Balsamgänge, wie z. B. *Liquidambar orientalis* Kleinasiens, der den offizinellen *Storax-Styrax crudus* liefert.

Die **Platanaceen** sind Bäume mit großen, wechselständigen, handförmig gelappten Blättern mit tutenförmig verwachsenen Nebenblättern. Die eingeschlechtigen Blüten stehen in kugeligen Köpfchen; Kelch und Krone sind unscheinbar, die Regelmäßigkeit der Blütenkreise ist meistens durch Fehlschlagen einzelner Glieder gestört, die Frucht ist eine Nuß. Die Platanen, *Platanus orientalis* aus dem Orient und *P. occidentalis* aus Nordamerika, werden bei uns als Allee- und Zierbäume in Anlagen vielfach verwendet.

c) **Passiflorinen**. Die aktinomorphen Blüten sind epi- oder perigyn. Die Blütenhülle besteht aus Kelch und Krone. Das Androeceum ist haplo-

stemon oder diplostemon, oder es enthält zahlreiche Staubblätter in unbestimmter Anordnung. Das Gynaeceum besteht aus drei Fruchtblättern, welche einen einfächerigen Fruchtknoten mit parietaler Placentation bilden.

Familien: Passifloraceae, Papayaceae, Turneraceae, Loasaceae, Datisceae, Begoniaceae.

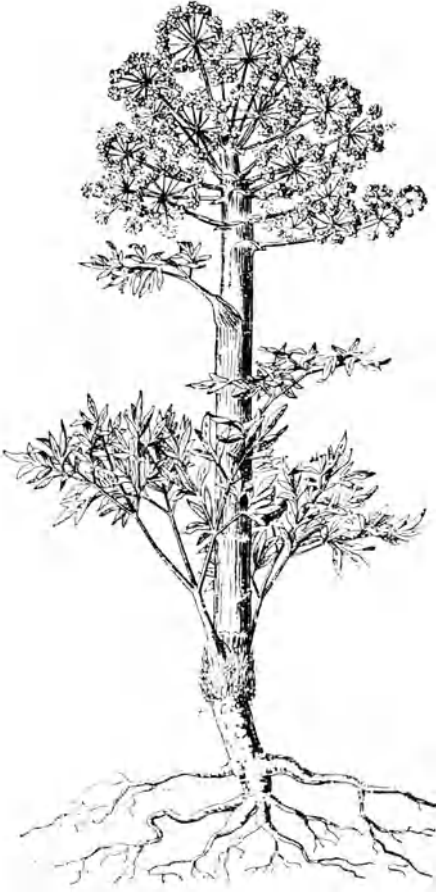


Fig. 424.

Ferula Asa foetida. Offizinell.
(Nach Berg u. Schmidt.)

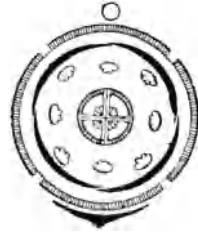


Fig. 425.

Blütendiagramm von
Saxifraga granulata.

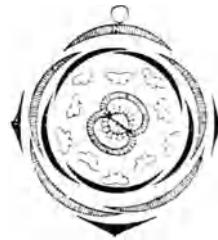


Fig. 426.

Blütendiagramm von
Epilobium.

Von manchen Systematikern werden hier auch die zu den Sympetalen gehörenden Cucurbitaceae eingereiht, die offenbar zu den Passifloraceen in nahen verwandtschaftlichen Beziehungen stehen.

Die Familien der Ordnung gehören ausnahmslos den wärmeren Erdstrichen an. Die zu den **Begoniaceen** gehörige Gattung *Begonia* liefert einige unter dem Namen Schiefblatt bei uns in Töpfen und Blumenbeeten kultivierte Zierpflanzen.

d) Die **Myrtifloren** haben epi- oder perigyne Blüten von regelmäßigem Bau. Die Kreise sind meist vier- bis fünfzählig, Kelch und Krone sind

vorhanden. In der Knospe berühren sich die Kelchblätter mit den Rändern. Die Staubblätter stehen in zwei Kreisen oder sind zahlreich. Das Gynaeceum ist synkarp mit einfachem Griffel. Der Fruchtknoten ist mehrfächerig.

Familien: Onagraceae, Halorrhagidaceae, Combretaceae, Rhizophoraceae, Lythraceae, Melastomaceae, Myrtaceae.

Die **Onagraceen** oder **Oenotheraceen** sind Kräuter der subtropischen und gemäßigten Klimate mit gegen- oder wechselständigen Blättern ohne Nebenblätter. Die Gefäßbündel des Stammes sind bei vielen bikollateral. Sie haben meist die Blütenformel

$$K\ 4\ C\ 4\ A\ 8\ \text{oder}\ 4\ G\ (\overline{4})$$

(Fig. 426). Daneben kommen auch zwei-, drei- und fünfzählige Blüten vor. In der Knospe sind die Kelchblätter klappig, die Kronblätter sind rechts gedreht oder fehlen bisweilen.



Fig. 427.

Blüte von *Oenothera biennis*. Der Fruchtknoten ist der Länge nach aufgeschnitten.



Fig. 428.

Jambosa caryophyllus. Offizinell. a Blütenlängsschnitt. b Frucht. (Nach Wossidlo.)

Die Griffel sind verwachsen, die Fächer des völlig unterständigen Fruchtknotens enthalten meist viele Samenanlagen. Von den Gattungen sind *Epilobium*, Weidenröschen, und *Circaea* als einheimische zu nennen. *Epilobium parviflorum*, *E. hirsutum*, *E. angustifolium* und *Circaea lutetiana*, das Hexenkraut, kommen häufiger vor. *Trapa natans*, die Wassernuß, eine Wasserpflanze mit schwimmenden Blattrosetten, ist bei uns im Aussterben begriffen und kommt nur noch an wenigen, weiterstreuten Standorten in stehenden Gewässern vor. Die Nachtkerze, *Oenothera biennis* (Fig. 427) aus Virginien, ist bei uns an vielen Orten eingebürgert. Die südamerikanische Gattung *Fuchsia* wird in vielen Arten und Varietäten als Zierpflanze in Töpfen gezogen. Die tropische *Jussiaea repens* und andere Arten der Gattung sind durch eigentümliche Atemwurzeln ausgezeichnet (s. S. 29).

Die **Halorrhagidaceen** sind Kräuter von sehr verschiedenem Habitus. Sie stimmen im allgemeinen mit den Onagraceen im Blütenbau überein, nur sind die Griffel frei und die Fruchtknotenfächer einsamig. Bei einigen sind die Blüten kronelos und eingeschlechtig, die Zahl der Staubblätter und Karpelle sinkt bisweilen auf 1 herab. Hierher gehören einige einheimische Wasserpflanzen aus den Gattungen *Myriophyllum*, *Hippuris* und *Callitriche*.

Die **Lythraceen** sind Kräuter und Sträucher mit einfachen ganzrandigen Blättern und bikollateralen Leitbündeln. Die perigynen Organkreise in den Blüten sind meist sechszählig, die Kronblätter sind in der Knospe geknittert oder fehlen bisweilen ganz. Die Frucht ist eine Kapsel mit ein bis sechs vielsamigen Fächern. Die hierher gehörige, bei uns auf feuchten Stellen gemeine *Lythrum Salicaria* ist durch Heterostylie ausgezeichnet.

Die **Myrtaceen** sind Bäume oder Sträucher mit bikollateralen Leitbündeln und lysigenen Sekretbehältern. Die meist gegenständigen Blätter sind in der Regel ganzrandig und lederartig derb. Die Blüten haben vierzähligen Kelch und Krone. Das Androeceum ist durch Spaltung vielzählig. Das unterständige Gynaeceum besteht aus zwei bis vier Fruchtblättern. Die Familie ist auf die warmen Zonen beschränkt; in Europa ist sie durch *Myrtus communis*, die Myrte der Mittelmeergebiete, vertreten. Die



Fig. 429.
Punica Granatum. Offizinell.
(Nach Baillon.)



Fig. 430.
Daphne Mezereum. Giftig.

meisten Arten sind an aromatischen Stoffen reiche Holzpflanzen, einige liefern officinelle Stoffe: Gewürznelken — *Caryophylli* — sind die nicht geöffneten Blüten von *Jambosacaryophyllus* (Fig. 428); die Granatrinde — *Cortex Granati* — stammt von *Punica Granatum* (Fig. 429). Die halbreifen Früchte der von den Antillen stammenden *Pimenta officinalis* sind als Nelkenpfeffer oder Neugewürz im Handel. Eine eigenartige Myrtaceenflora besitzt Australien in den waldbildenden Eukalyptusarten mit ihren vertikal gestellten Blattflächen. *Eucalyptus globulus*, dessen Stamm eine Höhe von über 100 m erreicht, wird in subtropischen Ländern als Fieberbaum zur Sanierung sumpfiger Gegenden angepflanzt.

In diesen Verwandtschaftskreis zu der kleinen Familie der **Lecythidaceen** gehört auch die *Bertholletia* der südamerikanischen Tropen, die die Paranüsse des Handels liefert.

e) Die **Thymelaeinen**. Die Blüten sind perigyn, meist mit kronartigem Kelch und ohne Krone. Die Staubblätter stehen in einem oder

in zwei Kreisen. Das Gynaeceum besteht aus nur einem, frei im Zentrum stehenden Fruchtblatt meist mit nur einer Samenanlage.

Familien: Thymelaeaceae, Elaeagnaceae, Proteaceae.

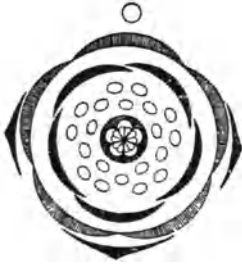


Fig. 431.
Blütendiagramm von
Pirus communis.

Die meist strauchartigen, mit einfachen, ganzrandigen Blättern versehenen **Thymelaeaceen** haben ein kronblattartiges, röhrig verwachsenes Perianth mit vierteiligem Saum, dessen Zipfel in der Knospe dachig übereinander greifen. Die vier oder acht Staubblätter sind mit dem Perigon verwachsen, der oberständige Fruchtknoten enthält eine hängende Samenanlage und wird zur Beere. Die hierher gehörenden Pflanzen sind meist scharfe, zum Teil ätzende Giftpflanzen. Einheimisch ist *Daphne Mezereum* (Fig. 430), der Seidelbast, ein Strauch, der im ersten Frühling vor dem Erscheinen der Blätter mit rosenroten, betäubend süßlich riechenden Blüten bedeckt ist.

Die **Elaeagnaceen** haben eine aufrechte Samenknospe im Fruchtknoten. Die Frucht ist eine Nuß, welche vom bleibenden Grund des Perianths eingeschlossen ist. Die Epidermis der hierher gehörenden Bäume und Sträucher ist mit silberweißen oder bräunlichen Sternhaaren bedeckt. *Elaeagnus angustifolia*, die Oelweide, und *Hippophaë rhamnoides*, der Sanddorn, sind bei uns als Ziersträucher in Anlagen zu finden; die letztere Art tritt auch wildwachsend in der Auenflora der süddeutschen Flüsse und am Meeresstrande der Ostsee auf.



Fig. 432.
Rubus Idaeus. Offizinell. (Nach Berg u. Schmidt.) a Blütenlängsschnitt.

f) Die **Rosifloren**. Die Blüten sind peri- oder epigyn. Kelch und Krone sind meist fünfzählig und alternierend. Das Androeceum enthält fünf bis dreißig Staubblätter. Die Fruchtblätter sind meist sehr zahlreich, doch kommen auch niedere Zahlen bis zu 1 vor. Die Griffel sind stets frei. Einzige Familie: Rosaceae.

Die **Kosaceen** sind Bäume, Sträucher oder Kräuter. Die charakteristischen Merkmale des Blütenbaues stimmen mit denen der Ordnung überein (Fig. 431). Die Fruchtbildung ist sehr verschieden.

Die meisten Gattungen sind in der einheimischen Flora vertreten; als häufigste Arten mögen genannt sein: *Crataegus oxyacantha*, der Weißdorn; *Sorbus*



Fig. 433.

Blütenstand von *Hagenia abyssinica*. Offizinell.
a Längsschnitt durch eine weibliche Blüte.

aucuparia, die Vogelbeere; *Rosa canina*, die Hundrose; *Alchemilla vulgaris*, der Frauenmantel; *Potentilla anserina*, das Fingerkraut; *P. Tormentilla*, *P. reptans*, *P. argentea*, *P. verna*, *Fragaria vesca*, die Erdbeere; *Rubus caesius*, die Brombeere; *Spiraea ulmaria*, die Spierstaude; *Prunus spinosa*, der Schlehdorn. — *Pirus communis*, der Birnbaum; *P. malus*, der Apfelbaum; *Cydonia vulgaris*, die Quitte; Arten von *Fragaria*, Erdbeere; *Rubus Idaeus* (Fig. 432), die Himbeere; *Prunus domestica*, die Zwetsche; *P. insititia*, die Pflaume; *P. Armeniaca*, die Aprikose; *P. Cerasus* (Fig. 434), die Weichsel; *P. avium*, die Kirsche, und *Persica vulgaris*, der Pfirsich, werden in zahlreichen Varietäten angebaut und liefern in ihren Früchten die geschätztesten Obstsorten. Viele Arten der Gattungen *Rose* und *Spiraea* sind beliebte Zierpflanzen.



Fig. 434.

Blütenzweig von *Prunus Cerasus*.
Offizinell. (Nach Wossidlo.)
a Einzelblüte im Längsschnitt.



Fig. 435.

Rosa centifolia. Offizinell. (Nach Berg u. Schmidt.)



Fig. 436. *Prunus Amygdalus*.
Offizinell. (Nach Berg u. Schmidt.)
a Blütenlängsschnitt.



Fig. 437.

Quillaia Saponaria. Offizinell. (Nach Baillon.)

Offizinell sind Rosenblütenblätter — Flores Rosae — die Kronblätter von *Rosa centifolia* (Fig. 435); Kosoblüten — Flores Koso — weibliche Blüten oder Blütenstände von *Hagenia abyssinica* (Fig. 433); bittere Mandeln — *Amygdalae amarae* — und süße Mandeln — *Amygdalae dulces* — die Samen zweier Varietäten von *Prunus Amygdalus* (Fig. 436), Seifenrinde — Cortex Quillaiae — von *Quillaia Saponaria* (Fig. 437). Ferner ist Himbeersirup — *Sirupus Rubi Idaei* — und Kirschensirup — *Sirupus Cerasorum* — in der Pharmakopöe vorgeschrieben.

g) Die **Leguminosen**. Die meist dorsiventralen Blüten sind peri- oder hypogyn, nie epigyn. Die Blütenhülle besteht in der Anlage in der Regel aus zwei Kreisen mit je fünf Gliedern. Die Zahl der Staubblätter ist meist zehn. Das Gynaeceum besteht aus einem einzigen Fruchtblatt, welches zur Hülse wird.

Familien: Papilionaceae, Caesalpinaceae, Mimosaceae.

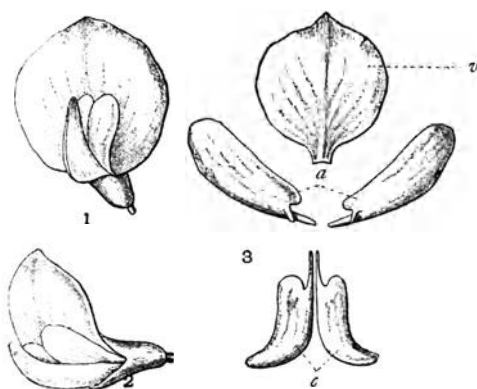


Fig. 438.

Schmetterlingsblüte.

1 von vorne, 2 von der Seite gesehen; 3 die einzelnen Kronblätter; v Fahne, a die Flügel, c die das Schiffchen bildenden beiden vorderen Kronblätter.

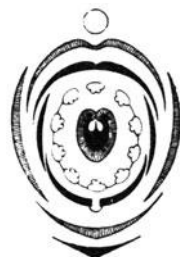


Fig. 439.

Blütendiagramm von *Vicia Faba*.

Die **Papilionaceen** sind Kräuter, Sträucher und Bäume, welche besonders in den Tropenländern, aber auch in den gemäßigten Zonen reichlich vertreten sind. Die Blätter sind fast durchgehend einfach gefiedert und haben am Grunde große laubige, seltener zu Dornen umgebildete Nebenblätter. Manche Arten klettern mit Blattranken. In den Tropen treten selbst Formen mit Holzstämmen, wie die Arten der Gattung *Bauhinia*, als Kletterpflanzen auf. Die Blüten, welche stets in seitlichen Blütenständen ohne Gipfelblüte stehen, sind typische Schmetterlingsblüten (Fig. 438) von der Formel

$K\ 5\ C\ 5\ A\ (10)$ oder $(9) + 1$, seltener $10\ G\ 1$.

Die Blätter der Krone greifen von hinten nach vorne übereinander (Fig. 439). Die Frucht ist eine in verschiedenartiger Weise ausgebildete Hülse.

Man unterscheidet zwei Sektionen: die *Phyllolobaeae* mit laubblattartigen Kotyledonen und die *Sarclobaeae* mit dickfleischigen Kotyledonen.

Als häufigste einheimische Arten mögen genannt sein: *Ononis spinosa*, die Hauhechel (Fig. 440); *Medicago lupulina*, der Hopfenklee; *Melilotus officinalis*, der Steinklee; *Trifolium repens*, der Weißklee; *T. pratense*, der Rotklee; *T. arvense*; *T. procumbens*; *Anthyllis vulneraria*, der Wundklee; *Lotus corniculatus*, der Hornklee; *Genista germanica*, der Ginster, *Vicia Cracca*, die Vogelwicke; *V. sepium*, die Zaunwicke; *V. angustifolia*, die Saatwicke; *Lathyrus vernus*, die Platterbse.

Gemüsepflanzen sind die Sau- oder Pferdebohne, *Vicia Faba*; die Linse, *Lens esculenta*; die Erbse, *Pisum sativum*, und die Gartenbohne, *Phaseolus vulgaris*. Als Feldfrüchte zu Futterzwecken werden häufig bei uns angebaut die Luzerne, *Medicago sativa*, verschiedene Arten von Klee, *Trifolium*; die Lupine, *Lupinus luteus*, *L. angustifolius* und *L. albus*; die Serradella, *Ornithopus sativus*; die Esparsette, *Onobrychis sativa*; die Pferdebohne, *Vicia Faba*; die Wicke, *Vicia sativa* und die Felderbse, *Pisum sativum*. Da die Papilionaceen durch ihre Wurzelknöllchen imstande sind, den Stickstoff



Fig. 440.

Ononis spinosa. Offizinell.
a Blütenlängsschnitt.
(Nach Berg u. Schmidt.)



Fig. 441.

Trigonella foenum graecum. Offizinell.

der Atmosphäre zu assimilieren (s. S. 167), so werden sie als Stickstoffsammler in landwirtschaftlichen Betrieben mit anderen Feldfrüchten in regelmäßiger Fruchtfolge abwechselnd gebaut und zum Teil auch zur Gründung verwendet.

Arachis hypogaea, die Erdnuß oder Erdmandel, reift ihre Früchte unter der Erde. Sie wird wegen der ölreichen Samen in warmen Ländern angebaut. Der bei der Gewinnung von Erdnußöl als Preßrückstand bleibende Erdnußkuchen wird als Futtermittel verwendet.

Als Zierpflanzen werden verwendet: *Cytisus Laburnum*, der Goldregen, *Robinia Pseudacacia*, *Colutea arborescens*, *Caragana arborescens*, *Glycine chinensis*.

Offizinell sind Hauhechelwurzel — *Radix Ononidis* — von *Ononis spinosa* (Fig. 440); Bockshornsamensamen — *Semen Foenugraeci* — von *Trigonella Foeniculum graecum* (Fig. 441); Steinklee — *Herba Meliloti* — von *Melilotus officinalis* (Fig. 442) und *M. altissimus*; Süßholz — *Radix Liquiritiae* — von *Glycyrrhiza glabra* (Fig. 443); Traganth — *Tragacantha* —, erhärteter Schleim der Stämme verschiedener strauchiger *Astragalus*-Arten Kleinasiens (Fig. 444); Chrysarobin — *Chrysarobinum* —, ein kristallinisches Pulver, welches durch Reinigung der in den Höhlungen der Stämme von *Andira Araroba* ausgeschiedenen Masse erhalten wird; Tolubalsam — *Balsamum toluatanum* —, das erhärtete Harz von *Myroxylon balsamum* var. *genuinum* (Fig. 445), Perubalsam — *Balsamum peruvianum* —, der Harzsaft der Rinde von *Myroxylon balsamum* var. *Pereirae*. Aus den Samen von *Arachis hypogaea* wird das offizielle Erdnußöl — *Oleum Arachidis* —, aus den Samen von *Physostigma venenosum* wird das offizielle Physostigmin — *Physostigminum* — gewonnen.

Die *Caesalpiniaceen* stehen den *Papilionaceen* in jeder Beziehung sehr nahe. Die Blätter sind meist reich gefiedert, bei manchen doppelt gefiedert. Die Nebenblattbildung tritt dagegen sehr zurück. Abweichend von den *Papilionaceen* sind in den dorsiventralen Blüten die dachig liegenden Kronblätter von vorne nach hinten übereinander gelegt, bisweilen fehlen die Kronblätter gänzlich. Staubblätter sind oft weniger, seltener mehr als zehn, alle frei oder in verschiedener Weise verwachsen. Alle Arten gehören der wärmeren Zone an.

Offizinell sind: Sennesblätter — *Folia Sennae* —, die Fiederblättchen von *Cassia angustifolia* (Fig. 446); Tamarindenmus — *Pulpa Tamarindorum cruda* —, das schwarzbraune Mus der Hülsen von *Tamarindus indica* (Fig. 447), Kopaivabalsam — *Balsamum Copaivae* —, der aus Stämmen verschiedener *Copaifera*-Arten (Fig. 448), vorzüglich der *Copaifera officinalis*, *C. guyanensis* und *C. coriacea* ausfließende Balsam; Ratanhiawurzel — *Radix Ratanhiae* — Wurzeläste von *Krameria triandra* (Fig. 449).

Die Familie der *Mimosaceen* umfaßt die Leguminosen mit aktinomorphen Blüten. Auf den verwachsen-blättrigen Kelch folgt eine wohlentwickelte Krone mit klappiger Knospenlage; das in der Anlage diplostemone Androeum erscheint durch Fehlschlagen der Kronstamina haplostemone oder es wird durch Vermehrung der Glieder vielzählig. Das Gynaeceum ist in der für die Leguminosen typischen Weise ausgebildet. Die zahlreichen hierher gehörenden Gattungen sind auf die warme Zone beschränkt. Die in allen Tropenländern verbreitete Unkrautpflanze *Mimosa pudica*, welche durch die hohe Reizbarkeit ihrer Blätter vor anderen Arten ausgezeichnet ist (s. S. 201), wird bei uns vielfach in Gewächshäusern gezogen. Manche Arten der Gattung *Acacia* sind, wie die in Fig. 61 abgebildete, durch Phyllodienbildung ausgezeichnet.



Fig. 442.
Melilotus officinalis.
Offizinell. (Nach Bokorny.)
a Einzelblüte. b Hülse.

Offizinell sind: *Katechu* — *Catechu* —, ein Extrakt aus dem Holze von *Acacia Catechu* und *A. sumata*, und arabisches Gummi — *Gummi arabicum* — von *Acacia Senegal* und anderen Arten der Gattung (Fig. 450).

h) Die **Hysterophyten** haben als gemeinsames Merkmal ein einfaches oder doppeltes, aber nicht in Kelch und Krone gesondertes Perianth. Der Fruchtknoten ist unterständig. Die systematische Stellung dieser Ordnung sowie auch die verwandtschaftliche Zusammengehörigkeit der in ihr vereinigten Familien ist durchaus unsicher. Mit Ausnahme der *Aristolochiaceen* handelt es sich um Schmarotzergewächse, die zum Teil durch weitgehende Reduktion ihrer vegetativen Organe die Merkmale der Zugehörigkeit zu anderen Gruppen eingebüßt haben.



Fig. 443.

Glycyrrhiza glabra. Offizinell. (Nach Baillon.)



Fig. 444.

Astragalus tragacantha. Offizinell.

Familien: *Santalaceae*, *Loranthaceae*, *Balanophoraceae*, *Aristolochiaceae*, *Rafflesiaceae*.

Die **Santalaceen** haben aktinomorphe, meist zwittrige Blüten. Auf ein kelchartiges vier- oder fünfzähliges Perigon folgt ein gleichzähliger Kreis superponierter Staubblätter. Der einfächerige Fruchtknoten besteht aus drei Fruchtblättern und enthält drei hängende Samenanlagen an freier Zentralplacenta. Die hierher gehörenden Bäume, Sträucher und Kräuter der gemäßigten und besonders der heißen Zone sind grüne Wurzelschmarotzer. Einige Arten von *Thesium* kommen in Deutschland vor. Aus dem Holz von *Santalum album* wird das offizinelle Sandelöl — *Oleum Santali* — destilliert. Das weiße und gelbe Sandelholz wird in der Kunstschreinerei geschätzt. Die Bezeichnung Sandelholz ist auch für einige aus anderen Familien stammende Bäume in Gebrauch.

Die **Loranthaceen** sind grüne, strauchartige Schmarotzer auf Baumästen. Die



Fig. 445.
Myroxylon balsamum.
Offizinell. (Nach Baillon.)



Fig. 446.
Cassia angustifolia.
Offizinell.
(Nach Berg u. Schmidt.)



Fig. 447.
Tamarindus indica.
Offizinell.
(Nach Berg u. Schmidt.)



Fig. 448.

Copaifera Langsdorfii. Offizinell. a Einzelblüte. (Nach Berg u. Schmidt.)



Fig. 449.

Krameria triandra. Offizinell.
(Nach Berg u. Schmidt.)

Blüten sind meist diklin und aus zwei- bis sechszähligen Kreisen aufgebaut. Die Staubblätter sind den Periantblättern superponiert. Die Frucht ist eine Beere *Viscum album*, die Mistel, ein dichter, immergrüner Strauch, schmarrtzt bei uns auf verschiedenen Bäumen (Fig. 31).

Die *Aristolochiaceen* sind Kräuter oder windende Sträucher mit einfachen nebenblattlosen Laubblättern. Das aus drei Blättern verwachsene Perianth der Zwitterblüten ist kronartig gefärbt. Die sechs oder zwölf Staubblätter sind frei oder mit dem Griffel verwachsen. Der unterständige Fruchtknoten ist sechs-fächerig und enthält mehrere Samenanlagen in jedem Fach (Fig. 451). *Aristolochia* hat ein röhriges, am Grunde bauchig erweitertes Perianth (Fig. 452). Die sechs Staubgefäße sind mit der Griffelsäule verwachsen. Einheimisch ist *Aristolochia Clematitidis* (Fig. 453), die Osterluzei, deren eigenartige Blütenbiologie auf S. 78 besprochen worden ist. *Aristolochia Siphon*, der Pfeifenstrauch, ein großblättriger, kletternder Strauch Nordamerikas, wird bei uns vielfach zur Bekleidung von Lauben verwendet.

Ferner gehört hierher das bei uns in Laubwäldern wachsende *Asarum europaeum*, die Haselwurz, mit breit nierenförmigen, lederigen Blättern. Die Blüten haben ein grünliches, innen rotbraunes, glockiges Perigon und freie Staubblätter.

b) Die Sympetalen.

Die Sympetalen umfassen drei Reihen:

1. Pentacyclae (S. 377),
2. Tetracyclae hypogynae (S. 380),
3. Tetracyclae epigynae (S. 392).

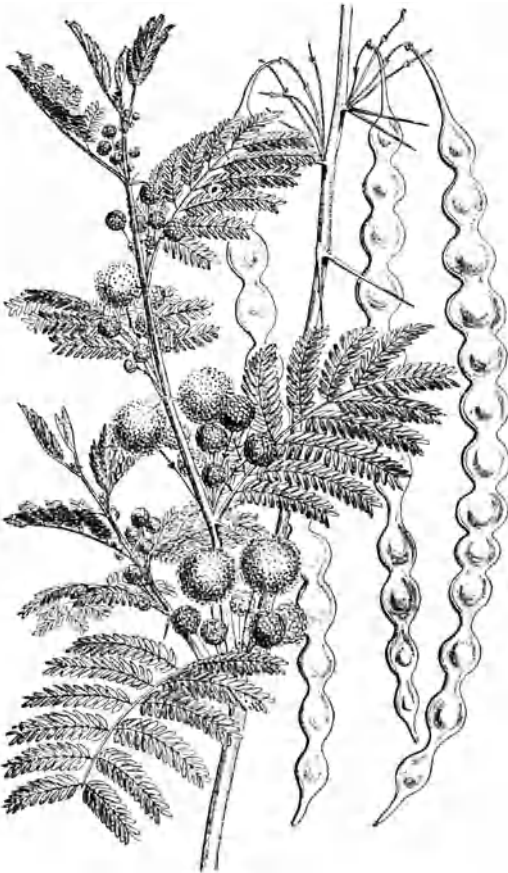
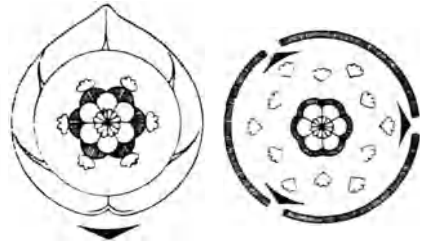


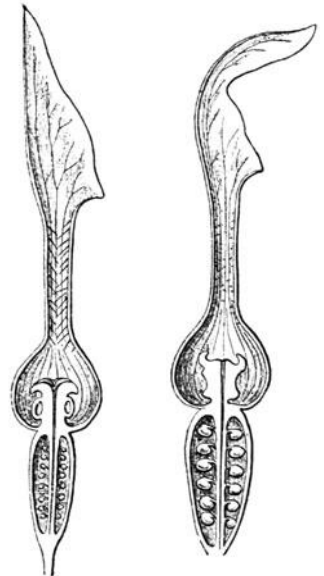
Fig. 450.

Acacia arabica. Offizinell.
(Nach Baillon.)



a Fig. 451. **b**

a *Aristolochia Clematitis*.
b *Asarum europaeum*.



a Fig. 452. **b**

Aristolochia Clematitis.
Blütenlängsschnitt **a** vor, **b** nach
der Pollenreife.

Erste Reihe: Die Pentacyclae.

Die Pentacyclae haben cyclische Blüten mit Kelch und Krone. Das Androeceum besteht der Regel nach aus zwei Kreisen, die in der Zahl der Glieder mit den Kreisen der Blütenhülle übereinstimmen. Auch die



Fig. 453. *Aristolochia Clematitis*.

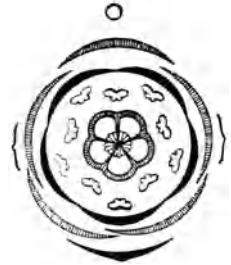


Fig. 454.
Blütendiagramm von
Vaccinium Vitis idaea.



Fig. 457.
Blütendiagramm von
Primula.



Fig. 455.
Vaccinium Myrtillus.
a Staubblatt. b Beere.



Fig. 456.
Arctostaphylos Uva Ursi.
Offizinell.
(Nach Berg u. Schmidt.)
a Blütenlängsschnitt.



Fig. 458.
Anagallis arvensis.
Giftig.

Fruchtblätter sind in gleicher Zahl vorhanden und bilden einen meist oberständigen Fruchtknoten.

Man unterscheidet drei Ordnungen:

I. Androeceum obdiplostemon.

Ordnung a) **Ericinae.**

II. Androeceum diplostemon.

A. Fruchtknoten einfächerig mit Zentralplacenta:

Ordnung b) **Primulinae.**

B. Fruchtknoten meist mehrfächerig, nicht mit Zentralplacenta.

Ordnung c) **Diospyrinae.**

a) Die **Ericinen** haben ein obdiplostemones Androeceum. Der Fruchtknoten ist bisweilen halb unterständig oder unterständig.

Familien: Ericaceae, Epacridaceae.

Die **Ericaceen** sind Kräuter oder Holzgewächse mit einfachen Blättern. In den meist radiären Blüten sind gewöhnlich beide Staminalkreise entwickelt (Fig. 454), die Antheren sind meist zweihörnig (Fig. 455 a) und springen mit zwei Poren auf, die Pollenkörner bleiben zu je vier (Pollentetraden) vereinigt.

Die hierher gehörigen Gattungen sind, wenn auch meist nur durch seltene Arten, in Deutschland vertreten. Häufiger sind *Vaccinium Myrtillus* (Fig. 455) und *V. Vitisidaea*, deren Beerenfrüchte als Heidelbeeren und Preiselbeeren auf den Markt gebracht werden; ferner *Calluna vulgaris*, die Heide; *Pirola rotundifolia*, das Birnkraut; die Alpenrosen, *Rhododendron ferugineum* und *R. hirsutum* schmücken die Hänge des Hochgebirges; *Monotropa Hypopitys*, der Fichtenspargel, ist ein chlorophyllfreier Humusbewohner unserer Fichtenwälder. Einige ausländische Arten von *Azalea* und *Rhododendron* werden bei uns als Zierpflanzen gezogen. Offizinell sind nur die Bärentraubenblätter — *Folia Uvae Ursi* — von *Arctostaphylos Uvae Ursi* (Fig. 456). Die Beerenfrüchte dieser Art sind bisweilen den käuflichen Preiselbeeren beigemischt, von denen sie sich durch ihre Größe und den unterständigen Kelch unterscheiden. Sie sind unschädlich, eignen sich aber wegen der fünf harten Steinkerne nicht zum Genuß.

b) Die **Primulinen**. Die Blüten sind in der Anlage diplostemon, häufig ist aber der äußere Staubblattkreis unterdrückt (Fig. 457). Die Kronstamina sind den Kronblättern angewachsen. Der Fruchtknoten ist einfächerig und enthält eine Zentralplacenta mit meist vielen Samenanlagen; in einzelnen Fällen sinkt ihre Zahl auf eins herab.

Familien: Primulaceae, Myrsinaceae, Plumbaginaceae.

Die Familie der **Primulaceen** ist charakterisiert durch die Kapsel Frucht mit viel-samiger Zentralplacenta; sie umfaßt einjährige und ausdauernde Kräuter, von denen zahlreiche Arten, besonders aus den Gattungen *Anagallis*, *Lysimachia*, *Primula*, *Androsace* bei uns einheimisch sind. Häufiger kommen vor *Anagallis arvensis*, das faule Lieschen (Fig. 458); *Lysimachia Nummularia*, das Pfennigkraut, und *L. vulgaris*; *Primula elatior*, die Schlüsselblume und *P. officinalis* (Fig. 459). Zur Alpenflora stellt die Familie und besonders die Gattung *Primula* zahlreiche Vertreter. Ausländische Arten von *Primula* und *Cyclamen* werden als Zierpflanzen gezogen. Die in neuerer Zeit eingeführte, dankbar blühende *Primula obconica* ruft durch ein von ihr abgesondertes Sekret bei empfindlichen Personen eine entzündliche Hautkrankheit hervor.

Die **Myrsinaceen** sind tropische Bäume und Sträucher mit Beerenfrucht. Die **Plumbaginaceen** haben als Früchte einsamige Achänen, welche vom bleibenden Kelch umgeben sind. *Armeria vulgaris*, die Grasnelke, ist ein häufiger vorkommender einheimischer Vertreter.

c) Die **Diospyrinen**. Die Blüten sind diplostemon. Die Kelchstamina sind bisweilen unfruchtbar. Der Fruchtknoten ist in der Regel mehrfächerig.

Familien: Sapotaceae, Ebenaceae, Styraceae.

Alle drei Familien gehören den wärmeren Erdstrichen an. Die **Sapotaceen** haben oberständige Fruchtknoten mit je einer Samenanlage in jedem Fach. Offizinell ist die Guttapercha — Gutta Percha —, der eingetrocknete Milchsaft verschiedener Arten der Gattungen *Palaquium* (Fig. 460) und *Payena*.



Fig. 459. *Primula officinalis*.



Fig. 460.

Palaquium Gutta. Offizinell. ($\frac{1}{2}$).
a Einzelblüte. (Nach Berg u. Schmidt.)

Die **Ebenaceen** haben oberständige Fruchtknoten mit zwei Samenanlagen in jedem Fach. Das schwarze Kernholz von *Diospyros Ebenum* wird als Ebenholz in der Kunstschlerei verwendet.

Die **Styraceen** haben meist röhrig verwachsene Staubblätter, die Krone ist tief geteilt, oft fast freiblätterig. Offizinell ist Benzoe — das aus Siam kommende Harz einer *Styrax*art (Fig. 461).

Zweite Reihe: Die hypogynen Tetracycliae.

Die regelmäßigen cyklischen Blüten haben Kelch und Krone, das Androeceum ist haplostemon. Die Zahl der Fruchtblätter ist geringer als die Gliederzahl der übrigen Kreise, meist gleich zwei oder drei. Der Fruchtknoten ist stets oberständig.



Fig. 461.
Styrax Benzoin. (Nach Berg u. Schmidt.)
a Längsschnitt durch eine Blüte.

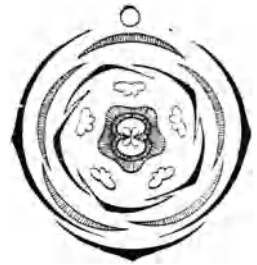


Fig. 462.
Blütendiagramm von
Convolvulus Sepium.



Fig. 463.
Exogonium Purga
Offizinell.
(Nach Berg u.
Schmidt.)



Fig. 464. **Cuscuta Trifolii.** Die Kleeseide.

Wir unterscheiden vier Ordnungen:

a) Tubiflorae, b) Personatae, c) Nuculiferae, d) Contortae.

a) Die **Tubifloren** haben eine radiäre Blütenhülle aus Kelch und Krone. Die Kronblätter sind in der Regel hoch hinauf verwachsen, so daß die Krone unten eine Röhre bildet. Meist folgen auf das fünfzählige Androeceum zwei synkarpe Fruchtblätter mit je zwei Samenanlagen und einfachem Griffel.

Familien: Convolvulaceae, Polemoniaceae.

Die **Convolvulaceen** sind meist linkswindende Kräuter mit wechselständigen, langgestielten, nebenblattlosen Blättern, welche einfach und an der Basis herzförmig ausgeschnitten sind. Manche Arten besitzen Milchsaftschläuche. Die ansehnlichen, rasch welkenden Blüten haben eine gewöhnlich rechtsgedrehte Krone, welche in der Knospe derart gefaltet ist, daß von jedem Kronblattanteil ein schmaler, in Farbe und Oberflächenbeschaffenheit abweichender Streifen sichtbar bleibt. Der Fruchtknoten ist meist zweifächerig mit ein- oder zweisamigen Fächern (Fig. 462). Verbreitete einheimische Vertreter der Familie sind: *Convolvulus arvensis*, die Ackerwinde, und *C. Sepium*, die Zaunwinde. Offizinell sind die Jalapenwurzel — *Tubera Jalapae* — von *Exogonium Purga* (Fig. 463).

Als gefährliche Schmarotzerpflanzen verdienen einige Arten der Gattung *Cuscuta* besondere Erwähnung. Sie sind chlorophyllfrei und umwinden mit ihren fadenförmigen, blattlosen Stengeln die Wirtspflanze, indem sie an den Berührungsstellen napfförmige Haustorien bilden. Ursprünglich im Boden wurzelnd, verlieren sie durch Vertrocknen der basalen Teile bald das Wurzelsystem vollständig, so daß sie in ihrer Ernährung gänzlich auf ihren Wirt angewiesen sind. Als gefürchtete Schädlinge des landwirtschaftlichen Pflanzenbaues sind zu nennen *Cuscuta Trifolii*, die Kleeseide (Fig. 464), welche auf Kleefeldern oft quadratmetergroße, schließlich zusammenschließende Flächen überspinnt, und *Cuscuta Epilinum*, die Flachsseide, welche auf Flachsfeldern, indem sie die Pflanzen im Wuchs schädigt und durcheinander wirrt, oft große Fehlstellen hervorruft.

b) Die Blüten der **Personaten** sind nach dem Grundplan der Formel $K\ 5\ C\ 5\ A\ 5\ G\ (2)$

gebaut. Dieser Bau tritt aber nur bei den Familien mit radiären Blüten rein hervor. Meist ist die Krone dorsiventral zweilippig und das Androeceum durch Fehlschlagen auf vier oder zwei Glieder reduziert. In vereinzelt Fällen kommt auch in Kelch und Krone eine Reduktion auf vier Glieder vor. Der zweiteilige Fruchtknoten enthält meistens viele Samenanlagen.

Familien: Solanaceae, Scrophulariaceae, Utriculariaceae, Orobanchaceae, Gesneriaceae, Bignoniaceae, Acanthaceae, Globulariaceae, Plantaginaceae.

Die **Solanaceen** sind Kräuter oder Sträucher mit wechselständigen Laubblättern. Sie besitzen bikollaterale Gefäßbündel und enthalten meistens narkotisch wirkende Alkaloide. Die Zwitterblüten (Fig. 465), welche in der Regel radiär gebaut sind, bisweilen aber durch ungleiche Länge der Staubfäden oder auch durch die Ausgestaltung der Krone eine Hinneigung zur Dorsiventralität aufweisen, entsprechen der Formel

$K\ 5\ C\ (5)\ A\ 5\ G\ (2)$.

Der Fruchtknoten, dessen beide Fruchtblätter diagonal gestellt sind, ist zweifächerig mit vielen Samen an der stark entwickelten zentralen Placenta. Die Frucht wird zur Kapsel oder Beere. Der Same schließt einen vom Endosperm umhüllten gekrümmten oder geraden Keimling ein. Eigentümliche morphologische Verhältnisse treten bei manchen Solanaceen dadurch hervor, daß die seitlichen Organe, Blätter und Seitensprosse, durch Verwachsung untereinander oder mit dem Hauptsproß eine Verschiebung aus ihrer normalen Stellung erfahren. Bei *Atropa* und *Datura* z. B. rückt das Deckblatt um die Länge eines Internodiums auf den von ihm gestützten Seitensproß hinauf, bei *Solanum nigrum*, *Dulcamara* u. a. m. wird der Blütensproß durch Verwachsung mit dem

Hauptspieß aus der Achsel seines Tragblattes emporgehoben, so daß er oberhalb desselben ohne Tragblatt aus dem Hauptspieß zu entspringen scheint.

Solanum nigrum, der Nachtschatten, und *S. dulcamara*, das Bittersüß, kommen häufiger bei uns wildwachsend vor. *Solanum tuberosum* (Fig. 466), die Kartoffel, stammt aus Amerika und wird bei uns als wichtige Nahrungspflanze überall angebaut. Wichtig als Genußmittel ist ferner der Tabak, die Blätter verschiedener *Nicotiana*-Arten, besonders *Nicotiana Tabacum* (Fig. 467), *N. macrophylla* und *N. rustica*, welche in den verschiedensten Ländern der heißen und der gemäßigten Zone kultiviert werden.

Offizinell sind der auch als Gewürz verwendete spanische Pfeffer — *Fructus Capsici* — von *Capsicum annuum* (Fig. 468); ferner Tollkirschenblätter — *Folia Belladonnae* — von *Atropa Belladonna* (Fig. 469); Stechapfelblätter — *Folia Stramonii* — von *Datura Stramonium* (Fig. 470); Bilsenkrautblätter — *Folia Hyoscyami* — von *Hyoscyamus niger* (Fig. 471).



Fig. 465.

Blütendiagramm von *Datura Stramonium*.

Die **Scrophulariaceen** sind meist Kräuter oder krautartige Stauden mit zerstreuter oder dekussierter Blattstellung. Die Blüten gehen durch alle Abstufungen von scheinbar radiären, versteckt zygomorphen Formen zu typisch dorsiventraler Ausbildung über. Der typischen Formel

$K\ 5\ C\ (5)\ A\ 5\ G\ (2)$

entspricht die Gattung *Verbascum*, bei welcher nur die ungleiche Länge und Ausbildung der Staubblätter die Dorsiventralität anzeigt. Bei den meisten Gattungen sind dorsiventrale Kronen und nur vier Staubblätter vorhanden. (Fig. 472) und bei einigen (*Gratiola* und *Veronica*) sinkt die Zahl der Staubblätter auf zwei herab, wobei dann bisweilen durch Unterdrückung eines Kelchblattes und Verschmelzung zweier Kronblätter die Kreise der Blütenhülle vierzählig erscheinen. Das Gynaeceum wird stets von zwei medianen Fruchtblättern gebildet und stellt einen zweifächerigen Fruchtknoten dar, der zur vielsamigen Kapsel wird. Manche Arten sind Wurzelschmarotzer und richten als Unkräuter auf Aeckern und Weiden Schaden an.



Fig. 466. *Solanum tuberosum*. (Nach Bokorny.)
a Blütenlängsschnitt.

Häufiger sind *Verbascum nigrum*, die Königskerze; *Scrophularia nodosa*, die Braunwurz; *Linaria vulgaris*, das Leinkraut; *Veronica Chamædrys*, der Ehrenpreis; *V. Beccabunga* (Fig. 473); *V. officinalis*; *V. serpyllifolia*; *V. arvensis*; *V. hederæfolia*; *Melampyrum nemorosum*, der Wachtelweizen; *M. pratense*; *Pedicularis palustris*, das Läusekraut; *P. silvatica*; *Alectorolophus major*, der Klappertopf; *A. minor*; *Euphrasia officinalis*, der Augentrost. Die Gattung *Pedicularis* entwickelt besonders in der Hochgebirgsflora einen überraschenden Formenreichtum. — Offizinell sind Wollblumen — Flores



Fig. 468.
Capsicum annuum. Offizinell.



Fig. 467.
Nicotiana glauca.
(Nach Berg u.
Schmidt.)



Fig. 469.
Atropa belladonna. Offizinell und giftig.

Verbasci — von *Verbascum phloimoides* und *V. thapsiforme* (Fig. 474) und ferner Fingerhutblätter — *Folia Digitalis* — von *Digitalis purpurea* (Fig. 475).

Die kleine Familie der **Utriculariaceen** oder **Lentibulariaceen** ist durch einfächerige Kapseln mit vielsamiger Zentralplacenta ausgezeichnet. In der heimischen Flora ist sie durch die Gattungen *Pinguicula*, das Fettkraut (Fig. 476), und *Utricularia*, den Wasserhelm, ver-



Fig. 470.

Datura Stramonium. Offizinell und giftig. Offizinell und giftig. (Nach Berg u. Schmidt.)



Fig. 471.

Hyoscyamus niger.

treten. Die Arten beider Gattungen sind Insektivoren. Häufiger ist *Utricularia vulgaris*, ein untergetaucht schwimmendes Kraut (vgl. Fig. 179).

Die **Orobanchaceen** sind chlorophyllose Schmarotzerpflanzen von gelber, brauner, rötlicher oder violetter Färbung, welche mit ihren Wurzelhaustorien die Wurzeln benachbarter Pflanzen befallen. Ihre Blüten sind zweilippig und haben zwei Staubblattpaare von ungleicher Länge. Der Fruchtknoten ist einfächerig und enthält zahlreiche Samenanlagen an wandständigen Placenten. Einzige Gattung ist *Orobancha*, die Sommerwurz. Keine der zahlreichen Arten ist besonders häufig; *Orobancha ramosa* kommt hier und da als Schädling auf Hanf- und Tabaksfeldern vor, *Orobancha Epithymum* schmarotzt auf *Thymus Serpyllum*, *Orobancha minor* auf Klee.

Die exotische Familie der **Bignoniaceae** zeichnet sich durch ansehnliche dorsiventrale Blüten mit vier oder zwei fertilen Staubblättern aus. Als Zierbaum in den Anlagen wärmerer Gegenden wird vielfach die großblättrige *Catalpa* angepflanzt. Die südamerikanische *Jacaranda obtusifolia* liefert das geschätzte Palisanderholz. Offizinell ist das Sesamöl — *Oleum Sesami*, das aus dem Samen des in Ostindien angebauten *Sesamum indicum* gewonnen wird.

Giesenhagen, Botanik. 9. Aufl.



Fig. 472.

Blütendiagramm
v. *Linaria vulgaris*.

Die kleine Familie der **Globulariaceen** umfaßt ausdauernde Kräuter mit einfachen, abwechselnd gestellten Blättern und kleinen, in kugeligen Köpfchen gedrängt stehenden Blüten. Die Blüten sind zweilippig und haben zwei oder vier Staubblätter. Der einfächerige Fruchtknoten enthält nur eine oder zwei hängende Samenanlagen. Die einzige Gattung *Globularia* ist bei uns in alpinen Gegenden durch einige Arten vertreten; *Globularia vulgaris*, die Kugelblume, ist in Mittel- und Süddeutschland weit verbreitet.

Die **Plantaginaceen** sind Kräuter mit einfachen Blättern und kleinen Blüten in dichten Aehren. Ihre Blüten sind durch Unterdrückung eines Gliedes in Kelch und Androeceum und Verschmelzung zweier Kronblätter scheinbar vierzählig. Die Frucht ist meist eine zwei- bis vierfächerige, vielsamige Deckelkapsel. Einige Arten der Gattung Wegerich, *Plantago*, z. B. *Plantago lanceolata*, *P. major*, *P. media* sind überall in Deutschland gemein.



Fig. 473.
Veronica Beccabunga.



Fig. 474.
Verbascum thapsiforme. Offizinell.
(Nach Berg u. Schmidt.)

c) Die **Nuculiferen** haben teils radiäre, teils dorsiventrale Blüten. Als übereinstimmendes Merkmal ist der Fruchtknoten zu bezeichnen, welcher aus zwei Karpellen besteht und in jedem der beiden Fächer zwei Samenanlagen enthält. Durch Einschnürung zerfällt der Fruchtknoten in vier einsamige Klausen, zwischen denen ein einfacher Griffel steht. Bei der Reife gehen aus dem Fruchtknoten vier nußartige Teilfrüchte hervor, welche je einem halben Karpell entsprechen.

Familien: *Asperifoliaceae*, *Verbenaceae*, *Labiatae*.

Die **Asperifoliaceen** oder **Boraginaceen** sind Kräuter mit stielrundem Stengel und zerstreuter Blattstellung. Die Blätter sind ungeteilt ganzrandig, sitzend und wie der Sproß mit steifen Borsten besetzt. Die Blütenstände sind dorsiventral und spiralg einge-

rollt. Die Blüten (Fig. 477) sind meist radiär. Der Schlund der Kronröhre ist bisweilen durch Ausstülpungen der Kronblätter, sogen. Schlundklappen, verschlossen. Jede Klause des Fruchtknotens enthält eine hängende anatropische Samenanlage. Wichtigste einheimische Gattungen sind: *Cynoglossum*, *Anchusa*, *Lycopsis*, *Symphytum*, *Pulmo-*



Fig. 475. *Digitalis purpurea*. Offizinell.



Fig. 476. *Pinguicula vulgaris*.



Fig. 477. Blütendiagramm von *Anchusa officinalis*.



Fig. 478. Blütendiagramm der meisten Labiateen.

naria, *Myosotis*, *Lithospermum*, *Cerinthe* und *Echium*. Häufiger vorkommende Arten sind: *Lycopsis arvensis*, der Ackerkrummhals; *Symphytum officinale*, die Schwarzwurzel; *Pulmonaria officinalis*,
25*

das Lungenkraut; *Myosotis palustris*, das Vergißmeinnicht; *M. stricta* und *M. intermedia*; *Lithospermum arvense*, der Steinsame; *Echium vulgare*, der Natterkopf. *Borago officinalis*, der Boretsch, wird als Gewürzpflanze im Küchengarten gezogen. Die im Mittelmeergebiet und in Ungarn einheimische *Alkanna tinctoria* liefert in ihrer Wurzel einen roten Farbstoff und wurde deswegen früher in größerem Maßstabe angebaut.

Die **Labiaten** sind Kräuter und Sträucher mit vierkantigem Stengel und gegenständigen Blättern. Die Blüten stehen in Scheinquirlen, welche von zwei Doppelwickeln gebildet werden. Die Blüten (Fig. 478) sind dorsiventral, mehr oder minder deutlich zweilippig. Das Androeceum wird von vier, seltener von zwei Staubblättern gebildet. In jeder Klause des Fruchtknotens befindet sich eine aufrechte, anatrophe Samenanlage. Die Familie enthält zahlreiche aromatische Gewächse, welche in kopfigen Drüsenhaaren ätherisches Oel absondern.

Die Familie umfaßt gegen 3000 über die ganze Erde verbreitete Arten.

Bei uns häufiger vorkommende Arten: *Mentha aquatica*, die Minze; *M. arvensis*; *Origanum vulgare*, der rote Dost; *Thymus Serpyllum*, der Quendel; *Glechoma hederacea*, die Gundelrebe; *Lamium album*, die Taubnessel; *L. purpureum*; *L. amplexicaule*; *Galeopsis versicolor*, der Hohlzahn; *Stachys palustris*, der Ziest; *St. silvatica*; *St. arvensis*; *Ballota nigra*, die schwarze Gottvergeß; *Brunella vulgaris*, die Brunelle; *Ajuga reptans*, der Günsel. Die japanische *Stachys tuberosa* wird hin und wieder als Wurzelgemüse in Gärten angebaut. — Offizinell sind Lavendelblüten — Flores Lavandulae — von *Lavandula spica* (Fig. 479); Melissenblätter — Folia Melissae — von *Melissa officinalis* (Fig. 480); Pfefferminzblätter — Folia Menthae piperitae — von *Mentha piperita* (Fig. 481), einem Bastard zwischen *M. viridis* und *M. aquatica*; Salbeiblätter — Folia Salviae — von *Salvia officinalis* (Fig. 483); Quendel — Herba Serpylli — von *Thymus Serpyllum* (Fig. 482); Thymian — Herba Thymi — von *Thymus vulgaris* (Fig. 484); Rosmarinöl — Oleum Rosmarini — aus den Blättern von *Rosmarinus officinalis* (Fig. 485).

d) Die **Contorten**. Die Blüten sind streng aktinomorph, die Krone ist in der Knospe meist eingedreht. Die Zahl der Glieder in den Blütenkreisen ist meist vier oder fünf, bisweilen sind nur zwei Staubblätter vorhanden. Das Gynaeceum besteht immer aus zwei Fruchtblättern.

Familien: Gentianaceae, Apocynaceae, Asclepiadaceae, Loganiaceae, Oleaceae, Jasminaceae.

Die **Gentianaceen** sind einjährige oder ausdauernde Kräuter mit meist einfachen und gegenständigen, stets ganzrandigen Blättern ohne Nebenblätter und cymösen Infloreszenzen. Die Blüten haben gleichviel Glieder in Kelch, Krone und Androeceum, die beiden Fruchtblätter sind völlig verwachsen (Fig. 486). Die Blumenkrone ist in der Knospe rechts gedreht, seltener eingefaltet klappig. Der Fruchtknoten ist einfächerig mit zwei viel-samigen, wandständigen Placenten.

Verschiedene Arten von Enzian, wie *Gentiana cruciata*, *G. germanica*, *G. ciliata*, kommen in vielen Gegenden Deutschlands zerstreut vor, *G. verna* und *G. acaulis* treten als Frühlingsblumen im Alpenvorlande massenhaft auf und nehmen mit zahlreichen anderen Arten der Gattung an der Zusammensetzung der Alpenflora teil. *Erythraea Centaurium*, das Tausendgüldenkraut, und *Menyanthes trifoliata*, der Fieberklee, sind überall in Deutschland vertreten.

Offizinell sind Enzianwurzeln — Radix Gentianae — von *Gentiana lutea* (Fig. 487), *G. pannonica*, *G. purpurea* und *G. punctata*; Tausendgüldenkraut — Herba Centaurii — von *Erythraea Centaurium* (Fig. 488); Bitterklee — Folia Trifolii fibrini — von *Menyanthes trifoliata* (Fig. 489). Aus der offizinellen Enzianwurzel wird der in den Gebirgsländern beliebte Enzianschnaps gebrannt.

Die **Apocynaceen** sind Kräuter oder Sträucher mit Milchsaft. Die Blüten sind radiär und fünfzählig. Die Staubblätter enthalten in den Antherenfächern freie Pollenkörner. Das aus zwei Karpellen bestehende Gynaeceum bildet meist zwei getrennte Fruchtknoten-fächer, welche oben einen gemeinsamen Griffel mit knopfförmiger Narbe tragen. Einheimisch ist nur die Gattung *Vincetoxicum*. Das Sinngrün, *Vincetoxicum minor*, ein niederliegen-



Fig. 479. *Lavandula spica*. Offizinell.
(Nach Berg u. Schmidt.)



Fig. 480.
Melissa officinalis.
Offizinell.
(Nach Berg u. Schmidt.)



Fig. 481.
Mentha piperita.
Offizinell.
(Nach Wossidlo.)
a Einzelblüte, *b* Blütenlängsschnitt.



Fig. 482.
Thymus Serpyllum. Offizinell.
a Einzelblüte vergrößert. (Nach
Wossidlo.)

des Sträuchlein mit winterharten Blättern und großen blauen Blüten, wird als Zierpflanze in Gärten und als immergrüne Bekleidung von Gräbern häufig angepflanzt. Als Gift-



Fig. 483.

Salvia officinalis. Offizinell.
a Krone im Längsschnitt.
b Längsschnitt durch Kelch und Fruchtknoten (nach Wossidlo).



Fig. 484.

Thymus vulgaris.
 Offizinell.
 (Nach Berg u. Schmidt.)



Fig. 485.

Rosmarinus officinalis.
 Offizinell.
 (Nach Berg u. Schmidt.)

gewächs ist der im Mittelmeergebiet heimische, bei uns seiner schönen Blüten wegen vielfach als Zimmerpflanze kultivierte Oleander, *Nerium Oleander*, zu erwähnen. —



Fig. 486.

Blütendiagramm von *Menyanthes trifoliata*.

Offizinell ist Strophantussamen — *Semen Strophanti* —, angeblich von den im tropischen Afrika heimischen *Strophantus Kombe*. Früher wurde auch *St. hispidus* (Fig. 490) als Stamm-pflanze angegeben. Die Pharmakopöe gibt als wahrscheinliche Stamm-pflanze der Droge nur die letztere Art an. Die aus Argentinien bei uns als Gerbmaterial eingeführte Quebrachorinde stammt von *Aspidosperma quebracho blanco*. Einige zur Gattung *Landolphia* gehörige Lianen des tropischen Afrika werden zur Gewinnung von Kautschuk verwertet; auch *Kickxia africana*, ein Baum Westafrikas, liefert Kautschuk.

Die *Asclepiadaceen* schließen sich in Habitus und Blütenbau den *Apocynaceen* nahe an. Die Fruchtknoten-fächer sind auch hier in ihrem unteren Teil frei und oben zu einem gemeinsamen schildförmigen Kopf verwachsen, welcher die Narbenflächen trägt. Die Pollenmassen der einzelnen Pollenfächer bleiben wie bei den *Orchiideen* zu Pollinien vereinigt, welche bei der Pollenreife zunächst mit Klebmassen paarweise an dem Narbenkopf befestigt und von dort durch Insekten auf andere Blüten übertragen

werden. *Vincetoxicum officinale*, die Schwalbenwurz (Fig. 491), ist bei uns in Wäldern und Gebüschern nicht selten. Die südamerikanische *Marsdenia Condurango* (Fig. 492) ist nach Angabe der Pharmakopöe wahrscheinlich die Stammpflanze der officinellen Kondurangorinde — *Cortex condurango*. Biologisch interessant sind einige Arten der im indomalaischen Gebiete heimischen Gattung *Dischidia*, welche neben flachen Laubblättern sackförmige Kannenblätter tragen, in welchen die hineinwachsenden Adventivwurzeln des Sprosses gegen Austrocknung geschützt sind.



Fig. 487.

Blütenstand von *Gentiana latea*. Offizinell.
(Nach Berg u. Schmidt.)



Fig. 488.

Erythraea Centaurium.
(Nach Berg u. Schmidt.)

Die **Loganiaceen** sind Holzpflanzen der wärmeren Zone mit einfachen quirlig gestellten, meist dekussierten Blättern. Die Fruchtblätter bilden einen zweifächerigen Fruchtknoten mit einfachem Griffel. Offizinell ist die Brechnuß — Samen *Strychni* — von *Strychnos Nuxvomica* (Fig. 493).

Die **Oleaceen** sind Bäume oder Sträucher mit gegenständigen einfachen oder gefiederten Blättern ohne Nebenblätter. Die Blüten sind aus zwei- bis sechszähligen Kreisen aufgebaut (Fig. 494), die Blumenkrone ist in einigen Fällen freiblättrig oder fehlt gänzlich. Neben zwittrigen kommen auch eingeschlechtige Blüten vor (Fig. 495). Das An-

droecium wird stets nur von zwei Staubblättern gebildet. Der zweifächerige Fruchtknoten enthält zwei Samenanlagen in jedem Fach. Einheimische Vertreter der Familie sind *Ligustrum vulgare*, der Liguster, und *Fraxinus excelsior*, die Esche. Das zähe, weiße Holz der auch im Forstbetriebe vielfach angebauten Esche wird als Werkholz sehr geschätzt. *Syringa vulgaris*, der spanische Flieder, und verwandte Arten sind unsere häufigsten Ziersträucher. Der Oelbaum, *Olea europaea* (Fig. 496), ist ein starrer, unansehnlicher Baum der Mittelmeerländer, dessen äußerlich zwetschenähnliche Beerenfrüchte das als Speiseöl überall verwendete Olivenöl liefern. Offizinell ist Manna, der eingetrocknete Saft aus der Rinde von *Fraxinus Ornus* (Fig. 497), und Olivenöl — *Oleum Olivarum* — von *Olea europaea*.

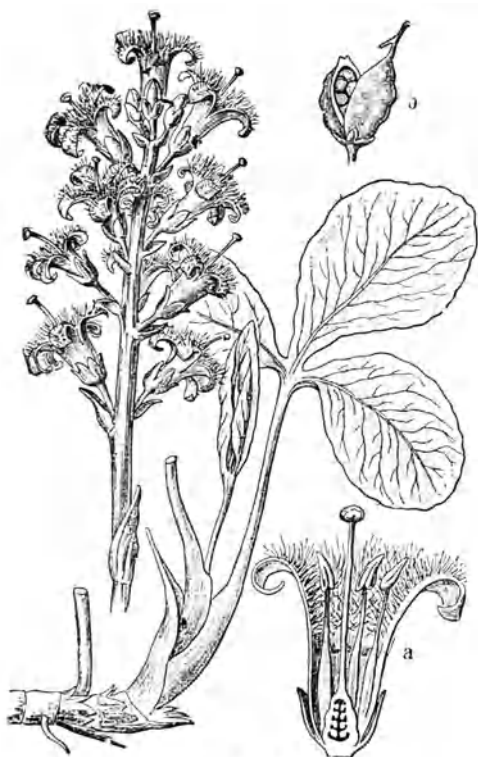


Fig. 489.

Menyanthes trifoliata. Offizinell.
a Blütenlängsschnitt. b Frucht.
(Nach Wossidlo.)



Fig. 490.

Strophantus hispidus. (Nach Koehler.)
a Frucht.

Dritte Reihe: Die epigynen Tetracycliae.

Für diese Reihe ist die Ausbildung eines unterständigen Fruchtknotens das charakteristische Merkmal. Wir unterscheiden drei Ordnungen:

a) Campanulinae, b) Rubiinae, c) Aggregatae.

a) Die **Campanulinen**. In den Kreisen der Blüte herrscht die Fünfzahl vor. Die Staubblätter sind nicht auf der Blumenkrone eingefügt. Das Gynaeceum besteht oft aus drei Fruchtblättern, von denen das eine



Fig. 491. Vincetoxicum officinale.



Fig. 492. Marsdenia Cundurango. Offizinell.
a Einzelblüte.

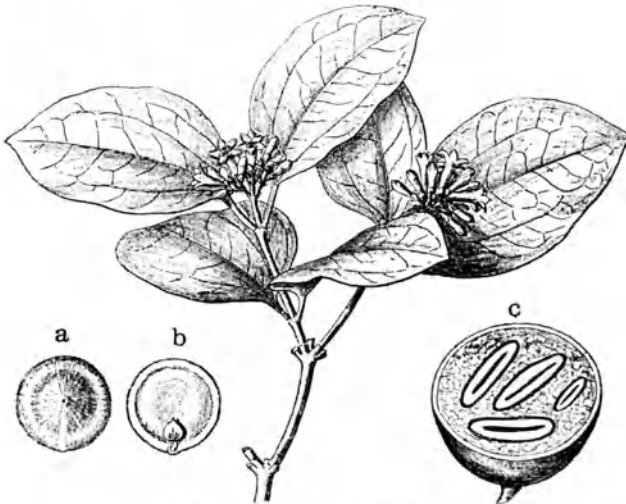


Fig. 493. Strychnos Nux vomica. Offizinell und giftig.
a Same. b Same halbiert, um den kleinen Embryo zu zeigen.
c Frucht halbiert. (Nach Berg u. Schmidt.)

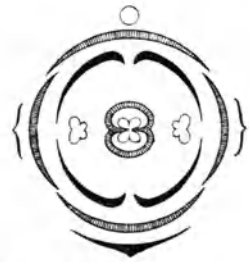


Fig. 494. Blütendiagramm von Olea europaea.



Fig. 495. Nackte Blüten von Fraxinus excelsior.
A Zwitterblüte. B männliche Blüte.

median nach hinten gestellt ist, daneben kommen zwei mediane Fruchtblätter vor; viel seltener sind ein oder mehr als drei Fruchtblätter.

Familien: Campanulaceae, Lobeliaceae, Stylidiaceae, Gardeniaceae, Cucurbitaceae.

Die **Campanulaceen** sind meist Kräuter mit Milchsaft in gegliederten Schläuchen, mit spiralig gestellten Blättern und ansehnlichen radiären Blüten. Die Perianthkreise



Fig. 496.

Olea europaea. Offizinell.

a Blütenlängsschnitt.

b Beere im Längsschnitt.

Fig. 497. *Fraxinus ornus*. Offizinell.

a Einzelblüte. (Nach Berg u. Schmidt.)

und das Androeceum sind meist fünfzählig (Fig. 498). Die Krone ist glockig oder röhrig verwachsen, die Staubblätter sind frei oder höchstens oben lose verklebt. Die Frucht ist gewöhnlich eine zwei- oder mehrfächerige, mit Klappen oder Löchern aufspringende Kapsel. Die Gattungen *Campanula*, die Glockenblume, *Specularia*, der Frauenspiegel, *Phyteuma*, die Rapunzel, und *Jasione*, die Monke, sind bei uns vertreten; *Campanula rotundifolia* und *C. patula* sind überall häufig.

Die fast durchweg exotischen **Lobeliaceen** schließen sich im Blütenbau der vorigen Familie an, aber die Blumenkrone ist dorsiventral, meist zweilippig. Die fünf Staubblätter sind mit ihren Antheren zu einer Röhre verwachsen. Die Blüte dreht sich beim Aufblühen. Die Frucht ist meist eine zweifächerige Kapsel, seltener eine Beere. In Deutschland ist die Familie nur durch eine einzige seltene Art, *Lobelia Dortmanna*, vertreten. Ausländische Arten derselben Gattung werden als Zierpflanzen gezogen. Die in Kanada und Virginien heimische *Lobelia inflata* (Fig. 499) liefert das offizinelle Lobelienkraut — *Herba Lobeliae*.

Die **Cucurbitaceen** werden von manchen Systematikern trotz ihrer verwachsen blätterigen Blumenkrone im System mit den ihnen nahe verwandten Passiflorinen unter den Choripetalen vereinigt. Sie sind kletternde Kräuter mit bikollateralen Gefäßbündeln. Die im Umriß rundlichen, meist gelappten Blätter sind spiralg gestellt, neben ihnen entspringen Ranken, welche im einfachsten Falle als ein metamorphisiertes Vorblatt des



Fig. 498.
Blütendiagramm von
Campanula.

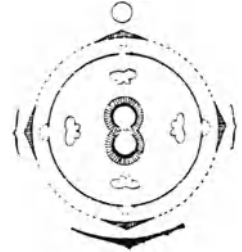


Fig. 501.
Blütendiagramm von
Asperula arvensis.



Fig. 499.
Lobelia inflata.
Offizinell. a Einzelblüte.



Fig. 500.
Citrullus Colocynthis. Offizinell.
(Nach Berg u. Schmidt.)

Achselsspross angesehen werden können, in anderen Fällen aber infolge einer Komplikation der Sproßverkettung durch Verwachsungen eine metamorphosierte Sproßanlage in sich aufnehmen. Die Cucurbitaceen haben meist eingeschlechtige, aktinomorphen Blüten. Die Kreise sind fünfzählig, die Staubblätter sind meist zu drei Filamenten verwachsen, welche zusammen fünf gekrümmte Antheren tragen. Die Früchte sind hartschalige Beeren oft von beträchtlicher Größe. Einheimisch ist nur die Gattung *Bryonia*, die Zaunrübe, mit zwei nicht gerade häufigen Arten. *Cucurbita Pepo*, der Kürbis; *Cucumis sativa*, die Gurke, *C. Melo*, die Melone, und *C. Citrullus*, die

Arbuse, werden ihrer Früchte wegen in Gärten kultiviert. Offizinell sind die Koloquinthen — *Fructus Colocyntidis* — von *Citrullus Colocynthis* (Fig. 500).

b) Die **Rubiinen**. Der Kelch ist blattartig, oft zum Schwinden geneigt, bisweilen auf kurze Zähnen reduziert. Die Staubblätter sind auf der Krone eingefügt. Das Gynaeceum bildet einen mehrfächerigen Fruchtknoten mit einer oder mit mehreren zweizeilig geordneten Samenanlagen in jedem Fach.

Familien: Rubiaceae, Caprifoliaceae.

Die **Rubiaceen** sind Kräuter, Sträucher oder Bäume mit einfachen, dekussierten Blättern und Nebenblättern, welche bisweilen laubblattartig entwickelt sind. Sie haben



Fig. 502.

Coffea arabica. (Nach Wossidlo.)

a Frucht. b halbierte Frucht.

meist aktinomorphen Blüten mit vier- oder fünfzähligen Kreisen (Fig. 501) und mit zwei verwachsenen Fruchtblättern, welche je eine bis viele Samenanlagen einschließen. Die Mehrzahl der Arten gehört der warmen Zone an.

Häufiger bei uns vorkommende Arten sind *Galium Mollugo*, das Labkraut; *G. verum*; *Asperula odorata*, der Waldmeister, und *Sherardia arvensis*, die Nolde. Als Vertreter exotischer Gattungen mögen genannt sein der Kaffeebaum, *Coffea arabica* (Fig. 502), und *C. liberica*, deren Kultur im ganzen Tropengürtel verbreitet ist, und *Uragoga Ipecacuanha* (Fig. 503), deren Wurzel als Brechwurzel — *Radix Ipecacuanhae* — offizinell ist. Verschiedene in den Tropen angebaute *Cinchona*-Arten, besonders *Cinchona calisaya* var. *Ledgeriana* und *C. succirubra* (Fig. 504), liefern die als Heilmittel wichtige Chinarinde — *Cortex Chinae*. In der deutschen Pharmakopöe ist nur die letztgenannte Art als Stammpflanze der offizinellen Droge angegeben. Ourouparia Gambir wird wie die früher erwähnte offizinelle Mimosacee *Acacia Catechu* zur Gewinnung von *Katechu* — *Catechu* — verwendet.

Die **Caprifoliaceen** sind meist Sträucher mit gegenständigen Blättern ohne Nebenblätter. Neben aktinomorphen kommen auch zygomorphe Blüten vor. Die Organkreise sind meist fünfzählig, der Fruchtknoten ist aus mehr als zwei Fruchtblättern gebildet. Die hierhergehörigen Arten wachsen meist in der nördlichen gemäßigten Zone.

Häufiger vorkommende einheimische Arten sind das Geißblatt, *Lonicera Periclymenum*; der Schneeball, *Viburnum Opulus*; der Holunder, *Sambucus nigra* (Fig. 505). — Als Ziersträucher werden angepflanzt verschiedene Arten von *Lonicera*, ferner *Diervillea rosea*, *Symphoricarpus racemosus*, *Viburnum Opulus*, *Sambucus nigra*. — Offizinell sind die Holunderblüten — *Flores Sambuci* — von *Sambucus nigra*.

c) Die **Aggregaten**. Der Kelch ist reduziert und wird oft zur Fruchtzeit als Pappus deutlich sichtbar. Das Androeceum ist der Krone einge-

fügt, das Gynaeceum besteht aus zwei oder drei Fruchtblättern. Der Fruchtknoten enthält aber stets nur eine Samenanlage.

Familien: Valerianaceae, Dipsaceae, Compositae.

Die Valerianaceen sind Kräuter mit gegenständigen, oft fiederförmig geteilten Blättern ohne Nebenblätter. Die zwittrigen oder eingeschlechtigen Blüten sind asym-

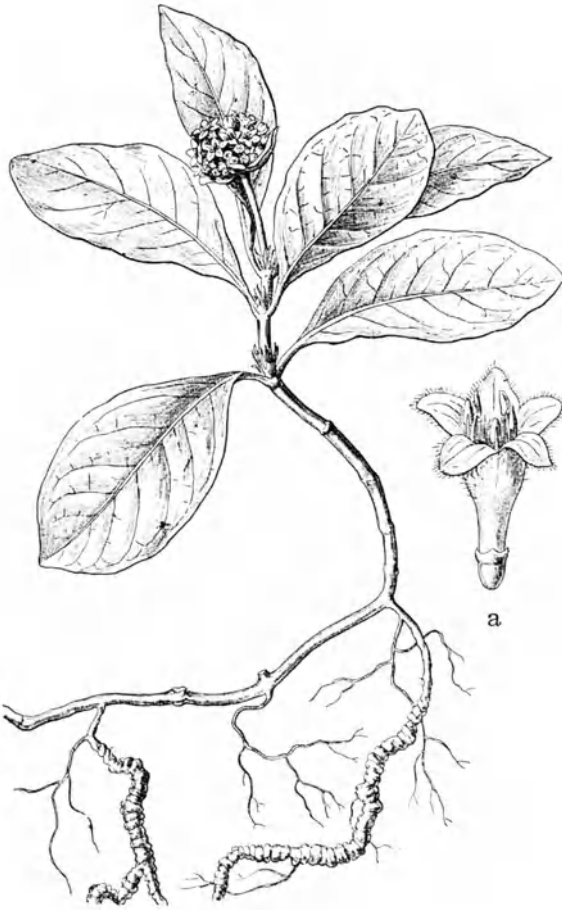


Fig. 503.

Uragoga Ipecacuanha. Offizinell. a Einzelblüte. (Nach Berg u. Schmidt.)

metrisch (Fig. 506); die Zahl der Staubblätter schwankt zwischen eins und vier. Der dreiblättrige Fruchtknoten enthält nur in einem Fach eine hängende Samenanlage. Die Frucht wird zur Achäne, welche von dem bleibenden Kelche gekrönt ist. Meist stehen zahlreiche Blüten in einem rispig cymösen Blütenstande. Einheimische Vertreter sind unter anderen *Valeriana officinalis*, Baldrian (Fig. 507), *V. dioica*, *Valerianella olitoria* und *V. dentata*. Der Wurzelstock von *Valeriana officinalis* ist unter dem Namen Baldrian — *Radix Valerianae* — offizinell. Die jungen Pflanzen von *Valerianella olitoria* liefern im Vorfrühling auf Feldern eingesammelt das als Nisselsalat oder Rapünzchen bekannte Blattgemüse.

Die Dipsaceen sind Kräuter oder Halbsträucher mit gegenständigen Blättern ohne Nebenblätter. Die Blüten sind median zygomorph mit fünfzähligen Perianthkreisen.

Unterhalb des Kelches ist an der Blüte ein Außenkelch vorhanden. Durch Fehlschlagen des hinteren Staubblattes ist das Androeceum viergliederig. Die zwei median gestellten Fruchtblätter schließen nur eine hängende Samenanlage ein. Die Blüten sind in Köpfchen mit besonderem Involucrum zusammengestellt. Einheimische Gattungen sind: *Dipsacus*, *Knautia*, *Succisa*, *Scabiosa*. — *Knautia arvensis*, der Kleppel; *Succisa pratensis*, der Teufels-Abbiß, und *Scabiosa colum-*



Fig. 504.

Cinchona succirubra. Offizinell. (Nach Baillon.)

baria, die Grinde, kommen häufiger vor. *Dipsacus Fullonum*, die Weberkärde, wird hier und da angebaut und bei der Tuchmacherei technisch verwertet. *Scabiosa atropurpurea* ist Gartenzierpflanze.

Die umfangreiche Familie der **Compositen** wird zum größten Teil von krautigen Gewächsen der gemäßigten und subtropischen Länder gebildet. Ausnahmsweise treten in den Tropen auch Sträucher und Bäume auf. Die Blätter sind gegen- oder wechselständig und ohne Nebenblätter. Die Gestaltungsverhältnisse der vegetativen Teile sind im allgemeinen sehr mannigfaltig. Manche Arten führen gegliederte Milchröhren oder schizogene Harzgänge; als Reservestoff wird sehr häufig Inulin gebildet. Bei einigen

Arten treten bikollaterale Gefäßbündel auf. Die Blüten stehen in Köpfchen, welche von einem Involucrum von Hochblättern umgeben sind. An der Basis der Einzelblüten stehen bisweilen spreublattartige Deckblätter. Die Blüten sind entweder gänzlich ohne Kelch, oder der Kelch bildet einen Pappus. Die Krone ist entweder aktinomorph und röhrig oder median zygomorph und dann meist zungenförmig, seltener zweilippig. Die Staubblätter bilden mit ihren seitlich verbundenen Antheren eine Röhre, welche den mit zwei Narben versehenen Griffel umhüllt (Fig. 508). Die einzige anatrophe Samenanlage des aus zwei Fruchtblättern gebildeten Fruchtknotens steht aufrecht. Die Frucht bildet eine Achäne, die häufig von einem Pappus gekrönt ist. Nach dem Bau der Blüten in dem Köpfchen unterscheidet man drei Sektionen:

Tubuliflorae, mit radiären röhrenförmigen Blüten, welche bisweilen am Rande des Köpfchens von Zungenblüten umgeben sind.



Fig. 505.

Sambucus nigra. Offizinell. a Einzelblüte. b Fruchtknoten.
(Nach Wossidlo.)

Liguliflorae, ausschließlich mit Zungenblüten.

Labiatiflorae, mit Lippenblüten am Rande des Köpfchens.

Die große Zahl der Gattungen, auf welche sich die mehr als 10 000 Arten der Compositen verteilen, macht eine Zerlegung der Familie in Unterfamilien nötig, welche in der nachstehenden Tabelle zusammengestellt und im folgenden eingehender besprochen sind.

Sektion Tubuliflorae.

I. Griffel an der Spitze unter der Teilungsstelle nicht knotig verdickt und ohne Haarkranz.

A. Griffel walzig, tief zweispaltig, Griffeläste verlängert, walzen- oder keulenförmig, stumpf, oben von feinen Papillen weichhaarig. Unterfamilie: *Eupatorioidae*.

B. Griffelschenkel linealisch, nicht stielrund oder keulenförmig.

1. Griffelschenkel spitz, außen fast flach. Unterfamilie: *Asterioideae*.

2. Griffelschenkel an der Spitze pinselförmig und gestutzt oder mit einem kleinen kegelförmigen Anhängsel. Unterfamilie: *Senecioideae*.



Fig. 507.
Valeriana officinalis.
Offizinell.
a Einzelblüte. *b* Blüten-
längsschnitt.



Fig. 506.
Blütendiagramm von
Valeriana officinalis.



Fig. 509. *Tussilago Farfara*. Offizinell.

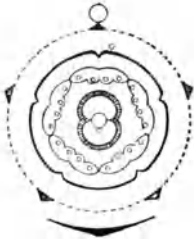


Fig. 508.
Diagramm einer Röhrenblüte
der Compositen.

II. Griffel der Zwitterblüten oben unter der Teilungsstelle gegliedert und in einem meist kurzhaarigen Knoten verdickt.

Unterfamilie: *Cynareae*.

Sektion *Liguliflorae*. Pflanzen mit Milchsaft.

Unterfamilie: *Cichorioideae*.

Sektion *Labiatiflorae*.

Unterfamilie: *Mutisieae*.



Fig. 510.

a *Matricaria Chamomilla*. Offizinell.

b Längsschnitt durch ein Köpfchen.

Unterfamilie *Eupatorioideae*. Die hierher gehörigen Arten haben ein weich-krautartiges Involucrum an ihren Köpfchen, welche meist zu mehreren in Trauben oder Rispen vereinigt, seltener einzeln auf einem mit schuppigen Hochblättern besetzten Schaft emporgehoben sind. Spreublättchen sind auf dem Blütenboden am Köpfchen nicht vorhanden.

Der Huflattich, *Tussilago Farfara* (Fig. 509), erscheint bei uns im ersten Frühling mit einzelnstehenden Köpfchen vor den Blättern blühend. Seine Blätter sind

als *Folia Farfarae* — Huflattichblätter — officinell. *Eupatorium cannabinum*, der Wasserdost, ist an feuchten Standorten überall häufig. *Adenostyles*, *Homogyne* und Arten von *Petasites*, Pestwurz, sind Alpenpflanzen.

Unterfamilie *Asteroideae*. Der Hüllkelch des einzeln oder in lockeren Rispen stehenden Köpfchens ist krautig oder trockenhäutig, aus dachziegelig sich deckenden Blättchen gebildet. Bei vielen Arten treten Spreublättchen auf. Zungenförmige Randblüten sind



Fig. 511.
Artemisia Absinthium.
Offizinell.
(Nach Wossidlo.)



Fig. 512.
Arnica montana. Offizinell.

meistens vorhanden, bisweilen sind die zungenförmigen Kronlappen fädlich zusammengezogen. Der Pappus der Achäne fehlt bei einigen Arten gänzlich, bei anderen ist er nur als häutiges Krönchen entwickelt, während er bei anderen als haarförmiger Federkelch auftritt.

Auch diese Unterfamilie umfaßt eine Anzahl bekannter Alpenpflanzen, wie das Edelweiß, *Leontopodium alpinum*; *Bellidiastrum Michellii*; *Aster alpinus*; Arten von *Erigeron*, Berufskraut, und andere. Die an Inulinreiche Wurzel des im Mittelmeergebiet einheimischen Alant, *Inula Hellenium*, war ehemals bei uns officinell. Arten von *Aster* werden besonders als Herbstblumen in Gärten gezogen. *Bellis perennis*, das Maßliebchen, ist überall gemein.

Unterfamilie *Senecioideae*. Die umfangreiche Abteilung umfaßt zahlreiche Gattungen mit wechselnder Ausgestaltung der Blütenköpfchen und der Einzelblüten.

Zahlreiche Arten der die Unterfamilie bildenden Gattungen sind bei uns überall verbreitet. *Achillea millefolium*, die Schafgarbe; *Tanacetum vulgare*, der Rainfarn; *Anthemis Cotula*, die Hundskamille; *Chrysanthemum Leucanthemum*, die Wucherblume; *Artemisia vulgaris*, der Beifuß; *Senecio Jacobaea*, das Jakobskreuzkraut, mögen als die häufigsten genannt sein. Die aus Peru bei uns eingewanderte Unkrautpflanze *Galinsoga parviflora*, das Knopfkraut, hat sich fast überall in Deutschland eingebürgert. *Senecio vernalis*, das Frühlingskreuzkraut, ein von Osten her in Deutschland eindringendes, wucherndes



Fig. 513.

Centaurea Cyanus. a blühende StraÙe in natürlicher GröÙe. b Schuppe der Hülle. c u. d Scheibenblüte. e Randblüte.

Ackerunkraut, tritt in manchen Gegenden Norddeutschlands so massenhaft auf, daÙ gesetzliche Maßnahmen zu seiner Bekämpfung getroffen werden muÙten. Zahllose Varietäten und Formen von *Dahlia variabilis* und *D. coccinea* und von *Chrysanthemum indicum* und *Ch. sinense* werden als Zierpflanzen gezogen. *Helianthus tuberosus*, der Topinambur, wird wegen seiner nahrhaften Knollen (Fig. 44) als Futterpflanze angebaut; *Helianthus annuus*, die Sonnenrose, die bei uns als Zierpflanze in Bauergärten auftritt, liefert öleriche Samen. Als Gewürzpflanze wird der aus Rußland stammende Esdragon, *Artemisia dracunculoides*, in Küchengärten gezogen. Offizinell sind Flores Chamomillae — Kamillen —, die Blüten von *Matricaria Chamomilla* (Fig. 510); Herba Absinthii — Wermut —, das

Kraut von *Artemisia Absinthium* (Fig. 511); Flores Cinae — Zitwerblüten—, die Blütenköpfchen von *Artemisia Cina*; Flores Arnicae — Arnikablüten — von *Arnica montana* (Fig. 512).

Unterfamilie *Cynareae*. Die Cynareen sind distelartige Pflanzen mit stacheligen oder an der Spitze häutigen Hüllblättchen. Die Blütenachse ist zwischen den Blüten mit Borsten besetzt oder häufig gefranst. Die Blüten sind alle röhrenförmig und radiär gebaut, fast alle besitzen geschwänzte Antheren und einen haarförmigen oder federigen Pappus. Bei vielen Arten sind die Staubfäden zu Reizbewegungen befähigt (s. S. 202).

Überall häufig sind die Kratzdistel, *Cirsium lanceolatum*, *C. oleraceum* und *C. arvense*; die Klette, *Lappa major* und *L. tomentosa*; die Flockenblume, *Centaurea Jacea*, und die Kornblume, *Centaurea Cyanus* (Fig. 513). Als Gemüsepflanzen werden in südlichen Ländern Europas angebaut die

Artischoke, *Cynara Scolymus* und *C. Cardunculus*. Der Saflor, *Carthamus tinctorius*, liefert in seinen Blüten einen Farbstoff. Als Droge ist in der Pharmakopöe angeführt Kardobenediktenkraut — *Herba Cardui benedicti* — von *Cnicus benedictus* (Fig. 514).

‡ Unterfamilie *Cichorioideae*. † Die durch die zungenförmige Gestalt ihrer sämtlichen Blüten ausgezeichneten Cichorioideen sind Kräuter mit Milchsaft. Alle Blüten der Köpfchen sind gleichmäßig zwittrig, ihre Griffel tragen verlängerte dünne Narbenschenkel.

Taraxacum officinale, der Löwenzahn (Fig. 515), ist eine fast über die ganze Erde verbreitete, überall gemeine Unkrautpflanze; ihre Wurzel ist als Löwenzahn — *Radix Taraxaci cum herba* — officinell. *Cichorium Intybus* wird stellenweise angebaut, seine Wurzelliefert das bekannte, als Zichorie oder deutscher Kaffee bezeichnete, schlechte Kaffeesurrogat. *Cichorium Endivia*, die Endivie, und *Lactuca sativa var. capitata*, der Kopfsalat, werden als Blattgemüse, *Scorzonera hispanica*, die Schwarzwurzel, wird als Wurzelgemüse in Gärten angebaut. *Lactuca virosa*, der Gift-Lattich (Fig. 516), ist eine einheimische, besonders im südwestlichen Deutschland auf lichten Waldstellen nicht seltene Giftpflanze; ihr ein-



Fig. 514.

Cnicus benedictus. Offizinell. a einzelnes Blütenköpfchen. (Nach Berg u. Schmidt.)

gedickter Milchsaft liefert die als *Lactucarium* bezeichnete Droge, welche ehemals auch bei uns officinell war.

Unterfamilie *Mutisiaceae*. Die Vertreter dieser Abteilung, welche sich durch die zweilippigen Randblüten der Köpfchen von den übrigen Compositen unterscheiden, sind Kräuter oder aufrechte oder klimmende Sträucher oder selbst Bäume. Die meisten Arten gehören den Anden Südamerikas an, daneben sind einige wenige Arten aus dem wärmeren Asien und Afrika bekannt.

B. Die Monokotylen.

Die Monokotylen sind meist Kräuter, seltener Bäume oder Sträucher. Die Blätter sind gewöhnlich ungestielt, einfach und ganzrandig, mit parallelen oder bogenförmigen Nerven. Nebenblätter sind nicht vor-

handen. Die Gefäßbündel, welche den ganzen Vegetationskörper durchziehen, sind geschlossen und meist scheinbar regellos über den Querschnitt des Sprosses verteilt. Ein sekundäres Dickenwachstum fehlt meistens; wo es auftritt, wird es durch ein außerhalb der Gefäßbündel im Grundgewebe liegendes Cambium vermittelt, welches nicht Holz und



Fig. 515.
Taraxacum officinale. Offizinell.

Rinde, sondern Grundgewebe mit geschlossenen Gefäßbündeln produziert. Unter den seitlichen Blüten steht gewöhnlich ein einziges Vorblatt. Zahl- und Stellungsverhältnisse der Blüten lassen sich meistens auf die Formel
 $P\ 3 + 3\ A\ 3 + 3\ G\ 3$
zurückführen. Der Embryo des reifen Samens hat einen Kotyledon, meist ist reichliches Endosperm vorhanden.

Die Monokotylen gruppieren sich in sechs Reihen:

1. Helobiae (S. 406), 2. Liliiflorae (S. 408), 3. Spadiciflorae (S. 413),
4. Glumiflorae (S. 416), 5. Scitamineae (S. 423), 6. Gynandrae (S. 426).

Erste Reihe: **Die Helobier.**

Die Helobier sind Sumpf- oder Wasserpflanzen. Ihre Blüten sind zwittrig oder eingeschlechtig. Die Zahl der Organe in den Blatträumen der Blüte ist bald größer, bald geringer als die für die Monokotylenblüte typische Dreizahl. Die Blütenhülle ist bisweilen deutlich in Kelch und Krone geschieden. Das Gynaeceum ist aus drei oder mehr Fruchtblättern gebildet und meist apokarp. Der Same ist ohne Endosperm.

Familien: Potamogetonaceae, Najadaceae, Aponogetonaceae, Iuncaginaceae, Alismaceae, Butomaceae, Triuridaceae, Hydrocharitaceae.



Fig. 516. *Lactuca virosa*. Giftig.
(Nach Wossidlo.)



Fig. 517.

Blütendiagramm von *Alisma Plantago*.



Fig. 518.

Alisma Plantago. a Einzelblüte.

Die **Potamogetonaceen** leben meist in ruhigen Gewässern untergetaucht oder mit oberflächlich schwimmenden Blättern. Die Blätter sind zweizeilig gestellt. *Potamogeton natans*, das schwimmende Laichkraut, ist bei uns in Seen und Teichen überall gemein. *Zostera marina*, das Seegras, wächst überall an den deutschen Küsten im Meer. Die Pollen dieser Pflanze sind lang fadenförmig. Die getrocknete Pflanze wird zum Polstern von Sitzmöbeln und Matratzen verwendet.

Die Blütenhülle der **Alismaceen** besteht aus Kelch und Krone; auf einen äußeren sechszähligen Staubblattkreis folgen meist mehrere dreizählige und sechs bis viele Fruchtblätter. Bei dem Froschlöffel, *Alisma Plantago* (Fig. 517 und 518), welcher bei uns überall an Gräben und Teichen wächst, ist nur ein Kreis von sechs Staubblättern vorhanden.

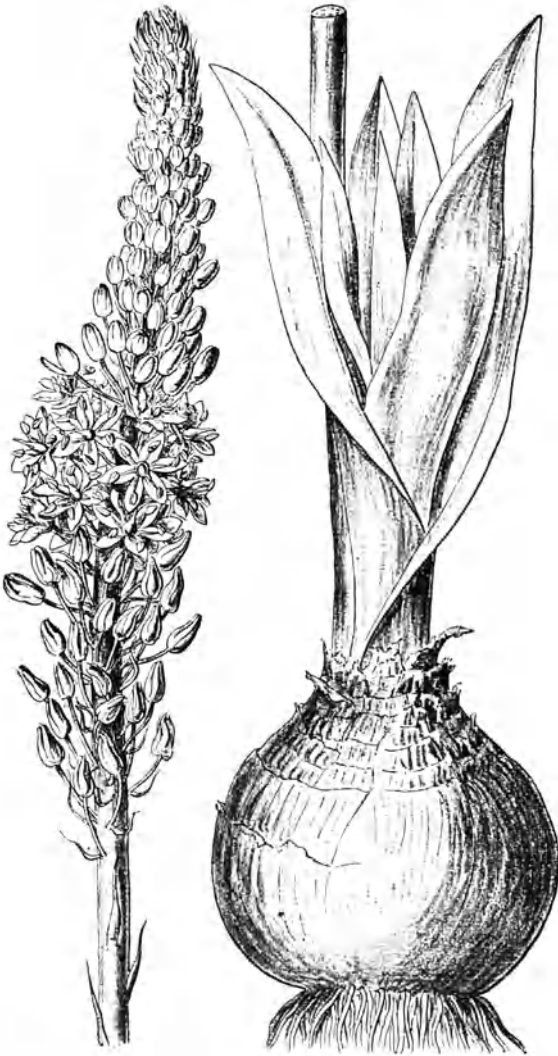


Fig. 520.

Urginea maritima. Offizinell.
(Nach Berg u. Schmidt.)



Fig. 519.

Blütendiagramm von
Ornithogalum umbellatum.

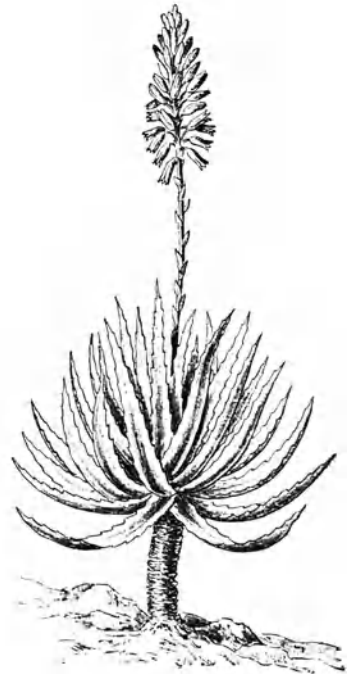


Fig. 521.

Aloë socotrina (verkleinert).
Offizinell. (Nach Wossidlo.)

Die **Hydrocharitaceen** haben eingeschlechtige Blüten. Der Fruchtknoten ist unterständig, einfächerig, mit parietaler Placentation. Zu dieser Familie gehört *Elodea canadensis*, die Wasserpest, welche in den vierziger Jahren des vorigen Jahrhunderts aus Nordamerika bei uns eingewandert und jetzt überall verbreitet ist. Von einheimischen mögen *Hydrocharis Morsus ranae*, der Froschbiß, als Beispiel genannt sein.

Zweite Reihe: **Die Liliifloren.**

Die Liliifloren sind meist Stauden mit ausdauernden Rhizomen oder Zwiebeln und alljährlich neu erscheinenden oberirdischen Teilen. Die großen, radiär gebauten Blüten sind der Insektenbestäubung angepaßt. Die Blütenhülle ist ein Perigon aus meist kronblattartig gefärbten Blättern, welche je zu dreien in zwei alternierenden Kreisen stehen. Das Androeceum ist gleichfalls aus zwei dreizähligen, alternierenden Blattkreisen gebildet; bisweilen fehlt ein Staubblattkreis. Das Gynaeceum besteht aus drei miteinander verwachsenen Fruchtblättern, welche



Fig. 522.

Blütendiagramm von *Colchicum autumnale*.

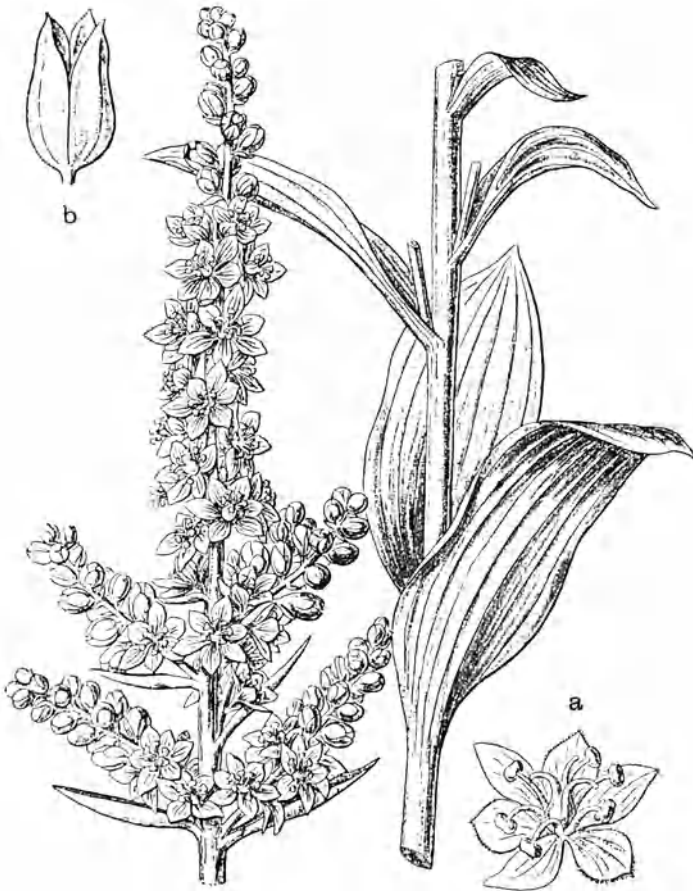


Fig. 523.

Veratrum album. Giftig und officinell. *a* Einzelblüte, *b* septicid geöffnete Kapsel.
(Nach Berg u. Schmidt.)

einen fast immer dreifächerigen ober- oder unterständigen Fruchtknoten bilden. Der Keim ist im Samen von Endosperm umhüllt.

Wir unterscheiden zwei Ordnungen: a) mit fleischigem Endosperm, *Carnosae*, b) mit mehligem Endosperm, *Farinosae*.

a) Die **Carnosen**. Die Samenanlagen sind meist deutlich anatrop, das Endosperm ist fleischig oder knorpelig.

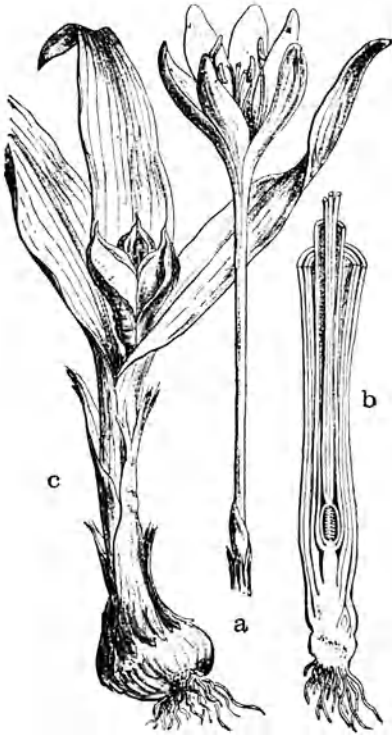


Fig. 524.

Colchicum autumnale. Giftig und officinell.



Fig. 525.

Paris quadrifolia. Giftig. a Beere

Uebersicht der Familien:

I. Fruchtknoten oberständig.

A. Frucht eine Kapsel.

1. Kapsel loculicid, Antheren intrors.

Fam. 1: *Liliaceae*.

2. Kapsel septicid, Antheren extrors.

Fam. 2: *Colchicaceae*.

B. Frucht eine Beere.

Fam. 3: *Smilacaceae*.

II. Fruchtknoten unterständig.

A. Beide Staubblattkreise vorhanden.

1. Blüten zwitтерig.

a) Fruchtknoten dreifächerig. Fam. 4: *Amaryllidaceae*.

b) Fruchtknoten einfächerig. Fam. 5: *Taccaceae*.

2. Blüten eingeschlechtig.

Fam. 6: *Dioscoreaceae*.

B. Nur der äußere Staubblattkreis vorhanden. Fam. 7: *Iridaceae*.

Die Familie der **Liliaceen** ist durch ihre durchaus regelmäßigen Blüten mit introrsen Antheren und mit oberständigen, zu loculiciden Kapseln werdenden Fruchtknoten ausgezeichnet. Die Blüten entsprechen der Formel

$$P\ 3 + 3\ A\ 3 + 3\ \overline{G}\ (3)$$

und dem in Fig. 519 gegebenen Diagramm. Die meisten Liliaceen sind krautartige Pflanzen mit ausdauernden Rhizomen oder mit Zwiebelbildung; nur wenige, wie die bei uns als Ziergewächse bekannten Arten von *Aloë* und *Yucca* sind ausdauernde holzige Pflanzen, die zum Teil baumartige Formen erreichen und ein sekundäres Dickenwachstum des Stammes zeigen.

Einige Gattungen der Liliaceen, wie *Tulipa*, *Lilium*, *Allium*, *Ornithogalum* und *Gagea*, sind auch in der einheimischen Flora vertreten, manche ausländische Gattungen, wie *Fritillaria*, *Scilla*, *Hyacinthus*, *Aloë* und *Yucca*, liefern neben den einheimischen beliebte Zierpflanzen für unsere Gärten. Arten von *Allium*, z. B. die Küchenzwiebel *A. Cepa* und *A. Fistulosum*, die Schalotte *A. ascalonicum*, der Porre *A. Porrum*, der Schnittlauch *A. schoenoprasum* und der Knoblauch *A. sativum* werden als Küchengewächse kultiviert. Die im Mittelmeergebiet, auf den Kanarischen Inseln und am Kap der Guten Hoffnung einheimische Meerzwiebel, *Urginea maritima* (Fig. 520), liefert die als *Bulbus Scillae* — Meerzwiebel — bezeichnete Droge der Pharmakopöe. Der eingekochte Saft der Blätter von verschiedenen südafrikanischen Aloëarten, besonders von *Aloë ferox*, *Aloë africana*, *Aloë socotrina* (Fig. 521), bildet die Aloë des Arzneibuches. Technische Verwendung finden die Fasern des auf Neuseeland heimischen, jetzt vielfach angebauten *Phormium tenax*, welche als neuseeländischer Flachs in den Handel kommen.

Die Familie der **Colchicaceen** oder Giftlilien stimmt im Blütenbau mit den Liliaceen überein, nur sind die Antheren der Staubblätter extrors (Fig. 522) und die Frucht ist eine septicide Kapsel. Einheimische Vertreter der Familie sind die in Mittel- und Süddeutschland häufige Herbstzeitlose, *Colchicum autumnale*, welche durch ihren Gehalt an dem stark giftigen Alkaloid Colchicin dem Weidevieh unter Umständen schädlich werden kann, und das auf Gebirgsflächen vorkommende ebenfalls giftige *Veratrum album*. Beide sind officinell. *Colchicum autumnale* (Fig. 524) liefert den Zeitlosensamen — Samen Colchici; der Wurzelstock von *Veratrum album* (Fig. 523) ist die weiße Nieswurz — Rhizoma Veratri. Die Samen von *Schoenocaulon officinale*, einer zentralamerikanischen Zwiebelpflanze, sind als Sabadillsamen — Samen Sabadillae — officinell.

Die Familie der **Smilacaceen**, welche gleich den vorhergehenden regelmäßige Blüten von der Formel

$$P\ 3 + 3\ A\ 3 + 3\ \overline{G}\ (3)$$

besitzt, unterscheidet sich von den Liliaceen und Colchicaceen hauptsächlich dadurch, daß die Frucht eine Beere ist. Häufiger vorkommende einheimische Arten sind *Convallaria majalis*, das Maiglöckchen, und die stark giftige Einbeere, *Paris quadrifolia*, bei welcher die Blütenkreise durchweg viergliedrig sind (Fig. 525). *Asparagus officinalis*, der Spargel, wird als Küchengewächs angebaut. Offizinell sind verschiedene mittelamerikanische Smilaxarten, z. B. *Smilax medica* (Fig. 526), von denen die Sarsaparille — *Radix Sarsaparillae* — gewonnen wird. Verschiedene Arten der tropischen *Sansevieria* liefern Gespinnstfasern. *Dracaena* und *Aspidistra* werden vielfach als Blattgewächs in Zimmern gepflegt.

In der Familie der **Amaryllidaceen** sind die Blüten ebenso regelmäßig gebaut wie bei den Liliaceen, der Fruchtknoten ist aber stets unterständig, so daß den hierher gehörenden Arten die Formel:

$$P\ 3 + 3\ A\ 3 + 3\ \overline{G}\ (3)$$

zukommt. Als Beispiel mögen das allbekannte Schneeglöckchen, *Galanthus nivalis*, und die Frühlingsknotenblume, *Leucojum vernum* (Fig. 528), genannt sein und die bei uns als Gartenzierpflanzen kultivierten Narzissen, *Narcissus poeticus* und *N. Pseudonarcissus*.

Die Familie der **Dioscoreaceen** umfaßt krautartige Kletterpflanzen und Schlinggewächse. Der einzige einheimische Vertreter, *Tamus communis*, die Schmerzwurzel, findet sich gelegentlich in der subalpinen Region. *Dioscorea Batatas*, die Yamswurzel ist für wärmere Länder wegen ihrer stärkereichen Knollen als Kulturpflanze von Bedeutung. Die südafrikanische *Testudinaria elephantipes*

besitzt ein ausdauerndes knolliges Rhizom, dessen mächtiges Periderm im Alter durch Risse in ziemlich regelmäßige polygonale Platten zerklüftet wird.

Die Familie der **Iridaceen** ist charakterisiert durch das Fehlen des inneren Staubblattkreises und den unterständigen, dreifächerigen Fruchtknoten mit drei oberwärts getrennten Narben (Fig. 527). Ihre Formel lautet also:

$$P\ 3 + 3\ A\ 3 + 0\ G\ (3).$$



Fig. 526. *Smilax medica*. Offizinell. (Nach Koehler.)



Fig. 527. Blütendiagramm von *Iris*.

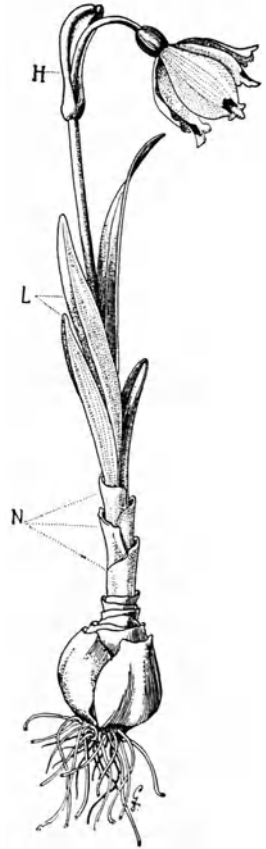


Fig. 528.
Leucojum vernum.

Die Gattung *Iris* hat ein fleischiges, verzweigtes, horizontal kriechendes Rhizom; die oberirdischen Sprosse tragen zwei Zeilen von schwertförmigen, reitenden Blättern. Die drei Lappen des Griffels sind kronblattartig ausgebildet und über die drei Staubblätter hergeneigt. Die gelbblühende Schwertlilie *Iris Pseudacorus* ist bei uns in Sümpfen, an Teichen und Gräben häufig. Manche Arten von *Iris* und *Gladiolus* werden bei uns als Zierpflanzen gezogen. *Iris germanica* (Fig. 529), *I. pallida* und *I. florentina* liefern nach den Angaben der Pharmakopöe die Veilchenwurzel — *Rhizoma Iridis*. Wahrscheinlich kommt aber nur die erste in Betracht. Die Gattung *Crocus* besitzt einen kurzen, aufrechten, am unteren Ende knolligen Sproß mit linealen Blättern und

einer endständigen Blüte. Das Perigon ist verwachsenblättrig, trichterförmig. Die drei Staubblätter sind dem Schlund der Blüte eingefügt, die fleischigen Narben sind breit keilförmig. Die gesättigt braunroten Narben von *Crocus sativus* (Fig. 530) sind officinell. Die Droge wird als Safran — *Crocus* — bezeichnet.

b) Die **Farinosen** haben meist atrope Samenanlagen. Das Endosperm der reifen Samen ist mehlig.

Familien: Restionaceae, Eriocaulaceae, Commelinaceae, Bromeliaceae, Pontederiaceae, Philydraceae, Centrolepidaceae, Xyridaceae.



Fig. 529.

Iris germanica. Offizinell.

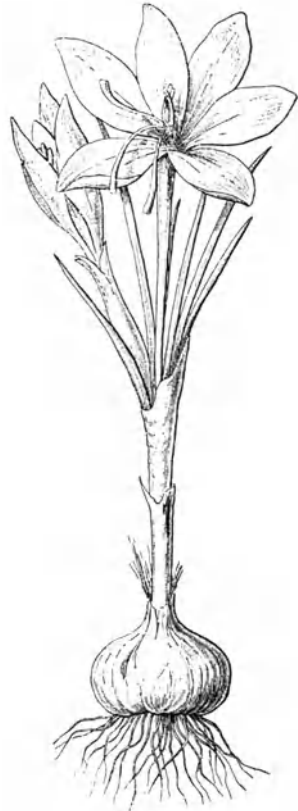


Fig. 530.

Crocus sativus. Offizinell.

Die hierher gehörigen Familien werden meist von wenigen Gattungen gebildet, sie sind in der einheimischen Flora nicht vertreten. Zu den **Commelinaceen** gehören die bei uns als Zierpflanzen gezogenen *Tradescantien*.

Zu den **Bromeliaceen** gehören zahlreiche epiphytische Kräuter des tropischen und subtropischen Amerika. Die mit moosbartähnlichen, lang herabhängenden Sprossen und schmalen Blättern versehene *Tillandsia usneoides* wird unter dem Namen Luisianamoos als Pack- und Polstermaterial verwendet. Die aus Zentralamerika stammende *Ananas*, *Ananas sativus*, welche wegen der saftigen, aromatischen, zu einem ährenförmigen Fruchtstand vereinigten Früchte (Fig. 531) geschätzt wird, ist in allen Tropenländern als Kulturpflanze eingeführt. Die Bastfasern der Blätter werden als

Gespinnstfasern verarbeitet. Ebenso verwendet man die Blätter einiger Arten von *Agave*. *A. americana* liefert die Pitafaser, *A. rigida* wird zur Gewinnung der als Sisalhanf bezeichneten Faser in den afrikanischen Kolonien im großen angebaut.

Dritte Reihe: Die Spadicifloren.

Die Blüten sind meist eingeschlechtig ohne Blütenhülle oder mit kleinem, unscheinbarem Perigon. Der Blütenstand ist ein Spadix oder eine Rispe mit dicken Zweigen und wird gewöhnlich von einer blumenblattartigen Spatha umhüllt. Der Same ist meist groß und endospermreich und enthält einen geraden Embryo.



Fig. 531.
Fruchstand der Ananas
(verkleinert).

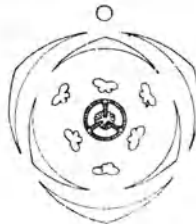


Fig. 533.
Blütendiagramm von
Acorus Calamus.



Fig. 532.
Arum maculatum. Giftig.
(Nach Wossidlo.)

Wir unterscheiden drei Ordnungen:

a) Spathiflorae, b) Principes, c) Pandanales.

a) Die **Spathifloren**. Das Perigon ist, wenn überhaupt vorhanden, aus einem oder zwei Blattkreisen gebildet. Androeceum und Gynaeceum

sind bisweilen auf ein Staubblatt bzw. auf ein Fruchtblatt reduziert. Der Blütenstand ist ein Spadix mit Spatha. Der Sproß ist meist sympodial verzweigt, selten stammbildend.

Familien: Araceae, Lemnaceae.

Die **Araceen** sind ganz kahle, meist mehrjährige Kräuter mit Knollen oder ausdauernden Rhizomen. Die Blüten sind klein und unscheinbar, die Frucht ist meist eine Beere.

Arum maculatum, der gefleckte Aronstab (Fig. 532), mit glänzend grünen, oft braungefleckten, spieß-pfeilförmigen, grundständigen Blättern, wächst bei uns in

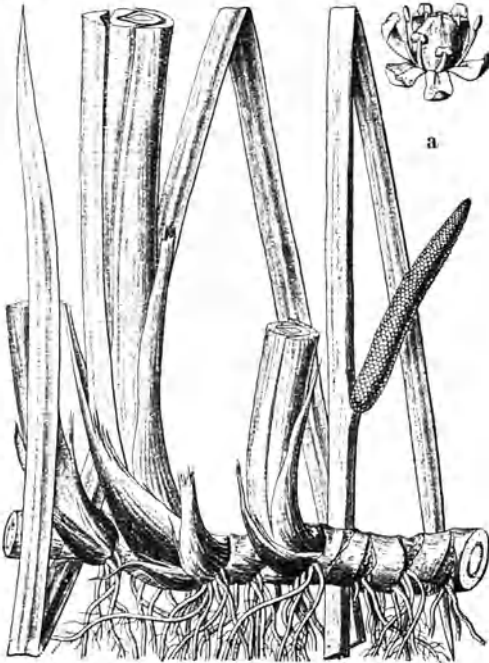


Fig. 534.

Acorus Calamus. Offizinell. a Einzelblüte.

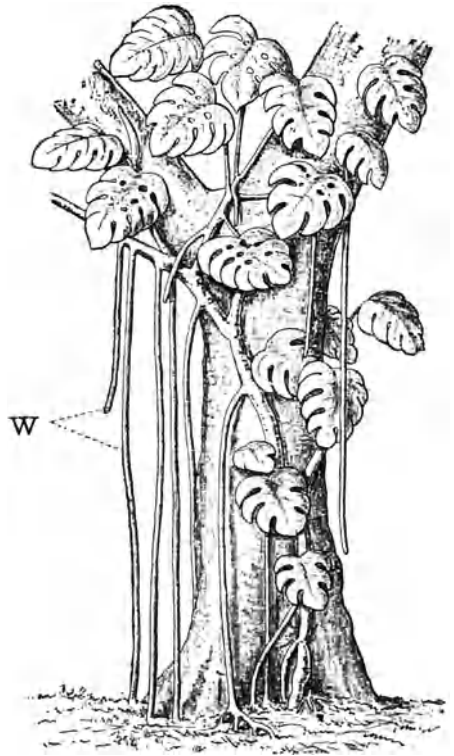


Fig. 535.

An einem Baumstamm emporwachsende *Monstera deliciosa* mit langen Luftwurzeln W (ca. $\frac{1}{40}$).

schattigen Laubwäldern. *Colocasia esculenta* wird unter dem Namen Taro wegen ihrer genießbaren, rübenartigen Knollen fast in allen Tropenländern angebaut. Viele Arten von *Caladium* sind wegen ihrer schönen, schildförmigen Blätter mit herzpfeilförmigem Umriß als Zierpflanzen beliebt. Der Kalmus, *Acorus calamus*, ist im fünfzehnten Jahrhundert in Deutschland als Nutzpflanze eingeführt worden und wächst jetzt überall in Sümpfen und Gräben wild (Fig. 533 und 534). An dem wagrecht kriechenden, schwammig fleischigen Wurzelstock erheben sich über einen Meter hohe Laubblattbüschel von schmal linealen, schwertförmigen Blättern. Der Blüten sproß trägt an der Spitze einen fleischigen, dicht mit Zwitterblüten besetzten Kolben; indem aber die lange, laubblattartige Spatha sich in die Verlängerung der Sproßachse stellt, wird der Spadix zur Seite gedrängt, so daß er seitlich an dem stielartigen Teil eines Blattes zu stehen scheint. Das Rhizom ist offizinell und wird in der Pharmakopöe als Kalmus

— *Rhizoma Calami* — bezeichnet. *Calla palustris*, die Schlangenzunge, mit porzellanweißer Spatha und roten Beeren, ist eine nicht gerade häufig vorkommende, einheimische Sumpfpflanze. Die aus Afrika stammende *Richardia aethiopica* wird wegen ihrer schönen Blätter und der großen tutenförmigen, porzellanweißen Spatha häufig unter dem Namen Kalla im Zimmer als Topfpflanze gezogen. Die mexikanische *Monstera deliciosa* hat, wie Fig. 535 zeigt, durchlöchernde Blätter und lange Luftwurzeln. Sie ist gleichfalls als Zierblattpflanze beliebt.

Die **Lemnaceen** sind sehr kleine, frei schwimmende Wasserpflanzen mit sehr reduzierten, thallusartigem Sproß und monözischen Blüten ohne Perigon, deren Geschlechtsorgane auf ein einziges Staubblatt oder Fruchtblatt reduziert sind. *Lemna polyrrhiza* und *L. minor*, welche bei uns als Wasserlinsen oder Entengrütze bezeichnet werden, überziehen häufig in dichter Lage die ganze Oberfläche von Teichen und Gräben.

b) Die **Principes**. Die Blüten sind meist eingeschlechtig. Staubblätter sechs, seltener drei, häufiger neun oder mehr. Das Gynaeceum besteht aus drei meist verwachsenen Fruchtblättern, die Blüten stehen an einfachen oder rispig verzweigten Kolben. Die Ordnung enthält nur eine Familie; Palmae.

Die **Palmen** sind zum Teil mehr oder minder hochstämmige Bäume mit schlankem cylindrischem Stamm, zum Teil lianenartig kletternde Gewächse der Tropen. Der Sproß ist meistens unverzweigt. Die großen Blätter sind in der Knospenlage dicht gefaltet und unverzweigt, indem aber an den Kanten der Falten ein Gewebestreifen abstirbt, lösen sich die Blätter in einzelne Abschnitte auf, so daß handförmig geteilte oder gefiederte Blattflächen zustande kommen. Zahlreiche Palmen sind Nutzpflanzen der wärmeren Länder. Die Kokospalme, *Cocos nucifera*, ein Küstenbaum aller tropischen Länder, dessen große, eiförmige, stumpf dreikantige Früchte als Kokosnüsse in den Handel kommen, liefert in ihrem Endosperm die Kopra, welche in kolossalen Mengen zur Oelgewinnung nach Europa gebracht wird. Die Preßrückstände werden als landwirtschaftliches Futtermittel verwendet. Die nahe verwandte afrikanische Oelpalme, *Elaeis guineensis*, liefert gleichfalls wertvolles Palmöl und den als Palmkernkuchen bezeichneten Futterstoff. *Phoenix dactylifera*, die Dattelpalme, welche in Nordafrika einheimisch ist und selbst noch in Südspanien gedeiht, hat für manche Wüstenländer eine große Bedeutung, indem sie als einziger Fruchtbaum manche Gegenden überhaupt erst bewohnbar macht. Das stärkereiche Mark von *Metroxylon Rumphii* und anderen wird im Malaischen Archipel zu Sago verarbeitet. Von der brasilianischen *Attalea funifera* werden die starren Leitbündel der Blattscheiden als Piassave zu Besen und Bürsten verarbeitet. Das beinharte Endosperm von *Phytelephas*-Arten und von *Coelococcus carolinensis* dient als vegetabilisches Elfenbein zur Knopffabrikation. Zu den lianenartigen Palmen gehört *Calamus Rotang* in Ostindien, dessen schlanke, biegsame Stämme bei uns als spanischer Rohr in den Handel kommen und zu allerlei Flechtwerk, besonders zu Stuhlsitzen, ferner zu Spazierstöcken und zu anderen nützlichen Gegenständen verwendet werden. Die einzige in Europa und zwar im Mittelmeergebiet einheimische Palme ist *Chamaerops humilis* mit niedrigem Stamm (oft fast gänzlich stammlos) und fächerförmigen, handförmig gespaltenen Blättern.

Offizinell sind die Arekasamen, — Samen *Arecae* der Pharmakopöe, welche von der ostindischen Betelpalme *Areca Catechu* (Fig. 536) stammen. Von den Eingeborenen der Tropenländer Asiens wird ein Stück der Betelnuß mit etwas Kalk und Tabak zusammen in ein Blatt des Betelpfeffers gewickelt als narkotisch aromatischer Kaubissen allgemein verwendet. Verschiedene Palmen werden als dekorative Blattgewächse bei uns in Zimmern oder in eigenen Palmenhäusern kultiviert.

c) Die **Pandanalen**. Die Blüten sind eingeschlechtig mit einem bis vielen Staub- oder Fruchtblättern und stehen in zusammengesetzten kugeligen oder kolbenförmigen Blütenständen. — Familien: Thyphaceae, Pandanaceae.

Die **Typhaceen** sind in der einheimischen Flora durch den überall in Sümpfen und Teichen wachsenden Rohrkolben, *Typha latifolia*, und durch den Igelkolben *Sparganium* vertreten. Die weiblichen und die männlichen Blüten des ersteren

bilden jede Art für sich walzenförmige Kolben. Der gelbe männliche Kolben steht über dem schwarzbraunen, daumendicken, weiblichen Kolben an einer halmartigen, ungliederten Achse, welche lange, linealische Blätter trägt.

Die **Pandanaceen** sind tropische Bäume und Sträucher, mit holzigen, gabelig verzweigten, bisweilen von Luftwurzeln gestützten Stämmen und spiralg gestellten, einfachen, dornigen Blättern, die Blüten stehen in einfachen oder verzweigten Kolben oder Köpfchen. Gattung *Pandanus*.

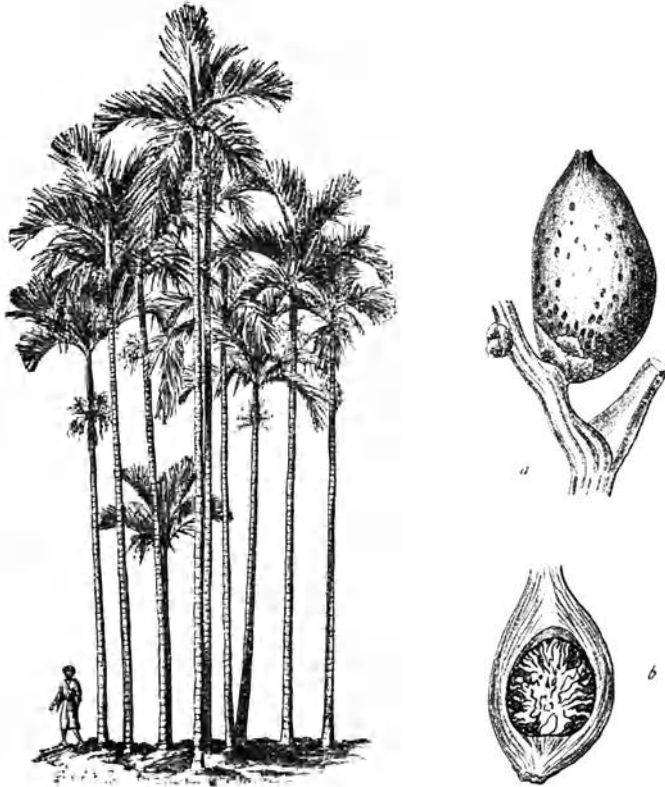


Fig. 536.

Areca Catechu (verkleinert). Offizinell.

a Teil des Fruchtstandes mit einer Frucht. *b* halbierte Frucht.

Vierte Reihe: Die Glumifloren.

Die Glumifloren sind fast ausschließlich krautartige Pflanzen mit faserigem Wurzelsystem und grasartigem Habitus. Die Blütenhülle der kleinen unterständigen, auf Windbestäubung angewiesenen Blüten besteht aus spelzenartigen oder haarähnlichen Gebilden oder fehlt ganz; im letzteren Falle übernehmen spelzenartige Hochblätter den Blütenschutz. Das Androeceum besteht aus einem, seltener aus zwei dreizähligen Staubblattkreisen. Der Fruchtknoten ist bei den meisten einfächerig und enthält nur eine Samenanlage, daneben kommen dreifächerige Fruchtknoten

mit vielen Samenanlagen vor. Der Same enthält einen großen Endospermkörper, dem der kleine, wohlgegliederte Embryo seitlich anliegt.

Familien: Juncaceae, Cyperaceae, Gramineae.

Die Blüten der **Juncaceen** oder Graslilien sind regelmäßig gebaut und meist vollständig. Sie entsprechen dem typischen Monokotyliendiagramm (Fig. 537) und der Formel $P\ 3 + 3\ A\ 3 + 3\ G\ (3)$,

seltener fehlt der innere Staubblattkreis. Der Fruchtknoten ist dreifächerig oder einfächerig mit mehreren Samenanlagen und trägt einen oben in drei gewundene Narben-



Fig. 538.
Luzula campestris.



Fig. 537.
Blütendiagramm von
Luzula campestris.



Fig. 539.
Blütendiagramm von Scirpus
silvaticus.

lappen ausgehenden Griffel. Die Gattung *Juncus*, Binse, von welcher zahlreiche Arten bei uns einheimisch, einige, wie *Juncus bufonius*, *J. lamprocarpus*, *J. effusus* und *J. conglomeratus*, überall häufig sind, ist durch kahle, meist stielrunde Blätter mit offener Scheide ausgezeichnet. Die Gattung *Luzula* hat flache, grasähnliche Blätter mit geschlossener Scheide. *Luzula campestris* (Fig. 538) und *L. pilosa*, die Marbel, sind bei uns überall häufig.

Die **Cyperaceen** oder Riedgräser haben stets unvollständige Blüten. Das Perianth fehlt oder wird aus Borsten gebildet, das Androeceum besteht aus drei oder zwei Staubblättern in einem Kreise, das Gynaeceum wird von zwei oder drei Fruchtblättern gebildet (Fig. 539 u. 540). Der Fruchtknoten ist stets einfächerig und enthält nur eine Samenanlage. Die oberirdischen Sprosse sind meist dreikantig und dreizeilig beblättert, die Blätter sind lineal und haben eine geschlossene Scheide.

Die Gattungen *Scirpus* und besonders *Carex* (Fig. 542) sind mit vielen, oft schwer zu unterscheidenden Arten bei uns einheimisch. Sie wachsen meist an feuchten Standorten und beeinträchtigen auf Weiden und Wiesen durch Unterdrückung des Graswuchses den Wert des Futters. Die in Nordafrika heimische Papyrusstaude, *Cyperus papyrus*, wurde im Altertum zur Herstellung eines dauerhaften Schreibpapiers benutzt.

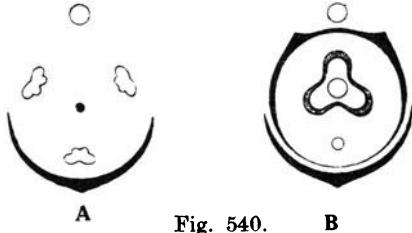


Fig. 540. B
Blütendiagramme von *Carex*.
A männliche, B weibliche Blüte.

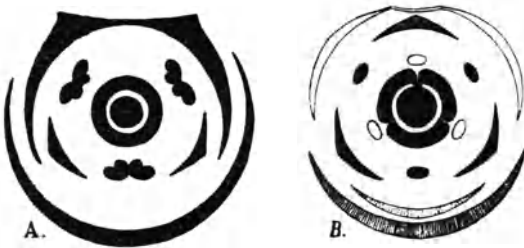


Fig. 541.
A empirisches, B theoretisches Diagramm
der Grasblüte.

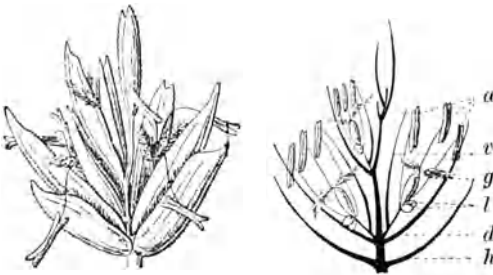


Fig. 543. B
A ein Weizenährrchen (nach Müller). B schematische Darstellung der Organanordnung in dem Ährchen: h Hüllspelze, d Deckspelze, v Vorspelze, l Lodiculae, a Staubblätter, g Fruchtknoten.

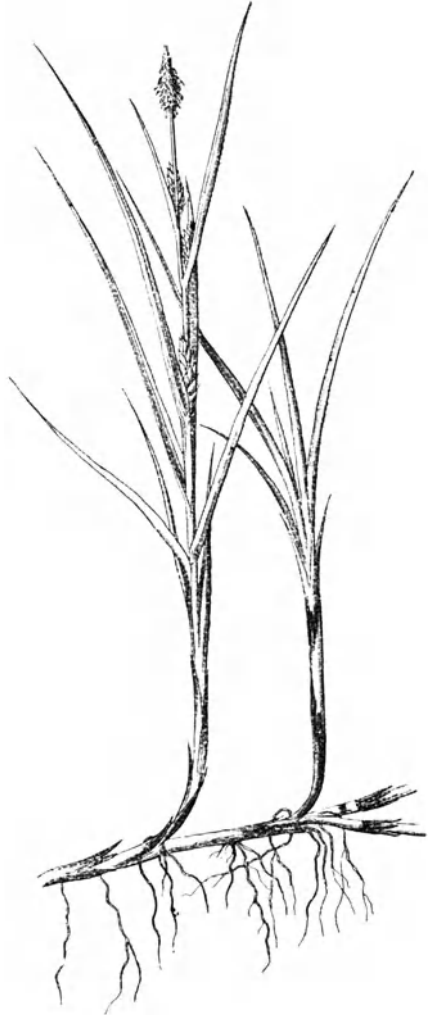


Fig. 542.
Carex hirta (1/2).

Die Familie der Gramineen oder Gräser ist sowohl durch den Habitus der vegetativen Teile als auch durch den Bau der Blüten gut charakterisiert. Die meisten Gräser sind mehrjährige Kräuter mit unterirdischen Rhizomen und mit faserigem Wurzelsystem. Die oberirdischen Sprosse sind stielrunde, knotig, gegliederte Halme, meist mit hohlen Internodien, welche entweder gänzlich unverzweigt sind und nur Laubblätter tragen oder oberhalb der Laubblattregion einen mehr oder minder reich verzweigten Blüten-

stand entwickeln. Die linealen Blätter mit meist öffener, den Sproß röhrenförmig umfassender Scheide und mit einer häutigen Ligula (Fig. 63 C) sind abwechselnd in zwei gegenüberstehenden Zeilen angeordnet. Die in den wärmeren Ländern einheimischen Bambusen und einige andere haben baumförmige, reich verzweigte Sprosse mit holzharter ausdauernder Achse. Einjährige Gräser sind verhältnismäßig selten. Die auf Windbestäubung angewiesenen Blüten sind stets unvollkommen. Neben zwitterigen kommen auch eingeschlechtige Blüten vor. Die Blütenhülle ist auf zwei winzige Schüppchen, die Lodiculae, reduziert, das Androeceum besteht gewöhnlich aus drei, seltener aus zwei Staubblättern in einem Kreise (Fig. 541 A); ausnahmsweise treten bei einigen tropischen

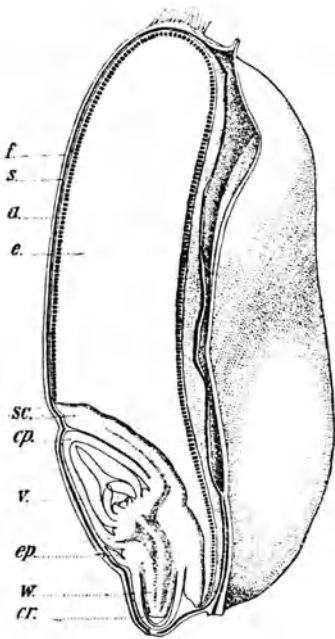


Fig. 544.

Längshalbierte Frucht des Weizens.

f Fruchtschale, s Samenschale, a Aleuronschicht und e Mehlkörper des Endosperms. sc Scutellum des Embryo, cz Keimscheide, v Stammknospe, ep Epiblast, w Wurzel, cr Wurzelscheide.



Fig. 545.

Triticum vulgare. Halmbasis und Aehre. a Einzelblüte. b Aehrchen.

Gräsern zwei dreigliedrige Kreise auf. Der Fruchtknoten, welcher nur eine Samenanlage enthält, hat zwei federförmige Narben. Statt der fehlenden Blütenhülle bewirken zwei unter der Blüte stehende spelzenartige Hochblätter den Schutz der inneren Blütenteile. Die beiden Hochblätter entsprechen dem Deckblatt und dem Vorblatt anderer Monokotylen und werden als Deckspelze bzw. Vorspelze bezeichnet. Die Blüten der Gramineen stehen zu mehreren an einer gemeinsamen Spindel und bilden ein Aehrchen (Fig. 543). Unter der Deckspelze der untersten Blüte des Aehrchens stehen noch mehrere Spelzen, in deren Achseln keine Blüten entwickelt werden. Diese als Hüllspelzen bezeichneten Organe bilden oft eine schützende Hülle für das ganze Aehrchen. Die einzelnen Aehrchen sind entweder stiellos an einer Hauptspindel angeordnet oder sie sind langgestielt und zu rispenartigen Inflorescenzen zusammengestellt.

Die Frucht der Gräser ist eine Karyopse, welche bei der Reife meist von den Spelzen umhüllt bleibt, seltener, wie z. B. beim Roggen und Weizen, frei aus den Spelzen herausfällt. Der Same (Fig. 544) umschließt ein reichliches Endosperm, dem der Embryo seitlich anliegt. Der Kotyledon des letzteren stellt ein schildförmiges Saugorgan (Schildchen, Scutellum) dar, durch welches bei der Keimung die Nährstoffe des Endosperms in die Keimpflanze übergeführt werden. Die Wurzelanlagen des Embryos sind von einer Wurzel-



A Fig. 546. **B**
Secale cereale. **A** Aehre. **B** ein einzelnes zweiblütiges Aehrchen.

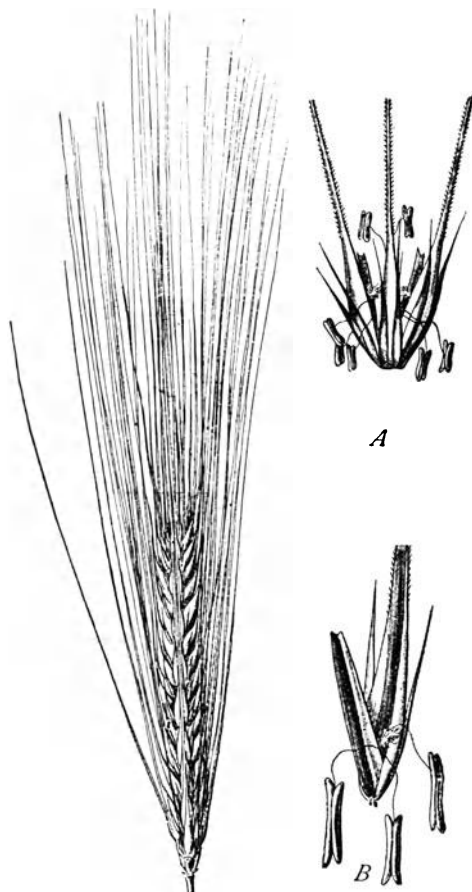


Fig. 547. Aehre von Hordeum vulgare;
A ein Aehrchendrilling; **B** ein einzelnes einblütiges Aehrchen.

scheide (Coleorrhiza) umhüllt und ebenso ist auch die Stammknospe von einem scheidenartigen Organ, der Keimscheide (Coleoptile), umschlossen, welches bei der Keimung mit heranwächst und später an der Spitze durchbrochen wird.

Eine große Anzahl von Gräsern nimmt in hervorragender Weise an der Zusammensetzung unserer Flora teil. In manchen Vegetationsformationen, Steppen, Prärien, Savannen bilden die Gräser das vorherrschende und den landschaftlichen Charakter bedingende Element. Viele Gräser sind weitverbreitete Kulturpflanzen. Als die wichtigsten einheimischen Kulturpflanzen können die Getreidegräser bezeichnet werden. Der Weizen,

Triticum vulgare (Fig. 545) besitzt mehrblütige, mit großen balgartig aufgeblasenen Hüllspelzen versehene Aehrchen, welche einzeln an den Abschnitten einer im Zickzack gebogenen Spindel stehen. Die Aehre des Roggens, *Secale cereale* (Fig. 546), ist in gleicher Weise aus einzelstehenden Aehrchen zusammengesetzt, welche aber schmale, scharf gekielte Hüllspelzen besitzen. Die Gerste, *Hordeum vulgare* (Fig. 547), trägt an jedem Abschnitt der Aehrenspindel drei Aehrchen, die entweder alle drei mit einer Zwitterblüten versehen sind, oder von denen nur das Mittelährchen fruchtbar ist. Am Grunde des Aehrendrillings stehen sechs schmale pfriemliche Hüllspelzen. Der Blütenstand des Hafers, *Avena sativa* (Fig. 548), ist eine aus mehrblütigen Aehrchen zusammengesetzte Rispe. Die Getreide sind uralte Kulturpflanzen, welche wild wachsend nicht mehr angetroffen werden und deren Heimat nicht mit Sicherheit angegeben werden kann. Sie werden in zahlreichen Varietäten, Abarten, Formen und Rassen in allen Kulturländern der gemäßigten

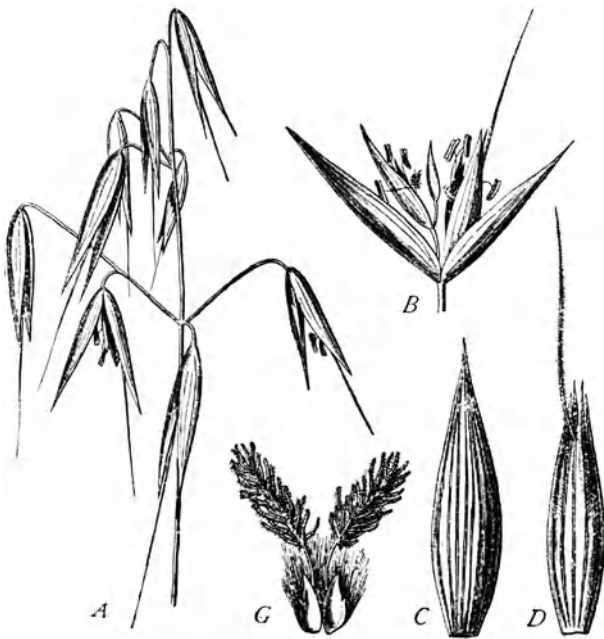


Fig. 548.

Avena sativa. A oberer Teil einer Rispe; B einzelnes Aehrchen. C und D Dreckspelzen, G Fruchtknoten und Schwellkörperchen einer einzelnen Blüte.

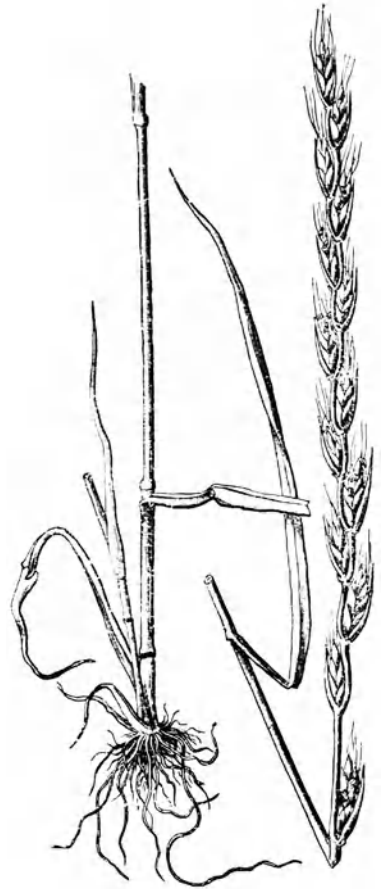


Fig. 549.

Lolium temulentum. Giftig.

Klimate im großen Maßstabe angebaut. In Nordamerika spielt als Getreide der auch bei uns und in den wärmeren Ländern der alten Welt angebaute Mais oder das Welschkorn, *Zea Mais*, eine hervorragende Rolle, und in den Tropen und subtropischen Gegenden wird der Reis, *Oryza sativa*, als wichtigstes Nahrung lieferndes Getreidegras auf den Feldern kultiviert. Weniger wichtige Getreidearten und meist nur auf bestimmte Gegenden beschränkt sind der dem Weizen nahe verwandte Spelz oder Fehsen, *Triticum Spelta*; der Emmer, *Triticum dicoccum*; das Einkorn, *Triticum monococcum*, und die Hirse, *Panicum miliaceum*. Als Futterpflanzen werden auf Wiesen zahlreiche Grasarten angebaut, unter denen als die wichtigsten genannt sein mögen: *Thimotheegras*, *Phleum pratense*:

englisches Raygras, *Lolium perenne*; französisches Raygras, *Arrhenatherum elatius*; Knäuelgras, *Dactylis glomerata*; Fuchsschwanz, *Alopecurus pratensis*; Schwingel, *Festuca elatior*; Rispengras, *Poa pratensis*; Zittergras, *Briza media*. Der mit langen unterirdischen Ausläufern versehene Helm, *Elymus arenarius*, wird zur Dünenbefestigung am Seestrande angepflanzt. Zur Gewinnung von Zucker wird das Zuckerrohr, *Saccharum officinarum*, in den



Fig. 550.

Musa paradisiaca.

Tropen der alten und neuen Welt angebaut und verarbeitet. Die Stämme der baumförmigen Bambusgräser, besonders von *Bambusa*-Arten, werden von den Eingeborenen warmer Länder zum Hausbau und zu mannigfachen Gebrauchsgegenständen verwendet. Das Espartogras oder Halfa, *Stipa tenacissima* wird in Spanien und Nordafrika als Rohstoff zu Flechtwerk, grobem Gewebe und Papier eingesammelt. Das Stroh der Getreidearten wird in der Landwirtschaft als Futter und Streu bei der Viehzucht und zu Düngerbereitung verwertet. Einige Stroharten werden auch zu Flechtwerk, zum Dachdecken und für die Papierbereitung technisch verwendet. Offizinell ist *Amylum*

Oryzae — Reisstärke — das Stärkemehl der Früchte von *Oryza sativa* und *Amylum Tritici* — Weizenstärke, das Stärkemehl der Früchte von *Triticum sativum*. Als Schädlinge treten in landwirtschaftlichen Betrieben einige Unkrautgräser auf, besonders die Quecke, *Triticum repens*, welche mit ihren weitkriechenden unterirdischen Rhizomen den Ackerboden durchwuchert. Die Samen des Taumelolch, *Lolium temulentum* (Fig. 549), welche mitunter als Verunreinigung im Getreide vorkommen, enthalten ein Pilzmycel und werden für giftig gehalten.



Fig. 551.
Diagramm einer Zingiberaceenblüte.

Fünfte Reihe: Die Scitamineen.

Die Blüten der Scitamineen oder Gewürzlilien sind zwittrig und meist zygomorph, seltener unsymmetrisch. Die Blütenhülle besteht aus einem oder zwei dreigliedrigen Blattkreisen. Das typisch



Fig. 552.

Zingiber officinale. Offizinell. (Nach Berg u. Schmidt.)

diplostemone Androeceum ist reduziert, im äußersten Falle ist nur ein Staubblatt mit halber Anthere ausgebildet. Der unterständige Fruchtknoten ist meist dreifächerig. Im Samen entwickelt sich ein mehr oder minder mächtiges Perisperm als Nährgewebe. Die hierher gehörenden tropischen Gewächse verteilen sich auf vier Familien: Musaceae, Zingiberaceae, Cannaceae, Marantaceae.

Die **Musaceen** sind tropische Stauden von riesenhaftem Wuchs. Die Blätter sind oft mehrere Meter lang, die Blüten stehen meist in ährenartigen Blütenständen in der Achsel großer Deckblätter. Der Blütenbau entspricht der Monokotylenformel, das hintere Staubblatt des inneren Kreises ist steril oder fehlt ganz. Verschiedene Arten der Gattung *Musa*,



Fig. 554.

Alpinia officinarum. Offizinell.

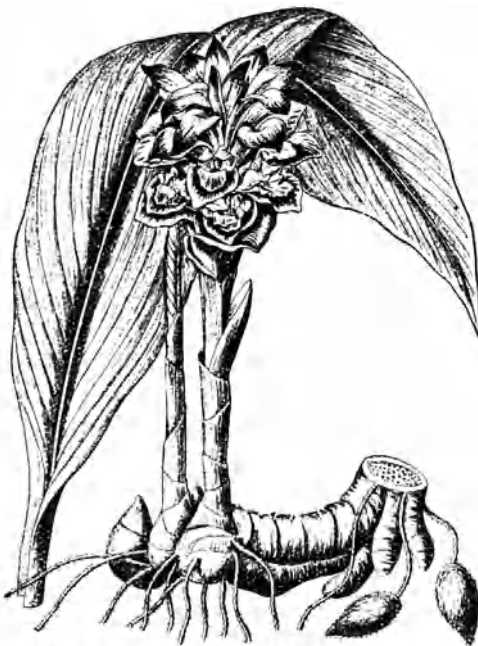


Fig. 553.

Curcuma Zedoaria. Offizinell.

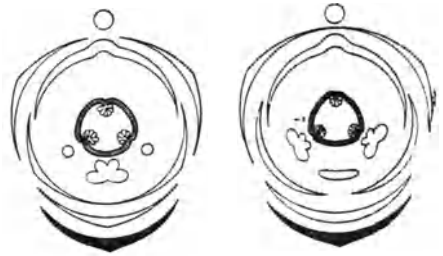
Pisang (Fig. 550) werden wegen ihrer als Paradiesfeigen oder Bananen bezeichneten Früchte in den Tropen kultiviert.

Die **Zingiberaceen** haben median zygomorphe Blüten (Fig. 551), welche einzeln in der Achsel des Deckblattes stehen. Vom Androeceum ist nur das hintere Staubblatt des inneren Kreises normal entwickelt. Die übrigen Staubblätter des inneren Kreises bilden ein kronblattartiges Labellum, die Glieder des äußeren Staubblattkreises sind Staminodien oder fehlen ganz. Die Zingiberaceen haben fast alle ein fleischiges, bisweilen knollenförmig verkürztes Rhizom, aus welchem aufrechte Sprosse mit Laubblättern und mit Blüten hervorgehen. Die Heimat der meisten Zingiberaceen sind die Urwälder des tropischen Asiens. Einige Arten sind offizinell. *Zingiber officinale* (Fig. 552) liefert den Ingwer — *Rhizoma Zingiberis*. Die Zitwerwurzel — *Rhizoma Zedoariae* — ist der

Wurzelstock von *Curcuma Zedoaria* (Fig. 553). Galgant — *Rhizoma Galangae* — ist der Wurzelstock von *Alpinia officinarum* (Fig. 554). Die gerundet dreikantigen, kahlen Fruchtkapseln von *Elettaria Cardamomum* (Fig. 555) sind die Malabar Kardamomen — *Fructus Cardamomi* der Pharmakopöe.

Die **Cannaceen** haben unsymmetrische Blüten. Die Staubblätter sind blumenblattartig, das hintere ist allein fruchtbar und trägt nur eine halbe Anthere. Das nach vorne liegende Staminodium bildet ein Labellum. Der dreifächerige Fruchtknoten enthält viele Samenanlagen. *Canna indica* wird bei uns vielfach als Zierpflanze in Gärten gezogen.

Bei den **Marantaceen** sind die Blüten unsymmetrisch und ähnlich wie bei den Cannaceen gebaut. Von den beiden kronblattartigen Staminodien des inneren Staubblattkreises ist das eine kapuzenförmig gestaltet, es umhüllt den jungen Griffel, der später elastisch gegen das andere Staminodium vorschnellt. Die drei Fächer des Fruchtknotens enthalten nur je eine Samenanlage. Bei einigen Arten sind zwei der Fruchtknoten-



A Fig. 556. B
Diagramm der Orchideenblüte.
A Orchis. B Cypripedium.



Fig. 555.
Elettaria Cardamomum. Offizinell.



Fig. 557.
Orchis mascula.
Offizinell.

fächer unvollständig entwickelt. Die hierher gehörende *Maranta arundinacea* und andere werden ihrer stärkereichen Rhizome wegen in den Tropen angebaut. Die Stärke kommt als Arrow-root in den Handel.

Sechste Reihe: Die Gynandrier.

Die Blüten sind zwittrig und meist dorsiventral, die Perigonblätter stehen in zwei dreigliedrigen Kreisen. Das Androeceum ist typisch diplo-



Fig. 558.

Orchis militaris. Offizinell.

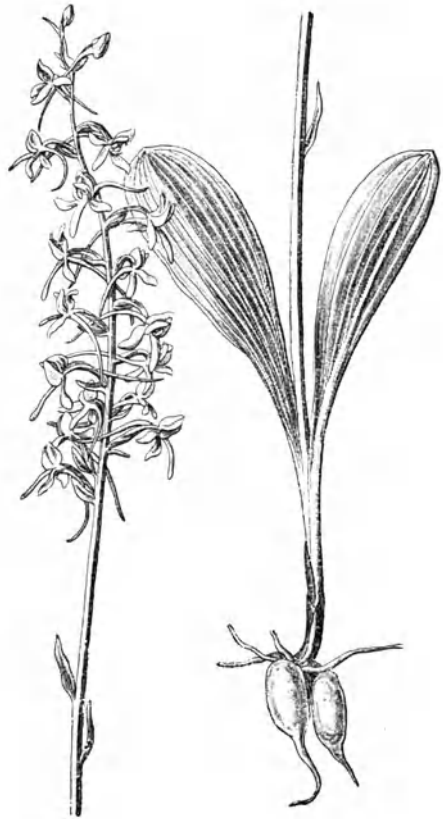


Fig. 559.

Platanthera bifolia. Offizinell.

(Nach Koehler.)

stemon, meist schlagen die Glieder desselben fehl bis auf ein oder zwei Staubblätter. Das Gynaeceum besteht aus drei Fruchtblättern, welche zu einem unterständigen, einfächerigen Knoten verwachsen sind.

Familien: Burmanniaceae, Orchidaceae.

Die Blüten der **Orchidaceen** sind median zygomorph und resupinieren meist, d. h. sie drehen sich während des Aufblühens so, daß die hinteren Blütenteile nach vorn zu

liegen kommen. Das Perigon besteht regelmäßig aus zwei dreigliedrigen Kreisen (Fig. 556). Das hintere Glied des inneren Kreises ist meist als Labellum ausgebildet und oft sehr sonderbar geformt. Vom Androeceum ist gewöhnlich nur das vordere Glied des äußeren Kreises, seltener die beiden vorderen des inneren Kreises fruchtbar. Die Staubgefäße sind mit dem Griffel zu einem Gynostemium verwachsen. In dem unterständigen, einfächerigen Fruchtknoten entwickeln sich sehr zahlreiche, kleine Samen mit einem wenig gegliederten Embryo und ohne Nährgewebe.

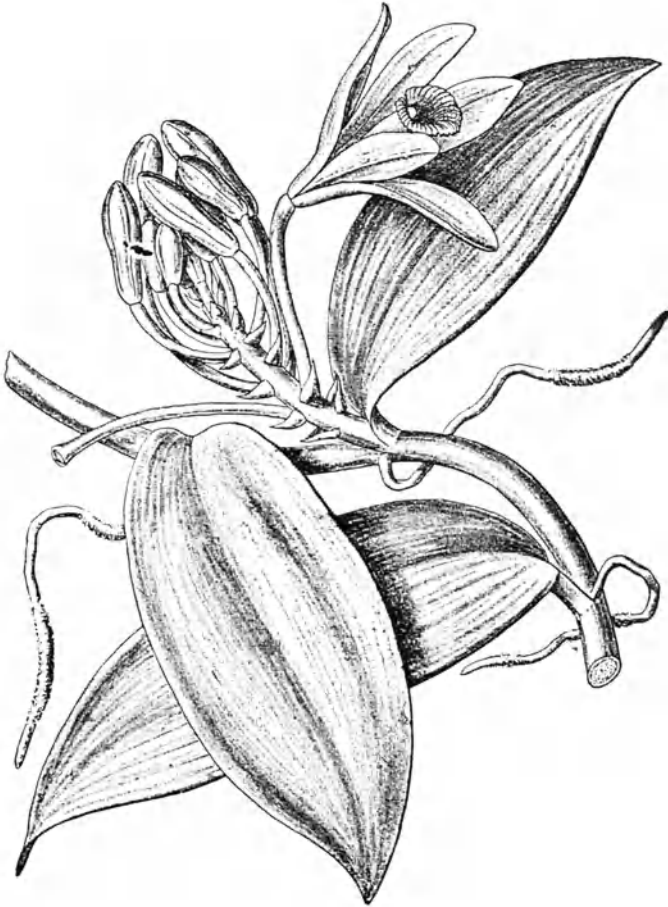


Fig. 560.

Vanilla planifolia. Offizinell. (Nach Berg u. Schmidt.)

In der einheimischen Flora sind meist durch mehrere Arten vertreten die Gattungen *Orchis*, das Knabenkraut; *Gymnadenia*, die Höswurz; *Platanthera*, die Kuckucksblume; *Ophrys*, die Frauenträne; *Cephalanthera*, das Zimbelkraut; *Epipactis*, die Sumpfwurz; *Listera*, das Zweiblatt; *Neottia*, das Vogelnest. Eine besonders auffällige Erscheinung bietet in feuchten Wäldern Mittel- und Süddeutschlands der an tropische Blütenformen erinnernde Frauenschuh, *Cypripedium Calceolus*.

Von den zahlreichen, meist epiphytisch lebenden Arten, welche in den tropischen Ländern heimisch sind, werden viele wegen ihrer schönen und absonderlichen Blüten

bei uns von Liebhabern in Orchideenhäusern kultiviert. Die jungen, kugeligen oder birnförmigen Knollen verschiedener Ophrydeen des Orients und Deutschlands, z. B. *Orchis mascula* (Fig. 557), *O. militaris* (Fig. 558), *O. Moric*, *O. ustulata*, *Anacamptis pyramidalis*, *Platanthera bifolia* (Fig. 559) geben, in siedendes Wasser getaucht und getrocknet, den Salep — *Tubera Salep* — der Pharmakopöe. Die nicht ausgereiften Früchte der in Amerika heimischen und in den Tropen häufig kultivierten *Vanilla planifolia* (Fig. 560) werden als Gewürz verwendet. Einige einheimische Orchideen, wie *Neottia Nidus avis*, *Coralliorrhiza innata* u. a. sind chlorophyllfreie Humusbewohner mit endotrophen Mykorrhizen.

Register.

	Seite		Seite
Abies	314	Agaricaceen	287
Abietaceen	313	Agaricus	287
Abstammungssachse 8. 60		Agathis	313
Abstammungslehre	244	Agave	413
Acacia	373	Aggregaten	396
Acanthaceae	382	Aggregatplasmodium	275
Acer	354	Agrostemma	330
Aceraceen	354	Ahorn	354
Achaene	80	Ailanthus	351
Achillea	403	Aizoaceae	329
Achlya	279	Ajuga	388
Achse	28	akrokarpe	300
Achselknospe	9	aktinomorph	62
Achselsproß	9	Alant	402
Achsenzylinder	119	Albugo	279
Acklei	333	Alchemilla	369
Ackerkrummhals	387	Aldrovandia	340
Acker-Senf	338	Alectorolophus	384
Acker-Spark	329	Aleuronkörner	85. 91
Ackerwinde	382	Algen	253. 259
Aconitum	333	Algenpilze	277
Acorus	414	Alisma	407
Acrasieen	275	Alismaceen	407
acrocarpe Bryineen	300	Alkanna	388
Acrogynae	295	Allium	410
Acrosticheen	365	Allosorus	305
Acrostichum	305	Alnus	320
Actinomyces	259	Alae	66
Actinotrichia	274	Aloë	410
acyklisch	60	Alopecurus	422
Adenostyles	402	Alpenrosen	379
Adiantum	305	Alpha-Vorklatt	60
adossiertes Vorblatt	60	Alpinia	425
Adventivsprosse	9	Alsophila	305
Adventivwurzeln	7. 18	alternierend	9. 61
Aecidium	284	Althaea	345
Aegopodium	361	Altingia	364
Aehrchen	419	Alt-Tuberkulin	258
Aehre	76	Alyssum	338
Aeroben	256	Amanita	287
Aesculinen	352	Amarantaceae	327
Aesculus	353	Amaryllidaceen	410
Aethalium	276	Ameisenpflanzen	324
äußere Lebensbedin- gungen	141	Amentaceen	319
Agar-Agar	274	amitotische Kern- teilung	88
		amöboide Plasmabe- wegung	87
		Ampelidaceen	356
		Ampelopsis	356
		Ampfer	327
		Amphigastrien	296
		Amygdalae	371
		Amylum	89
		Amylum Oryzae	422
		Amylum Tritici	423
		Anabaena	256
		Anacamptis	428
		Anacardiaceen	352
		Anacardium	352
		Anacrogynae	295
		Anaëroben	256
		Anagallis	379
		Ananas	412
		Anatomie	84
		anatrop	74
		Anchusa	387
		Andira	373
		Andreaea	299
		Andreaeaceen	299
		Androceum	59. 68
		Androsace	379
		Anemone	333
		Anethum	361
		Aneuraceae	295
		Angelikawurzel	361
		Angioperis	303
		Angiospermen	252. 318
		Angiospermenblüte	58
		Anis	361
		Anisophyllie	44
		Annonaceae	330
		Annuelle	214
		Annulus	232. 299. 304
		Anpassungsmerkmale	249
		Anthemis	403
		Anthere	68
		Antheridien	222
		Antheridienast	224
		Anthoceros	294
		Anthoceroten	294
		Anthocerotinen	293. 294

	Seite		Seite		Seite
Anthriscus	361	Askosporen	229	Balanophoraceae	374
Anthyllis	371	Askus	229	Baldrian	397
Antiaris	324	Asparagus	410	Balgfrucht	80
Antiklinen	180	Asperifoliaceen	386	Ballota	388
Antipoden	241	Asperula	396	Balsaminaceen	348
Apfelbaum	369	Asphyxie	147	Balsamine	348
Apfelsinen	349	Aspidieen	305	Balsamum Copaivae	373
Aphanizomenon	256	Aspidistra	410	Balsamum peruvianum	373
Aphanocycliaceae	330	Aspidium	305	Balsamum toltutanum	373
Apium	361	Aspidosperma	390	Bambusa	422
Aplanosporen	217	Asplenieen	305	Bambusgras	422
Apocynaceen	388	Asplenium	305	Bananen	424
Apogamie	247	Assimilation	152. 157	Bangiaceae	274
apokarp	72	Assimilationsgewebe	120	Baroskampfer	343
Aponogetonaceae	406	Assimilationsparen- chym	120	Bartflechte	291
Apophyse	299	Assimilationsstärke	89	Barymorphosen	190
Apothecien	282	assimilierende Wurzeln	23	Basidien	283
Apposition	93. 178	Aster	402	Basidiolichenen	290
Aprikose	369	Asteroidae	402	Basidiomyceten	283
Aquifoliaceen	356	Astragalus	373	Basidiosporen	229
Aquilegia	333	Atemhöhle	111	Bastard	248
arabisches Gummi	374	Atemwurzeln	22	Bastardierung	77. 248
Araceen	414	Athyrium	305	Bastfasern	125
Arachis	372	Atmung	172	Bastparenchym	125
Araliaceen	362	Atrichum	301	Batrachospermum	274
Araucaria	313	Atriplex	328	Bauchpilze	287
Araucariaceen	313	atrop	74	Bauhinia	371
Arbuse	396	Atropa	382. 383	Baum	29
Archangelica	361	Attalea	415	Baumwolle	346
Archangiopteris	303	atypische Kern- teilungen	221	Baumwollsamenkuchen	346
Archegoniaten	230. 253	Aucuba	362	Bazillus	257
Archeonium	230	Aufnahme der Nähr- stoffe	150	Bedecktsamige	252
Archespor	234	Aufnahme organischer Nahrung	162	Beere	80
Arctostaphylos	379	Augenrost	384	Beerenfrüchte	79
Arcyria	275	Augpunkt	217	Beete	328
Areca	415	Auricularia	286	Beggiatoa	259
Areka-Nüsse	415	Auriculariaceen	286	Begonia	365
Arillus	82	Ausläufer	35	Begoniaceen	365
Aristolochia	376	Außenkelch	75	Beifuß	403
Aristolochiaceen	376	Außenrinde	119	Bellidiastrum	402
Armeria	379	autonome Bewegungen	196	Bellis	402
Armleuchteralgen	259	Auxanometer	183	Benzoë	380
Armoracia	338	Auxiliarzelle	274	Berberidaceen	331
Arnica	404	Auxosporen	261	Berberis	331
Arnikablüten	404	Avena	421	Berberitze	331
Aronstab	414	Azalea	379	Berg-Ahorn	354
Arrhenatherum	422	Azygosporen	247. 278	Bergformen	188
Arrow-root	426	Bacillus	257	Bertholletia	367
Artbildung	249	Bacteriaceen	257	Berufskraut	402
Artemisia	404	Bacterium	257	Beta	328
Artischoke	404	Bärenklau	361	Beta-Vorblatt	60
Artocarpae	323	Bärentraubenblätter	379	Betelpalme	415
Artocarpus	324	Bärlapp	308	Betula	320
Arum	414	Bärlappsporen	310	Betulaceen	320
Asa foetida	362	Bäume	29	Bewegung des Zellen- plasmas	194
Asant	362	Bakterien	256	Bewegungserschei- nungen	193
Asarum	376			Bibernellwurzel	361
Asclepiadaceen	390			bicollateral	126
Ascolichenen	290			Biennen	214
Ascomyceten	279				
Askagon	229				

	Seite		Seite		Seite
Bierhefepilze	283	Boletus	287	Cacao	344
bifacial	121	Boraginaceen	386	Cactaceen	330
Bignoniaceae	382	Borago	388	Caesalpiniaceen	373
Bignoniaceen	385	Borettsch	388	Caladium	414
bilateral	13	Borke	118	Calamarien	311
Bildung der Eiweiß-		Botrychium	303	Calamites	244
stoffe	160	Botrydiaceen	268	Calamus	414
Bildung der Fette	160	Botrydium	268	Calciumoxalat	92
Bildungsgewebe	100	Botrytis	282	Calla	415
Bilsenkrautblätter	383	Bovista	290	Callitriche	366
Bingelkraut	359	Bräune der Runkel-		Calluna	379
Binse	417	rübenblätter	281	Callus	105
Biota	313	Brandkrankheit	284	Calocera	286
Birke	320	Brandpilze	284	Caltha	333
Birkenpilz	287	Brandsporen	284	Calycanthaceae	330
Birnbaum	369	Brassica	338	Calycifloren	360
Birnkraut	379	Braunalgen	260	calycinisch	67
Bitterklee	388	Braunkohl	338	Calyx	59
Bittersüß	383	Braunwurz	384	Cambium	128
Bixaceae	339	Brechnuß	391	Cambiumring	129
Blättchen	40	Brechwurz	396	Camelina	338
Blätterschwämme	287	Brefeldiaceae	275	Camellia	342
Blattanlagen	8	Brennhaare	115	Campanula	394
blattbürtige Knospen	9	Brennessel	326	Campanulaceen	394
Blattdornen	49	Briza	422	Campanulinen	392
Blattgestalt	40	Brombeere	369	Camphora	331
Blattgrund	38	Bromeliaceen	412	Campylospermae	361
Blattlappen	40	Brotfruchtbaum	324	Campylotrop	74
Blattnerven	38	Bruchweide	320	Canna	425
Blattranken	48	Brunchhorstia	282	Cannabinaceen	324
Blattscheide	38. 46	Brunella	388	Cannabis	325
Blattspreite	37	Brunnenkresse	338	Cannaceen	425
Blattspuren	124	Brutbecherchen	219	Cantharellus	287
Blattspurstränge	124	Brutknöllchen	220	Capillitium	275. 289
Blattstellung	9	Brustknospen	35. 219	Capparidaceen	338
Blattstiefel	47	Bryaceen	300	Capparis	338
Blattstiel	38. 44	Bryineae	297	Caprifoliaceen	396
Blattsukkulenten	50	Bryineen	299	Capsella	338
Blattute	47	Bryonia	395	Capsicum	383
blaugrüne Algen	254	Bryophyta	252	Caragana	372
Blechnum	305	Bryophyten	292	Cardamine	338
Blüte	56	Bryopsidaceen	268	Carex	418
Blüte der Angio-		Bryum	300	Carina	66
spermen	58	Buche	321	Carnosae	409
Blüte der Gymno-		Buchsbaum	357	Carpinus	321
spermen	57	Buchweizen	327	Carpoasci	280
Blütenachse	63	Bündelstrang der		Carrageen	274
Blütenbestäubung	77	Wurzel	127	Carthamus	404
Blütenbiologie	77	Bündelverlauf	124	Carum	361
Blütenboden	63	Büschelhaare	113	Caruncula	82
Blütenformel	62	Bulbochaete	266	Caryophyllaceen	329
Blütenhülle	58. 59. 64	Bulbus Scillae	410	Caryophylli	367
Blütenlose Gefäß-		Burmanniaceae	426	Caryophyllinen	329
pflanzen	252	Burseraceen	351	Cascara Sagrada	356
Blütenpflanzen	252	Buschwindröschen	333	Cassia	373
Blütenstände	75	Butomaceae	406	Castanea	322
Blüten Teile	58	Butterpilz	287	Castilloa	324
Blumenkohl	338	Buxaceen	357	Casuarinaceae	319
Bockshornsamens	373	Buxbaumiaceae	300	Catechu	374. 396
Boehmeria	326	Buxus	357	Caulerpa	268
bogennervig	38			Caulerpaceen	268

	Seite		Seite		Seite
Cautschuc	359	Chroococcaceen	254. 255	Columniferen	343
Cecropia	324	Chroococcus	255	Colutea	372
Cedrus	315	Chroolepidaceen	266	Combretaceae	366
Celastraceen	356	Chroolepus	267	Commelinaceen	412
celluläre Pflanzen	84	Chrysanthemum	403	Commiphora	351
Cellulose	94	Chrysarobin	373	Compositen	398
Celtis	323	Chrysarobinum	373	Conceptaculum	226
Centaurea	404	Chrysosplenium	364	Conidien	217
Centrolepidaceae	412	Chytridiaceae	279	Coniferen	313
Centrospermen	326	Cibotium	305	Conium	361
Cephalanthera	427	Cichorioideen	404	Conjugaten	262
Ceratium	260	Cichorium	404	Connaraceae	349
Ceratomyxaceae	275	Cicuta	361	Connectiv	68
Ceratophyllaceae	330	Cilien	193	Contorten	388
Ceratozamia	313	Cinchona	396	Convallaria	410
Cereus	330	Cinnamomum	330	Convolvulaceen	382
Cerithe	387	Circaea	366	Convolvulus	382
Ceterach	305	Circumnutation	195	Copaifera	373
Cetraria	291	Cirsium	404	Copaivabalsam	373
Ceylonzimt	330	Cistaceen	341	Corallineen	274
Chaerophyllum	361	Cistifloren	338	Coralliorrhiza	428
Chaetocladiaceae	278	Citrullus	396	Corchorus	344
Chaetophora	266	Citrus	349	Cordaites	244
Chaetophoraceen	266	Cladonia	291	Cordyceps	282
Chalaza	74	Cladoniaceen	291	Cormophyten	253
Chamaerops	415	Cladophora	267	Cornaceen	362
Chamaesiphonaceen	254	Cladophoraceen	267	Cornus	362
Champignon	287	Cladospodium	281	Corolla	59
Chara	269	Cladotrix	259	corollinisch	67
Characeae	259	Cladotrichaceen	257. 259	Corpusculum	237
Characeen	269	Clatryptychiaceae	275	Cortex Aurantii fructus	351
chasmogam	79	Clavaria	287	— Cascarillae	359
Cheiranthus	338	Clavariaceen	287	— Chinac	396
Chelidonium	327	Claviceps	281	— Cinnamomi	330
Chemomorphosen	190	Closterium	264	— Citri fructus	351
Chemotaxis	193	Clusiaceae	342	— Condurango	391
Chemotropismus	201	Cnicus	404	— Frangulae	356
Chenopodiaceen	328	Coccaceen	257	— Granati	367
Chenopodinen	327	Cocconeideen	262	— Quercus	322
Chenopodium	328	Cochlearia	340	— Quillajae	371
Chimären	192	Cocos	415	— Rhamni Pursh.	356
Chinagras	326	Codiaceen	268	— Simarubae	351
Chinarinde	396	Codoniaceae	295	Corydalis	338
Chlorophyceae	259	Coelococcus	415	Corylaceen	320
Chlorophyceen	264	Coelospermae	364	Corylus	321
Chlorophyll	88	Coffea	396	Cosmarium	264
Chlorophyllkörper	88	Coffeinum	342	Crassulaceen	363
Chloroplasten	88	Cola	344	Crataegus	369
Chlorose	161	Colchicaceen	410	Craterellus	287
Chondrus	274	Colchicum	410	Crenothrix	259
choripetal	65	Coleochaetaceen	267	Cribrariaceae	275
Choripetalen	319	Coleochaete	267	Crocus	412
Christrose	333	Coleoptile	420	Croton	359
chromatische Elemente	87	Coleorrhiza	420	Crucibulum	290
Chromatophoren	85. 88	Collateral	126	Cruciferen	338
Chromoplasten	89	Collema	292	Cryptonemiaceen	274
Chromosomen	88	Collemaceen	292	Cubebae	323
Chromosomenkombi- nation	246	Collenchym	103. 122	Cucumis	395
Chromosomenreduk- tion	221	Colocasia	414	Cucurbita	395
		Colophonium	315	Cucurbitaceen	126. 395
		Columella	232	Cupressaceen	313

	Seite		Seite		Seite
Cupressus	313	Diageotropismus	196	Dornen	35. 9
Cupula	75	Diagonalebene	61	dorsiventral	13. 62
Cupuliferen	321	Diagramm	62	Dost	388
Curcuma	425	Dianthus	329	Dotterblume	333
Cuscuta	382	diarch	127	Douglasfichte	315
Cuticula	110	Diastase	161	Draba	338
Cutleria	272	Diatoma	262	Dracaena	410
Cutleriaceen	272	Diatomaceen	261	Draparnaldia	266
Cyanophyceen	254	Diatomin	261	dreiaxig	29
Cyathea	305	Dichasium	77	dreimächtig	127
Cyatheaceen	304	Dichogamie	78	Drosera	340
Cyathium	359	Dichotomie	7	Droseraceen	340
Cycadeen	312	Dickenwachstum der		Drüsenflächen	115
Cycadofilices	311	Monokotylen	137	Drüsenhaare	114
Cycas	313	Dickenwachstum der		Dryobalanops	343
Cyclamen	379	Pteridophyten	137	Dryobalanops	343
Cyclotella	262	Dicksonia	305	Durchlaßzellen	128
Cydonia	369	Dicotylen	318	Durchlüftungssystem	107
cyklisch	60	Dicranaceae	300	durchwachsen	48
Cylindrospermum	256	Dictamnus	349		
Cymbellaceen	262	Dietyosteliaceae	275	Ebenaceen	380
cymös	75	Didymiaceae	275	Ebenholz	380
Cynara	404	Diervillea	396	Echium	387
Cynareae	404	Digitalis	385	Ectocarpaceen	272
Cynoglossum	387	diklin	59	Ectocarpus	272
Cyperaceen	417	Diklinia	77	Edelfäule der Wein-	
Cyperus	418	Dikotylen	5	beeren	282
Cypripedium	427	Dill	361	Edelkastanie	322
Cystocarp	274	Dilleniaceae	339	Edeltanne	315
Cystolithen	95	dimer	60	Edelweiß	402
Cystopteris	305	Dinoflagellata	260	Efeu	362
Cystopus	279	Diöcie	78	Ehrenpreis	384
Cytisus	372	diöcisch	59	Eibenbaum	315
		Dionaea	340	Eibischblätter	345
Dacryomycetaceen	286	Dioscorea	410	Eibischwurzel	345
Dactylis	422	Dioscoraceen	410	Eiche	321
Dahlia	403	Diosmose	170	Eichenrinde	321
Dammara	343	Diospyrenen	380	einachsig	29
Dammara	313	Diospyros	380	Einbeeren	409
Danaea	303	Diphtherie-Heilserum	258	einfächerig	73
Daphne	368	Diplazium	305	eingeschlechtig	59
Dasycladaceen	267	diploid	221	einhäusig	59
Datisceaceae	365	Diplomitriaceae	295	einjährig	214
Dattelpalme	415	Diplophase	221	Einkorn	421
Datura	382. 383	diplostemon	69	Eisenbakterien	259
Daucus	361	Dipsaceen	397	Eisenhut	333
Davallia	305	Dipsacus	398	Eisenhutknollen	333
Davalliaceen	305	Diptam	349	Ektosporen	275
Deckblatt	8. 60	Dipterocarpaceen	342	ektotroph	167
Deckelkapsel	80	direkte Kernteilung	88	Elaeagnaceen	368
Deckschuppe	314	Dischidia	391	Elaeagnus	368
Deckspezle	419	Discolichenen	290	Elias	415
dekussierte Blatt-		Discomyceten	282	Elateren	232. 293. 308
stellung	9	Diskus	64	Elefantenlaus	352
Delphinium	333	Distichiaceae	300	Elettaria	425
Dematophora	282	Divergenz	9	Elodea	407
Dermatogen	102	Divergenzwinkel	11	Elymus	422
Descendenztheorie	244	Dolde	76	Embryo	4. 81
Desmidiaceen	264	dominierend	245	Embryofuß	232
deutscher Kaffee	404	Doppelachaenium	80	Embryosackkern	240
Deutzia	364	Doppelbefruchtung	242	Embryosäcke	231
				Emmer	421

	Seite		Seite		Seite
Empetraceen	357	Etiollement	144	Fingerhutblätter	385
Empfindlichkeit	209	etiolierten	145	Fingerkraut	369
Empfindungsvermögen	204	Euastrum	264	Fissidentaceae	300
Empusa	278	Eucalyptus	367	Flachs	348
Encephalartos	313	Eucyelier	346	Flachsprosse	32
Endivia	404	Eupatorioideae	401	Flachsseide	382
Endodermis	128	Eupatorium	402	Flaschenkork	322
endogen	7	Euphorbia	359	Flechten	253. 290
Endokarp	79	Euphorbiaceen	359	Flechtengonidien	167
Endosperm	81. 240. 242	Euphorbium	359	Fleckenschierling	361
Endosporen	275	Euphrasia	384	Fleischfressende	
Endosporium	231	Eurotium	281	Pflanzen	50
endotroph	167	eusporangiate	303	Flieder	392
Energide	84	Evernia	291	Fliegenpilz	287
Entengrütze	415	Evonymus	356	Fliegenschimmel	278
Entomophthoraceen	278	Exine	236	Flockenblume	404
Entstehung der Arten	249	Exoasci	282	Flores Arnicae	404
Entwicklung des Blattes	36	Exobasidiaceae	284	— Chamomillae	403
Enzian	388	exogen	7	— Cinae	404
Enzianwurzel	388	Exogonium	382	— Koso	371
Epacridaceae	379	Exokarp	79	— Lavandulae	388
Ephedra	317	Exosporium	231	— Malvae	345
Epidermis	109	extrastaminal	64	— Rosae	371
Epidermiszellen	109	extrors	69	— Sambuci	396
epigäisch	5	Fabiaceae	353	— Tiliae	344
epigyn	64	Fabroniaceae	301	— Verbasci	384
epigyne Tetracycliae	392	Fächel	77	Florideen	273
Epilobium	366	Fäulnisbewohner	148	Flügel	66
Epinastie	190	Fagopyrum	327	Flugbrand	284
Epipactis	427	Fagus	321	Foeniculum	361
epiphytisch	22	Fähne	66	Folia Athaeae	345
Equisetaceen	308	Fangbewegungen	202	— Belladonnae	383
Equisetinae	302	Fangorgane der Insek-		— Coca	353
Equisetinen	308	tivoren	164	— Digitalis	385
Equisetum	308	Farinosae	412	— Farfarae	402
Erbse	372	Farne	302	— Hyoscyami	383
Erdbeere	369	Fascicularcambium	129	— Jaborandi	351
Erdmandel	372	Faserwurzel	19	— Juglandis	322
Erdnuß	372	Faulbaum	356	— Malvae	345
Erdnußkuchen	372	Faulbaumrinde	356	— Melissae	388
Erdnußöl	372	Fegatella	294	— Menthae piperitae	388
Erdrrauch	338	Fehsen	421	— Salviae	388
Erfrieren	144	Feigenbaum	324	— Sennae	373
Ericaceen	379	Feigwurz	333	— Stramonii	383
Ericinen	379	Feld-Ahorn	354	— Trifolii fibrini	388
Erigeron	402	Felderbse	372	— Uvae Ursi	379
Eriocaulaceae	412	Fenchel	361	Fomes	287
Erle	320	Ferula	362	Fontinalaceae	301
Ernährung	148	Festigungsgewebe	122	Fortpflanzung	214
Erodium	346	Festuca	422	Fragaria	369
Ersatzfasern	131	Fettkraut	385	Fragillariaceen	262
Erysimum	338	Feuerzunder	287	Frangulinen	355
Erysiphe	280	Fichte	315	Frauenmantel	369
Erythraea	388	Fichtenspargel	379	Frauenschuh	427
Erythroxyloaceen	353	Ficus	324	Frauenspiegel	394
Erythroxyllum	353	Fieberbaum	367	Frauenträne	427
Esche	392	Fiebertree	388	Fraxinus	392
Esdragon	402	fiedernervig	39	freie Ortsbewegung	193
Esparette	372	Filament	68	— Zellbildung	98
Espe	320	Filicinae	301	Fremdbestäubung	77
Essigmutter	258			Fritillaria	410

	Seite		Seite		Seite
Froschbiß	407	Gartenkresse	338	Glenodium	260
Froschlaichbakterie	257	Gastromyceten	287	Glitschbewegung	87
Froschlöffel	407	Geaster	290	Globoide	91
Frucht	79	Gefäße	104	Globularia	386
Fruchtblätter	59. 236	Gefäßkryptogamen	252. 301	Globulariaceen	386
Fruchthülle	75	Gefäßpflanzen	252	Glockenblume	394
Fruchtknoten	59. 72	Gefäßteile	125	Gloeocapsa	255
Fruchtwand	79	geflügelt	44	Gloesporium	282
Fructus Anisi	361	gefrieren	144	Glumifloren	416
— Aurantii immaturi	349	gefüllte Blüten	248	Glycine	372
— Capsici	383	Gehilffinnen	240	Glycyrrhiza	373
— Cardamomi	425	gehörter Tüpfel	94	Gnetaceen	317
— Carvi	361	Geißblatt	396	Gnetum	317
— Colocynthis	396	Geißelfäden	193	Gnomonia	282
— Foeniculi	361	Geitonogamie	77	Götterbaum	351
— Juniperi	313	Geizen	357	Goldlack	338
— Lauri	331	gekreuzte Blattstellung	9	Goldregen	372
Frühlingsknotenblume	410	Geleitzellen	105	Golfkraut	273
Frühlingskreuzkraut	403	Gelenkpflanzen	196	Gomphonema	262
Frullania	296	Gelenkpolster	201	Gonidien	166. 290
Fucaceen	272	Generationswechsel	221	Gonimblasten	274
Fuchsia	366	generative Zelle	240	Gonium	264
Fuchsschwanz	422	genetische Spirale	10	Gossypium	346
Fucus	272	Genista	371	Gottvergeß	388
Fugenfläche	360	Gentiana	388	Gräser	418
Fühlborsten	116. 210	Gentianaceen	388	Gramineen	418
Fühlpapillen	116. 210	Genus	251	Granatrinde	367
Fühltüpfel	116. 210	Geocalycaceae	296	Graphidaceen	292
Füllzellen	117	Geotropismus	196	Graphis	292
Fuligo	276	Geraniaceen	346	Graslilien	417
Fumaria	338	Geranium	346	Grasnelke	379
Fumariaceen	338	Gerber-Sumach	352	Gratiola	383
Funariaceae	300	Gerbstoffschläuche	106	Grenzzellen	254
Fungi	253	Gerste	421	Griffel	72
Funiculus	74	Gescheine	357	Grimmiaceae	300
Furchengeißelträger	260	geschlechtliche Fort- pflanzung	221	Grinde	398
Fusicladium	282	Geschlechtszellen	221	große Periode	177
Fusicnplasmodium	275	Gesneraceae	382	Grünalgen	259
Futterröbe	328	Getreiderost	284	Grünkohl	338
Gabeln	357	Gewebe der Gefäßlosen	138	Gruinalen	346
Gänsefuß	328	Gewebelehre	99	Grundgewebe	108. 119
Gagea	410	Gewebespannung	181	Grundspirale	10
Galanthus	410	Gewebesysteme	108	Grundstamm	30
Galaxaura	274	Gewürznelken	367	Guajacum	349
Galbanum	362	Gichtschwamm	289	Guajakholz	349
Galeopsis	388	Giersch	361	Günsel	388
Galgant	425	Gift-Lattich	404	Gummi arabicum	374
Galinsoga	403	Giftlilien	410	Gummibaum	324
Galium	496	Gift-Sumach	352	Gummigutt	342
Gallae	322	Gigartina	274	Gundelrebe	388
Galläpfel	322	Gigartiniaceen	274	Gurke	395
Gallenbildungen	191	Ginkgo	317	Gutta-percha	380
Gametangien	223	Ginkgoaceen	317	Guttation	154
Gameten	222	GINSTER	371	Gutti	342
Gametenkopulation	222	Gladiclus	411	Guttulinaceae	275
gamopetal	66	Glasschmalz	328	Gymnadenia	427
ganzrandig	42	Gleba	289	Gymnoasci	283
Garcinia	342	Glechoma	388	Gymnogramme	305
Gardeniaceae	394	Gleicheniaceae	304	Gymnomitriaceae	296
Gartenbohne	372	gleitendes Wachstum	180	Gymnospermen	252. 312
				Gynaeceum	59. 72

	Seite		Seite		Seite
Gynandrier	426	Hemitelia	305	Hülse	80
Gynostemium	71	Hepatica	333	Hülsen	356
Haarbildungen	112	Hepaticae	293	Huflattich	401
Haarwurzeln	26	herablaufend	48	Huflattichblätter	402
Hafer	421	Heracleum	361	Humulus	325
Haftorgane	26	Herba Absinthii	403	Humusbewohner	167
Haftwurzeln	21	— Cardui benedicti	404	Hundskamille	403
Hagenia	371	— Centaurii	388	Hundsrose	368
Hahnenfuß	333	— Lobeliae	394	Hungerblümchen	338
Hainbuche	321	— Meliloti	373	Hungerzwetschgen	283
Hakenklimmer	32	— Serpylli	388	Hyacinthus	410
Halbsträucher	29	— Thymi	388	hyalin	217
halbunterständig	64	— Violae tricoloris	340	Hybridation	77. 248
Hallimasch	287	Herbstzeitlose	410	Hybriden	248
Halophyten	147	Hernandiaceae	330	Hydathoden	115. 154
Halorhagidaceen	366	Herzfäule	282	Hydnaceen	287
Hamamelidaceen	364	Heterocysten	254	Hydnum	287
handnervig	38	heteromer	291	Hydrastis	333
Hanf	325	Heterophyllie	42	Hydrastisrhizom	333
hapaxanthisch	214	heterospore	310	Hydrocharis	407
Haplobacterinae	257	Heterosporeae	308	Hydrocharitaceen	407
haploid	221	Heterostylie	79	Hydrodictyceen	265
Haplolaenaceen	295	heterotypische Kern- teilung	246	Hydrodictyon	265
Haplomitriaceae	295	Heubacillus	258	Hydrophyten	147
Haplophase	221	Hevea	359	Hydropteriden	306
haplostemon	70	Hexenkraut	366	Hydrotropismus	199
Hartheu	341	Hibernakel	53	Hylocomium	301
Hartriegel	362	Hilum	82	Hymenium	286
Harzgänge	107	Himbeere	369	Hymenogastreus	290
Haselstrauch	321	Himbeersirup	371	Hymenomyceten	286
Haselwurz	376	Hippocastanaceen	353	Hymenophyllaceen	304
Hasenöhrchen	287	Hippocrateaceae	355	Hymenophyllum	304
Hauhechel	371	Hippophaë	368	Hyoscyamus	383
Hauhechelwurzel	373	Hippuris	366	Hypanthium	64
Hauptreihe der Diver- genzen	11	Hirse	421	Hypericaceen	341
Hauptrippen	360	Hirsebrand	284	Hypericum	341
Hauptsproß	6	Hirtentäschel	338	Hyphen	276
Hauptwurzel	6	Hochblätter	53. 74	Hypnaceen	301
Hausschwamm	287	Höswurz	427	Hypnum	301
Haustorien	24. 152	Hoftüpfel	94	Hypoderm	109
Hautfarne	304	hohle Internodien	181	hypogäisch	5
Hautgewebe	108	Hohlzahn	388	hypogyn	63
Hautpilze	286	Holunder	396	Hypokotyl	4
Hedera	362	Holunderblüten	396	hypokotyles Glied	4
Hefepilze	283	Holz	130	Hyponastie	190
Heide	379	Holzfasern	125	Hysterophyten	374
Heidekorn	327	Holzparenchym	125	Iatrorrhiza	331
Heidelbeeren	379	Holzteer	315	Igelkolben	415
Heinbuche	321	homoeomer	290	Ilex	356
Helianthemum	341	Homogyne	402	Imbibition	168
Helianthus	403	Homologieenlehre	235	Impatiens	348
Heliotropismus	146. 199	Honigtau	281	Indusium	234
Helleborus	333	Hookeriaceae	301	Ingwer	424
Helm	422	Hopfen	325	Initialen	102
Helobier	406	Hopfenklee	371	innere Ausbildung	177
Helvella	282	Hordeum	421	innere Haare	116
Hemiasci	283	Hormogonien	216	Insektivoren	50. 148. 163
Hemibasidier	284	Hornklee	371	Insertion	8
hemicyklisch	60	Hühnerdarm	329	Integument	58. 74
		Hüllspelzen	419	Intercellularräume	107

	Seite		Seite		Seite
Interfascicularcambium	129	Kalmus	414	Klappertopf	384
interkalar	36	Kalmuswurzel	415	Klassen	251
Internodien	9. 28	Kalypstrogen	102	Klee	372
Intine	236	Kamala	359	Kleeseide	382
intramolekulare		Kamellia	342	kleistogam	79
Atmung	174	Kamillen	403	Kleppel	398
intrastaminal	64	Kampfer	331	Klette	404
intrors	69	Kampylotrop	74	Kletterhaken	32
Intussusception	93. 176	Kappern	338	Kletterpflanzen	31
Inula	402	Kapsel	80	Klimmhaare	114
Inulin	91	Kapsel Früchte	79	Klinostat	197
Involucellum	360	Kapuzinerkresse	347	Knabenkraut	427
Involucrum	75	Kapuzinerpilz	287	Knäuelgras	422
Iridaceen	411	Karbon	244	Knautia	398
Iris	411	Kardamomen	425	Knoblauch	410
irländisch Moos	274	Kardinalpunkte	142	Knöllchenbakterien	167
isländisches Moos	291	Kardobenediktenkraut	404	Knöterich	327
Isoëtaceen	310	Karpelle	59	Knolle	35
Isoëtes	310	Karpogon	228	Knollenblätter-	
isogam	222	Karpophor	360	schwamm	287
isolateral	121	Karposporen	228. 273	Knopfkraut	403
isomer	60	Kartoffel	383	Knospenschuppen	52
Isosporeae	308	Kartoffelkrankheit	279	Knoten	9. 28
Isthmus	215	Karyogamie	229	Kobaltprobe	154
Jaborandiblätter	351	Karyokinese	88	Königskerze	384
Jahresperiode	185	Karyopse	80	Köpfchen	75
Jahresringe	130	Kaskarillrinde	359	Körnchenplasma	85
Jakobskreuzkraut	403	Kassavestrauch	359	Koffein	342
Jalapenwurzel	382	Katechu	374. 396	Kohl	338
Jambosa	367	Kaulfussia	303	Kohlendioxydausschei-	
Jasione	394	Kaurifichte	313	dung	172
Jasminaceae	388	Kauri-Kopal	313	Kohlhernie	275
Jochalgen	259	Kautschuk	324. 359. 390	Kohlrabi	338
Johannisbeere	364	Kautschukbaum	324	Kohlablätter	353
Johanniskraut	341	Keimblätter	4	Kokaïn	353
Jubuleen	296	Keimling	4	Kokken	257
Judasrohr	286	Keimscheide	420	Kokosnuß	415
Juglandaceen	322	Keimung	5	Kokospalme	415
Juglans	322	Keimwurzel	4	Kolanußbaum	344
Julifloren	319	Kelch	59. 64	Kolben	75
Juncaceen	417	Kelchblätter	64	Kolombowurzel	331
Juncaginaceae	406	Kelchstamina	69	Kolophonium	315
Juncus	417	Kerbel	361	Koloquinthen	396
Jungermannia	297	Kern des Stärkekorns	90	Kompaßpflanzen	44
Jungermanniaceen	297	Kerngerüst	87	Kompositen	398
Jungermanniinen	295	Kernholz	131	Kondurangorinde	391
Juniperus	313	Kernkörperchen	87	konzentrisch	125
Jura	244	Kernmembran	87	Kohlkopf	338
Jussiaea	366	Kernpaarung	229	Kopfsalat	404
Jute	344	Kernplatte	88	Kopra	415
Kälberkropf	361	Kernsegmente	87	Korkeiche	322
känozoische Periode	244	Kernspindel	88	Korkgewebe	116
Kätzchen	75	Kernteilung	87	Korkkambium	118
Kaffeebaum	396	Kernverschmelzung	221	Korkschicht	116
Kakao	344	Kickxia	390	Kornblume	404
Kakaobaum	344	Kiefer	314	Kornelkirsche	362
Kakaobutter	344	Kiefernholz	132	Kornrade	330
Kalkalgen	274	Kieselalgen	261	Korrelation	186
Kalla	415	Kieselgur	262	Korrelationserschei-	
		Kirsche	369	nungen	187
		Kirschensirup	371	Kosoblüten	371

	Seite		Seite		Seite
Kotyledonen	4	Laubflechten	291	Ligula	46. 310
Kraftwechsel	86. 168	Laubmoose	297	Liguster	392
Krameria	373	Laubwechsel	185	Ligustrum	392
Kratzdistel	404	Lauraceen	330	Liliaceen	410
Kreide	244	Laurus	331	Liliifloren	408
Kreuzbefruchtung	77	Lavandula	388	Lilium	410
Kreuzblume	354	Lavendelblüten	388	Limnanthaceae	346
Kreuzdorn	356	Lebensbedingungen	141	Linaceen	347
Kreuzdornbeeren	356	Lebensdauer	214	Linaria	384
Kreuzkraut	403	Leberblümchen	333	Linde	343
Kreuzung	77	Lebermoose	293	Lindenblüten	344
Kristalle	92	Lecanora	292	Lindenh Holz	133
Kristalloide	91	Lecanoraceen	292	Linkswinder	198
Kristallschläuche	106	Lecythidaceen	367	Linse	372
Kronblätter	65	leere Zellen	97	Linum	348
Krone	59. 64	Legföhre	314	Lippenblüten	66
Kronenrost	286	Leguminosen	371	Liquidambar	364
Kronstamina	69	Leimkraut	329	Listera	427
Kropf des Kohls	275	Leimzotten	114	Lithospermum	388
Krotonöl	359	Lein	348	Loasaceae	365
Krümmungsbewegun- gen	195	Leindotter	338	Lobelia	394
Krustenflechten	291	Leinkraut	384	Lobeliaceen	394
Kryptogamen	253	Leinsamen	348	Lobelienkraut	394
Kubeben	323	Leitbündel	108. 124	loculicid	80
Kuckucksblume	427	Lemanea	274	Lodiculae	419
Kuckuckslichtnelke	329	Lemma	415	Löffelkraut	338
Küchenschelle	333	Lemnaceen	415	Löwenzahn	404
Küchenzwiebel	410	Lens	372	Loganiaceen	391
Kümmel	361	Lentibulariaceen	385	Lohblüte	276
künstliche Ernährung	149	Lenticellen	117	Lolium	422
— Systeme	250	Leontopodium	402	Lonicera	396
Kürbis	395	Lepidium	338	Loranthaceen	374
Kugelblume	386	Lepidodendren	244. 311	Lorbeerbaum	331
Kuhpilz	287	Lepidodendren	296	Lorbeeren	331
Kurztriebe	29	Lepidoziaceae	287	Lotten	357
		Lepiota	279	Lotus	371
		Leptosphaeria	281	Luftwurzeln	19
		leptosporangiate	303	Luisianamoos	412
		Leptothrix	259	Lungenkraut	388
		Leptotrichaceen	257. 259	Lunularia	294
		Leskeaceae	301	Lupine	372
		Leuchtmoos	144	Lupinus	372
		Leucobryaceae	300	Lupulin	325
		Leucojum	410	Luzerne	372
		Leucoplasten	89	Luzula	417
		Levisticum	361	Lychnis	329
		Levkoje	338	Lycogala	275
		Lianen	31	Lycoperdaceen	290
		Liceaceae	275	Lycoperdon	290
		Lichenen	290	Lycopodiaceen	309
		Lichen islandicus	292	Lycopodinae	302
		Licht	144	Lycopodinen	308
		Lichtbedürfnis	144	Lycopodium	309
		Lichtnelke	329	Lycopsis	387
		Lichtreize	189	Lyngbya	255
		Lichtsinnorgane	212	lysigen	107
		Liebstockelwurzel	361	Lysimachia	379
		Lignin	95	Lythraceen	367
		Lignum Guajaci	349	Lythrum	367
		— Quassiae	351		
		— Sassafras	331		

	Seite		Seite		Seite
Macis	333	Meliaceae	349	monopodial	7
Macrocytis	272	Melanthaceae	353	Monostroma	266
Madotheca	296	Melilotus	371	Monotropa	379
Märzveilchen	340	Melissa	388	Monstera	415
Magnoliaceae	330	Melissenblätter	388	Moosbärte	291
Maiglöckchen	410	Melocactus	330	Moose	252. 292
Mais	421	Melone	595	Moraceen	323
Makrokokken	256	Melosiraceen	262	Morchel	282
Makrosporen	231	Mendelsche Regel	247	Morchella	282
Malabar-Kardamomen	425	Menispermaceen	330	Moreae	323
Mallotus	359	Mentha	388	Morphologie	3
Malpighiaceae	353	Menyanthes	388	Mortierellaceae	278
Malva	345	Mercurialis	359	Morus	324
Malvaceen	344	Meriacarpium	80	Mostrich	338
Malvenblätter	345	Merismopedia	255	Mucor	278
Malvenblüten	345	Meristem	100	Mucoraceen	278
Mamillaria	330	Merkmalpaare	246	Müllersche Körperchen	324
Mammutbaum	315	Merulius	287	Mütze	232
Mandarinen	349	Mesocarpus	264	Mundbesatz	232
Mandeln	371	Mesokarp	79	Musa	424
Mangifera	352	Mesophyten	147	Musaceen	424
Mangold	328	mesozoische Periode	244	Musci	293
Mangroveformation	20	metamorphosierte		Muskatnuß	333
Manihot	359	Blätter	49	Mutation	249
Manna	392	— Sprosse	32	Mutisieae	404
Maranta	426	— Wurzeln	22	Mutterkorn	281
Marantaceen	425	Metroxylon	415	Mycel	26. 276
Marattia	303	Metzgeria	295	Mycelium	26. 276
Marattiaceen	303	Metzgeriaceen	295	Mycorrhiza	167
Marbel	417	Micelle	93. 169	Myosotis	387
Marchantia	294	Micrasterias	264	Myricaceae	319
Marchantiaceen	293	Micrococcus	257	Myriophyllum	366
Marchantiinen	293	Mikrokokken	256	Myristica	333
Markstrahlen	229	Mikropyle	58. 74	Myristicaceen	333
Markverbindungen	119	Mikrosporen	231	Myroxylon	373
Maronen	322	Milchröhren	105	Myrrha	351
Marsdenia	391	Milchsaft	106	Myrsinaceen	379
Marsilia	308	Mimosa	373	Myrtaceen	367
Marsiliaceen	307	Mimosaceen	373	Myrte	367
maskiert	67	Minimum	141	Myrtifloren	365
Maßliebchen	402	Minze	388	Myrtus	367
Mastixharz	352	Mistel	24	Myxamöben	275
Matthiola	338	mitotische Kernteilung	88	Myxogasteres	275
Matricaria	403	Mittellamelle	94	Myxomyceten	253. 274
Mauerpfeffer	363	Mittelrippen	360	Nabel	82
Maulbeerbaum	324	mittelständig	63	Nabelstrang	74
Maximum	143	Mnium	300	Nachbarbefruchtung	77
mechanisches System	123	Möhre	361	Nachtkerze	366
Mechanomorphose	188	Mohn	337	Nachtschatten	383
Mediane	61	Mohnkapseln	338	nackte Knospen	53
Medicago	371	Mohnsamen	338	— Zellen	96
Meerrettich	338	Mohrrübe	361	Nacktsamige	252
Meerzwiebel	410	Monimiaceae	330	Nadeln	41
Mehltaupilze	280	Monke	394	Nährlösungen	149
mehrschig	29	Monoblephariadaceae	279	Nährsalze	149
mehrfächerig	73	Monochasium	77	Nährstoffe	148
Melampyrum	384	monoecisch	59	Nagel	65
Melandryum	330	monokarpisch	214	Najadaceae	406
Melanogaster	290	monoklin	59	Narbe	72
Melastomaceae	366	Monokotylen	5. 404	Narcissus	410
Melde	328	monomer	60		

	Seite		Seite		Seite
Narzisse	410	oberständig	63	Oryza	421
Nastieen	196	obliteriert	105	Oscillaria	255
nastische Bewegungen	196	Ochnaceae	339	Oscillariaceen	255
Nasturtium	338	Ochrea	47	Osmose	169
Natterkopf	388	Oedogoniaceen	266	osmotische Befähigung	86
natürliche Systeme	250	Oedogonium	266	Osmunda	306
Navicula	262	Oelbaum	392	Osmundaceen	306
Naviculaceen	262	Oellücken	108	Osterluzei	376
Nebenblätter	38. 47	Oelpalme	415	Ourouparia	396
Nebenkrone	65	Oelstriemen	360	Oxalidaceen	347
Nebenzellen	112	Oelweide	368	Oxalis	347
Nebenrippen	360	Oelzellen	106	Paeonia	333
Neckeraceae	301	Oenothera	366	paläozoische Periode	244
Nectria	282	Oenotheraceen	366	Palaquium	380
Nektarien	64. 115	Okulieren	192	Palisadenparenchym	120
Nelke	329	Oidium	280	Palmen	415
Nelkenpfeffer	367	Olea	392	Palmkernkuchen	415
Nemalionaceen	274	Oleaceen	391	Palmöl	415
Nemalium	274	Oleander	390	Pandanaceen	416
Neo-Lamarckismus	249	Oleum Arachidis	373	Pandanalen	415
Neottia	427	— Cacao	344	Pandanus	416
neozoische Periode	244	— Crotonis	359	Pandorina	265
Nepenthaceen	341	— Macidis	333	Panicum	421
Nepenthes	341	— Olivarum	392	Papaver	337
Nephelium	353	— Ricini	359	Papaveraceen	337
Nerium	390	— Rosmarini	388	Papayaceae	365
Nervatur	38	— Santali	374	Papilionaceen	371
Nessel	326	— Sesami	385	Pappeln	320
netznervig	38	Olivenöl	392	Pappus	65
Neugewürz	367	Onagraceen	366	Papyrusstaude	418
neuseeländischer		Onobrychis	372	Paradiesfeigen	424
Flachs	410	Ononis	371	parallelnervig	38
nichtcelluläre Pflanzen	87	oogam	222	Paranüsse	367
Nicotiana	383	Oogonium	222	Parasiten	148
Nidulariaceen	289	Oomyceten	278	Parastichen	11
Niederblätter	50	Oosphäre	222	paratonische Bewe-	
Nieswurz	333. 410	Oospore	222	gungen	196
Nisselsalat	397	Ophioglossaceen	303	Parenchym	103
Nitella	269	Ophioglossum	303	parietale Plazentation	73
Nitragin	258	Ophrys	427	Paris	410
Nitrobakterien	258	Opium	338	Parmeliaceen	292
Nolde	396	Optimum	142	Parnassia	364
Nostoc	255	Opuntia	330	Parthenogenesis	247
Nostocaceen	255	Opuntinae	330	Passifloraceae	365
Notochlaena	305	Orangen	349	Passiflorinen	364
Nucellus	74	Orangenbaum	349	Pasta Guarana	353
Nuculiferen	386	Orchidaceen	426	Pastinaca	361
Nukleïn	87	Orchis	427	Pastinak	361
Nukleolus	88	Ordnungen	251	Paullinia	353
Nuphar	336	Organisations-		Payena	3 0
Nuß	79	merkmale	249	Pediastrum	265
Nußfrüchte	79	Organographie	3	Pedicularis	384
Nutation	196	Orientierungs-		Pelargonium	347
Nyctaginaceae	327	bewegungen	196	Pellia	296
Nymphaea	336	Origanum	388	pendelartige Nutation	196
Nymphaeaceen	336	Ornithogalum	410	Penicillium	281
Obdiplosdemon	70	Ornithopus	372	Pensée	339
Oberblatt	37	Orobanchaceen	385	Pentacycliae	377
Oberblätter	296	Orobanche	385	Perception	209
oberschlächtig	296	Orthospermae	361	Perennen	214
		Orthostichen	11		

	Seite		Seite		Seite
Perianth	58	Phallus	289	Pistaciennüsse	352
Perianthium	296	Phanerogamen	253	Pisum	372
Periblem	102	Phasenwechsel	221	Pitafaser	413
Pericambium	127	Phaseolus	372	Pittosporaceae	363
Pericarp	79	Phegopteris	305	Pix liquida	315
Perichaetium	296	Phelloderm	118	Placenta	73
Pericykel	127	Phellogen	118	Placentation	73
Periderm	118	Philadelphus	364	Placophora	260
Peridie	275. 289	Philydraceae	412	Plagiochila	297
Peridinaceen	260	Phleum	421	plagiotrop	190
Peridinium	260	Phoenix	415	Plankton	260
Peridiolen	290	Phoma	282	Planogameten	223
Perigon	57. 59	Phormium	410	Plantaginaceen	386
perigyn	63	photometrisch	207	Plantago	386
Perikambium	127	Photomorphose	189	Plasma	85
Perikarp	79	Phototaxis	193	Plasmodesmen	86
Periklinalchimären	192	Phototropismus	199	Plasmodiospora	275
Periklinen	180	Phragmidium	286	Plasmodium	193. 274
periodische Bewegungen	204	Phycocyan	254	Plasmocarpium	276
Perisperm	81	Phycoerythrin	273	Plasmolyse	171
Perisporiaceen	280	Phycomyces	278	Plastik der Blütheile	63
Peristom	232	Phycomyceten	277	Platanaceen	364
Perithecium	280	Phycophaein	270	Platane	364
Perm	244	Phylloodium	44	Platanus	364
Peronospora	279	Phyllokladien	32	Platanthera	427
Peronosporaceen	279	Phyllolobeae	371	Platte	65
Persica	369	Phylloxera	357	Platterbse	371
personat	66	Physaraceen	276	Platycerium	305
Personaten	382	Physcia	292	Platyphyllaceen	296
Pertusaria	292	Physiologie	141	Pleiochasium	77
Pertusariaceen	292	Physostigma	373	Pleospora	281
Perubalsam	373	Physostigminum	373	Plerom	102
Perzeption	209	Phytelephas	415	pleurocarpe	301
Pestalozzia	282	Phyteuma	394	Pleurococcaceen	265
Pestwurz	402	Phytolaccaceae	327	Pleurococcus	265
Petalen	65	Phytomyxinen	275	Pleurosigma	262
Petasites	402	Phytophthora	279	Plumbaginaceen	379
Petersilie	361	Piassave	415	Plumala	4
Petroselinum	361	Picea	315	Poa	422
Peziza	282	Picrasma	351	Podetien	291
Pfaffenhütlein	356	Pilacreae	284	Podocarpaceae	315
Pfahlwurzel	18	Pilobolus	278	Podophyllum	331
Pfeffer	323	Pilocarpus	351	Podophyllum	331
Pfefferminzblätter	388	Pilularia	307	Polarität	188
Pfeifenstrauch	376	Pilzcellulose	96	Polemoniaceae	382
Pfennigkraut	379	Pilze	253. 276	Polkerne	240
Pferdebohne	372	Pimenta	367	Pollenfach	68
Pfifferling	287	Pimpinella	361	Pollenkörner	69. 231
Pfingstrose	333	Pinguicula	385	Pollensäcke	57
Pfirsich	369	Pinnularia	262	Pollenschlauch	237
Pflanzenart	251	Pinoideen	313	Pollinarium	69
Pflanzenfamilien	251	Pinus	314	Pollinium	69
PflanzenGattung	251	Piper	323	polyarch	127
Pflanzenschleim	96	Piperaceen	322	Polycarpicae	330
Pflaume	369	Piperinen	322	Polyembryonie	247
Pfropfbastarde	192	Piptcephalidaceae	278	Polygala	354
Pfropfen	192	Pirola	379	Polygalaceen	354
Pfropfreis	192	Pirus	369	Polygonaceen	327
Phaeophyceae	260	Pisang	424	Polygoninen	327
Phaeophyceen	70	Pisum	372	Polygonum	327
Phallaceen	289	Pistacie	352	polykarpisch	214

	Seite		Seite		Seite
polymer	60	Punica	367	Rechtswinder	198
Polypodiaceen	305	Pyrenoide	263	reduzierte Wurzeln	25
Polypodien	305	Pyrenolichenen	290	Reduktionsteilung	221
Polypodium	305	Pyrenomyceten	281	Reihen	251
Polyporaceen	287	Pythium	279	Reiherschnabel	346
Polyporus	287	Pyxidium	80	Reis	421
Polystigma	282			Reizaufnahme	209
Polytrichaceen	300	Quassia	351	Reizbarkeit	86. 204
Polytrichum	300	Quassiaholz	351	Reizbewegungen	196
Pomeranzen	349	Quebrachorinde	390	Reize	203
Pomeranzenschale	349	Quecke	423	Reizker	287
Pompelmusen	349	Quendel	388	Reizleitung	213
Pompholyx	290	Querabstand	19	Reizperzeption	209
Pontederiaceae	412	Quercus	321	Reizschwelle	209
Populus	320	Querschnitt	133	Reizstimmung	209
Porenkapsel	80	Quillaia	371	Reizursache	205
Porre	410	Quirlstellung	9	Reizwirkung	205
Portulacaceae	329	Quitte	369	Renntierflechte	291
Potamogeton	406			Replum	80
Potamogetonaceen	406	Racemös	75	reproduktiver Sproß	56
Potentilla	369	radiär	13	Resedaceae	339
Potometer	153	radialer Längsschnitt	131	Reservecellulose	96
Pottiaceae	300	Radix Althaeae	345	Reservestärke	89
Preißelbeeren	379	— Angelicae	361	Reservestoffbehälter 34. 52	
Preissia	294	— Colombo	331	Restionaceae	412
Preßhefe	283	— Gentianae	388	resupinieren	426
primäre Rinde	119	— Ipecacuanhae	396	Reticulariaceae	275
Primordialblätter	8	— Levistici	361	Rettich	338
Primula	379	— Liquiritiae	373	revolutive Nutation	195
Primulaceen	379	— Ononidis	373	rezessiv	246
Primulinen	379	— Pimpinellae	361	Rhabarber	327
Principes	415	— Ratanhiae	373	Rhamnaceen	356
Procarp	227. 274	— Sarsaparillae	410	Rhamnus	356
Prosenchym	103	— Senegae	355	Rheotaxis	194
protandrisch	78	— Taraxaci	404	Rheum	327
Proteaceae	368	— Valerianae	397	rhexigen	107
Prothallium	232	Radula	296	Rhizoiden	26
Protobasidium	284	Rafflesiaceae	374	Rhizoktonia	282
Protococcaceae	265	Rainfarn	403	Rhizom	30
Protococcoideen	265	Ramalina	291	Rhizoma Calami	415
protogyn	78	Ramalinaceen	291	— Filicis	306
Protomyces	283	Ramieh	326	— Galangae	425
Protomyceten	283	Randnerven	39	— Hydrastis	333
Protonema	231. 292	Ranken	196. 203	— Iridis	411
Protoplasma	85	Ranunculaceen	333	— Rhei	327
Protoplasmaströ- mung	86. 194	Ranunculus	333	— Veratri	410
Protoplasmaverbindun- gen	86	Raphanus	338	— Zedoaria	424
Prunus	369	Raphiden	92	— Zingiberis	424
Pseudopodien	275	Raps	338	Rhizomorpha	287
Psilotaceae	309	Rapünzchen	397	Rhizophoraceae	366
Pterideen	305	Rapunzel	394	Rhizopogon	290
Pteridophyten	252. 301	Rasamala	364	Rhododendron	379
Pteridospermae	311	Ratanhiawurzel	373	Rhodophyceae	260
Pteris	305	Raukensenf	338	Rhodophyceen	273
Ptilidiaceae	296	Raute	349	Rhodymeniaceae	274
Puccinia	284	Raygras	422	Rhoeadinen	336
Pulmonaria	387	Reaktion	205	Rhus	352
Pulpa	80	Reblaus	357	Ribes	364
Pulpa tamarindorum	373	Receptacula	294	Riccia	293
		recessiv	246	Ricciaceen	293
				Richardia	415

	Seite		Seite		Seite
Richtung der Teilungs-		Salicaceen	319	Schalfrucht	80
wand	101	Salicornia	328	Schalotte	410
Ricinus	359	Salix	319	Schattenpflanzen	145
Ricinusöl	359	Salsola	328	Scheinfrüchte	80
Riedgräser	417	Salvia	388	Scheitelzelle	99
Riesenformen	191	Salvinia	307	Scheuerkraut	308
Rinde	128	Salviniaceen	307	Schichtung der Stärke	90
Rindenporen	11	Salweide	319	Schichtung der Zell-	
Ringelborke	118	Salzkraut	328	wand	93
Ringgefäße	104	Sambucus	396	Schiefblatt	365
Rispe	76	Same	81	Schierling	361
Rispengras	422	Samen	79	Schiffchen	66
Rittersporn	333	Samenanlage	59. 74	Schildchen	420
Rivulariaceen	255	Sameneiweiß	81	schildförmig-	45
Robinia	372	Samenknospenkern	58	Schildkraut	338
Roggen	421	Samenmantel	82	Schimmelpilze	281
Roggenstengelbrand	284	Samenmund	82	Schistostegaceae	300
Rohrkolben	415	Samenpflanzen	253	Schizaeaceae	304
Rollblätter	41	Samenschale	81	Schizocarpen	298
Rosa	368	Samenschuppe	314	schizogen	107
Rosaceen	368	Samenschwiele	82	Schizokarpae	297
Rosenblätter	371	Sanddorn	368	Schizomyeten	254. 256
Rosenkohl	338	Sandelholz	374	Schizophyten	253. 254
Rosifloren	368	Sandelöl	374	Schlafbewegungen	203
Rosmarinöl	388	Sandzellen	92	schlafende Augen	9
Rosmarinus	388	Sanseviera	410	Schlafmohn	337
Roßkastanie	353	Santalaceen	374	Schlafstellung	204
Rostkrankheit	284	Sapindaceen	353	Schlangenwurz	415
Rostpilze	284	Sapotaceen	380	Schlauchpilze	279
Rotalgen	260	Saprolegnia	279	Schlehdorn	369
Rotang	415	Saprolegniaceen	279	Schleierchen	234
Rotation	86	Saprophyten	148	Schleimpilze	253. 274
roter Schnee	264	Sarcinaform	256	Schließfrüchte	79
Rotklee	371	Sarcobolaceae	371	Schließhaut	94
Rotkraut	338	Sargassowiesen	273	Schließzellen	111
Rubiaceen	396	Sargassum	273	Schlingpflanzen	30. 198
Rubiinen	396	Sarracenia	341	Schlüsselblume	379
Rubus	369	Sarraceniaceen	341	Schmarotzer	148
Rübe	22. 338	Sarsaparille	410	Schmeerwurz	410
Rübenbildung	22	Sassafras	331	Schmetterlingsblüten	66
Rübenschnitzel	328	Sassafrasholz	331	Schmierbrand	284
Rübsen	338	Saubohne	372	Schneeball	396
Rüster	323	Sauer-Ampfer	327	Schneeglöckchen	410
Rumex	327	Sauerdorn	331	Schnittlauch	410
Runkelrübe	328	Sauerklee	347	Schöllkraut	337
Ruscusarten	32	Sauerstoffausschei-		Schokolade	344
Rußbrand	284	dung	157	Schote	80
Ruta	349	Sauerstoffbedürfnis	147. 175	Schotendotter	338
Rutaceen	349	Sauerstoffverbrauch	172	Schraubel	77
		Saugorgane	25	Schraubelsympodium	77
Saatwicke	372	Saugwarzen	24. 152	Schraubenstellung	9
Sabadilla	410	Saugwurzeln	24	Schriftflechte	292
Saccharomyces	283	Saururaceae	322	Schuppenblätter	41
Saccharomyceten	283	Saxifraga	364	Schuppenborke	118
Saccharum	422	Saxifragaceen	363	Schuppenhaare	113
Sadebaum	313	Saxifraginen	362	Schusterpflaumen	283
Saflor	404	Scabiosa	398	Schwärmsporen	217
Safran	412	Scapania	297	Schwärze	281
Sago	415	Scenedesmus	265	Schwalbenwurz	391
Salbeiblätter	388	Schachtelhalme	308	Schwammparenchym	120
Salep	428	Schafgarbe	403	schwarzer Brenner	282

	Seite		Seite		Seite
Schwarzpappel . . .	320	Senecio	403	Spaltpflanzen . . .	253. 254
Schwarzwurz . . .	387	Senecioideae	402	Spaltpilze	254. 256
Schwarzwurzel . . .	404	Senegawurzel	355	spanischer Flieder . . .	392
Schwebeflora . . .	260	Senf	338	— Pfeffer	383
Schwefelbakterien . . .	258	Senker	25	spanisch Rohr	415
schwertförmig	47	Sennesblätter	373	Sparassis	287
Schwertlilie	411	Sepalen	64	Sparganium	415
Schwingel	422	septicoid	80	Spargel	410
Scilla	410	Sequoia	315	Spatha	75
Scirpus	418	Serum antidiphthericum	258	Spathifloren	413
Scitamineen	423	— antitetanicum	258	specielle Botanik	250
Scleroderma	290	Serradella	372	Species	251
Sclerodermaceen	290	Sesamöl	385	Specularia	394
Sclerotinia	282	Sesamum	385	Speichergewebe	121
Scolopendrium	305	Sexualzellen	221	Spelz	421
Scorzonera	404	Sherardia	396	Spergel	329
Scrophularia	384	Shorea	343	Spergula	329
Scrophulariaceen	383	Sichel	77	Spermatien	228
Scutellum	420	Siebelplatte	105	Spermatozoiden	228
Scytonemaceen	255	Siebröhren	105	Spermazellen	237
Secale	421	Siebteile	125	Spermogonien	285. 291
Sedum	363	Sigillarien	244. 311	spezielle Botanik	250
Seegras	406	Silberweide	319	Sphacelaria	272
Seerose	336	Silene	329	Sphacelariaceen	272
Seidelbast	368	Simarubaceen	351	Sphaerella	264
Seifenrinde	371	Simarubarinde	351	Sphaeropelea	267
Seitenrippen	360	Sinapis	338	Sphaeropeleaceen	267
Seitensprosse	6	Sinnesorgane	210	Sphaerotheca	267
Seitenwurzel	6. 17	Sinngrün	388	Sphagna	297
Sekretgänge	107	Siphoneen	268	Sphagnum	298
Sekretion	161	Siphonocladaceen	267	Spierstaude	369
Sekretschläuche	106	Siphonocladialen	267	Spinacia	328
sekundäre Cambien	129	Sirosiphonaceen	255	Spinat	328
— Markstrahlen	130	Sirupus Cerasorum	371	Spindelbaum	356
— Rinde	130	— Rhamni cath.	356	Spiraea	369
sekundärer Embryo- sackkern	242	— Rubi idaei	371	Spiralgefäße	104
sekundäres Dicken- wachstum	128	Sisalhanf	413	Spiralstellung	9
— Holz	128	Sisymbrium	338	Spirillaceen	257. 258
Selaginella	310	Sklerenchym	103	Spirillen	256
Selaginellaceen	310	Sklerenchymfasern	104	Spirillum	258
Selbstbefruchtung	77. 79	Sklerenchymzellen	104	Spirogyra	264
Selbstbestäubung	77	Sklerotienkrankheit	282	Spitzahorn	354
Selbsterilität	79	Sklerotium	281	Spitzpappel	320
selbstleuchtende Pflanzen	144	Smilacaceen	410	Splachnaceae	300
Selektionstheorie	249	Smilax	410	Splintholz	131
Seligeriaceae	306	Solanaceen	382	spontane Nutation	196
Sellerie	361	Solanum	383	Sporangien	217. 229
Semen Arecae	415	Sommereiche	321	Sporen	217
— Colchici	410	Sommerlinde	343	Sporenrucht	228. 235
— Foenugraeci	373	Sommerwurz	385	Sporenpflanzen	253
— Lini	348	Sonnenröschen	341	Sporensack	231
— Myristicae	333	Sonnenrose	403	Sporenschlauch	229
— Papaveris	338	Sonnentau	340	Sporogonium	232. 293
— Sabadillae	410	Sorbus	369	Sporokarpien	235. 307
— Sinapis	338	Soredien	291	Sporophyll	56. 235
— Strophanti	390	Sori	303	Springbrunnenbewegung	86
— Strychni	391	Sorus	234	Springfrüchte	79
Sempervivum	363	Spadicifloren	413	Springkraut	348
		Spaltalgen	254	Sproß	5
		Spaltfrucht	80	Sproßachse	28
		Spaltöffnungen	109. 111	Sproßachsen u. Blätter	8

	Seite		Seite		Seite
Sproßdornen	36	Streifung der Zellwand	93	Taxaceen	315
Sproßknollen	35	Streptococcus	257	Taxieen	193
Sproßpflanzen	253	Streptokokken	256	Taxodiaceen	315
Sproßranken	32	Strophantus	390	Taxoideen	315
Sproßsystem	6. 29	Strophantussamen	390	Taxus	315
Sprossung	98	Struktur der Zellwand	92	Teestrauch	342
Spumariaceae	275	Struthiopteris	305	Teile des Blattes	37
Stachelbeere	364	Strychnos	391	Teilfrucht	80
Stacheln	115	Stützblatt	8	Telephoraceen	287
Stachys	388	Stützwurzeln	21	Teleutosporen	285
Stackhousiaceae	353	Stylidiaceae	394	Tentakeln	165
Stärke	85. 89	Stypocaulon	272	Terebinthina	315
Stärkebildner	89	Styraceen	380	Terebinthinen	349
Stärkekörner	90	Styrax	364. 380	Ternstroemiaceen	341
Stärkescheide	128	Suberin	95	Terpentin	315
Staminodien	71	Succisa	398	Terpentinöl	315
stammeigene Bündel	124	Süßholz	373	Testa	81.
Stammknospe	4	sukkulente Blätter	50	Testudinaria	410
Stamm sukkulenten	34	Sumach	352	Tetanus-Heilserum	258
Staphyleaceae	353	Sumpfdotterblume	333	Tetracyclier	380
Staphylococcus	257	Sumpfwurz	427	Tetraphidaceae	300
statisches Organ	210	Suppenpilz	287	Tetrasporaceae	265
Staubblätter	57. 59. 236	superponiert	60	Tetrasporangium	229. 274
Staubbrand	284	Surirella	262	Tetrasporen	229. 274
Stauden	29	Surirellaceen	262	Teufels-Abbiß	398
Stechapfelblätter	383	Symbionten	166	Thallophyten	251. 253
Stecheiche	356	Symbiose	166	Thallus	15
Steckling	216	Symmetrieverhält- nisse	13. 61	Thea	342
Steinbrand	284	sympetal	65	Theca	68
Steineiche	321	Sympetalen	377	Theobroma	344
Steinfrucht	80	Symphoricarpus	396	thermophile Bakterien	258
Steinklee	371	Symphytum	387	Thermotropismus	201
Steinkohlenperiode	244	Sympodium	77	Thesium	374
Steinpilz	287	syncarp	72	Thuja	313
Steinsame	388	Synedra	262	Thymelaeaceen	368
Steinzellen	104	Synergiden	240	Thymelaeinen	367
Stele	119	Synkarpium	83	Thymian	388
Stellaria	329	Syringa	392	Thymus	388
Stellung der Blütenteile	60	Tabak	383	Tierfallen	50
Stelzwurzeln	20	Tabakblätter	383	Tierfang	164
Stemonitaceen	276	Taccaceae	409	Tilia	343
Stemonitis	276	Tälchen	360	Tiliaceen	343
Stengelbrand	284	Tagesperiode	182	Tillandsia	412
stengelumfassend	48	Talformen	188	Tilletia	284
Sterculiaceen	344	Tamaricaceae	339	Tilletien	284
Sternhaare	113	Tamarinendenmus	373	Timotheegras	421
Sternmiere	329	Tamarindus	373	Tollkirschenblätter	382
Stiefmütterchen	339	Tamus	410	Tolubalsam	373
Stieleiche	321	Tanacetum	403	Tolypothrix	255
Stinkbrand	284	tangentiaier Längs- schnitt	133	Tomentellaceae	287
Stinkmorchel	289	Tangwiesen	273	Topinambur	403
Stockrose	345	Taphrina	283	Torfmoose	297
Stoffwechsel	86. 148	Tapioka	359	Torus	94
Stolonen	35	Taraxacum	404	Totentrompete	287
Stomium	234	Taro	414	Toxine	256
Storax	364	Taubnessel	388	Trabeculae	311
Storchschnabel	346	Taumelloleh	423	Tracheiden	104
Sträucher	29	Tausendgüldenkrout	388	Tradescantien	412
Strahlenpilze	259			Träufelspitze	42
Strauchflechten	291			Tragacantha	373
Streckung	177			Traganth	373

	Seite		Seite		Seite
Tragblatt	60	Ulotrighalen	265	Verbenaceae	386
Transpiration	152	Ulva	266	Verbreitungsausrüstung	82
Transpirationsstrom	152	Ulvaceen	266	Vererbung	245
Transport der Nährsalze	152	Umbelliferen	360	Vergißmeinnicht	387
Transport des Wassers	152	Umbellifloren	360	Verholzung	95
Transversale	61	umgebildete Blätter	48	Verkalkung	95
Transversalgeotropis-		— Sprosse	31	Verkernung	131
mus	197	Uncinula	280	Verkieselung	95
Transversalheliotropis-		ungegliederte Milch-		Verkorkung	94
mus	199	röhren	105	Verlauf der Blattnerven	38
Trapa	366	ungeschlechtliche Fort-		Vermischungstheorie	249
Traube	75	pflanzung	215	Veronica	384
Traubig	75	unreife Mohnkapseln	338	verwachsen	48
Tremellinaceen	286	unsymmetrisch	15	Verzweigung	6
Treppengefäße	104	Unterkelch	63	Vexillum	66
triarch	127	unterschlächting	296	Viburnum	396
Trias	244	unterständig	63	Vicia	372
Trichia	275	Upasbaum	324	Victoria	336
Trichiaceen	275	Uragoga	396	vielmächtig	127
Trichogyn	228	uralte Bäume	214	Vinca	388
Trichobacterinae	257	Uredineen	284	Vincetoxicum	391
Trichomanes	304	Uredo	285	Viola	339
Trichome	112	Uredosporen	285	Violaceen	339
Tricoccae	358	Urginea	410	Viscum	376
Trifolium	371	Urocystis	284	Vitaceen	356
Trigonella	373	Uromyces	286	Vitis	356
trimer	60	Ursachen der Form-		Vochysiaceae	353
Triticum	421	bildung	186	Vogelbeere	369
Triuridaceae	406	Urtica	326	Vogelnest	427
Trockenfrüchte	79	Urticaceen	325	Vogelwicke	371
Tropaeolaceen	347	Urticinen	323	Volvocaceen	264
Tropaeolum	347	Usnea	291	Volvocineen	264
Tropfenausscheidung	154	Usneaceen	291	Volvox	265
Tropismen	196	Ustilaginaceen	284	Vorblätter	60
Trüffelpilze	282	Ustilagineen	284	Vorläuferspitze	43
trugdoldig	75	Ustilago	284	Vorspelze	419
Tsuga	315	Utricularia	385		
Tuber	282	Utriculariaceen	385	Wacholder	313
Tubera Aconiti	333	Vaccinium	379	Wacholderbeeren	313
— Jalapae	382	Vakuolen	85. 90	Wachsausscheidung	111
— Salep	428	Valeriana	397	Wachstum	176
Tuberculinum	258	Valerianaceen	397	— der Organe	179
Tubifloren	382	Valerianella	397	— der Zellen	176
Tubuliflorae	399	Valoniaceen	267	— des Gesamtorganis-	
Tüpfel	94	Vanilla	428	mus	181
Tüpfelkanal	94	Vaucheria	268	Wachstumsphasen	177
Tulipa	410	Vaucheriaceen	268	Wachstumsrichtung	30
Turgescenz	171	vegetabilisches Elfen-		Wachtelweizen	384
Turgor	171	bein	96. 415	Wärme	143
Turneraceae	365	Vegetationspunkt	6	Wärmebedürfnis	143
Turnips	338	vegetativer Sproß	28	Wärmeerzeugung	
Tussilago	401	vegetatives Leben	141	durch Atmung	175
Tyllen	131	vegetative Vermehrung	215	Waldmeister	396
Typha	415	Veilchen	339	Walnußbaum	322
Typhaceen	415	Veilchenstein	267	Walnußblätter	322
		Veilchenwurzel	411	Wanderung der orga-	
Uhrfederranken	188	Velamen	20	nischen Stoffe	161
Ulmaceen	323	Veratrin	410	— der Stärke	161
Ulmus	323	Veratrum	410	Wandflechte	292
Ulothrix	266	Verbascum	384	Wandplasma	85
Ulotrighaceen	266			Wasseraufnahme	150

	Seite		Seite		Seite
Wasserbedürfnis	146	Woodsia	305	Zentralkörper	254
Wasserbewegung	152	Wucherblume	403	Zentralplazenta	73
Wasserblätter	42	Wundklee	371	zentralwinkelständig	73
Wasserdost	402	Wurzel	5. 16	zentrisch	121
Wasserfarne	306	Wurzelbrut	9	Zichorie	404
Wasserform	191	Wurzelndornen	24	Ziest	388
Wassergewebe	122	Wurzelndruck	154	Zimbelkraut	427
Wasserholm	385	Wurzelhaare 17. 116.	150	Zimt	330
Wasserkulturen	149	Wurzelhaube	16	Zingiber	424
Wasserlinsen	415	Wurzelhülle	20	Zingiberaceen	424
Wassernuß	366	Wurzelknöllchen	167	Zinnkraut	308
Wasserpest	407	Wurzelknollen	22	Zirbe	314
Wasserschierling	361	wurzellose Gefäßpflanzen	25	Zirbelkiefer	314
Wasserspaltan	112	zen	25	Zirkulation	86
Wasserspeicher	33	Wurzelscheide	420	Zitronen	349
Wasserverdunstung	152	Wurzelschimmel	282	Zitronenbaum	349
Weberkarde	398	Wurzelschmarotzer	152	Zitronenschale	349
Wechselbeziehungen	186	Wurzelsprosse	9	Zittergras	422
Weggrich	386	Wurzelsystem	6	Zitterpappel	320
Weichsel	369	Wurzeltasche	25	Zitwerblüten	404
Weide	319	Wurzelstöter	282	Zitwerwurzel	424
Weidenröschen	366	Wurzel und Sproß	3	Zoogloeen	256
Wein	356	Wurzelzöpfe	191	Zoosporen	217
Weinstock	356	Xerophyten	147	Zostera	406
Weißbuche	321	Xyridaceae	412	Zuckerrohr	422
Weißdorn	369	Yamswurzel	410	Zuckerrübe	328
Weißklee	372	Yucca	410	Zungenblüten	66
Weißkraut	338	Zahl der Pflanzenarten	244	Zürgelbaum	323
Weißtanne	315	Zamia	313	zweiachsig	29
Weizen	420	Zanardinia	272	Zweiblatt	427
Weizenrost	284	Zaunrübe	395	zweihäusig	59
Weizenstärke	423	Zaunwicke	371	zweijährig	214
Welschkorn	421	Zaunwinde	382	zweilippig	64
Welwitsch	317	Zea	421	zweimächtig	127
Wermut	403	Zeiger am Bogen	183	Zwergformen	191
Weymouthskiefer	315	Zeitlosensamen	410	Zwetsche	369
Wicke	372	Zelle	84	Zwiebel	52
Wickel	77	Zellenlehre	84	Zwiebelbrut	220
Wickelsympodium	77	Zellenpflanzen	251	Zwischenglieder	9. 28
Wiesenschaumkraut	338	Zellinhalt	85	Zwischenrippen	360
Winden	198	Zellkern	85. 87	zwitterig	59
Wintereiche	321	Zellsaft	90	Zygnema	264
Winterknospen	53	Zellteilung	97	Zygnemaceen	264
Winterlinde	343	Zellverjüngung	98	zygomorph	61
Wirsing	338	Zellverschmelzung	98	Zygomyceten	277
Wirtel	9	Zellwand	85. 92	Zygophyllaceen	349
Wirtwechsel	285	Zentraleylinder	126	Zygospore	222
Wolfsmilch	359			Zygote	222
Wollblumen	384			Zymase	283
Wollhaare	114				

Botanisches Wörterbuch. Von Dr. *O. Gerke*, Hannover. Mit 103 Abb. [VI. u. 221 S.] 8. 1919. (Teubners kl. Fachwörterbücher Bd. 1.) Geb. M. 4.—

Gibt in mehr als 5000 Stichwörtern eine sachliche und werterklärende Umschreibung der wichtigeren Pflanzennamen und botanischen Fachausdrücke, und zwar enthält es die lateinisch-griechischen Artbezeichnungen und Gattungsnamen der Pflanzen, die wissenschaftlichen und deutschen Namen der Familien und größeren Gruppen, die nach Bau, Eigentümlichkeiten und Verwendbarkeit beschrieben werden. Die praktischen Bedürfnisse der Apotheker, Forstleute, Landwirte und Gärtner sind besonders in Rücksicht gezogen.

Pflanzenphysiologie. Von Prof. Dr. *H. Molisch*, Dir. des Pflanzenphysiologischen Instituts d. Univ. Wien. Mit 63 Abb. i. T. [V u. 102 S.] 8. 1917. (ANuG Bd. 569.) Geb. M. 1.60

Alle Erscheinungen des Pflanzenlebens, die mannigfaltigen Ernährungsformen, Atmung, Wachstum, Bewegung, Fortpflanzung und Periodizität werden in allgemeinverständlicher Form erörtert und durch zahlreiche Abbildungen veranschaulicht.

Physiologie und Ökologie. (Die Kultur der Gegenwart, hrsg. von Prof. Dr. *P. Hinneberg*. Teil III, Abt. IV, 3.) I. Bot. Teil. Unter Redaktion von Geh. Rat Prof. Dr. *G. Haberlandt*, Berlin. Mit 119 Abb. [IV u. 338 S.] Geb. M. 13.—, geb. M. 14.60, in Halbleder M. 18.—

„Strenge Sachlichkeit, verbunden mit klarer, dem Allgemeinverständnis gerecht werdender Darstellung, Beschränkung in der Auswahl des Stoffes und der Hervorhebung des Wichtigsten tragen dazu bei, die an sich schwierige Materie nicht nur dem gebildeten Laien verständlich zu machen, sondern auch dem Fachmann eine schnelle Orientierung über das ganze Wissensgebiet zu ermöglichen.“ (Hamburger Nachrichten.)

Zellen- u. Gewebelehre, Morphologie u. Entwicklungsgeschichte. (Die Kultur der Gegenwart, hrsg. von Prof. Dr. *P. Hinneberg*. Teil III, Abt. IV, 2.) Unter Redaktion von Geh. Reg.-Rat Dr. *E. Strasburger*, weil. Prof. a. d. Univ. Bonn, und Geh. Medizinalrat Dr. *O. Hertwig*, Prof. a. d. Univ. Berlin, bearb. von *E. Strasburger*, *W. Benecke*, *R. v. Hertwig*, *H. Poll*, *O. Hertwig*, *K. Heider*, *F. Keibel*, *E. Gaupp*.

I: Botanischer Teil. Mit 135 Abb. im Text. [VII u. 388 S.] Lex.-8. 1913. Geh. M. 13.—, geb. M. 14.60

„Hier ist durch gründliche Arbeit hervorragender Fach- und Sachkenner ein in seiner Art bisher einzig dastehendes Werk geschaffen, durch das unsere biologische Literatur eine sehr wesentliche Bereicherung erfährt.“ (Unterrichtsblätter f. Mathematik u. Naturw.)

Einleitung in die experimentelle Morphologie der Pflanzen. Von Geh. Hofrat Dr. *K. v. Goebel*, Prof. a. d. Univ. München. Mit 135 Abb. [VIII u. 260 S.] gr. 8. (Naturwissenschaft u. Technik.) 1908. Geb. M. 7.60

„Wenn Goebel, entsprechend der sein Forschen leitenden philosophischen Richtung, sich damit begnügt, die Beziehungen zwischen Einwirkung und Antwort der Pflanze nur zu beschreiben, statt sie auch noch logisch zu analysieren, so mindert dies den Wert seines originellen, an in weiteren Kreisen unbekanntem Tatsachen überreichen Buches nicht. Der die Lebenserscheinungen mit Zuhilfenahme der philosophischen Induktion restlos analysierende Forscher wird es als Vorstufe und Materialsammlung aufs höchste schätzen.“ (Mikrokosmos.)

Pflanzenanatomie. Von Dr. *W. J. Palladin*, Prof. a. d. Univ. Petersburg. Nach der 5. russ. Aufl. übersetzt u. bearb. von Dr. *S. Tschulok*, Prof. an der Univ. Zürich. Mit 174 Abb. [IV u. 195 S.] gr. 8. 1914. M. 4.40, geb. M. 5.—

„Die Anlage und Schreibart des Buches ist klar und übersichtlich, die Ausstattung vornehm, und die Abbildungen sind geschickt gewählt und instruktiv. Es ist eine leicht faßliche Einführung in die Pflanzenanatomie für weiteste Kreise und wird für den Anfänger wie für den geübteren Botaniker in gleicher Weise unentbehrlich sein.“ (Pharmazeut. Zeitung.)

Pilze und Flechten. (Pflanzenkunde.) Von Dr. *W. Nienburg*, Institut für Seenforschung in Langenargen a. Bodensee. Mit 88 Abb. im Text. [120 S.] 8. 1921. (ANuG Bd. 675.) Geb. M. 1.60

Die durch zahlreiche Originalabbildungen bereicherte Darstellung sucht, indem sie die Entwicklungsgeschichte in den Vordergrund stellt und auf die praktische Bedeutung hinweist, eine lebendigere und eindringlichere Vorstellung von dem Pilz- und Flechtenreiche zu vermitteln, als die Lehrbücher zumeist zu bieten vermögen.

Einkeimblättrige Blütenpflanzen (Pflanzenkunde). Von Dr. *K. Suessenguth*, Privatdozent a. d. Universität München. Mit 33 Abb. im Text. [106 S.] 8. 1923. Geb. M. 1.60

Der durch zahlreiche Abbildungen bereicherte Band behandelt unter Berücksichtigung der Flora der ganzen Erde sowohl die allgemeine Botanik der Gruppe, als auch im einzelnen besonders diejenigen ihr zugehörigen Pflanzen, die für Landwirtschaft, Gärtnerei, Technik und Heilkunde von Wichtigkeit sind.

Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin

Die Pflanzen Deutschlands. Eine Anleitung zu ihrer Kenntnis. Die höheren Pflanzen. Von weil. Prof. Dr. *O. Wünsche*, hrsg. von Dr. *J. Abromeit*, Prof. a. d. Universität Königsberg. 11. Aufl. [XVII u. 764 S.] 8. 1924. Geb. M. 6.80

Die verbreitetsten Pflanzen Deutschlands. Ein Übungsbuch für den naturwissenschaftl. Unterricht. Von weil. Prof. Dr. *O. Wünsche*. 8. Aufl. hrsg. von Dr. *B. Schorler*, weil. Prof. a. d. Größelschen Realschule in Dresden. Mit 621 Abb. im Text. [VI u. 271 S.] 8. 1924. Geb. M. 3.—

Die Alpenpflanzen. Eine Anleitung zu ihrer Kenntnis. Von weil. Prof. Dr. *O. Wünsche*. 2. Ausg. [XVI u. 244 S.] 8. 1896. Geb. M. 3.—

Die verbreitetsten Pilze Deutschlands. Eine Anleitung zu ihrer Kenntnis. Von weil. Prof. Dr. *O. Wünsche*. [XII u. 112 S.] 8. 1896. Geb. M. 1.60

Unsere verbreitetsten Zimmerpflanzen. Eine Anleitung zu ihrer Bestimmung, Beobachtung und Pflege von *A. Lehmann*. Mit 85 Abb. [140 S.] gr. 8. 1912. Geb. M. 2.80

Unsere Pflanzen. Ihre Namenerklärung und ihre Stellung in der Mythologie und im Volksaberglauben. Von Dr. *F. Söhns*, Hannover. 6. Aufl. mit Buchschmuck von *J. V. Cissarz*. [218 S.] 8. 1920. Kart. M. 4.20

„Das eigenartige Buch, das Botanik, Philologie, Kulturgeschichte und Volkskunde wie verschiedene Blumen zu einem bunten Strauße vereinigt, ist eine sehr erfreuliche Erscheinung, die wir unseren Lesern warm empfehlen wollen.“ (Dtsch. Alpenztg.)

Pflanzen in Sitte, Sage und Geschichte. Für Schule und Haus von *F. Warnke*. [VII u. 219 S.] 8. 1878. Kart. M. 2 20

Das Büchlein wird allen denen Freude machen, die Verständnis nicht nur für die systematische Erkenntnis der Natur haben, sondern für die eine sinnige, auf das Dichten und die Bedürfnisse des Menschengeschlechtes achtende Naturbetrachtung eine wertvolle Bereicherung des Denkens und Fühlens bedeutet.

Pflanzengeographische Wandlungen der deutschen Landschaft. Von Dr. *H. Hausrath*, Prof. an der Techn. Hochschule in Karlsruhe i. B. [VI u. 274 S.] 8. 1911. (Wissensch. und Hypothese Bd XIII.) Geb. M. 5.40

Ausgehend von den natürlichen Bedingungen der Vegetationsformen, untersucht der Verfasser, vom Ende der Eiszeiten an den Wechsel in der Verteilung und in dem Zustand von Wald Feld, Wiese, Heide und Moor und stellt seine wahrscheinlichen Gründe fest.

Allgemeine Biologie. Unter Redaktion von Geh. Hofrat Dr. *K. Chun*, weil Prof. a. d. Univ. Leipzig, und Dr. *W. Johannsen*, Prof. a. d. Univ. Kopenhagen. Mit 115 Abb. i. T. [XI u. 691 S.] Lex.-8. 1915. (Die Kult. d. Gegenw., hrsg. v. Prof. Dr. *P. H. Næberg*. Teil III, Abt. IV, 1.) Geh. M. 26.—, geb. M. 29.—, in Halbleder M. 34.—

Gibt zunächst eine historisch-methodologische Übersicht und handelt dann von den Grundfragen der „Allgemeinen Biologie“, von den Eigenschaften der organisierten Substanz, von dem Wesen des Lebens und dem Problem der Urzeugung, dann folgen die Probleme der Fortpflanzung und Vererbung. Die natürliche Verwandtschaft und die Abstammungslehre werden in ihren Grundlagen formal und realexperimentell behandelt. Den sozialen Erscheinungen im Tierreich sind drei Artikel gewidmet, und besonders eingehend wird namentlich das Grundproblem der Biologie, die Zweckmäßigkeitstheorie, dargestellt.

Einführung in die Biologie. Von Prof. Dr. *K. Kraepelin*, weil. Dir. d. Naturhistor. Museums in Hamburg. Große Ausgabe. 5. verb. Aufl. von Prof. Dr. *C. Schäffer*, Studienrat a. d. Oberrealschule a. d. Uhlenhorst in Hamburg. Mit 461 Textbild., 1 schwarz. Taf., 4 Taf. i. Buntdr. u. 3 Kart. [VIII u. 357 S.] gr. 8. 1921. Geb. M. 5.—. Kl. Ausg. 2., zum Teil umgearb. Aufl. Mit 333 Textbild., 3 schwarzen Taf. sowie 2 Tafeln u. 2 Karten in Buntdruck. [IV u. 253 S.] gr. 8. 1923. Geb. M. 3.40

„Dieses Buch ist geradezu ein Kompendium der allgemeinen Biologie. Es füllt tatsächlich eine Lücke aus und sollte in der Bibliothek niemandes fehlen, der in der Naturwissenschaft die Grundlage unserer heutigen Bildung sieht.“ (Die Umschau.)

Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin

Anleitung zur Kultur der Mikroorganismen. Für den Gebrauch in zoologischen, botanischen, medizinischen und landwirtschaftlichen Laboratorien. Von Dr. *E. Küster*, Prof. a. d. Univ. Gießen. 3., verm. u. verb. Aufl. Mit 28 Abb. im Text. [VI u. 233 S.] gr. 8. 1921. Geh. M. 5.40, geb. M. 6.80

„Es handelt sich hier um ein Werk, welches sowohl im Inland wie im Ausland einzig dasteht. Denn soviel wie auch über Kulturen von einzelnen Gruppen der Mikroorganismen geschrieben worden ist, so gibt doch einzig und allein das Küstersche Handbuch eine Anleitung für die wichtigsten Kulturmethoden aller existierenden Gruppen des Pflanzen- und Tierreichs“ (Mediz. Literatur.)

Wirkungsweise und Gebrauch des Mikroskops und seiner Hilfsapparate. Von Dr. *W. Scheffer*, Prof. a. d. Univ. Berlin. Mit 89 Abb. i. T. u. 3 Blendenblättern. [VII u. 116 S.] gr. 8. 1911. Geh. M. 1.60, geb. M. 2.80

Im vorliegenden Buche werden die notwendigen physikalischen Grundlagen zur richtigen Anwendung des Mikroskops möglichst allgemeinverständlich und einfach vorgetragen. Die Beschreibung einer Reihe einfacher Experimente gibt dem Leser Gelegenheit, die Vorgänge in praxi wahrzunehmen.

Einführung in die allgemeine Biologie. Von Dr. *W. T. Sedgwick*, Prof. a. d. Massachusetts Institute of Technology in Boston u. Dr. *E. B. Wilson*, Prof. a. d. Columbia College in New York. Autor. Übers. n. d. 2. Aufl. von Dr. *R. Thesing*. Mit 126 Abb. [X u. 302 S.] gr. 8. 1913. Geh. M. 4.—, geb. M. 5.—

Mathematik und Biologie. Von Dr. *M. Schiffs*, Zürich. Mit 16 Fig. im Text. [II u. 52 S.] 8. 1922. (Math.-physik. Bibl. Bd. 42.) Kart. M. —.80

Die mathematischen Grundlagen der Variations- und Vererbungslehre. Von Prof. Dr. *P. Riebesell*, Hamburg. Mit d. Bildn. v. Gregor Mendel als Titelb. u. 15 Abb. i. T. [IV u. 45 S.] 8. 1916. (MphB. Bd. 24.) Kart. M. — 80

Abstammungslehre, Systematik, Paläontologie, Biogeographie. Unter Redaktion von Geh. Rat Dr. *R. v. Hertwig*, Prof. an der Universität München, und Hofrat Dr. *R. v. Wettstein*, Prof. an der Universität Wien. Mit 112 Abb. [X u. 620 S.] Lex.-8. 1914. (Die Kultur der Gegenwart, Teil III, Abt. IV, Bd. 4.) Geh. M. 23.—, geb. M. 25.—, in Halbleder M. 30.—

Inhalt: Die Abstammungslehre: *R. v. Hertwig*. — Prinzipien der Systematik mit besonderer Berücksichtigung des Systems der Tiere: *L. Plate*. — Das System der Pflanzen: *R. v. Wettstein*. — Biogeographie: *A. Brauer*. — Pflanzengeographie: *A. Engler*. — Tiergeographie: *A. Brauer*. — Paläontologie und Paläozoologie: *O. Abel*. — Paläobotanik: *W. J. Jongmans*. Phylogenie der Pflanzen: *R. v. Wettstein*. — Phylogenie der Wirbellosen: *K. Heider*. — Phylogenie der Wirbeltiere: *J. E. V. Boas*.

„Der ganze Band ist eine wissenschaftliche Leistung ersten Ranges, dem weiteste Verbreitung gebührt.“ (Forstwissenschaftliches Zentralblatt.)

Anthropologie. Unter Leitung von Geh. Med.-Rat Prof. Dr. *G. Schwalbe* u. Prof. Dr. *E. Fischer*. (Die Kultur der Gegenwart. Hrsg. von Prof. *P. Hinneberg*. Teil III, Abt. V.) Mit 29 Abb.-Tafeln und 98 Abb. im Text. [IV u. 669 S.] gr. 8. 1923. Geh. M. 26.—, geb. M. 29.—, in Halbleder M. 34.—

Inhalt. Begriffe, Abgrenzung und Geschichte der Anthropologie von *E. Fischer*. — Technik und Methoden der physischen Anthropologie von *Th. Mollison*. — Allgemeine Anthropologie von *E. Fischer*. — Spezielle Anthropologie: Rassenlehre von *E. Fischer*. — Die Abstammung des Menschen und die ältesten Menschenformen von *G. Schwalbe*. — Prähistorische Archäologie von *M. Hoernes*. — Ethnologie von *Fr. Graebner*. — Sozialanthropologie von *A. Ploetz*.

Auf ihrem Gebiete führende Forscher haben sich in dem großangelegten, mit zahlreichen Originalabbildungen im Text und auf Tafeln ausgestatteten Werke zu einer Gesamtdarstellung der Anthropologie, Völkerkunde und Urgeschichte zusammengefunden, der nach ihrem wissenschaftlichen Werte und ihrer Bedeutung für die Allgemeinheit nichts Gleiches an die Seite gestellt werden kann.

Lehrbuch der Physik für Mediziner, Biologen und Psychologen. Von Hofrat Dr. *E. Lecher*, Prof. an der Universität Wien. 4. verb. Aufl. Mit 502 Abb. im Text. [VIII u. 440 S.] gr. 8. 1921. Geh. M. 8.40, geb. M. 10.60

Lehrbuch der Chemie für Mediziner und Biologen. I. Teil: Anorganische Chemie. Mit einem Anhang: Anleitung zur Ausführung einfacher Versuche im chemischen Praktikum. Von Prof. Dr. *H. P. Kaymann*, Vorstand der anorgan. Abteilung des chem. Instituts der Universität Jena. Mit 21 Fig. im Text. [VIII u. 156 u. 41 S.] 8. 1921. Geh. M. 5.—, geb. M. 6.40

Der Forstschutz. Ein Lehr- und Handbuch. Von Geh. Hofrat Prof. Dr. *R. Heß*, weil. Dir. des Forstinstituts an der Univ. zu Gießen. Neu bearb. v. Dr. *R. Beck*, weil. Prof. a. d. Forstakademie Tharandt. Neuausg. [In Vorb. 1924.]

Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin

Jeder Band
geb. M. 1.60

Aus Natur und Geisteswelt

Jeder Band
geb. M. 1.60

Zur Biologie, Botanik und Zoologie sind bisher u. a. erschienen:

- Einführung in die Biologie.** Das Süßwasser-Plankton. Von Prof. Dr. O. Sackarias. 2. Aufl. Mit 57 Abb. (Bd. 156.)
- Allgemeine Biologie.** Einführung in die Hauptprobleme der organischen Natur. Von Prof. Dr. H. Miehke. 3. verb. Aufl. Mit 44 Abb. (Bd. 130.)
- Die Beziehungen der Tiere und Pflanzen zueinander.** Von Prof. Dr. K. Kraepelin. 2. Aufl. 1 Bd. Die Beziehungen der Tiere zueinander. Mit 64 Abb. (Bd. 426.) II. Bd. Die Beziehungen der Pflanzen zueinander und zu den Tieren. Mit 68 Abb. (Bd. 427.)
- Lebensbedingungen u. Verbreitung d. Tiere.** Von Prof. Dr. O. Maas. Mit 11 Kart. u. Abb. (139.)
- Die Schädlinge im Tier- und Pflanzenreich und ihre Bekämpfung.** Von Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. K. Echtein. 3. Aufl. Mit 36 Fig. i. Text. (Bd. 18.)
- Die Welt der Organismen.** Von Oberstudienrat Prof. Dr. K. Lampert. Mit 52 Abb. (Bd. 236.)
- Einführung in die Biochemie in elementarer Darstellung.** Von Prof. Dr. W. Ebb. 2. Aufl. von Prof. Dr. H. Friedenthal. Mit 12 Fig. (Bd. 352.)
- Abstammungs- und Vererbungslehre, vgl. Anatomie.** Entwicklungsgeschichte des Menschen. Vier Vorlesungen. Von Dr. A. Heilborn. 2. Aufl. Mit 61 Abb. nach Photograph. u. Zeichn. (Bd. 388.)
- Experimentelle Abstammungs- und Vererbungslehre.** Von Prof. Dr. E. Lehmann. 2. Aufl. Mit 27 Abb. (Bd. 379.)
- Abstammungslehre und Darwinismus.** Von Prof. Dr. R. Hesse. 6. Aufl. Mit 41 Textabb. (39.)
- Die Tiere der Vorwelt.** Von Professor Dr. O. Abel. Mit 31 Abb. (Bd. 399.)
- Die Stammesgeschichte uns. Haustiere.** Von Prof. Dr. C. Keller. 2. Aufl. Mit 29 Abb. i. T. (252.)
- Vergleichende Anatomie der Sinnesorgane der Wirbeltiere.** Von Prof. Dr. W. Lubowich. Mit 107 Abb. (Bd. 282.)
- Fortpflanzung.** Befruchtung u. Vererbung. Von Dr. E. Teichmann. 3. Aufl. Mit 13 Textabb. (Bd. 70.)
- Fortpflanzung u. Geschlechtsunterschiede d. Menschen.** Eine Einühr. in d. Sexualbiol. V. Prof. Dr. H. Boruttan. 2. Aufl. Mit 39 Abb. (540.)
- Die Fortpflanzung der Tiere.** Von Prof. Dr. R. Goldschmidt. Mit 77 Abb. (Bd. 253.)
- Zweigestalt der Geschlechter in der Tierwelt (Dimorphismus.)** V. Dr. F. Knauer. 37 Fig. (148.)
- Mikroorganismen.** Die Bakterien im Haushalt der Natur und des Menschen. Von Prof. Dr. E. Gutzelt. 2. Aufl. Mit 13 Abb. (Bd. 242.)
- Die krankheitserregenden Bakterien.** Grundriss der Entstehung, Heilung u. Verhütung der bakteriellen Infektionskrankheiten d. Menschen. V. Prof. Dr. M. Eshlein. 2. Aufl. M. 33 Abb. (307.)
- Die Urtiere.** Von Prof. Dr. R. Goldschmidt. 2. Aufl. Mit 44 Abb. (Bd. 160.)
- Das Meer, seine Erforschung und sein Leben.** V. Prof. Dr. O. Janion. 3. Aufl. Mit 40 Fig. (30.)
- Einführung in die Mikrotechnik.** Von Prof. Dr. V. Franz. u. Student. Dr. H. Schneider. (763.)
- Das Mikroskop.** Seine wissenschaftlichen Grundlagen und seine Anwendung. Von Dr. A. Ehringhaus. Mit 76 Abb. (Bd. 678.)
- Botanik (insbesondere angewandte).** Pflanzenphysiologie. V. Prof. Dr. H. Molisch. 2. Aufl. Mit 63 Fig. (Bd. 569.)
- Botanik des praktischen Lebens.** Von Prof. Dr. P. Gisevius. Mit 24 Abb. (Bd. 173.)
- Die Pilze.** V. Dr. Eichinger. M. 64 Abb. (334.)
- Pilze und Flechten.** Von Dr. W. Kienburg. Mit 88 Abb. im Text. (Bd. 675.)
- Die fleischfressenden Pflanzen.** Von Prof. Dr. A. Wagner. Mit 82 Abb. (Bd. 344.)
- Einkeimblättrige Blütenpflanzen.** Von Privatdozent Dr. K. Suessenguth. Mit 35 Abb. (Bd. 676.)
- Unsere Blumen und Pflanzen im Garten.** Von Prof. Dr. U. Dammmer. Mit 69 Abb. (Bd. 360.)
- Der deutsche Wald.** Von Prof. Dr. H. Hausarth. 2. Aufl. Mit 1 Bilderanhang u. 2 Kart. (Bd. 153.)
- Der Kleingarten.** Von Sachlehr. J. Schneider. 2., verb. u. verm. Aufl. Mit 80 Abb. (Bd. 498.)
- Ursprung, Werdegang und Züchtungsgrundlagen der landwirtschaftlich. Kulturpflanzen.** Von Prof. Dr. A. Sade. (Bd. 766.)
- Weinbau und Weinbereitung.** Von Dr. F. Schmitthener. Mit 34 Abb. (Bd. 332.)
- Kolonialbotanik.** Von Prof. Dr. F. Toebe. Mit 21 Abb. (Bd. 184.)
- Der Tabak.** Anbau, Handel und Verarbeitung. Von Jac. Wolff. 2. Aufl. Mit 17 Abb. (Bd. 416.)
- Zoologie (insbesondere angewandte).** Tierzucht. Von Dr. G. Wilsdorf. 2. Aufl. Mit 23 Abb. auf 12 Tafeln und 2 Fig. i. T. (Bd. 369.)
- Die Kleintierzucht.** Von Sachlehrer J. Schneider. 2., verb. Aufl. Mit 60 Fig. u. 6 Taf. (604.)
- Tierpsychologie.** Eine Einführung in die vergleichende Psychologie. Von Prof. Dr. K. E. u. H. Mit 29 Abb. (Bd. 82.)
- Deutsches Vogelleben.** Exkursionsbuch f. Vogel-freunde. Von Prof. Dr. A. Voigt. 2. Aufl. (Bd. 221.)
- Vogelzug und Vogelschutz.** Von Dr. W. R. Gardt. Mit 6 Abb. (Bd. 218.)
- Bienen und Bienenzucht.** Von Prof. Dr. E. Sander. Mit 42 Abb. (Bd. 705.)
- Das Aquarium.** Von E. W. Schmidt. Mit 15 Fig. (Bd. 335.)
- Korallen und andere gesteinbildende Tiere.** Von Prof. Dr. W. Maq. Mit 45 Abb. (Bd. 231.)

Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin