

**GIESENHAGEN  
LEHRBUCH  
DER BOTANIK**



Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH

LEHRBUCH  
DER BOTANIK

VON

DR. K. GIESENHAGEN  
O. PROFESSOR DER BOTANIK UND PHARMAKOLOGIE  
IN MÜNCHEN

ZEHNTE AUFLAGE

MIT 526 TEXTFIGUREN



1928

Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH

ISBN 978-3-663-15326-9  
DOI 10.1007/978-3-663-15894-3

ISBN 978-3-663-15894-3 (eBook)

**Softcover reprint of the hardcover 10th edition 1928**

## Vorwort zur zehnten Auflage.

Als ich das druckreife Manuskript der zehnten Auflage abgeliefert und kaum das erste halbe Dutzend von Korrekturfahnen gelesen hatte, wurde ich durch schwere Erkrankung für Monate von der weiteren Mitarbeit ausgeschaltet. Meine langjährigen treuen Mitarbeiter und Freunde, Professor Dr. Dunzinger und Privatdozent Dr. Gistl, ließen es sich aber nicht nehmen, an meiner Stelle das Lesen der Korrekturbogen und den gesamten Verkehr mit der Verlagsanstalt zu besorgen. Für diese treue Nothilfe spreche ich an dieser Stelle meinen herzlichsten Dank aus. Ohne sie hätte die Herausgabe des Buches sicher eine lange Verzögerung erfahren müssen.

Der Verlag hat sich bemüht, durch Auswahl einer klaren Schrift, eines für gute Wiedergabe der Abbildungen geeigneten Papiers sowie durch sorgfältige Überwachung des Druckes dem Buche wieder die vornehme Ausstattung zu geben, welche die Vorkriegsauslagen auszeichnete. Auch dafür meinen wärmsten Dank.

Die neue Auflage meines Lehrbuches bot mir diesmal die erwünschte Gelegenheit, die beabsichtigte Umarbeitung des systematischen Teils durchzuführen. Es handelt sich dabei für mich darum, ein stabiles System des Gewächsreiches zu gewinnen, das für den Unterricht der Anfänger eine Grundlage bilden kann, ohne den Forschungsergebnissen und Forderungen der genetischen Systematik Gewalt anzutun, aber auch ohne daß jeder Meinungswechsel auf dem Gebiete der genetischen Systematik unbedingt zu einer Änderung in den Grundzügen des Systems Veranlassung geben muß. Wie weit mir das gelungen ist, das zu entscheiden muß ich der Kritik der Fachgenossen überlassen. Jedenfalls hoffe ich, daß mein Buch auch in der neuen Form allen, die eine erste Einführung in die Botanik suchen, insbesondere den Studierenden der Pharmazie und Medizin, den Chemikern, Landwirten, Forstleuten, Kultur- und Vermessungsingenieuren beim akademischen Unterricht neben den Vorlesungen die gleichen guten Dienste leisten wird wie die neun ersten Auflagen in den verflossenen 33 Jahren.

München, im Januar 1928.

Dr. K. Giesenhagen.



## Aus den Vorworten früherer Auflagen.

Über 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.)

# Inhaltsverzeichnis.

Seite

Einleitung . . . . .	1
----------------------	---

## Erster Abschnitt: Die Morphologie der Pflanzen.

### A. Organographie.

#### I. Die Organe des Pflanzenkörpers und ihre räumlichen Beziehungen zueinander.

	Seite
1. Wurzel und Sproß . . . . .	3
2. Verzweigung der Wurzel und des Sprosses . . . . .	6
3. Sproßachsen und Blätter . . . . .	7
4. Thallus . . . . .	13

#### II. Die Wurzel.

1. Die typische Wurzel der Gefäßpflanzen . . . . .	14
2. Die Adventivwurzeln . . . . .	17
3. Umgebildete Wurzeln . . . . .	19
4. Die Wurzel der niederen Pflanzen . . . . .	22

#### III. Der vegetative Sproß.

1. Die Achse der Laubsprosse . . . . .	24
2. Umgebildete Sprosse . . . . .	27
3. Die Laubblätter . . . . .	31
4. Umgebildete Blätter . . . . .	42
5. Der vegetative Sproß der niederen Pflanzen . . . . .	47

#### IV. Die Blüte.

A. Die Blüte der Gymnospermen . . . . .	49
B. Die Blüte der Angiospermen . . . . .	51

1. Die Organe der Blüte und ihre räumlichen Beziehungen zueinander . . . . .	51
2. Die Plastik der Blütenteile . . . . .	55
3. Die Blütenstände . . . . .	65
4. Die Beziehungen zwischen dem Blütenbau und der Blütenbestäubung . . . . .	67
5. Frucht und Samen . . . . .	69

### B. Anatomie.

#### I. Die Zellenlehre.

1. Der Begriff der Zelle . . . . .	73
2. Der Zellinhalt . . . . .	74
3. Die Zellwand . . . . .	81
4. Die Entstehung der Zellen . . . . .	85

#### II. Gewebelehre.

1. Die Zusammensetzung der Gewebe . . . . .	86
2. Das Hautgewebe . . . . .	95
3. Das Grundgewebe . . . . .	104
4. Die Leitbündel . . . . .	108
5. Das sekundäre Dickenwachstum . . . . .	112
6. Das Dickenwachstum der Monokotylen und Pteridophyten . . . . .	121
7. Das Gewebe der gefäßlosen Pflanzen . . . . .	121

## Zweiter Abschnitt: Die Physiologie der Pflanzen.

### I. Das vegetative Leben.

1. Die äußeren Lebensbedingungen . . . . .	124
2. Der Stoffwechsel . . . . .	130
3. Der Kraftwechsel . . . . .	149
4. Das Wachstum . . . . .	156
5. Die Bewegungserscheinungen . . . . .	172
6. Das Empfindungsvermögen der Pflanzen . . . . .	183

### II. Die Fortpflanzung.

1. Die ungeschlechtliche Fortpflanzung . . . . .	193
2. Die geschlechtliche Fortpflanzung . . . . .	197
3. Die biologische Bedeutung der Fortpflanzung . . . . .	217

**Dritter Abschnitt: Spezielle Botanik.**

<b>Erste Gruppe: Lagerpflanzen (Thallophyta).</b>			
	Seite		
Erste Klasse: Urpflanzen (Archiphyta) . . . . .	226		
1. Spaltalgen (Cyanophyceae) . . . . .	227		
2. Spaltpilze (Schizomycetes) . . . . .	228		
Zweite Klasse: Algen (Algae) . . . . .	231		
1. Panzerträger (Placophora) . . . . .	231		
2. Grünalgen (Chlorophyceae) . . . . .	233		
3. Braunalgen (Phaeophyceae) . . . . .	240		
4. Rotalgen (Rhodophyceae) . . . . .	240		
Dritte Klasse: Pilze (Mycetes) . . . . .	241		
1. Schleimpilze (Myxomycetes) . . . . .	242		
2. Algenpilze (Phycomycetes) . . . . .	244		
3. Schlauchpilze (Ascomycetes) . . . . .	246		
4. Stielpilze (Basidiomycetes) . . . . .	249		
Vierte Klasse: Die Flechten (Lichenes) . . . . .	256		
<b>Zweite Gruppe: Moospflanzen (Bryophyta).</b>			
1. Lebermoose (Hepaticae) . . . . .	258		
2. Laubmoose (Musci) . . . . .	262		
<b>Dritte Gruppe: Farnpflanzen (Pteridophyta).</b>			
1. Farne (Filicinae) . . . . .	265		
2. Schachtelhalme (Equisetinae) . . . . .	269		
3. Bärlappgewächse (Lycopodinae) . . . . .	270		
Register . . . . .			377
<b>Vierte Gruppe: Nacktsamige (Gymnospermae).</b>			Seite
1. Farnpalmen (Cycadeae) . . . . .			273
2. Nadelholzgewächse (Coniferae) . . . . .			273
3. Gnetaceen (Gnetaceae) . . . . .			277
<b>Fünfte Gruppe: Bedecktsamige (Angiospermae).</b>			
Erste Klasse: Einfachblütige (Monochlamydeae) . . . . .			279
1. Kätzchenträger (Juliflorae) . . . . .			279
2. Zentralsamige (Centrospermae) . . . . .			286
3. Dreibeerige (Tricoccae) . . . . .			289
4. Hysterophyten (Hysterophyta) . . . . .			290
Zweite Klasse: Freikronblättrige (Choripetalae) . . . . .			292
1. Unregelmäßige (Aphanocyclicae) . . . . .			292
2. Regelmäßige (Eucyclicae) . . . . .			306
3. Kelchblütige (Calyciflorae) . . . . .			317
Dritte Klasse: Verwachsenkronblättrige (Sympetalae) . . . . .			330
1. Fünfkreisige (Pentacycliae) . . . . .			331
2. Vierkreisige (Tetracycliae) . . . . .			334
Vierte Klasse: Einkeimblättrige (Monocotyledones) . . . . .			355
1. Sumpflilien (Helobiae) . . . . .			357
2. Großblütige (Macranthae) . . . . .			358
3. Kolbenblütige (Spadiciflorae) . . . . .			366
4. Spelzenblütige (Glumiflorae) . . . . .			371

## 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 Urfang zunächst stehenden Glieder der beiden Reihen weisen die weitgehendsten verwandtschaftlichen Beziehungen zueinander auf; es ist auf dieser niedrigen 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, ihre Verwandtschaftsverhältnisse, ihr Vorkommen und ihre Verbreitung kennen lehrt und zeigen soll, wie die allgemeinen Gesetze der Gestaltung und des Baues an den einzelnen Gewächsen zum Ausdruck kommen und uns ermöglichen, ihre Gesamtheit in ein übersichtliches System einzuordnen.

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**.

In der speziellen Botanik haben sich als besondere Lehrgebiete herausgebildet die **Systematik**, das ist die beschreibende Darstellung der Gewächse und ihre Anordnung in gesetzmäßiger Reihenfolge, die **Pflanzengeographie**, das ist die Lehre von der Verbreitung der Pflanzen und der Pflanzengenossenschaften auf der Erdoberfläche und die **Pflanzenpaläontologie**, das ist die Aufdeckung der Entstehungsfolge der Pflanzengruppen im Laufe der Erdgeschichte.

Daneben hat in neuerer Zeit die **angewandte Botanik**, welche die nützlichen Pflanzen, ihre Pflege und Nutzung und die schädlichen Pflanzen und ihre Bekämpfung zum Gegenstande hat, als Lehrgebiet an Bedeutung gewonnen.

In diesem für den Anfänger bestimmten Lehrbuch sollen die Morphologie, Physiologie und Systematik in besonderen Abschnitten behandelt werden. Die wichtigsten Tatsachen aus der angewandten Botanik finden in der speziellen Botanik dem Zweck des Buches entsprechende Berücksichtigung.

## 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 in der **Organographie** die äußere Form des Pflanzenkörpers und die Gesetze kennen, welche seine Gestaltung beherrschen. In der **Anatomie** unterrichtet sie über den inneren Bau und die stoffliche Zusammensetzung der Pflanzenorgane.

## A. Organographie.<sup>1)</sup>

### I. 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 Abb. 1 gibt die vergrößerte Abbildung einer Alge, deren ganzer Vegetationskörper ein winziges Bläschen, etwa von der Größe eines Stecknadelkopfes, 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 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 ungefärbten, 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, Wachstumsrichtung und Arbeitsleistung ausgesprochene Gegensätzlichkeit zwischen Sproß und Wurzel können wir in verschiedenen

---

1) 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.

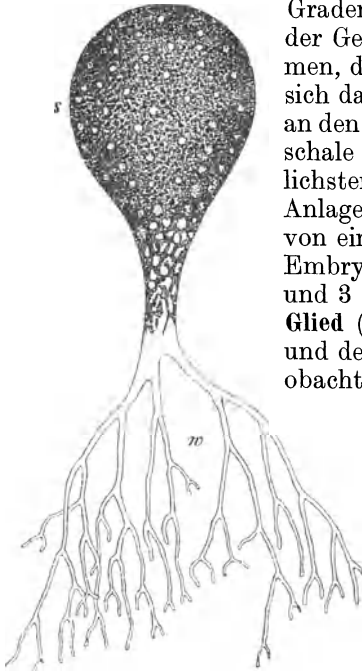


Abb. 1. *Botrydium granulatum*  
nach Woronin.  
(Vergrößert.)  
w Wurzel, s Sproß.

gesetzt zu der Wachstumsrichtung der Wurzel sich aufwärts wendet. An der aus der Samenschale hervorgetretenen Keimpflanze sind danach leicht die beiden wichtigen Organe zu unterscheiden:

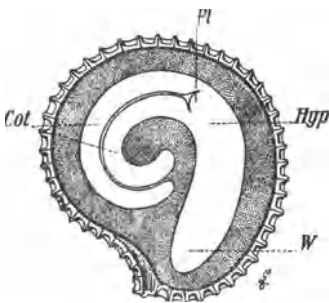


Abb. 2. Längsschnitt durch den reifen Samen des Bilienkrautes. Der Keimling ist in ein reichliches Nährgewebe eingebettet, welches von der Samenschale umhüllt wird. W Wurzel, Hyp Hypokotyl, Pl Stammknospe, Cot Keimblätter des Keimlings.

Graden der Deutlichkeit aufwärts durch die ganze Reihe der Gewächse bis hinauf zu den höchstentwickelten Formen, den Samenpflanzen, verfolgen. Bei den letzteren läßt sich das Verhältnis von Sproß und Wurzel am leichtesten an den Keimpflanzen, übersehen. In den von einer Samenschale umhüllten Pflanzensamen finden wir als wesentlichsten Bestandteil den Keimling, (Embryo), 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 nebenstehenden Abb. 2 und 3 erkennbar ist, die **Keimwurzel** und das **hypokotyle Glied** (Hypokotyl) mit den **Keimblättern** (Kotyledonen) und der **Stammknospe** (Plumula) unterscheiden. Die Beobachtung der Keimungsvorgänge lehrt uns, welche Bedeutung diesen einzelnen Teilen als Organen des Pflanzenkörpers zukommt.

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 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

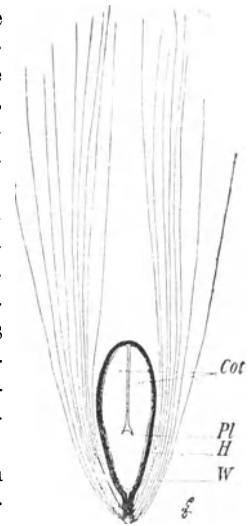


Abb. 3. Längsschnitt durch den reifen Samen der Weide. Der Embryo füllt die mit langen Haaren versehene Samenschale völlig aus.

Beide Buchstaben wie in Abb. 2.

zwischen ihnen emporwächst (hypogäische Keimung).

Wir können am Sproß 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 Keimblätter und die weiter oben sich entwickelnden Blätter.

Die Keimblätter sind als die ersten Blattgebilde der jungen Pflanze anzusehen. Die in der Klasse 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 (Abb. 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 Ernährungsorgane dar, welche wie die Laubblätter aus anorganischer Rohrnahrung organische Baustoffe bereiten.

An der Spitze der Wurzel und des Sprosses finden wir zu jeder Zeit ein jugendliches, zu weiterer Entwick-

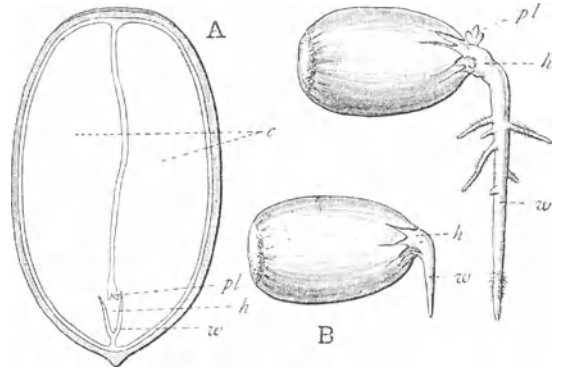


Abb. 4. Keimung der Eichel. **A** Längsschnitt der ungekeimten Eichel ( $\frac{2}{1}$ ). **B** und **C** aufeinanderfolgende Keimungsstadien ( $\frac{1}{1}$ ). *w* Wurzel, *h* Hypokotyl, *pl* Stammknospe, *c* Keimblätter des Keimlings.

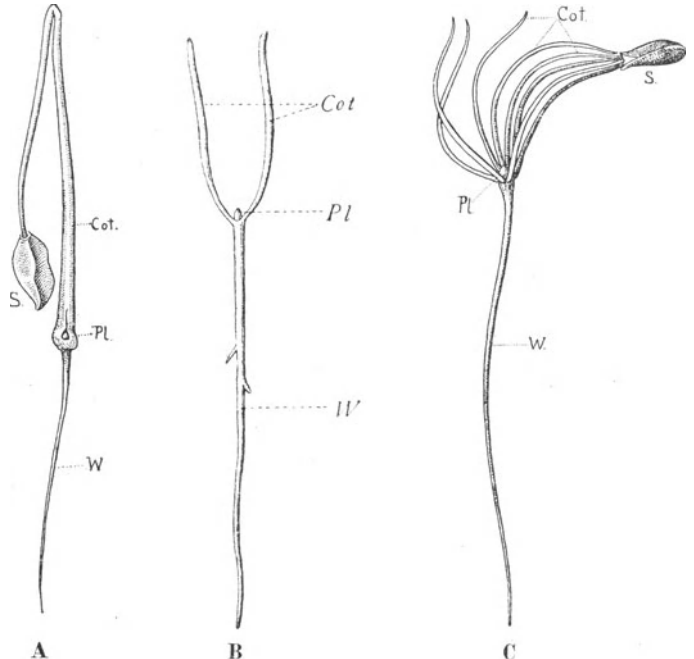


Abb. 5. **A** Junge Keimpflanze der Zwiebel mit einem Keimblatt. **B** Junge Keimpflanze des Fenchel mit zwei Keimblättern. **C** Junge Keimpflanze der Kiefer mit mehr als zwei Keimblättern. *W* Wurzel, *Pl* Stammknospe, *Cot* Kotyledonen, *S* Samenschale.



lung befähigtes Gewebe, den **Vegetationspunkt**. Durch sein Wachstum wird ein steter Längenzuwachs der Wurzel und des Sprosses bewirkt, während die älteren Teile der beiden Elementarorgane allmählich in den Zustand des Ausgewachsenseins übergehen.

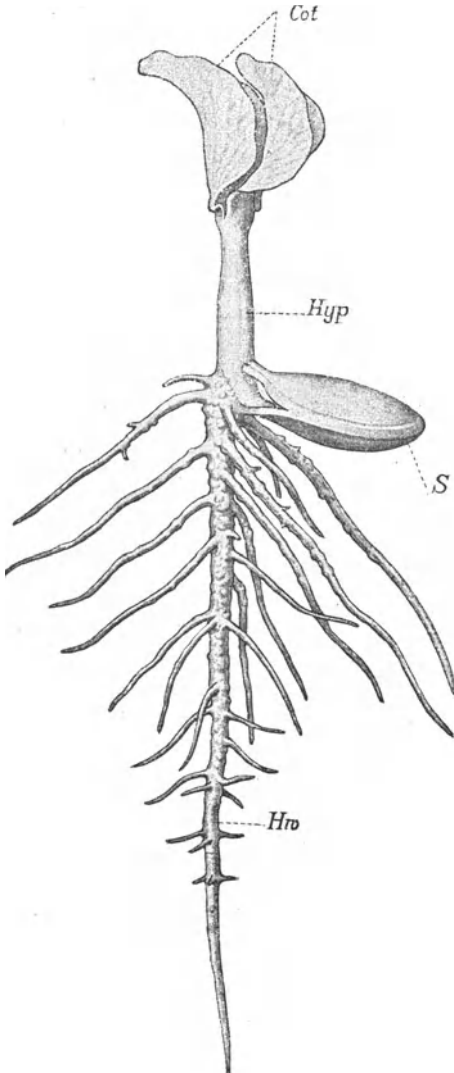


Abb. 6. Keimpflanze des Kürbis. An der Hauptwurzel *Hw* sind zahlreiche Seitenwurzeln vorhanden. *S* Samenschale, *Hyp* Hypokotyl, *Cot* Kotyledonen.

## 2. Verzweigung der Wurzel und des Sprosses.

An der Hauptwurzel und an dem Hauptsproß, welche durch die Tätigkeit der Vegetationspunkte aus Keimwurzel und Keimsproß hervorgegangen sind und die organische Achse des erwachsenen Pflanzenkörpers bilden, entstehen seitliche Glieder, welche an ihrer Spitze 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 (Abb. 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 man-

chen 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.



Abb. 7. Traubig verzweigter Sproß der Cypresse ( $\frac{1}{4}$ ).

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) (Abb. 7). In der Abteilung der Farne, Moose und Algen kommt gelegentlich eine andere Art der Verzweigung vor, die man als gabelig (dichotomisch) bezeichnet (Abb. 8). Dabei teilt sich der Vegetationspunkt in zwei gleichwertige Teile, die Hauptachse löst sich also gänzlich in Seitensprosse auf.

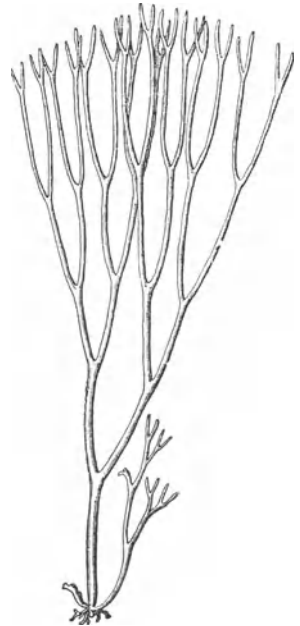


Abb. 8. Gabelig verzweigter Sproß der Meeresalge *Dictyota striolata* ( $\frac{3}{8}$ ).

### 3. Sproßachsen und Blätter.

An den Sproßachsen der höheren Pflanzen entstehen außer den Seitensprossen noch andere seitliche Organe, die Blätter. Sie werden in lückenloser Folge exogen am Vegetationspunkt ihrer Abstammungsachse angelegt und treten zuerst als rundliche Höckerchen (Blattanlagen, Primordialblätter) unter dem Scheitel des Sprosses hervor (Abb. 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



Abb. 9. Sproßgipfel der Wasserpest *Elodea canadensis* ( $\frac{7}{1}$ ). *v* Vegetationspunkt, *b* Blattanlagen.

(Insertion) jedes Blattes die Anlage eines Seitensprosses hervortritt. 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 (Abb. 10). Fälle, in denen mehrere Sproßanlagen in der Achsel eines Blattes 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 **Achselproß**, 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 Adventivproßbildung möge noch der durch Verletzung veranlaßten Ausbildungen eines embryonalen Gewebes gedacht werden, von welchem zahlreiche Adventivsprosse erzeugt werden können. Die Stockausschläge an Baumstümpfen sind hierher zu rechnen.

Die Querscheiben der Sproßachse, 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 Sproßumfanges nennt man die Divergenz oder den Querabstand der Blattstellung. Im zweigliedrigen Quirl ist 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 (Abb. 11).

Bei der Schraubenstellung bildet die Linie, welche die Ansatzstellen aller Blätter nach der Reihenfolge ihrer Entstehung auf dem nächsten Wege mit-

einander verbindet, auf der Oberfläche der Sproßachse eine Schraubenlinie, welche als **genetische Spirale** oder **Grundspirale** bezeichnet wird (Abb. 12). Da die Zwischenglieder zwischen den einzelnen Knoten verschiedene Länge haben können, so sind die Abstände zwischen den aufeinanderfolgenden Blättern bisweilen sehr ungleich groß. Wir finden aber

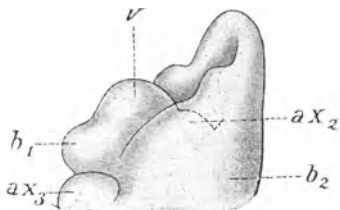


Abb. 10. Sproßspitze von *Ranunculus repens*, durch Fortnahme der älteren Blätter freigelegt ( $\frac{64}{1}$ ). *v* Vegetationspunkt; *b*<sub>1</sub> jüngstes Blatt; *b*<sub>2</sub> zweites Blatt, in dessen Achse die Anlage des Achselssprosses *ax*<sub>2</sub> hervortritt; *ax*<sub>3</sub> Achselknospe, welche zu dem fortpräparierten drittjüngsten Blatt gehört.

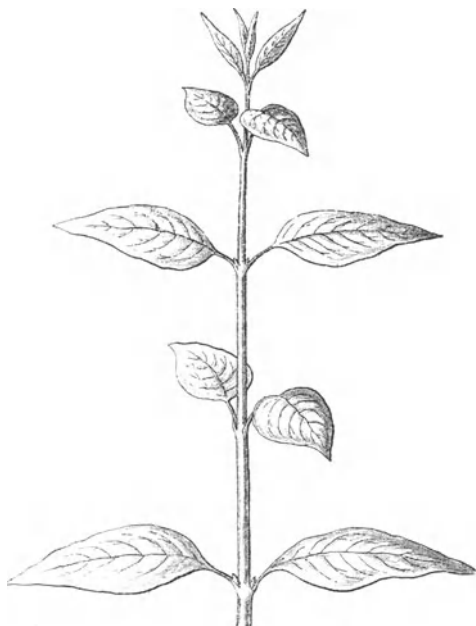


Abb. 11. Sproß von *Syringa* mit gekreuzter Blattstellung ( $\frac{1}{2}$ ).

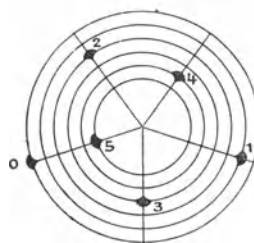
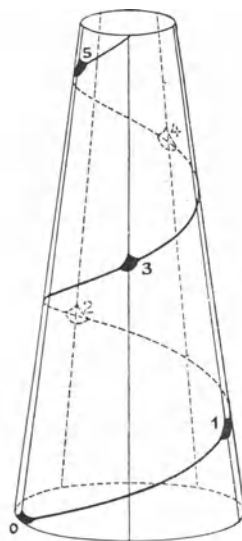


Abb. 12. Schema der Spiralstellung mit  $\frac{2}{5}$  Divergenz. 0—5 die aufeinanderfolgenden Blattansatzstellen.

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

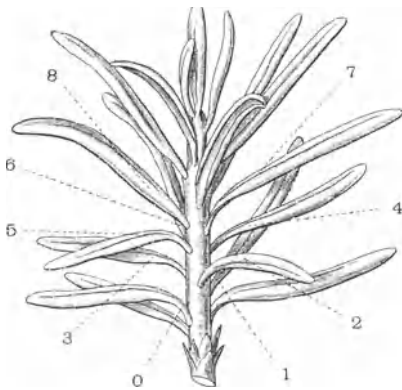


Abb. 13. Sproß von *Ledum palustre*. Die Blätter stehen in  $\frac{3}{8}$  Divergenz.

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 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  $180^\circ$ ,  $120^\circ$ ,  $144^\circ$ ,  $135^\circ$ ; bei den höheren Divergenzen der Hauptreihe nähert sich der Divergenzwinkel immer mehr der Größe  $137^\circ 30' 28''$ .

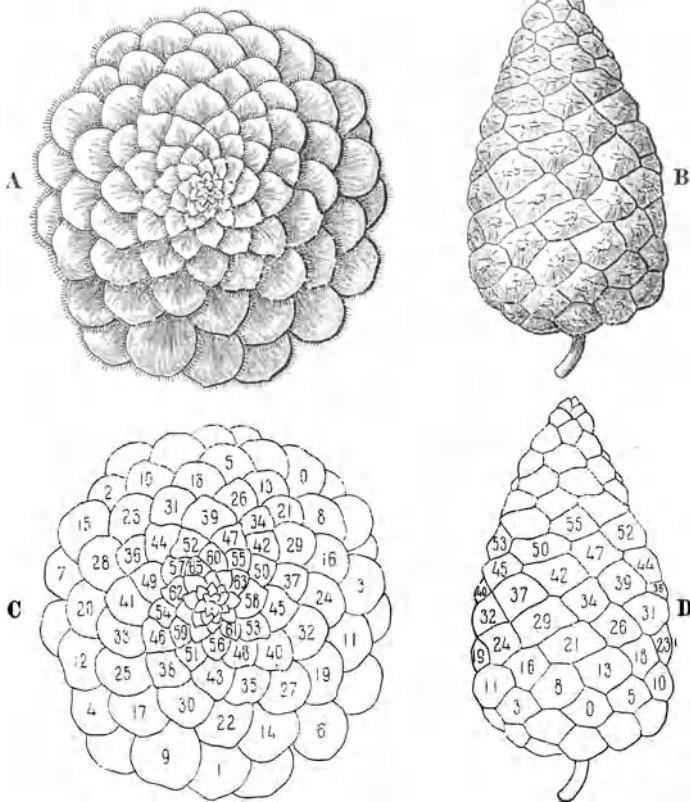


Abb. 14. **A** Blattrosette von *Sempervivum tabulaeforme*. Divergenz der Blattstellung  $\frac{13}{21}$ . **B** Zapfen von *Pinus maritima*. Divergenz  $\frac{21}{34}$ . **C** und **D** dieselben Objekte mit Numerierung der Blätter (nach Payer, **D** mit richtiger Numerierung).

Um in einem gegebenen Falle die Divergenz der Blattstellung zu bestimmen, sucht man an dem Sprosse zwei genau übereinanderstehende Blätter auf und zählt von dem einen derselben mit Null anfangend alle Blätter auf der Grundspirale ab 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 Blattstel-

lung. An dem in Abb. 13 abgebildeten Sproßstück von *Ledum palustre* 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 Abbildung 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 Überlegung 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 an der Seite der Sproßspitze angelegt werden, wo die durch den Zuwachs des Vegetationspunktes vergrößerte Sproßoberfläche ausreichenden Raum für eine Blattanlage bietet. Die Abb. 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 3 und 4 an der durch den Buchstaben *a*

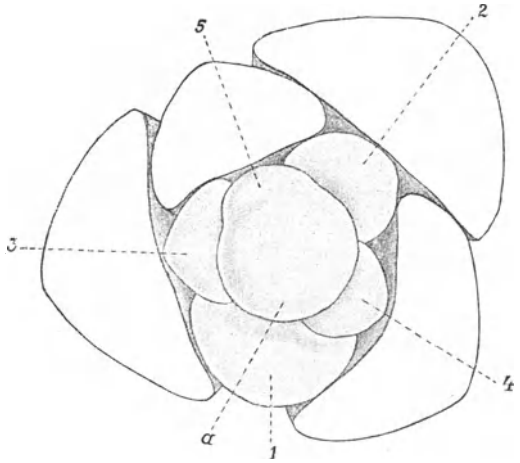


Abb. 15. Sproßgipfel von *Cryptomeria japonica* von oben ( $\frac{140}{1}$ ). Die Blattanlagen folgen in der durch die Zahlen bezeichneten Reihenfolge aufeinander. 5 jüngstes Primordialblatt. *a* die Stelle des Vegetationspunktes, an welcher das nächstfolgende Blatt entstehen würde.

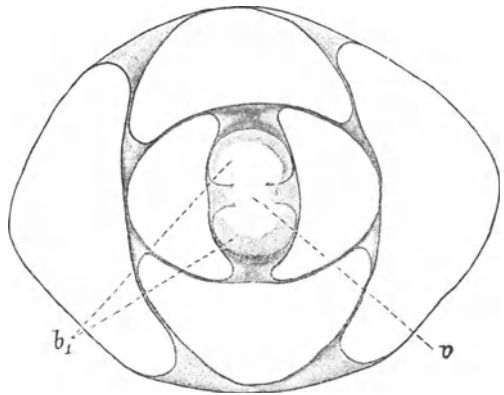


Abb. 16. Sproßgipfel von *Syringa vulgaris* von oben ( $\frac{70}{1}$ ). *v* Vegetationspunkt. *b*<sub>1</sub> jüngstes Blattpaar.

bezeichneten Stelle des Vegetationskegels angelegt werden. Es fällt also gerade über das vorhandene Blatt 1 und setzt die Spirale regelrecht in der  $\frac{2}{3}$  Divergenz fort. Das Alternieren der aufeinanderfolgenden Wirtel bei Quirlstellung der Blätter ist, wie Abb. 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

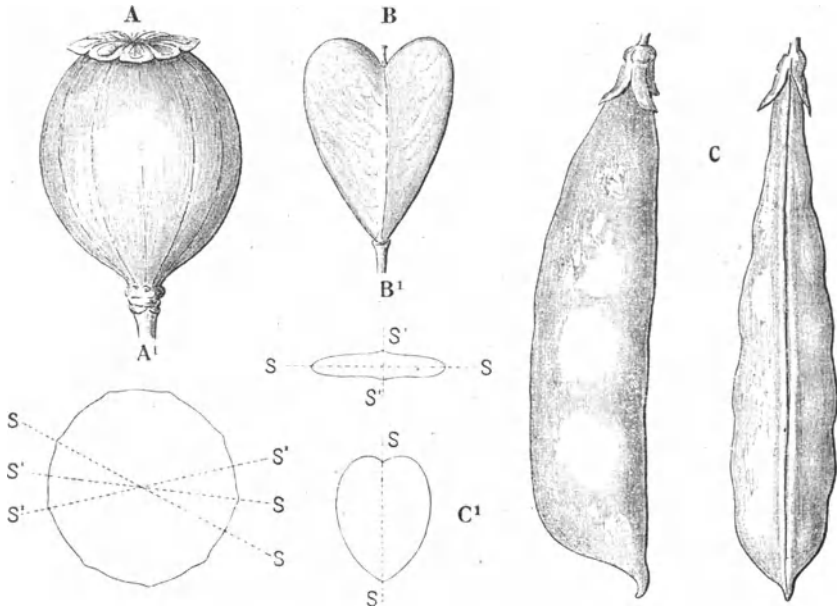


Abb. 17. A Kapsel des Mohns. B Schote des Hirtentäschelkrautes ( $\frac{2}{3}$ ). C Hülse der Erbse. A¹B¹C¹ die Querschnitte der Gebilde, welche zeigen, daß A radiär, B bilateral und C dorsiventral gebaut ist. s—s Symmetrie-Ebene.

zwischen der Größe der Primordien und den Raumverhältnissen am Vegetationspunkt verwickelter. Es treten dann oft weitgehende Änderungen 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 dorsiventrals den regelmäßig radiär gebauten gegenüberstehen.

Als **radiär** wird ein Gebilde bezeichnet, wenn es 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 (Abb. 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 Bei-

spiele bieten der oberirdische Teil einer Schwertlilie und das Schötchen des Hirtentäschelkrautes (Abb. 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 ihnen 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 Pflanzen, die Hülsen der Erbse (Abb. 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 Irissproß sind die seitlichen Organe nicht auf gleicher Höhe an der Achse eingefügt; an den Kapseln, Schoten und Hülsen sind immer kleine Unregelmäßigkeiten vorhanden. Es gibt indes auch dorsiventrale Pflanzen und Pflanzenteile, bei denen, selbst wenn man von kleinen unwesentlichen Unregelmäßigkeiten absehen will, eine Symmetrie nicht vorhanden ist. Ein Beispiel für einen solchen **unsymmetrischen** Bau ist das Blatt der Begonien (Abb. 18).

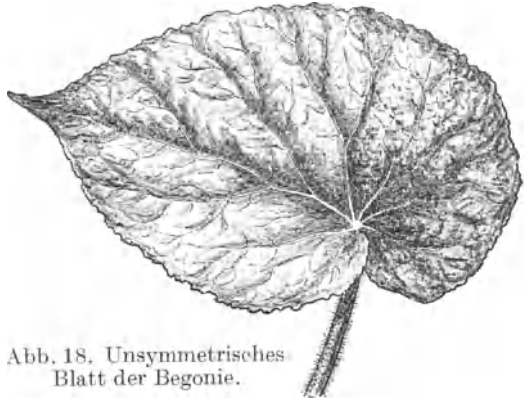


Abb. 18. Unsymmetrisches Blatt der Begonie.

#### 4. 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 besonders 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 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 Abb. 8 auf S. 7 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 (Abb. 19).

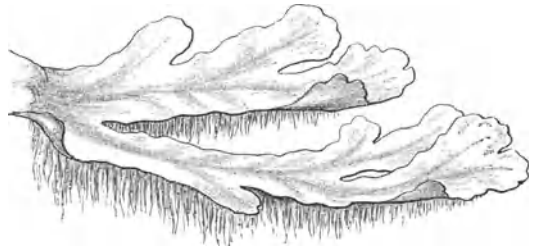


Abb. 19. Dorsiventral gebauter thalloser Sproß des Lebermooses *Marchantia polymorpha*, welcher mit einem Filz von Haarwurzeln am Boden befestigt ist.

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 einen Unterschied 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.



## II. Die Wurzeln.

### 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 festheftet 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 Samenpflanzen und den Farnpflanzen an. Dieselben haben im jugendlichen Zustande die Gestalt eines langgestreckten Zylinders, welcher sich gegen die Wurzelspitze hin ein wenig verschmälert und abrundet.

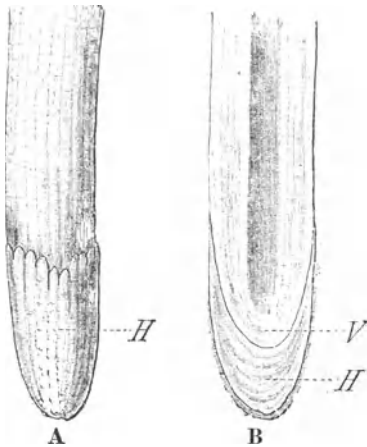


Abb. 20. **A** Spitze einer Wurzel der Brennnessel ( $70/1$ ). **B** Längsschnitt durch die Wurzelspitze des Kalmus ( $14/1$ ), **V** Vegetationspunkt, **H** Wurzelhaube.

**Wurzelhaube.** Das Längenwachstum der Wurzel wird durch den Vegetationspunkt der Wurzel vermittelt. Er liegt nahe hinter der äußersten Spitze der Wurzel und wird 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 (Abb. 20) über die Spitze der Wurzel gezogen und schützt das weiche Gewebe des Vegetationspunktes gegen mechanische Verletzung und gegen Auslaugung durch das mit der Wurzelspitze in Berührung kommende Wasser. 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 Schleim verquellen, bekommt die Wurzelspitze eine schlüpfrige Beschaffenheit, welche ihr Eindringen zwischen die Bestandteile des Erdbodens wesentlich erleichtert.

**Wurzelhaare.** Die Aufnahme von Wasser und löslichen Nährstoffen aus dem Boden geht durch die Oberhaut der Wurzelspitze vor sich. Häufig sind an ihr feine Härchen, die Wurzelhaare, vorhanden, die an einer in feuchter Luft erwachsenen Wurzel als filziger Überzug dem bloßen Auge sichtbar sind. Sie haben die Gestalt dünner, zylindrischer Schläuche und bedecken die Oberfläche der jugendlichen Wurzel bis auf den noch im Wachstum begriffenen, unmittelbar über der Wurzelhaube gelegenen Abschnitt (Abb. 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.

Die Wurzelhaare besitzen in der Regel nur eine kurze Lebensdauer, sie gehen wenige Zentimeter hinter der fortwachsenden Wurzelspitze zugrunde, während

weiter vorne durch neu entstehende 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.

**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 Abköm-

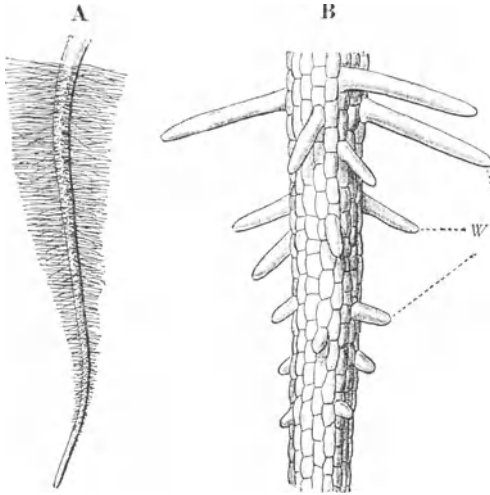


Abb. 21. **A** Wurzelspitze der Kresse ( $\frac{1}{1}$ ). Die Oberfläche ist bis nahe zur Spitze mit Wurzelhaaren bedeckt. **B** Teil einer Wurzel von *Trianea bogotensis* mit jungen Wurzelhaaren *Wh* ( $\frac{35}{1}$ ).

linge, 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 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 Abstammungssachse angeordnet. Später pflegen 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 verschie-

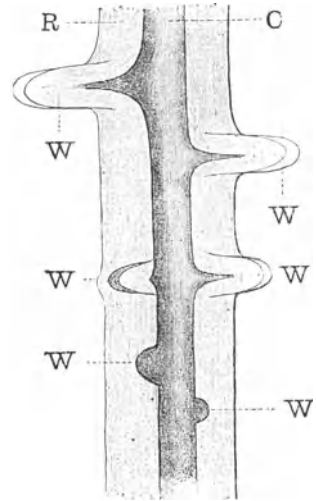


Abb. 22. Längsschnitt durch eine Wurzel des kriechenden Hahnenfußes mit Seitenwurzeln *W*, welche an dem Zentralkörper *C* der Wurzel entspringen und die Rinde *R* durchbrechen. Die Figur ist etwas schematisch. Um mehrere verschieden große Anlagen von Seitenwurzeln zeigen zu können, wurden die Zwischenstücke der Wurzel verkürzt gezeichnet ( $\frac{1^2}{1}$ ).

dene Richtung eingeschlagen 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:



Abb. 23. Sproß der Bachbunze mit Adventivwurzeln *W* ( $\frac{1}{3}$ ).

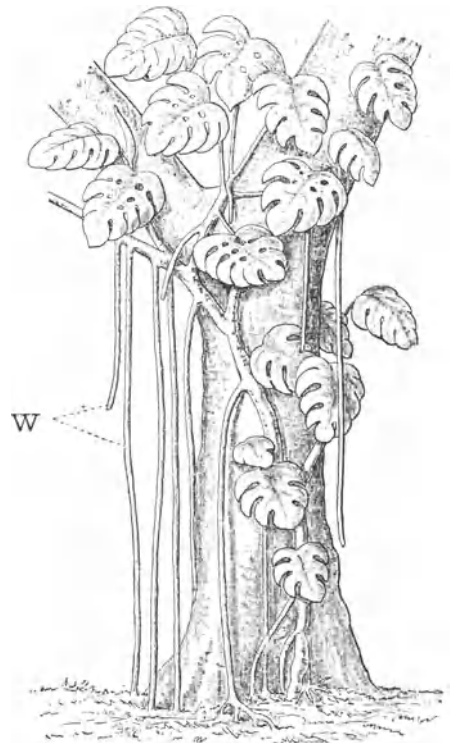


Abb. 24. An einem Baumstamm emporklimmende *Monstera deliciosa* mit langen Luftwurzeln *W* (ca.  $\frac{1}{40}$ ).

Die Hauptwurzel, welche direkt aus der Keimwurzel des Embryos hervorgegangen ist und, räumlich verstanden, die Fortsetzung des Hauptprozesses nach unten hin darstellt, erfährt bei vielen Gewächsen, z. B. den Eichen, eine mächtige Entwicklung, sie bildet eine Pfahlwurzel, als deren seitliche Anhängsel die Seitenwurzeln erscheinen. Bei anderen Pflanzen, z. B. den Pappeln, bleibt die Hauptwurzel schwach, während die flach im Boden hinstreichenden Seitenwurzeln sich kräftig entwickeln und ein weit ausgreifendes als Flachwurzel bezeichnetes Wurzelsystem bilden. Bisweilen dringen mit der Hauptwurzel zugleich 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 (Abb. 23).

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

**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 (Abb. 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 porösen Gewebe, der **Wurzelhülle**, Velamen, umgeben, welches sich bei Regen oder Taubildung mit Wasser vollsaugt, so daß den Pflanzen auch während der trockenen 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 Flutzeit stehen die Pflanzen im Wasser, während der Ebbe ist der sie

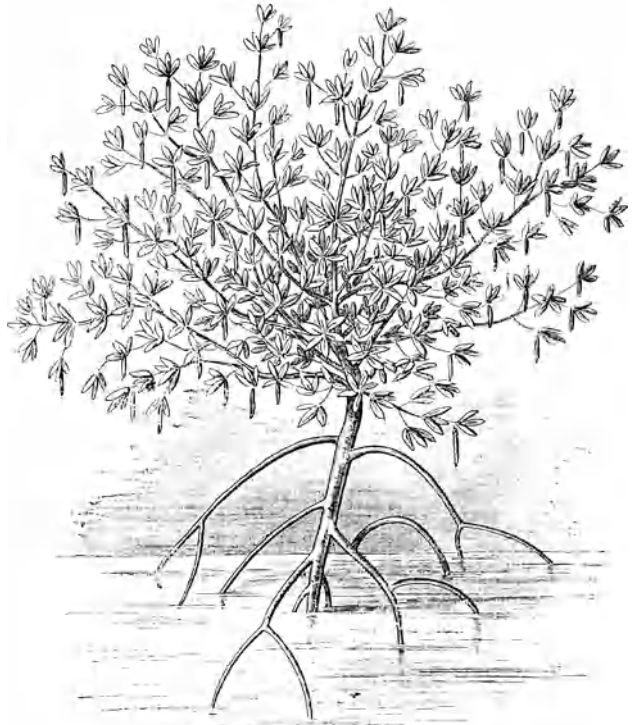


Abb. 25. *Rhizophora mucronata* mit Stelzwurzeln (stark verkleinert).

tragende Schlickboden bloßgelegt. Der untere Teil der Stämme ist gewöhnlich nur schwach entwickelt, er stirbt bisweilen gänzlich ab; weiter oben entspringen am Sproß sog. Stelzwurzeln, 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 (Abb. 25).

**Stützwurzeln.** Eine auffällige Erscheinung bieten die Luftwurzeln einiger tropischer Feigenbäume dar. Die an den Zweigen entspringenden Adventiv-

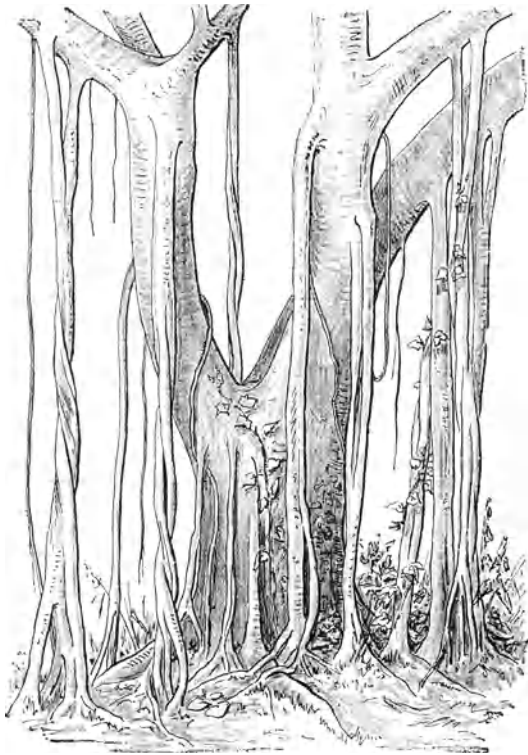


Abb. 26. Stamm und Hauptäste von *Ficus religiosa* mit Stützwurzeln (stark verkleinert).

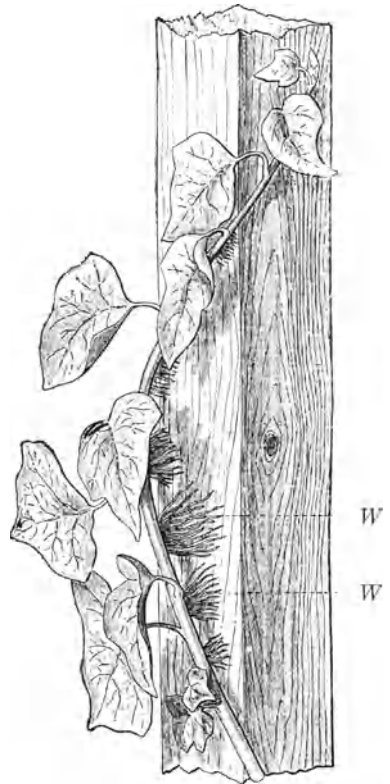


Abb. 27. Sproß des Efeu mit Haftwurzeln *W* an einer Spalierstange befestigt ( $\frac{1}{2}$ ).

wurzeln 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 ausladenden Zweige dieser Bäume bilden. Ein älteres Exemplar von *Ficus religiosa* gleicht mit seiner riesigen Laubkrone infolge der Stützwurzelbildung einem ganzen Walde von einzelnen Stämmen (Abb. 26).

**Haftwurzeln.** Wie in den angeführten Fällen die Erhaltung des Stammes in aufrechter Stellung durch die Ausbildung der Luftwurzeln zu Stel- 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 Haftwurzel 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 (Abb. 27).

In dem Wurzelsystem des Efeu 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 Äste 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. X.

### 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 Wurzelknollen 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 (Abb. 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 (Abb. 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.

**Wurzeln als Assimilationsorgane.** Eine ganz eigentümliche Funktionsänderung ist an den Luftwurzeln einiger an Baumstämmen wachsenden Orchi-

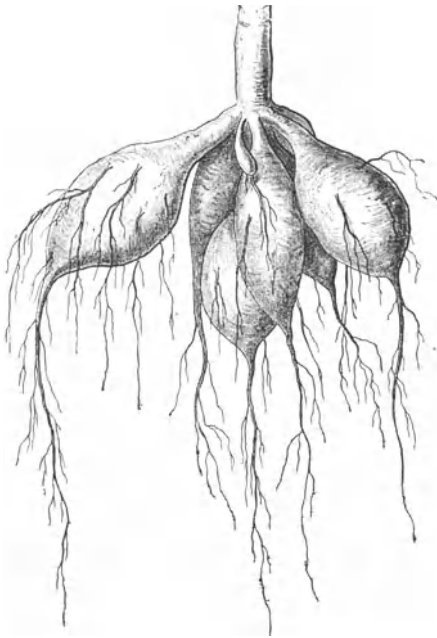


Abb. 28. Wurzelknollen der Georgine ( $\frac{1}{2}$ ).

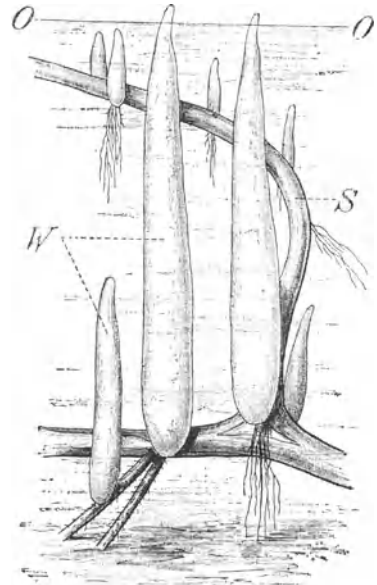


Abb. 29. Sproßstück von *Jussiaea repens* mit Atemwurzeln *W*. *S* unterer Teil eines beblätterten Seitensprosses. *O—O* Wasseroberfläche ( $\frac{1}{2}$ ).

deen 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 Baustoffen, 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 (Abb. 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. Bei

einer tropischen Dioskorea sind die nährstoffreichen Wurzelknollen im Erdboden mit einem Gewirr von Wurzeldornen umhüllt.

**Saugwurzeln der Schmarotzer.** Manche Gewächse ersparen sich die Ausbildung eines normalen Wurzelsystems dadurch, daß sie mit besonderen an ihren Wurzeln auftretenden Saugwarzen (Haustorien) die Nahrungssäfte aus den Wurzeln oder Sprossen anderer Pflanzen entnehmen.

Die Orobanchen, die Rhinanthusarten und andere besitzen zu Anfang normal gebaute Wurzeln, welche sich im Boden ausbreiten; wo sie mit den Wurzeln benachbarter Pflanzen in Berührung treten, bilden sie warzenförmige Auswüchse, von welchen aus Büschel feiner, haarförmiger Fortsätze in das Gewebe der Nachbarpflanze eindringen. Die Mistel, ein auf Bäumen schmarotzender immergrüner Strauch, senkt ihr ganzes Wurzelsystem in das Gewebe der Wirtspflanze hinein. 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 (Abb. 31).

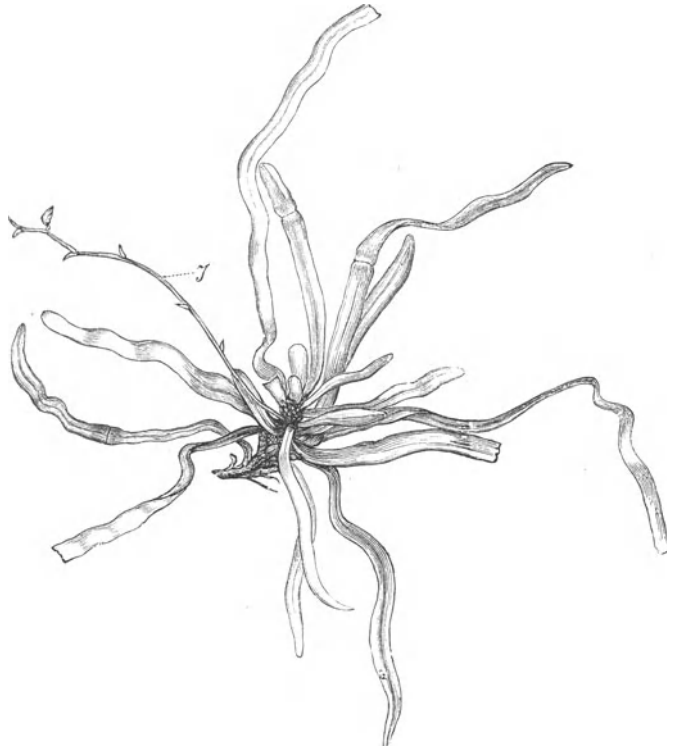


Abb. 30. *Taeniophyllum Zollingeri*, eine Orchidee, deren bandartig verbreiterte Luftwurzeln als Assimilationsorgane dienen an Stelle der verkümmerten Laubblätter. J Blüten sproß (nach Goebel).

**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, sondern aus dem Gewebe der Abstammungssache 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.



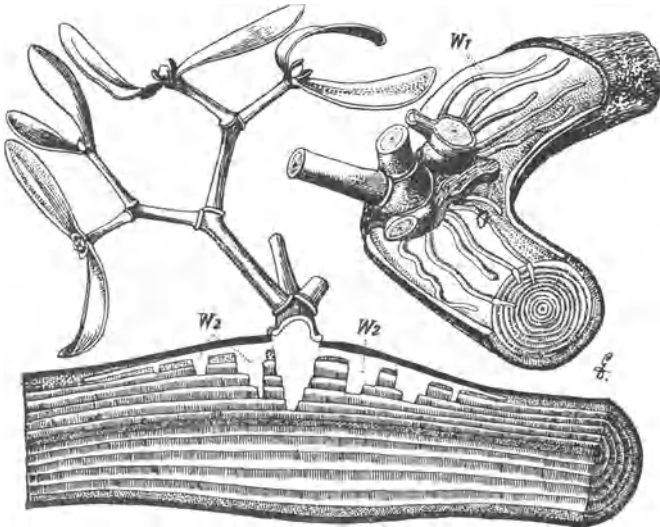


Abb. 31. Wurzelsystem der Mistel auf einem Kiefernast. In der Hauptfigur ist der Ast halbiert, so daß die radial eindringenden Saugorgane  $W_2$  sichtbar werden. In der Nebenfigur sind die parallel zur Oberfläche des Astes verlaufenden Wurzeln  $W_1$  durch Entfernung des Rindengewebes freigelegt.

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.

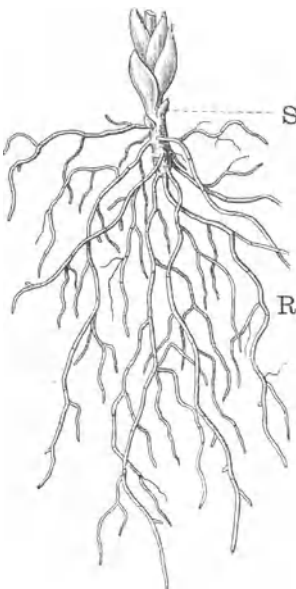


Abb. 32. Unterer Teil eines Moosstämmchens  $S$  mit zahlreichen Rhizoiden  $R$  ( $14_1$ ).

**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

#### 4. Die Wurzeln der niederen Pflanzen.

Bei 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.

**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 (Abb. 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 Armleuchteralgen besitzen feine haarförmige Wurzelfäden, welche sich büschelig verzweigen und tief in den Schlamm eindringen. Auch die in Abb. 1 dargestellte kleine Grünalge, *Botrydium granulatum*, bietet ein Beispiel der Rhizoidbildung bei Algen.

**Haftorgane der Meeresalgen.** Die meisten Algen sind Wasserbewohner und nehmen mit der gesamten Körper-

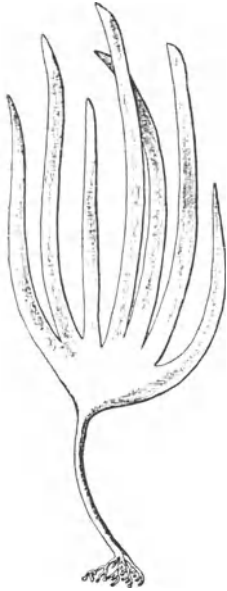


Abb. 33. *Laminaria digitata* ( $\frac{1}{6}$ ). Meeresalge mit verzweigtem, wurzelartigem Haftorgan an der Basis.

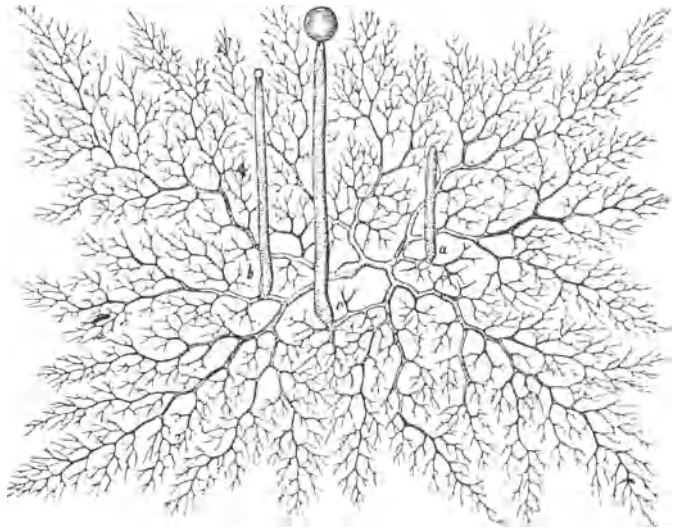


Abb. 34. Junges Exemplar eines Schimmelpilzes (*Mucor*). *abc* Fruchträger in verschiedenen Entwicklungsstadien. Alles übrige stellt das reichverzweigte Mycel dar (vergr. nach Kny).

oberfläche 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** (Myzel) bezeichnet wird, in dem Nährboden verborgen, nur die Fruchträger, welche die der Vermehrung dienenden Keimkörner erzeugen, treten sproßartig 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 Myzel nicht angebracht erscheint.

### III. Der vegetative Sproß.

An den Blütenpflanzen 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.

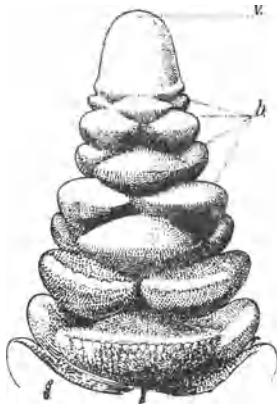


Abb. 35. Sproßgipfel der Wasserpest *Elodea canadensis* (<sup>70</sup>/<sub>1</sub>). v Vegetationspunkt, b Blattanlagen.

#### 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 zylindrische oder prismatische Gebilde, welche am Gipfel kegelförmig verjüngt sind und mit dem Vegetationspunkt abschließen. Durch ihn 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**. Auch bei den Stauden, welche einen ausdauernden meist im Erdboden verborgenen Grundstamm haben, sind die alljährlich erneuerten oberirdischen Achsen von krautiger Beschaffenheit. Bei den meisten 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.

Am Gipfel des Sprosses stehen die Anlagen der seitlichen Glieder dicht ge-

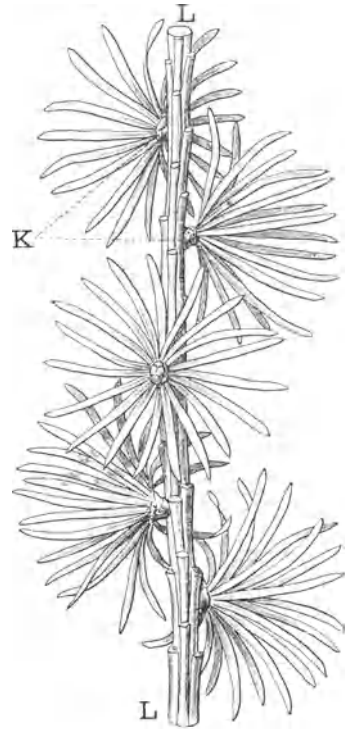


Abb. 36. *Larix europaea*. Stück eines Langtriebes L—L mit fünf reichbeblätterten Kurztrieben K.

drängt, indem aber die zwischen denselben liegenden Sproßteile eine nachträgliche Streckung erfahren, werden die Ansatzstellen der Glieder auseinandergerückt, so daß die Sproßachse in blättertragende 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 Übergänge in sanfter Abstufung vertreten.

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

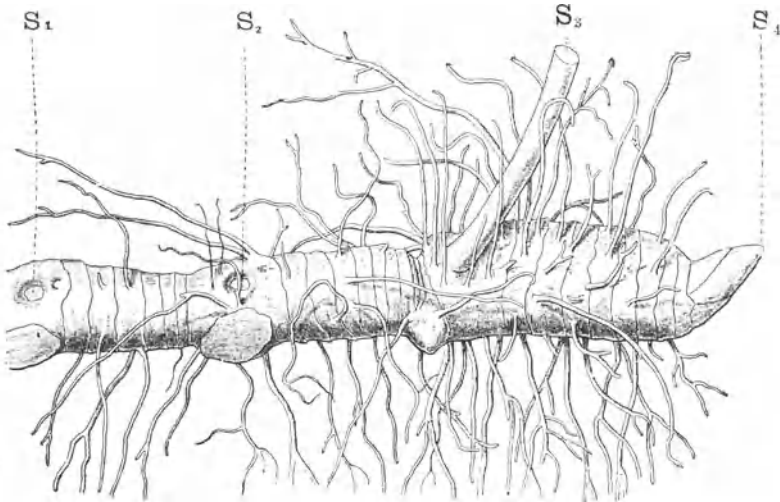


Abb. 37. Rhizom der Maiblume.  $S_1, S_2$  die Narben der in den beiden vorhergehenden Jahren entwickelten Laubsprosse.  $S_3$  der diesjährige Trieb.  $S_4$  die Anlage des nächstjährigen Triebes.

Blättern. Jedes Büschel stellt einen reichbeblätterten Kurztrieb dar, dessen Internodien unentwickelt bleiben (Abb. 36). Auch die Nadelbüschel der Kiefern sind derartige Kurztriebe.

**Sproßsysteme.** Es gibt nur wenige einachsige Pflanzen, deren Hauptsproß, ohne seitliche Achsen auszubilden, seine Entwicklung mit einer endständigen Blüte abschließt. 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 Holz-

gewächsen unterscheidet man Bäume, Sträucher und Halbsträucher. Die **Bäume** werfen die unteren Seitenzweige ab und bilden nur am oberen Teil des Stammes starke Äste aus, welche sich wiederholt verzweigen. Bei den **Sträuchern** ist der Hauptsproß dicht über der Wurzel verzweigt und die einzelnen Äste 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

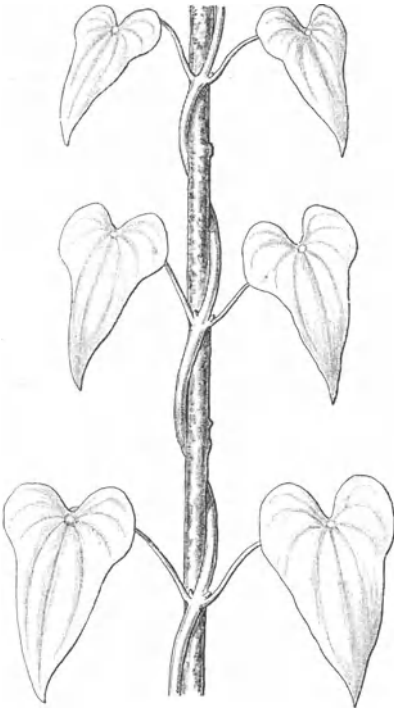


Abb. 38. Stück des windenden Sprosses von *Dioscorea Batatas* ( $\frac{2}{3}$ ).

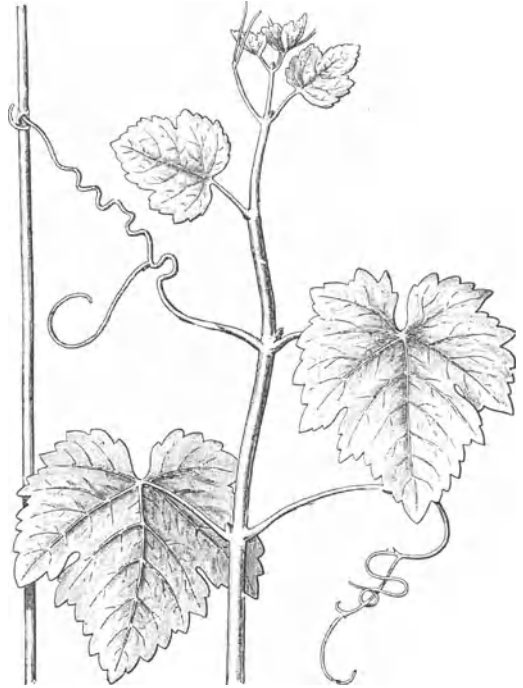


Abb. 39. Gipfel eines Weinstocks mit Sproßranken. Die eine derselben hat eine Stütze ergriffen ( $\frac{1}{2}$ ).

an den älteren Sprossen neue Seitentriebe entstehen. Ähnliches Verhalten zeigen die **Stauden**. Während die oberirdischen Sproßteile nach der Fruchtbildung absterben, bleibt der im Boden verborgene Grundstamm (das Rhizom) (Abb. 37) erhalten. Aus ihm gehen alljährlich Erneuerungssprosse hervor, welche wieder Laubblätter und Blüten erzeugen.

**Wachstumsrichtung.** Wir haben früher gesehen, daß bei der Keimung die Sproßanlage sich unter dem Einfluß der Schwerkraft senkrecht aufwärts wendet. Bei den Bäumen, vielen Sträuchern und Kräutern behält der Hauptsproß diese Wachstumsrichtung während seiner ganzen Entwicklung bei, die Seitensprosse dagegen wenden sich horizontal seitwärts oder unter 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 (Abb. 38). Man bezeichnet die Pflanzen mit windendem Stengel als Schlingpflanzen; die Stangenbohnen in unseren Gemüsegärten, der Hopfen und das deutsche Geißblatt sind bekannte Beispiele.

Ähnlich 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 der früher schon erwähnte Efeu mit seinen Haftwurzeln. Bei anderen Kletterpflanzen sind Seitensprosse oder Blätter in Haftorgane umgewandelt (Abb. 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 hängen wohl gar von dem erhöhten Standort der Pflanze herab. Bei den Stauden ist das Rhizom häufig horizontal oder schräg aufwärts gerichtet, während die oberirdischen Laubsprosse senkrecht gestellt sind.

## 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, Wuchsform 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 tragen keine Laubblätter; sie sind meist lange, fadenförmige Ranken von krautartiger Beschaffenheit, welche sich um die Stütze herumschlingen. Zu Ranken umgebildete Sprosse finden wir z. B. am Weinstock (Abb. 39). Bei einigen tropischen Gewächsen, welche als Hakenklimmer bezeichnet werden, kommen kurze, holzharte Kletterhaken vor.

**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 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 ver-

wandten Ruscusarten sind die zu Assimilationsorganen umgewandelten Seitensprosse blattartig verbreiterte Flachsprosse (Phyllokladien, Abb. 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. Ähnlich verhalten sich die Äste bei dem zu den Euphorbiaceen gehörigen, bei uns in Gewächshäusern kultivierten Strauch *Phyllanthus angustifolius* (Abb. 41).

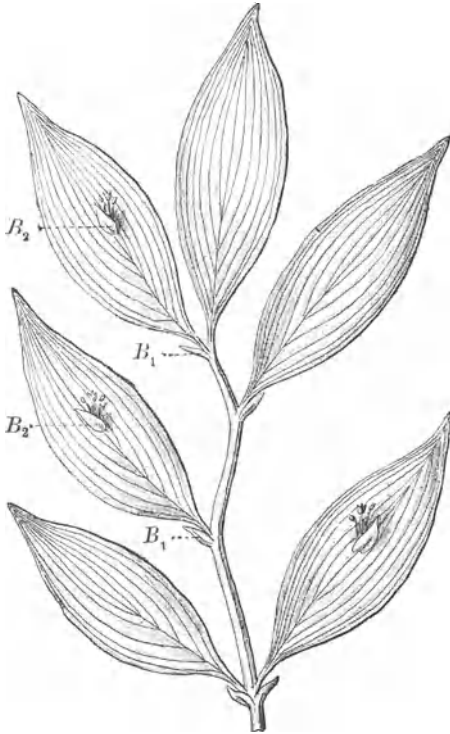


Abb. 40. Zweig von *Ruscus Hypoglossum* ( $\frac{2}{3}$ ), an welchem in der Achsel schuppenförmiger Blätter  $B_1$  Flachsprosse, Phyllokladien entspringen. Einige derselben tragen in der Mitte ein kleines Blatt  $B_2$ , in dessen Achsel ein Blütenstand steht.

**Wasserspeicher.** Flachsprosse finden wir auch bei den zur Familie der Kakteen gehörigen Opuntien. 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 Gewebeplatten 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

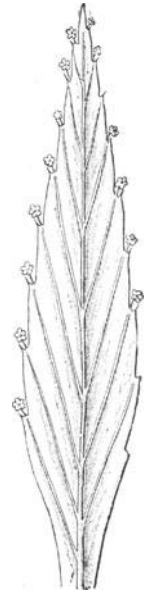


Abb. 41. Flachsproß, Phyllokladium, von *Phyllanthus* mit randständigen Blüten, welche in der Achsel kleiner schuppenförmiger Blätter entspringen.

nen Kakteen, ferner bei manchen Arten der Euphorbiaceen (Abb. 42) und einigen anderen Gewächsen, die sehr trockene Standorte bewohnen, oder denen aus anderen Gründen die Wasseraufnahme erschwert ist, sind die Sproßachsen zu fleischig saftigen Wasserspeichern ausgebildet. Man faßt alle derartigen Gewächse als **Stammssukkulente** zu einer biologischen Gruppe zusammen.

**Reservestoffbehälter.** Bei manchen Pflanzen werden Sproßabschnitte zu Reservestoffbehältern umgebildet. So stellt z. B. die scheibenförmige Knolle des Alpenveilchens das stark geschwollene untere Ende des Sprosses dar (Abb. 43). Die Knolle der Herbstzeitlose ist ein angeschwollenes Internodium des unter-



Abb. 42. Junges Exemplar von *Euphorbia canariensis* ( $\frac{1}{2}$ ).



Abb. 43. Alpenveilchen, *Cyclamen europeum* ( $\frac{1}{2}$ ). Der untere Teil des Sprosses bildet eine Knolle **K**, in welcher Reservestoffe aufgehäuft sind.

irdischen Sprosses. Bei anderen Pflanzen bilden ganze knollenförmig angeschwollene Seitensprosse die Reservestoffbehälter. Dahin gehören die Knollen des Topinambur (Abb. 44) und der Kartoffel (Abb. 46) als allbekannte Beispiele. Von den ebenfalls als Reservestoffbehälter dienenden Wurzelknollen, wie wir sie im vorigen Kapitel bei der Georgine kennengelernt 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 Knol-

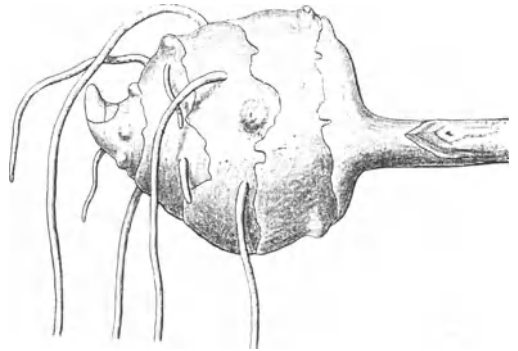


Abb. 44. Knolle von Topinambur, *Helianthus tuberosus*.



lenbildung 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

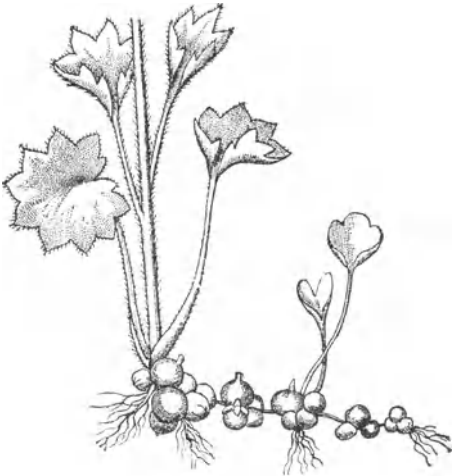


Abb. 45. Steinbrech, *Saxifraga granulata*. An dem unterirdischen Zweige stehen zahlreiche Brutknöllchen.

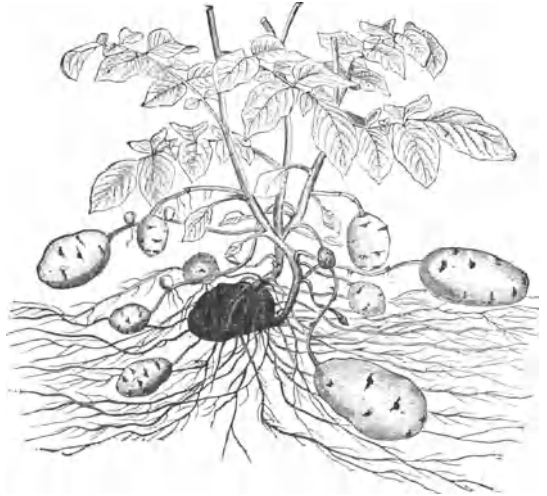


Abb. 46. Knollenbildung an den unterirdischen Sprossen der Kartoffelpflanze, *Solanum tuberosum*.

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

**Ausläufer.** Die bei vielen Pflanzen auftretenden Ausläufer oder Stolonen, schlanke Seiten-

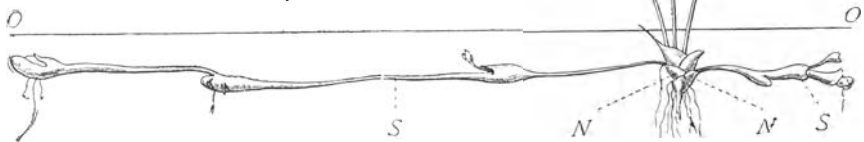


Abb. 47. Moschuskraut mit unterirdischen Ausläufern *S*, welche in der Achsel von schuppenförmigen Blättern *N* entspringen ( $1/2$ ). *O—O* die Bodenoberfläche.

sprosse, die sich horizontal am oder im Erdboden ausbreiten (Abb. 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 ge-

löst. 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 Beschädigung durch größere Tiere gewähren. Gewöhnlich sind es, wie beim Schlehdorn und Weißdorn, kurze Seitensprosse und die Spitzen belätterter Zweige, welche vorne kegelförmig

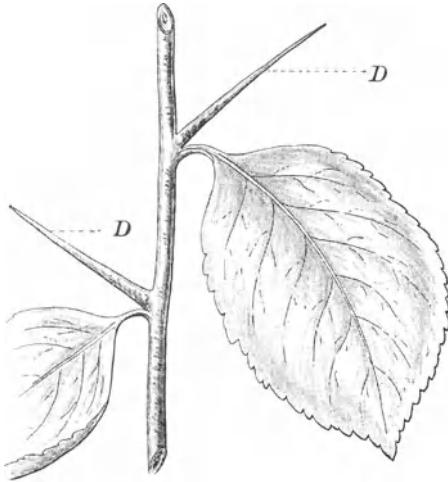


Abb. 48. Sproßstück von *Crataegus prunifolia*. Die Achselknospen der Blätter sind zu Dornen *D* ausgewachsen.



Abb. 49. Sproß von *Colletia cruciata* mit verdornen Flachsprossen.

scharf zugespitzt und holzig verhärtet sind (Abb. 48). Sehr weit geht die Dornbildung bei *Colletia cruciata* (Abb. 49), einem amerikanischen Strauch aus der Familie der Rhamnaceen, welcher sehr trockene, sonnige Standorte bewohnt. 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 scheidelständiger Vegetationspunkt, welcher befähigt wäre, seitliche Organe höherer Ordnung hervorzubringen, fehlt ihnen. Die das Wachstum vermittelnde Gewebepartie liegt nicht an der Spitze, sondern weiter rückwärts (interkalar); 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 Abb. 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 Gewebzone zwischen Blattgrund und Oberblatt, welche zur Ausbildung des Blattstieles führt.

Bei den Farnen besitzen die Blätter meist 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 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.



Abb. 50. Sproßgipfel von *Ranunculus repens* ( $^{32}/_1$ ).  
v der durchschimmernde Vegetationspunkt,  
 $b_1, b_2, b_3$  Blattanlagen.  
a  $x_3$  die Achselknospe des dritten Blattes.

**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 hochentwickelten Blatt mancher Samenpflanzen lassen sich drei Abschnitte, nämlich Blattfläche oder Spreite, Blattstiel und Blattscheide, leicht unterscheiden (Abb. 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 dorsiventral 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 (Abb. 64).

**Nervatur.** Die wichtigste physiologische Funktion des Blattes, die Assimilation, welche unter der Einwirkung des Lichtes vor sich geht, wird vorwiegend

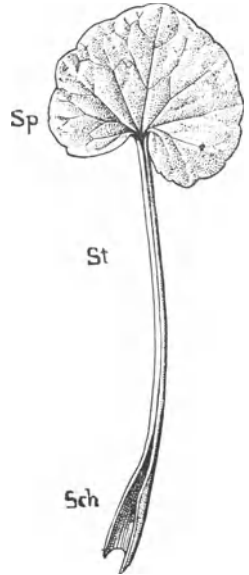


Abb. 51. Blatt der Feigwurz. Sp Blattspreite. St Blattstiel. Sch Blattscheide.

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

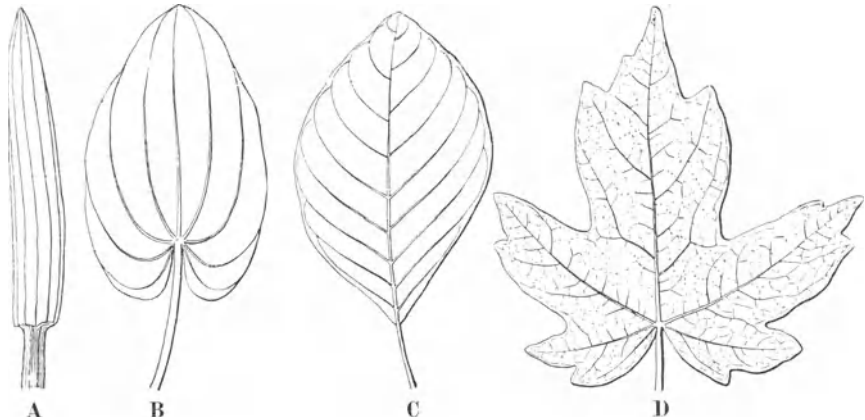


Abb. 52. **A** parallelnerviges Blatt des Ruchgrases. **B** bogennerdiges Blatt des Froschlöffel. **C** fiedernerviges Blatt des Faulbaums. **D** handnerviges Blatt des Feldahorn.

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 bogennerdigen 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 bei den Monokotylen vertreten (Abb. 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 Äste 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, von dem rechts und links Seitennerven entspringen, die Blattspreite bis zur Spitze durchzieht. (Abb. 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 (Abb. 52D).

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 nächstoberen Sekundärnerven hinüberziehen, oder sei es, daß zwischen den direkt zum Blattrande laufenden Sekundärnerven starke Querverbindungen parallel zum Blattrande ausgebildet 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 Gewächshäusern, bleiben die Riesenblätter ganz; im Freien aber wird ihre Fläche durch den Wind sehr bald bis zum Mittelnerven hin in schmale Zipfel zerschlitzt (Abb. 53). Die Musablätter werden indes durch die Zerreißung in einzelne Zipfel nicht in ihrer Funktion gestört; wäre die Zerreißung durch feste Randnerven verhindert, so würde 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. x

**Gestalt der Blattfläche.** Die Größe der Blattfläche steht zu den äußeren Lebensbedingungen der Pflanze in inniger Beziehung. Große Blattflächen bieten

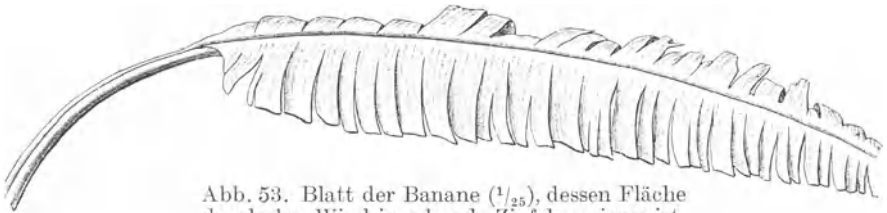


Abb. 53. Blatt der Banane ( $\frac{1}{25}$ ), dessen Fläche durch den Wind in schmale Zipfel zerrissen ist.

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 Angriffsfläche bieten sie für Wind und Regen; 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 Gewässer wird der Anspruch an den Materialaufwand durch die Tragkraft des Wassers herabgemindert.

In ähnlicher Weise wie bei den oben erwähnten Bananenblättern 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 dadurch erreicht, daß 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 wie bei dem gefiederten Eschenblatt und bei dem handförmig geteilten Blatt der Roßkastanie 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.

Die Menge des von der Pflanze durch Verdunstung abgegebenen Wassers wird um so größer, je größer die Oberfläche der Pflanze ist. Große Blattflächen können sich also nur bei Pflanzen finden, denen eine ausgiebige Wasserzufuhr gesichert ist. Wo die Wasserzufuhr 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

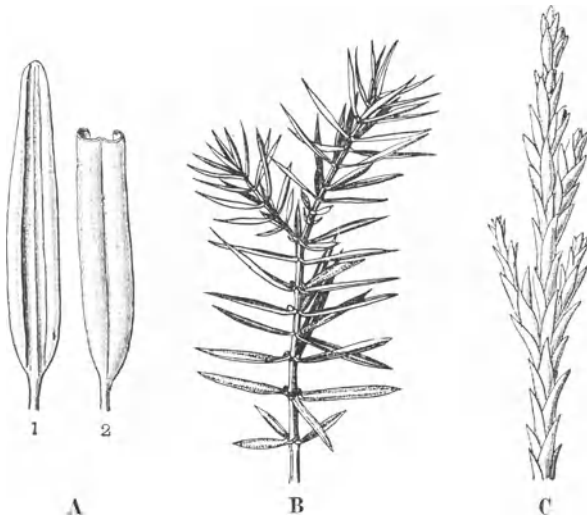


Abb. 54. **A** Rollblatt des Sumpfpfost ( $\frac{2}{1}$ ), 1 von der Unterseite, 2 von oben. Bei 2 ist die Spitze fortgeschnitten, um die Einrollung zu zeigen. **B** Sproß des Wacholder mit nadelförmigen Blättern. **C** Sproß von *Sequoia gigantea* mit schuppenförmigen Blättern.

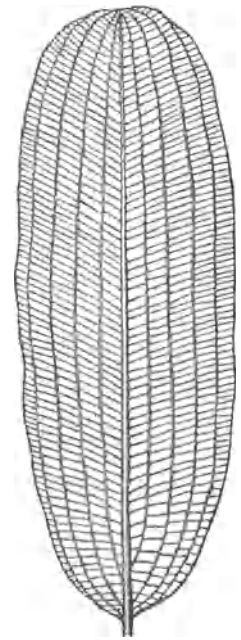


Abb. 55. Gitterförmiges Blatt von *Aponogeton fenestralis* ( $\frac{1}{2}$ ).

Ausbildung von **Rollblättern** (Abb. 54A); 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 Austrittsöffnungen 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) der meisten Nadelhölzer ist die verdunstende Oberfläche dadurch verringert, daß überhaupt keine flächenförmige Ausbreitung der Blattspreite gebildet wird (Abb. 54B).

Die **schuppenförmigen Blätter** der Cypressen (Abb. 54C) und ähnliche Bildungen in anderen Pflanzenfamilien 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 später 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 (Abb. 56D<sub>2</sub>). Bei *Aponogeton fenestralis*, einer tropischen Wasserpflanze (Abb. 55), ist sie von vielen fensterartigen Öffnungen 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.

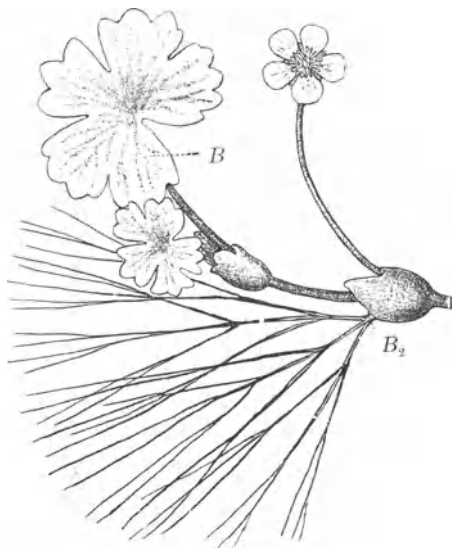


Abb. 56. Sproß der Wasserranunkel. B<sub>2</sub> ist ein in zahlreiche feine Zipfel zerteiltes Wasserblatt. B<sub>1</sub> ist ein über die Wasseroberfläche hervortretendes Luftblatt.

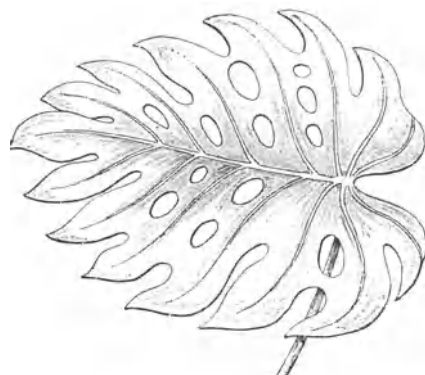


Abb. 57. Durchbrochenes Blatt von *Monstera deliciosa*.

Durchlöchernte Blattflächen kommen auch bei einigen Landpflanzen vor, z. B. bei der Aroidee *Monstera* (Abb. 57), welche wegen ihrer schönen Blätter häufig als Zierpflanze (*Philodendron*) gezogen wird. Die Durchlöcherung bedeutet eine Verringerung der Angriffsfläche für Wind und Regen.

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 (Abb. 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 säge-

zahnähnlichen Vorsprüngen besetzt. Nicht selten läßt sich eine derartige Beschaffenheit des Blattrandes als eine Schutzeinrichtung gegen Verletzung durch das Zusammenschlagen bei windigem Wetter oder gegen das Zerfressen werden durch Raupen und Käfer deuten. Die Spitze der Blattfläche ist meistens mehr oder minder weit vorgezogen und stellt bei vielen Pflanzen eine Träufelspitze,

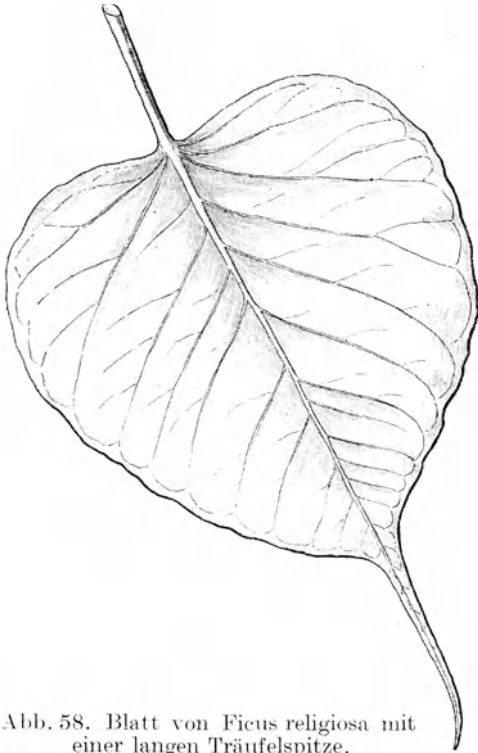


Abb. 58. Blatt von *Ficus religiosa* mit einer langen Träufelspitze.



Abb. 59. Blatt des Schöllkrautes mit ungleich großen und unsymmetrischen Blattabschnitten, welche so angeordnet sind, daß sie bei möglichster Ausnutzung der beleuchteten Fläche einander nicht im Lichtgenuß behindern. (Nach Goebel.)

d. i. eine Abtropfvorrichtung dar zur schnellen Trockenlegung der Blattspreite nach Regenfall (Abb. 58). Bisweilen sind die Besonderheiten in Bau und Gestalt der Blattspitze darauf zurückzuführen, daß dieser Teil als Vorläuferspitze in der Entwicklung vorseilend 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 Assimilations- und Transpirationsapparate. 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 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





Abb. 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.

Blatt des Schöllkrautes (Abb. 59) sind die Blattlappen 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* (Abb. 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 derselben Sprosse meistens zu dem

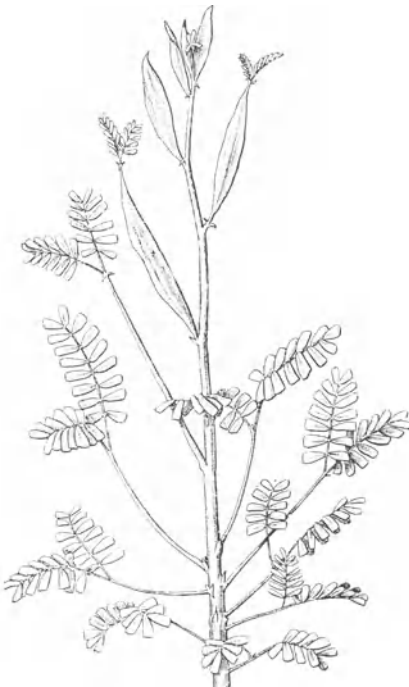


Abb. 61. Keimpflanze von *Acacia melanoxyloides* (verkleinert). Die unteren Blätter bilden Blattspreiten aus, die oberen sind Phyllodien. Die Übergangsformen zwischen beiden zeigen, daß die letzteren verbreiterte Blattstiele sind, deren Spreiten verkümmern.



Abb. 62. Blattscheiden der oberen Blätter einer Umbellifere, *Angelica silvestris*.

obigen allgemeinen Satze in Beziehung gebracht werden. Bei einseitig beleuchteten Pflanzen sind häufig alle Blattflächen mosaikartig nebeneinander geordnet, so daß man von einem Blattmosaik sprechen kann.

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 Scariola* 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 sie in eine günstige Lage zum Licht und ermöglicht ihr, dem An-

prall 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 luftgefüllte 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 (Abb. 63A).

Bei einigen Gewächsen, deren Blattspreiten verkümmert sind, übernimmt der blattartig verbreiterte Blattstiel allein die Assimilation. Man nennt in solchen Fällen das Assimilationsorgan ein Phyllodium (Abb. 61).

Die Abb. 61 stellt eine Keimpflanze einer Akazie dar, welche im erwachsenen Zustande nur Phyllodien besitzt. Die ersten Blätter der jungen Pflanzen entwickeln indes noch eine

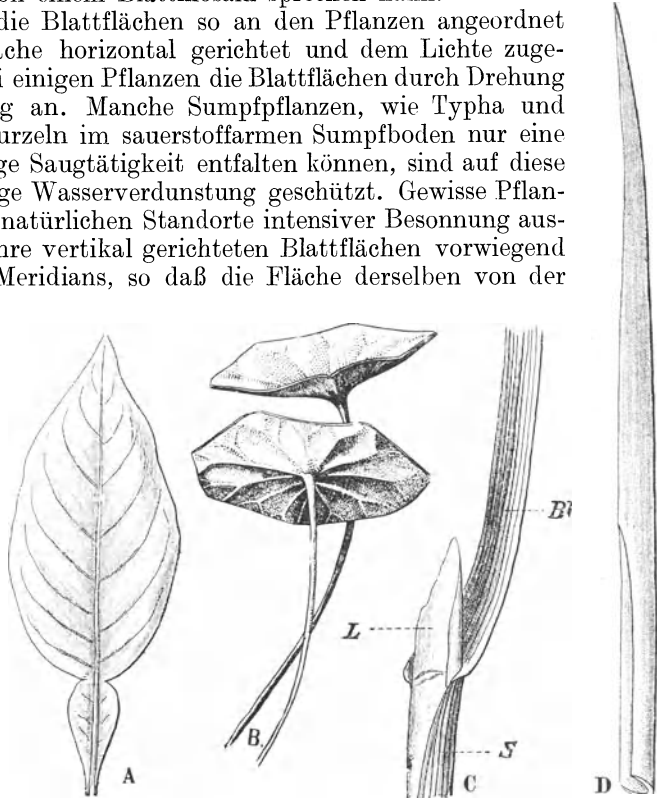


Abb. 63. **A** Blatt von Citrus mit geflügeltem Blattstiel ( $\frac{1}{2}$ ). **B** schildförmige Blätter der Kapuzinerkresse ( $\frac{1}{2}$ ). **C** mittlerer Teil des Blattes des Rispengrases. *Bl* Blattfläche. *S* Scheide. *L* Ligula. **D** schwertförmiges Blatt der Schwertlilie ( $\frac{1}{4}$ ).

zusammengesetzte Blattspreite und die darauf folgenden Blätter zeigen alle Übergänge 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.

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 (Abb. 63 B).

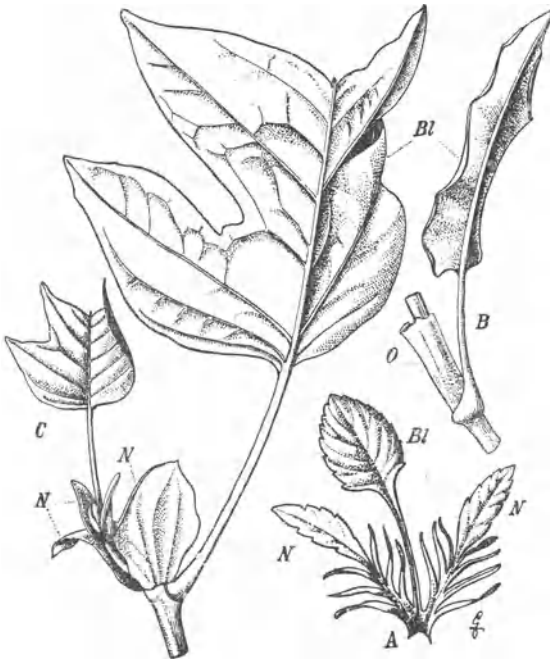


Abb. 64. A Blatt des Stiefmütterchens mit laubblattartig entwickelten Nebenblättern N. B Blatt des Knöterich ( $1/2$ ). Die Nebenblätter bilden eine Ochrea; eine den Sproß umhüllende Röhre O. C Sproßgipfel des Tulpenbaums. Die Nebenblätter des jüngsten Blattes bilden eine schützende Hülle um die jüngeren Sproßteile; die Hülle löst sich in zwei den Nebenblättern entsprechende Teile N auf.

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 (Abb. 63 C, D). Unter den Dikotylen zeigen z. B. die Doldengewächse wohlentwickelte Blattscheiden (Abb. 62). Die Blattscheide stellt den mehr oder minder weit um die Sproßachse herumreifenden 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.

Bei manchen Monokotylen, z. B. den Gräsern und Halbgräsern, bildet die

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, bei denen der Blattstiel an der Unterseite der Spreite angesetzt ist (Abb. 63 B), 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

Scheide eine röhrenförmige Umhüllung des Stengels und schützt zugleich die unteren, weichen, noch im Wachstum begriffenen Teile des Internodiums. An der Übergangsstelle 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 (Abb. 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 (Abb. 63 D). Die biologische Bedeutung der schwertförmigen Blätter liegt hauptsächlich in der die Wasserverdunstung beeinflussenden Vertikalstellung der assimilierenden Flächen.

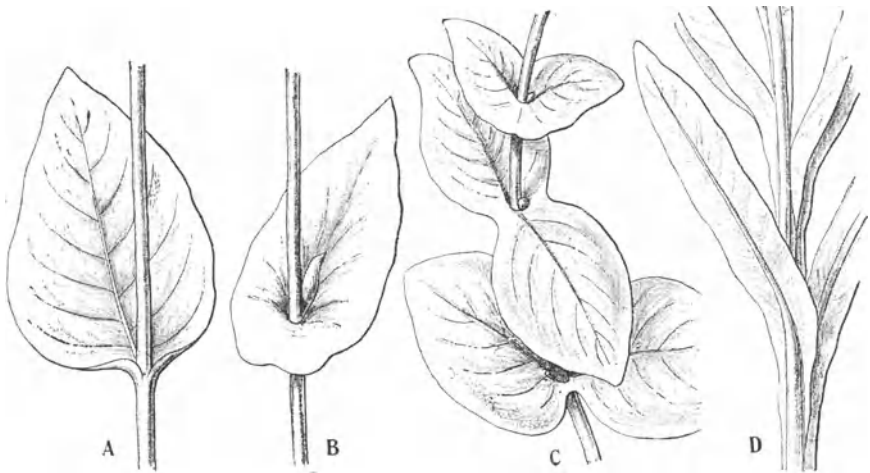


Abb. 65. **A** Stengelumfassendes Blatt von *Hieracium amplexicaule* ( $\frac{1}{2}$ ). **B** durchwachsendes Blatt von *Bupleurum rotundifolium*. **C** Sproßstück von *Lonicera Caprifolium* mit verwachsenen Blättern. **D** Sproßstück von *Centaurea montana* mit herablaufenden Blättern.

**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 abgeworfen. In anderen Fällen entwickeln sich die Nebenblätter zugleich mit dem Blatt und werden zu grünen, laubblattähnlichen Assimilationsorganen (Abb. 64 A). Die tutenförmigen Hüllen, welche bei einigen Dikotylen, z. B. den Feigenbäumen, dem Tulpenbaum (Abb. 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 auseinander-

gedrängt. 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 (Abb. 64 B).

**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 (Abb. 65 A). Das stengelumfassende Blatt bildet einen Übergang zu dem **durchwachsenen Blatt**, bei welchem die um den Sproß herumgreifenden basalen Lappen der Spreitenhälften miteinander vereinigt sind (Abb. 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** (Abb. 65 C). Als **herablaufende** Blätter bezeichnet man stiel- oder scheidenlose Blätter, deren Blattfläche sich über die Ansatzstelle hinaus an dem darunter gelegenen Stengelinternodium als flügelartige Verbreiterung fortsetzt (Abb. 65 D).

#### 4. Umgebildete Blätter.

**Blattranken.** Bei manchen Kletterpflanzen bestehen die Kletterorgane aus umgebildeten Blättern. An den schildförmigen Blättern der Kapuzinerkresse und anderen ist der Blattstiel gegen Berührung reizbar und windet sich um die Stütze herum.



Abb. 66. Sproßstück von *Lathyrus Aphaca*. N Nebenblätter. R das als Ranke ausgebildete Oberblatt.

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 (Abb. 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 (Abb. 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 Abb. 69 A abgebildeten Blatt einer *Acacia* sind nur die Nebenblätter derartig entwickelt. Für die Umbildung des ganzen Blattes bietet der Sauerdorn, *Berberis*, ein bekanntes Beispiel. Man findet oft an einem Sprosse alle Übergänge von Blättern mit dorniggezähntem Rande bis zu den charakteristischen handförmig geteilten Blattdornen mit Achselknospen, welche die Blattnatur der Dornen ohne weiteres erkennen lassen (Abb. 69 B). Bei der in Abb. 68 abgebildeten *Astragalus*-

art werden die Blattspindeln der paarig gefiederten Laubblätter, indem sie die Fiederblättchen verlieren, nachträglich zu harten Dornen.

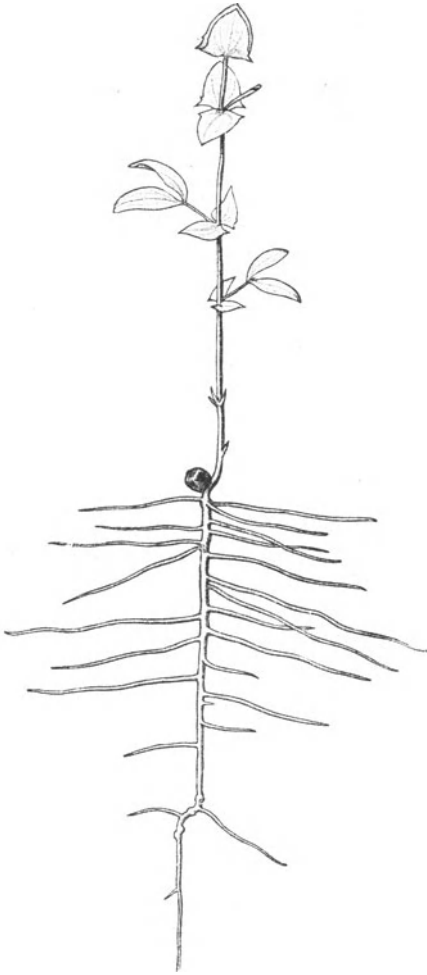


Abb. 67. Keimpflanze von *Lathyrus Aphaca*. Die ersten Blätter besitzen noch eine Spreite, an den späteren wird dieselbe zur Ranke umgebildet.

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



Abb. 68. Zweig von *Astragalus tragacantha* mit Blattdornen, welche aus den Spindeln der gefiederten Blätter hervorgegangen sind.

**Tierfallen.** Eine der merkwürdigsten Blattmetamorphosen ist die Umbildung von Blättern oder Blatteilen der fleischfressenden Pflanzen (Insektivoren) zu Fangapparaten. Bei den wasserbewohnenden Utrikularien bilden einzelne Zipfel der vielfach zerteilten Tauchblätter blasenförmige Klappfallen (Abb. 70a). Der enge Eingang der Blase ist durch eine bewegliche, nur nach innen sich öffnende Klappe verschlossen. Der durch gewisse Lebensvorgänge im Innern

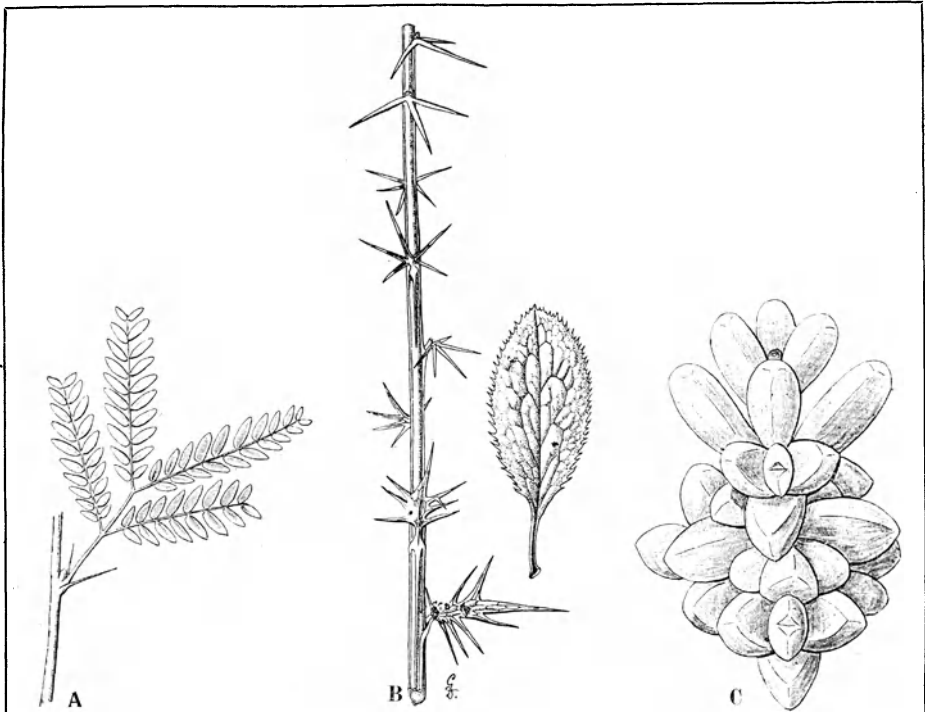


Abb. 69. **A** Blatt von *Acacia eburnea*, dessen Nebenblätter zu Dornen umgewandelt sind. **B** Zweig des Sauerdorn mit Blattthornen und Übergangsformen zwischen Laubblättern und Dornen ( $\frac{1}{2}$ ). **C** Sproß von *Mesembryanthemum elegans* mit dicken fleischigen Blättern.



Abb. 70. **a** Blattstück von *Utricularia vulgaris* mit zahlreichen Blasen. **b** Blatt von *Nepenthes Mastersii* mit einer kannenförmigen Tierfalle ( $\frac{1}{3}$ ). **c** Becherförmiges Blatt von *Sarracenia flava* ( $\frac{1}{3}$ ).

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 Sarraceniën und Darlingtonien, sind die Blätter oder einzelne Teile derselben zu becher- oder kannenförmigen Gebilden geworden, welche zum Teil mit ausgeschiedener Flüssigkeit gefüllt sind und Fallgruben darstellen, denen die gefangenen Gliedertiere nicht zu entgehen vermögen (Abb. 70b u. c). Das in Abb. 70b 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 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 (Abb. 71). Häufig sind die Niederblätter besonders an unterirdischen Sprossen als die Überreste 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.

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 (Abb. 72A).

Indem die zur Zwiebel vereinigten Niederblätter die Sproßachse und die an derselben vorhandenen Knospen fest umhüllen, sind sie zugleich Schutzorgane

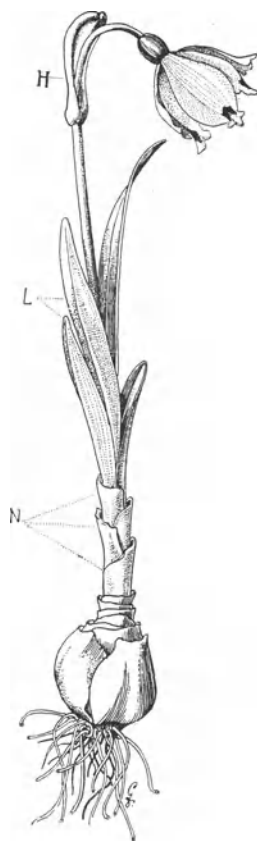


Abb. 71. *Leucojum vernum* (1/2). N Niederblätter. L Laubblätter. H Hochblatt.



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 besitzen (Abb. 73). Es sind die **Knospenschuppen**-

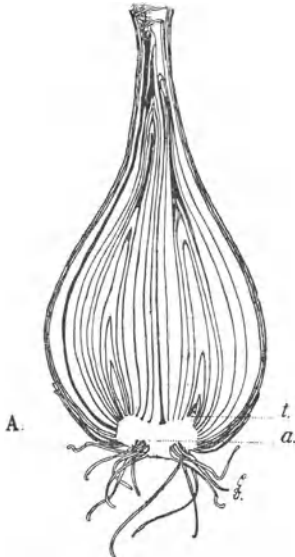


Abb. 72. **A** Längsschnitt einer Zwiebel von *Allium Cepa*. *a* der scheibenförmige Teil der Sproßachse, welche die Zwiebelschuppen und die Laubblätter trägt. *t* die Endknospe eines Sprosses, aus welcher sich ein oberirdischer Laubsproß entwickelt. **B** austreibende Zweigknospe einer Rose (nach Payer), am Grunde mit Knospenschuppen und mit Übergangsformen zwischen diesen und Laubblättern 1—4.

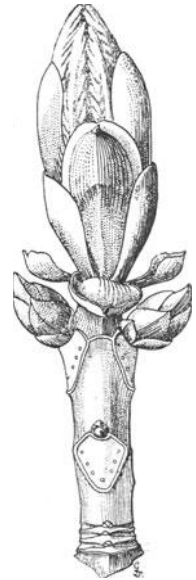


Abb. 73. Knospenschuppen an der aufbrechenden Knospe der Roßkastanie, *Aesculus Hippocastanum*.



Abb. 74. Nackte Knospe des Schneeballs, *Viburnum Lantana*.

pen, 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 Übergangsformen vorhanden, welche erkennen lassen, daß die Knospenschuppen in der Tat als umgewandelte Laubblätter anzusehen sind (Abb. 72**B**). An den Knospen einiger Holzpflanzen, z. B. des Schneeballs, *Viburnum* (Abb. 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 Überwinterungsorgane bei untergetaucht lebenden Wasserpflanzen wie *Utricularia*, *Myriophyllum*, *Potamogeton* u. a. auf. Die Sproßspitze bedeckt sich im Herbst mit Blattanlagen, welche knospenartig zusammenschließend eine feste kugelige oder keulenförmige Winterknospe (Hibernakel) bilden. Diese 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 (Abb. 71). Sie sind gleichfalls metamorphosierte Laubblätter und oft durch mancherlei Übergänge 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 Moose und Algen haben, soweit bei ihnen überhaupt ein gegliederter Vegetationskörper vorhanden ist, sehr einfach gebaute Sprosse (Abb. 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 verkümmert Blattbildung, aus denen aufrechte beblät-

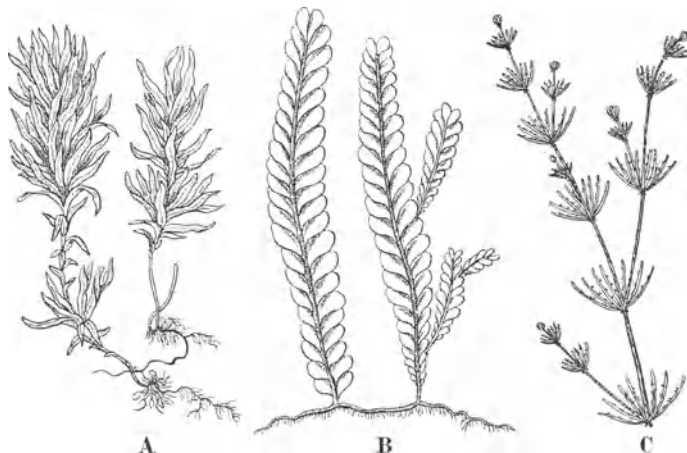


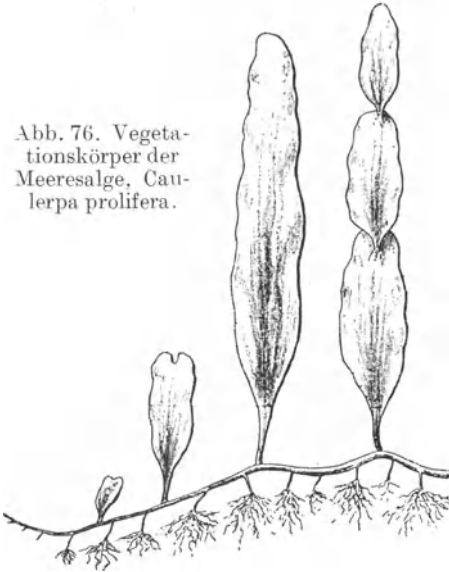
Abb. 75. **A** Sprosse eines Laubmooses, *Atrichum undulatum*. **B** Sprosse eines beblätterten Lebermooses, *Plagiochila asplenoides*. **C** Sproß einer Armeuchteralge, *Chara contraria*.

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

Unter den Algen besitzen die Armeuchteralgen verhältnismäßig reichgliederte Sprosse. Es ist eine Sproßachse mit unbegrenztem Spitzenwachstum vorhanden, aus deren durch längere Zwischenglieder getrennten Knoten Blätter mit begrenztem Wachstum und Seitensprosse entspringen (Abb. 75 C). Die

Blätter sind zylindrisch, 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 (Abb. 76). Der Sproß der riesenhaften Meeresalge *Macrocystis* ist mit einem wurzelartigen Haftorgan am Meeresboden befestigt; er erhebt sich als zylindrischer 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

Abb. 76. Vegetationskörper der Meeresalge, *Caulerpa prolifera*.



ausgegliedert werden. Häufig sind aber die Sprosse der Algen viel einfacher gebaut, wie die früher schon erwähnten Beispiele von *Dictyota* (Abb. 8) und *Botrydium* (Abb. 1) zeigen.

#### IV. 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 diesem Zwecke besondere, mehr oder weniger modifizierte Blätter, welche als Sporophylle bezeichnet werden. Sie stehen entweder zwischen den Laubblättern oder sie sind, wie z. B. bei den Schachtelhälmen und den meisten Bärlappgewächsen, an einem besonderen Abschnitt des vegetativen Sprosses in Sporangienähren (Abb. 317) zusammengestellt. Diesen entsprechen die Blüten der Samenpflanzen. Da die Sporangienähren in ihrer Einfachheit im wesentlichen dieselben morphologischen Verhältnisse aufweisen wie die vegetativen Sprosse und durch alle Übergänge 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 metamorpho-

sierte Blattorgane 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 Nacktsamige (Gymnospermen) und Bedecktsamige (Angiospermen). Bei letzteren sind

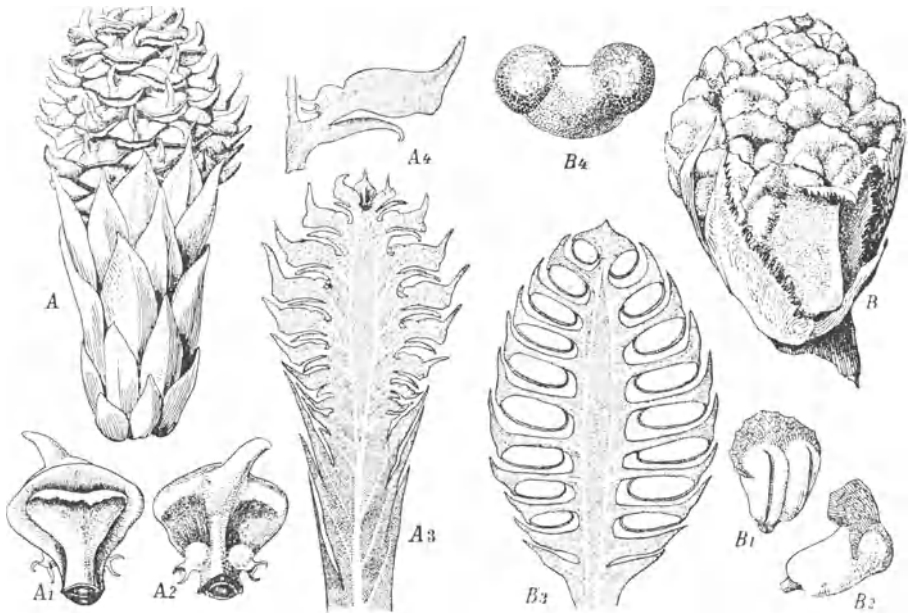


Abb. 77. *A* weibliche Blüte von *Pinus silvestris*. *A*<sub>1</sub> Fruchtblatt von unten, *A*<sub>2</sub> dasselbe von oben mit den zwei Samenanlagen. *A*<sub>3</sub> ganze Blüte, *A*<sub>4</sub> einzelnes Fruchtblatt im Längsschnitt. *B* männliche Blüte von *Pinus silvestris*. *B*<sub>1</sub>, *B*<sub>2</sub> einzelnes Staubblatt von unten und von der Seite. *B*<sub>3</sub> Blüte im Längsschnitt. *B*<sub>4</sub> Pollenkorn stärker vergrößert.

die Sporophylle, welche die Samenanlagen tragen, zu einem geschlossenen, kapselartigen Gehäuse, dem Fruchtknoten, verwachsen; bei den Nacktsamigen stehen sie frei nebeneinander an der Blütenachse.

### A. Die Blüte der Gymnospermen.

Zu den Nacktsamigen gehören die Nadelholzgewächse und die ausländischen Cycadeen und Gnetaceen. Ihre einfachen Blüten schließen sich in ihrer Ausgestaltung nahe an die Sporangienröhren der Gefäßkryptogamen an. Nur ausnahmsweise nimmt die Blüte den Gipfel des Hauptsprosses ein; meist sind die Blüten Seitensprosse höherer Ordnung. Man unterscheidet an ihnen die Staubblätter, welche Pollensäcke tragen und die Fruchtblätter, welche Samenanlagen hervorbringen. Die Blüten der Nacktsamigen sind stets eingeschlechtig; die männlichen 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 Blütenhülle, Perigon, bezeichnet werden. Männ-

liche und weibliche Blüten stehen bei vielen Arten auf derselben Pflanze, 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 (Abb. 77 A u. B).

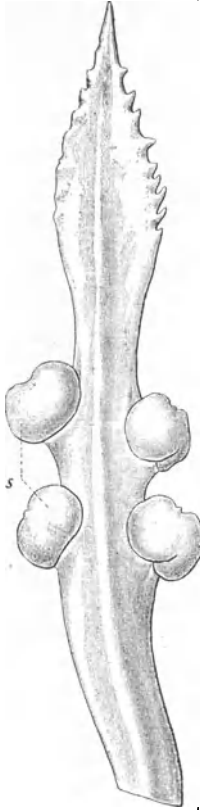


Abb. 78. Fruchtblatt von *Cycas circinalis* mit vier Samenanlagen s.

Die Staubblätter der männlichen Blüten sind gewöhnlich chuppenförmig oder schildförmig und tragen auf der Interseite meist mehrere Pollensäcke (Abb. 77 B<sub>1</sub> u. 79), i. 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 Ausstreung des Blütenstaubes ungehindert erfolgen kann. Die Fruchtblätter sind bei *Cycas* in der Anlage den Laubblättern sehr ähnlich (Abb. 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 (Abb. 77 A<sub>2</sub>). Diese bestehen aus einem massiven Gevebekörper, dem Samenknochenkern, welcher meistens von einer mantelörmigen Umhüllung, dem Integument, eingeschlossen und nur am vorderen Ende durch eine als Mikropyle bezeichnete, porenförmige Öffnung des Integumentes zugänglich ist. Ein aus der Mikropyle der empfangnisreifen Samenanlage hervordringender Flüssigkeitstropfen fängt den vom Wind herbeigetragenen Blütenstaub auf und zieht ihn beim Ein-

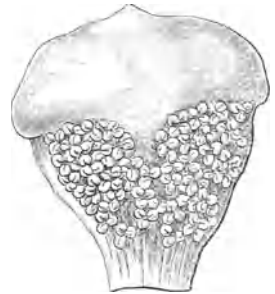


Abb. 79. Staubblatt von einer *Macrozamia*. Auf der Unterseite stehen zahlreiche Pollensäcke.

trocknen in die Samenanlage hinein. Infolge der durch die Bestäubung eingetretenen Befruchtung entwickelt sich 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. Indem die Fruchtschuppen auseinanderweichen oder sich von der Spindel des Fruchtzapfens ablösen, gelangen die Samen zur natürlichen Aussaat.

## B. Die Blüte der Angiospermen.

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

**Die Blütenteile.** Die Angiospermenblüte ist ebenfalls ein metamorphosierter Sproß oder Sproßabschnitt, der Fortpflanzungsorgane hervorbringt und die geschlechtliche Fortpflanzung vermittelt. Man kann an der Blüte, wie an jedem Sproß, die Achse und seitliche Organe, die Blätter, unterscheiden (vgl. Abb. 80). Die letzteren bilden drei Gruppen, die man als Blütenhülle (Perianth), Staubblattkreis (Androeceum) und Fruchtblattkreis (Gynaeceum) bezeichnet.

Die **Blütenhülle** ist ein unwesentlicher Teil der Blüte insofern, als sie keine Fortpflanzungsorgane trägt, sondern nur als Schutzorgan für die inneren Blütenteile fungiert und durch Anlockung der zur Übertragung des Blütenstaubes nötigen Insekten doch nur indirekt an der Vermittlung der geschlechtlichen Fortpflanzung beteiligt ist. In manchen Fällen sind die zur Blütenhülle zu-

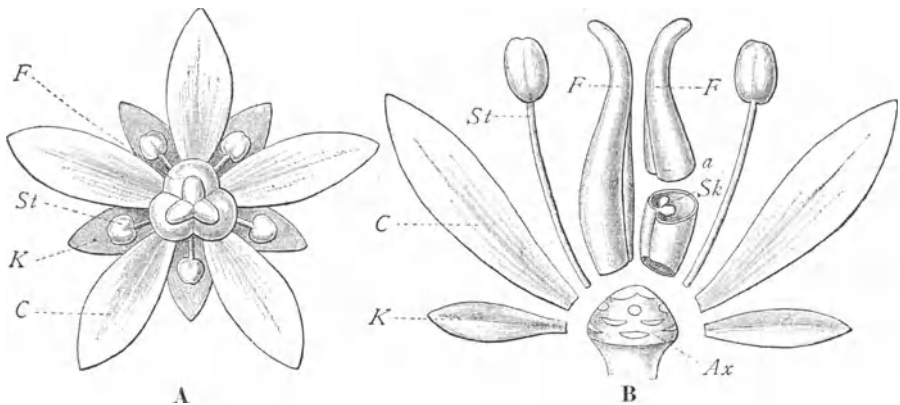


Abb. 80. Schema der Angiospermenblüte. **A** Blüte von oben. **B** zerlegte Blüte (von den gleichartigen Gliedern der einzelnen Blattkreise sind nur je zwei gezeichnet). *Ax* Blütenachse mit den Narben der abgetrennten Blattorgane, *K* Kelchblatt, *C* Kronblatt, *St* Staubblatt, *F* Fruchtblatt. Das Fruchtblatt *F'* rechts ist bei *a* durchgeschnitten, um zu zeigen, daß es einen Hohlraum umschließt, in welchem die Samenanlagen *Sk* enthalten sind.

sammentretenden Blätter alle von ähnlicher Gestalt und Beschaffenheit; man nennt die Blütenhülle dann ein **Perigon**. Häufiger aber 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 mit faden- oder stabförmigen Blattstielen, welche an ihrem oberen der Blattspreite entsprechenden Ende die Pollensäcke tragen. Die Staubblätter stellen in ihrer Gesamtheit den männlichen Teil der Blüte, das **Androeceum**, dar. Das **Gynaeceum**, der weibliche Blütenteil, 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** ein-

geschlossen, aus denen nach der Befruchtung die Samen der Pflanze sich entwickeln.

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 oder 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

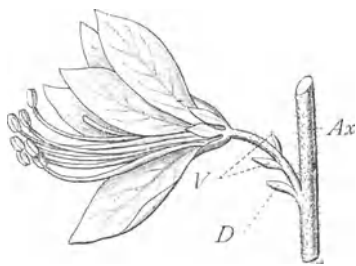


Abb. 81. Blüte von Dictamnus. Dieselbe steht an der Abstammungsachse Ax in der Achsel des Deckblattes D und besitzt zwei Vorblätter V.

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 un-

scheinbaren 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 als **Deckblatt** oder Tragblatt bezeichnet (Abb. 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 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  $\alpha$  (Alpha)- und  $\beta$  (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 **zyklisch**. Stehen alle Organe in Spiral-

stellung, so ist die Blüte azyklisch. Sind einzelne Organgruppen in Quirlen, andere spiralg gestellt, so wird die Blüte hemizyklisch 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 Ansatzstellen 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 oft ist die Anzahl der Organe in den einzelnen Kreisen verschieden.

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

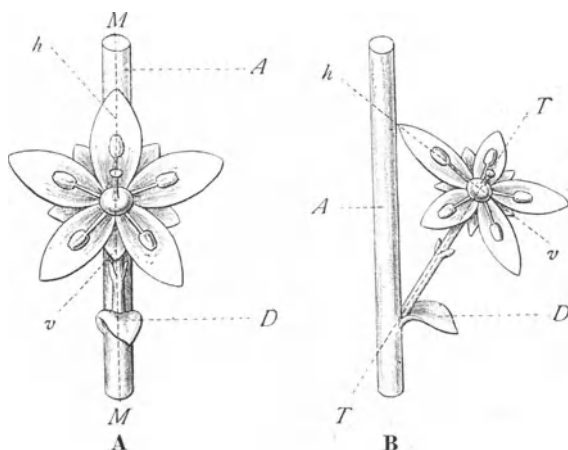


Abb. 82. Schema einer seitenständigen Blüte. **A** von vorne, **B** von der Seite, **A** Abstammungssache. **D** Deckblatt. **h** hinten, **v** vorne. **M—M** die Medianebene. **T—T** Transversalebene, beide senkrecht zur Fläche des Papiers.

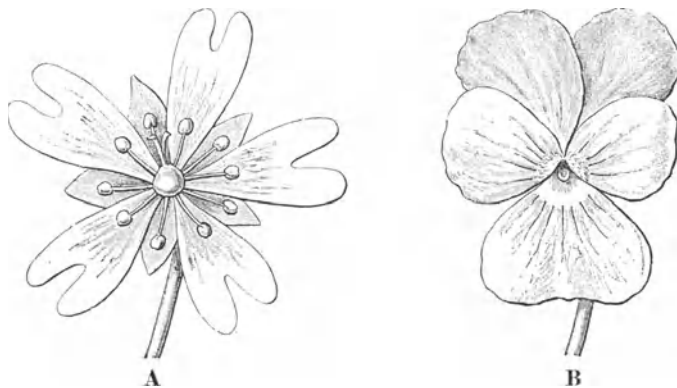


Abb. 83. **A** radiäre Blüte des Hornkrautes ( $\frac{5}{1}$ ). **B** dorsiventrale Blüte des Stiefmütterchens ( $\frac{2}{1}$ ).

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 Fruchtblätter 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 **aktinomorpe** Blüten bezeichnet (Abb. 83 A). In anderen Blüten sind die Organe der einzelnen Kreise ungleichmäßig um die Achse verteilt und unter sich an Gestalt und Größe verschieden. Meist sind die nicht radiären Blüten dorsiventral gebaut, d. h. sie lassen sich durch eine Ebene in zwei symmetrische Hälften zerlegen, sie werden dann **dorsiventralsymmetrisch** oder **zygomorphe** Blüten genannt (Abb. 83 B).

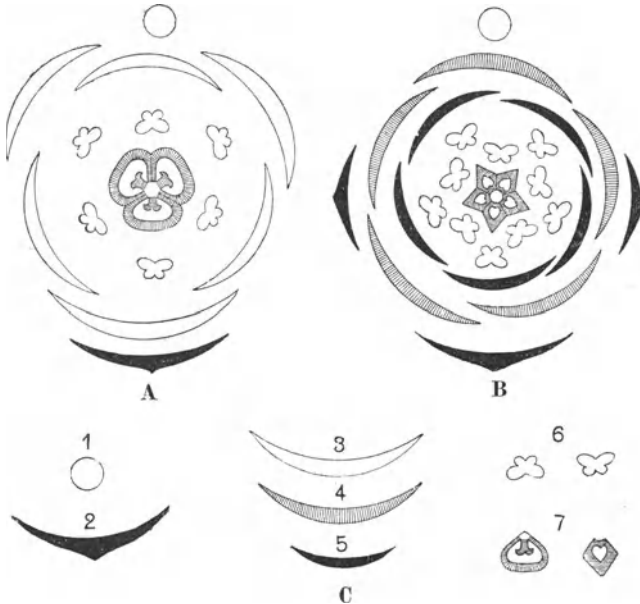


Abb. 84. Blütendiagramme. **A** *Colchicum autumnale*. **B** *Geranium pratense* (Erklärung im Text). **C** die Zeichen für die einzelnen Blütenteile: 1 Abstammungsachse, 2 Deck- oder Vorblatt, 3 Perigonblatt, 4 Kelchblatt, 5 Kronblatt, 6 Staubblätter, 7 Fruchtblätter.

Fällt die Symmetrieebene der dorsiventralen Blüten mit der Mediane zusammen, so nennt man die Blüten medianzygomorph. Es sind aber auch trans-

versalzygomorphe und schrägzygomorphe Blüten 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 Übereinkunft 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 Abb. 84A stellt das Blütendiagramm der Herbstzeitlose, die Abb. 84B dasjenige des Wiesenstorchschnabels dar. Mit Hilfe der auch für alle folgenden Diagramme gültigen Zeichenerklärung (Abb. 84C) 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  $\frac{2}{3}$  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 Glieder eingeklammert.  $P$  = Perigon,  $K$  = Kelch,  $C$  = Krone,  $A$  = Androeceum,  $G$  = Gynaeceum.

Dem Diagramm der Abb. 84A entspricht also die Formel

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

Die Formel für das Diagramm der Abb. 84B 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 wesentlichsten Merkmale der Blüte zum Ausdruck bringt, von allen unwesentlichen Bauverhältnissen aber unberührt bleibt, lassen sich in derselben die prinzipiellen Übereinstimmungen 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 daß die innersten Blattgebilde der Blüte direkt auf dem Sproßscheiden 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 kreiselförmig verbreitert (Abb. 80B, *Ax*), so daß die einzelnen Organe nicht über- oder untereinander, sondern nebeneinander auf dem Ende der Achse stehen, wie aus dem schematischen Blütenlängsschnitt in Abb. 85A 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 Blütenhülle und den Staubblattkreis trägt, ein stärkeres

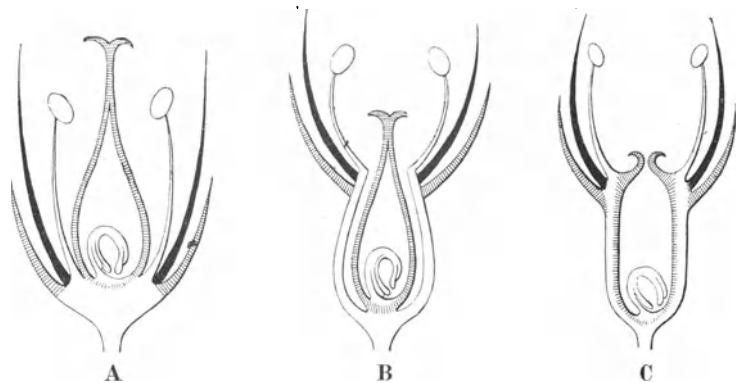


Abb. 85. Schematische Blütenlängsschnitte. Blütenachse und Staubblätter sind weiß, Kelch- und Fruchtblätter sind schraffiert, Kronblätter sind schwarz gezeichnet; im Innern des Fruchtknotens ist eine Samenanlage angedeutet. **A** hypogynöse Blüte; Fruchtknoten oberständig. **B** perigynöse Blüte; Fruchtknoten mittelständig. **C** epigynöse Blüte; Fruchtknoten unterständig.

förmig verbreitert (Abb. 80B, *Ax*), so daß die einzelnen Organe nicht über- oder untereinander, sondern nebeneinander auf dem Ende der Achse stehen, wie aus dem schematischen Blütenlängsschnitt in Abb. 85A 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 Blütenhülle und den Staubblattkreis 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 Abb. 85 **B** dargestellt. Die Fruchtknoten perigyner 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 Abb. 85 **C**

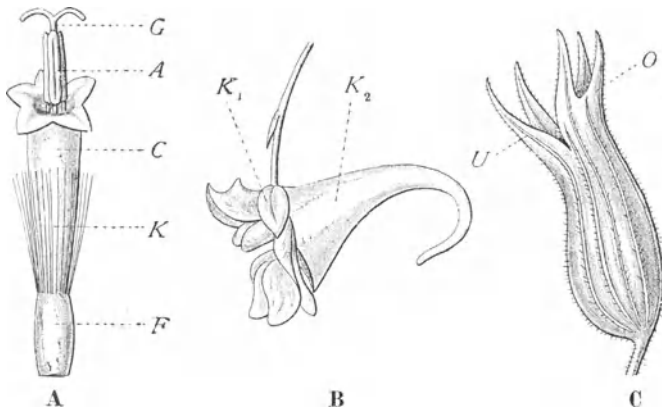


Abb. 86. **A** Blüte einer Composite, deren Kelch *K* in haarförmige Zipfel aufgelöst ist. *F* der unterständige Fruchtknoten. *C* die Krone, *A* die Staubblätter. *G* der Griffel. **B** hängende Blüte der Balsamine. Das Kelchblatt *K*<sub>2</sub> ist gespornt und bedeutend größer als *K*<sub>1</sub>. **C** zweilippiger verwachsenblättriger Kelch von *Calamintha alpina*. *U* Unterlippe, *O* Oberlippe.

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.

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, glockenförmige, 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 (Abb. 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 gegen-

überliegenden 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 gegenüberliegenden Seiten verschieden (Abb. 86 C). Bisweilen sind die Kelchblätter an den Blüten nur als kleine, wenig über die Oberfläche 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 in feine, haarförmige Zipfel aufgelöst, welche nach dem Abfall der übrigen Blütenteile als Haarschopf (Pappus) an der Frucht erhalten bleiben und als Flugapparat die natürliche Aussaat der Frucht durch den Wind ermöglichen (Abb. 86 A).

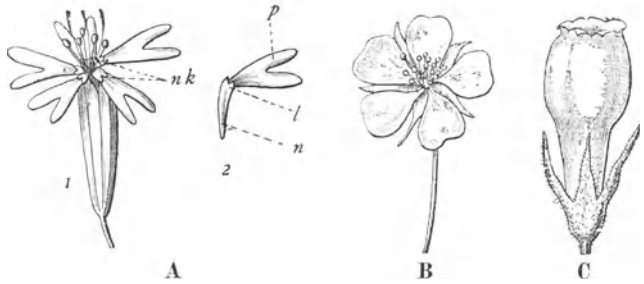


Abb. 87. **A** 1 Blüte der Nelke mit Nebenkrone *nk*. 2 ein Kronblatt: *n* Nagel, *p* Platte, *l* Ligula. **B** choripetale Blüte des Fingerkrautes. **C** sympetale Blüte des Beinwell.

Die Kronblätter oder **Petalen** übertreffen ge-

wöhnlich 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 stielförmigen Teil, den **Nagel**, an dem Kronblatt unterscheiden kann. Wo der Nagel in die Platte übergeht, findet sich manchmal eine Ligula; so wird z. B. in der Blüte von *Silene* durch die Ligulargebilde der Petalen eine **Nebenkrone** gebildet (Abb. 87 A). Blüten, in denen die Petalen frei nebeneinander stehen, heißen freikronblättrig (choripetal) (Abb. 87 B). Häufig sind die Petalen seitlich miteinander zu röhren-, glocken- oder trichterförmigen Gebilden verwachsen; die Blüten heißen dann verwachsenkronblättrig (gamopetal oder sympetal) (Abb. 87 C).

Dorsiventrale Ausbildung der Krone ist sowohl bei freikronblättrigen als bei verwachsenkronblättrigen Blüten weit verbreitet. Zwischen den 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 Utrikularien 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** (Abb. 88 A), in der Pflanzenfamilie der Papilionaceen besitzen eine fünfteilige, freiblättrige Krone. Das hintere Blatt ist breit und

meist flach; es wird **Fahne** (Vexillum) genannt. Die daranschließenden seitlichen Kronblätter heißen die Flügel (Alae); die beiden vorderen, welche dicht aneinanderliegen und oft miteinander verwachsen sind, bilden das **Schiffchen** (Carina). Die **Zungenblüten** (Abb. 88B) 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** (Abb. 88C), die in mehreren Pflanzenabteilungen vorkommen, setzt sich der Rand der durch Verwachsung von fünf Kronblättern zustande gekommenen Kronröhre in zwei meist gebölgten, median gestellten Lappen fort. Der hintere

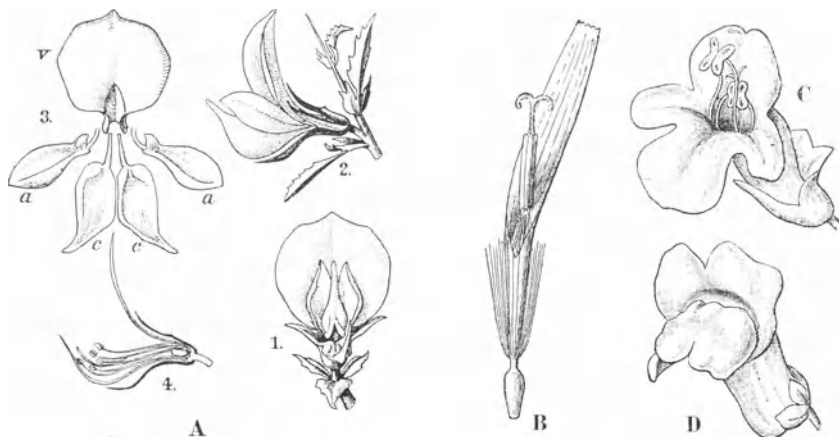


Abb. 88. **A** Schmetterlingsblüte. 1 von vorne, 2 von der Seite gesehen; 3 die einzelnen Kronblätter: *v* Fahne, *a* die Flügel, *c* die das Schiffchen bildenden beiden vorderen Kronblätter. **B** Zungenblüte des Löwenzahn. **C** Lippenblüte der Zitronenmelisse. **D** maskierte Lippenblüte des Löwenmaul.

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 (Abb. 88D). 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, indem sie durch Größe, Gestalt und Färbung die Aufmerksamkeit derjenigen honig- oder pollensammelnden Insekten erregt, welche die Übertragung 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 ein-

zelen 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 Übergang 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 wird z. B. die sechszipfelige Perigonröhre der Hyazinthe von zwei alternierenden, dreigliedrigen Blattkreisen gebildet. Das Perigon besitzt zuweilen auch dorsiventrale Ausbildung oder ist selbst gänzlich unsymmetrisch gebaut.

**Das Androeceum.** Die Staubblätter sind diejenigen Blüthenteile, welche in ihrer Form und Ausbildung im allgemeinen am wenigsten ihre Blattnatur vertragen. Man unterscheidet an denselben das dem Blattstiel entsprechende Filament und das der Blattfläche entsprechende Connektiv. Das **Filament**

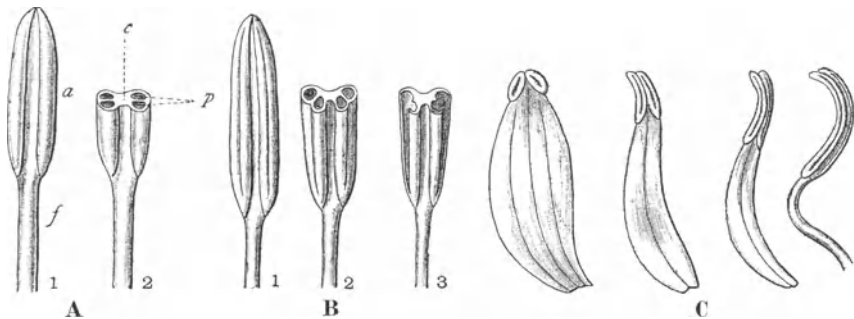


Abb. 89. **A**<sub>1</sub> und **B**<sub>1</sub> Staubblätter mit verschiedener Anordnung der Antherenhälften. *f* Filament, *a* Anthere, **A**<sub>2</sub> und **B**<sub>2</sub> dieselben mit durchschnittener Anthere. *c* Connektiv, *p* Pollensäcke. **B**<sub>3</sub> Staubblatt nach der Öffnung der Antherenfächer quer durchschnitten. Je zwei Pollensäcke bilden ein Pollenfach. **C** verschieden geformte Staubblätter aus einer Blüte der Wasserrose.

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 Übergänge zwischen kronblattartigen und fadenförmigen Filamenten finden (Abb. 89 **C**).

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 (Abb. 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 (Abb. 89 **B**<sub>3</sub>).

Die Lage der Eröffnungsstelle sowie die Gestalt des Staubblattes und die Anordnung seiner Teile stehen in Beziehung zu der Art der Pollenübertragung. So sind z. B. in der Blüte vieler Orchideen (Abb. 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. Die Staubblätter des Wiesensalbei (Abb. 90 **c**) besitzen 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 Blüte, so wird die Platte am Connektiv nach hinten gedrückt. 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 Abb. 89 A zeigt. Oftmals sind dieselben durch das Wachstum des Connektivs alle nach der Innenseite oder nach der Außenseite des Staubblattes hin verschoben (Abb. 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

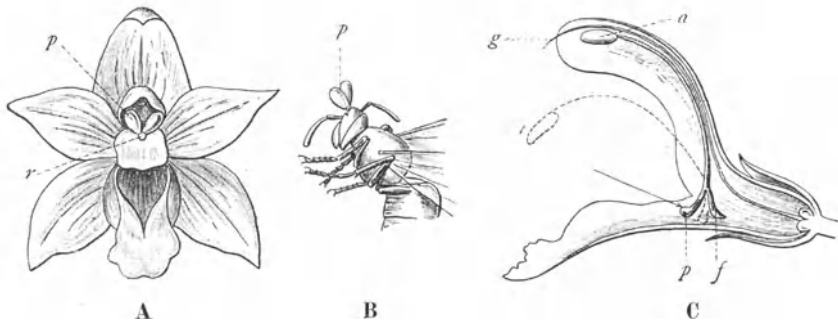


Abb. 90. **A** Blüte von *Epipactis* von vorne gesehen. *p* Pollen, *r* Klebscheibe. **B** Vorderleib einer Wespe mit den auf der Stirne festgeklebten Pollenmassen *p*. **C** Längsschnitt der Blüte des Wiesensalbei, *f* Filament des Staubfadens, *a* Antherenhälfte, *p* Platte am Connektiv, *g* der noch 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.

Antherenzeichens leicht ausdrücken; so sind in dem Diagramm in Abb. 84 A die Staubblätter **extrors**, in Abb. 84 B **intrors**.

Der in den Antherenfächern enthaltene Blütenstaub besteht aus mikroskopisch kleinen, kugelförmigen, eiförmigen oder eckigen Körperchen, den **Pollenkörnern** (Abb. 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 sog. Tetraden oder zu mehreren miteinander verbunden; bei Orchideen (Abb. 90 A, B) und Asklepiadeen bleiben alle Pollenkörner eines Antherenfaches miteinander in Verbindung und bilden ein Pollinium.

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 **diplostemon** (Abb. 92 A).

Sind die Kronstamina die äußeren, so wird die Blüte als **obdiplostemon** (Abb. 92 B) bezeichnet.

**Haplostemon** (Abb. 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 in spiralförmiger 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 Ansatzstelle der Staubblätter ver-

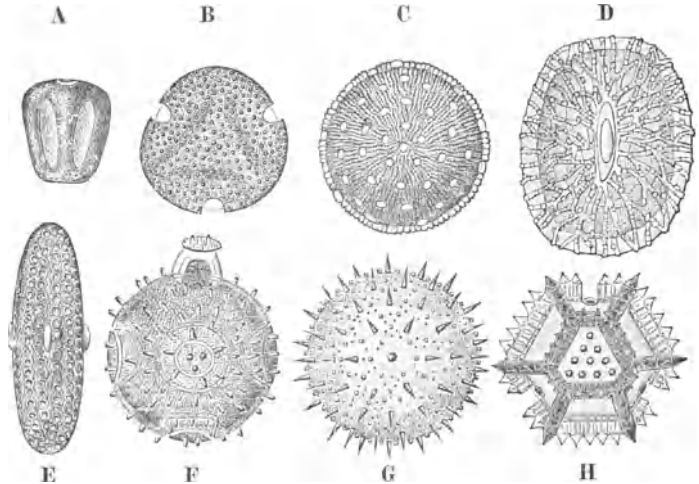


Abb. 91. Verschiedene Formen von Pollenkörnern (vergrößert). A von Alopecurus pratensis. B von Tilia platyphyllos. C von Polemonium coeruleum. D von Pelargonium. E von Ruella anisophylla. F von Cucurbita Pepo. G von Althaeae rosea. H von Tragopogon pratensis.

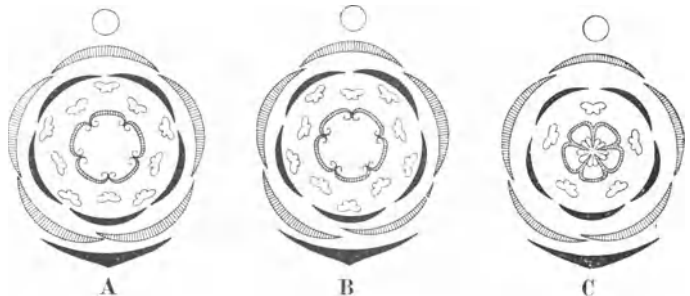


Abb. 92. Schematische Diagramme: A diplostemon. B obdiplostemon. C haplostemon.



schoben, so daß sie im fertigen Zustande auf den Blütenblättern angeheftet sind (Abb. 93 C).

Auch Verwachsungen zwischen dem Androeceum und Gynaeceum kommen vor. In der Familie der Orchideen sind Staubgefäß und der untere Teil des unterständigen Fruchtknotens zu einer Säule (Gynostemium) verschmolzen (Abb. 93 A).

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 (Abb. 93 B), bei den meisten Labiaten und bei manchen Skrophulariaceen treffen wir zwei längere und zwei kürzere Staubblätter an (Abb. 93 C).

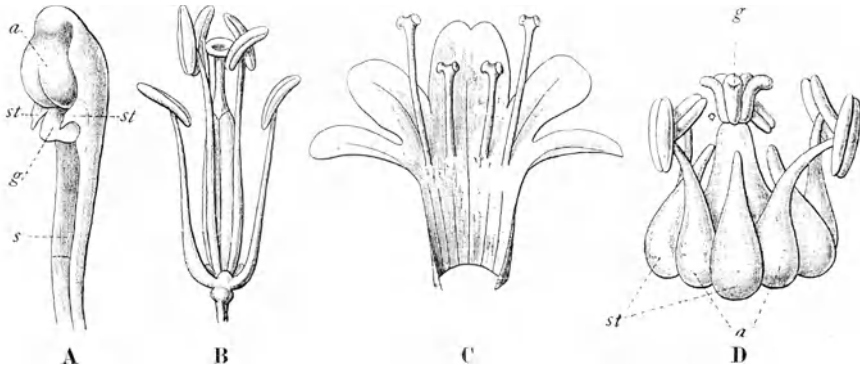


Abb. 93. **A** Gynostemium von *Vanilla planifolia*. *s* der durch Verwachsung des Androeceums mit dem Griffel entstandene säulenförmige Teil, *a* Anthere des einzigen fruchtbaren Staubblattes, *st* zwei Staminodien, *g* der obere freie Teil des Gynaeceums. **B** Blüte einer Crucifere nach Entfernung der Blütenhülle; das Androeceum besteht aus zwei kürzeren und vier längeren Staubblättern. **C** aufgeschchnittene 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).

Formverschiedenheiten innerhalb desselben Androeceums kommen seltener vor und beruhen meistens darauf, daß einzelne Staubblätter nicht ihre volle Entwicklung erlangen, indem die Anthere fehlschlägt (Abb. 93 D). Derartige rückgebildete, unfruchtbare Staubblätter werden **Staminodien** genannt. Sie kommen in den verschiedensten Stadien der Rückbildung vor und bilden einen allmählich abgestuften Übergang 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; Fruchtblätter sind normalerweise die letzten seitlichen Organe, welche von dem Vegetationspunkt der Blütenachse aus gegliedert werden. Die Zahl der Fruchtblätter, welche zur Bildung des Gynaeceums zusammentreten, wechselt bei den verschiedenen Pflanzengruppen innerhalb weiter Grenzen. 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 (Abb. 94 A, B, C). Wenn dagegen mehrere

Fruchtblätter in der Blüte jedes für sich einen einzelnen Fruchtknoten bilden, so ist das Gynaeceum mehrfrüchtig (apokarp) (Abb. 94D).

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

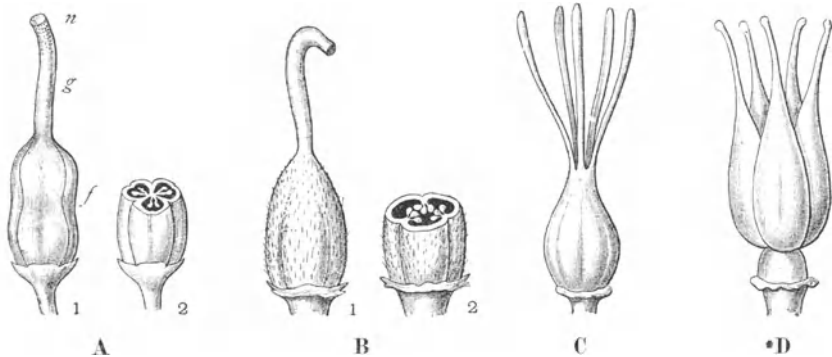


Abb. 94. **A** 1 synkarpes Gynaeceum der Meerzwiebel. *f* der dreiteilige Fruchtknoten, *g* der Griffel, *n* die Narbe. 2 der querdurchschnittene dreifächerige Fruchtknoten mit zentralwinkelständiger Placentation. **B** 1 synkarpes Gynaeceum des Veilchen mit dreiteiligem Fruchtknoten. 2 der querdurchschnittene einfächerige Fruchtknoten mit parietaler Placentation. **C** synkarpes Gynaeceum des Lein mit fünfteiligem Fruchtknoten und fünf freien Griffeln. **D** apokarpes Gynaeceum der Christrose.

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 Übergangsstadien mit nur teilweise, mehr oder minder weit verwachsenen Griffeln sind gleichfalls nicht selten (Abb. 94).

Das Innere des Fruchtknotens stellt häufig einen einzigen Hohlraum dar; der Fruchtknoten ist einfächerig (Abb. 94B). 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 (Abb. 94A).

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 Blattrand die Placenta. In den einteiligen Fruchtknoten stehen die Samenanlagen meistens an der als Bauchnaht 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 Fruchtknotenöhle 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

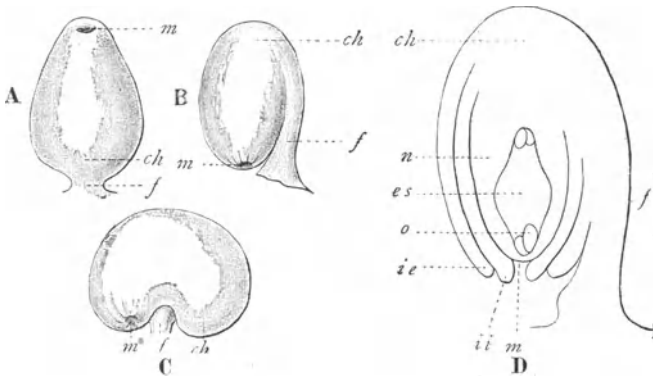


Abb. 95. **A** atropse Samenanlage. **B** anatropse Samenanlage. **C** kampylotrophe Samenanlage (stark vergrößert). **D** schematischer Längsschnitt einer Samenanlage. *f* Funiculus. *ch* Chalaza. *m* Mikropyle. *ie* äußeres, *ii* inneres Integument. *n* Nucellus. *es* Embryosack. *o* Eizelle.

rundlichen Gewebekörper dar; er wird von einer oder zwei enganliegenden Hüllen, den Integumenten, umgeben. Die Integumente lassen nur eine kleine Zugangsöffnung zu dem Nucellus, die Mikropyle frei. Das der Mikropyle gegenüberliegende Ende des Nucellus wird Chalaza genannt (Abb. 95 **D**).

Die Samenanlage wird durch einen kurzen, als Nabelstrang (Funiculus) bezeichneten Stiel an der Fruchtknotenwand befestigt. Man unterscheidet drei verschiedene Formen der Samenanlage (Abb. 95), zwischen denen es nicht an Übergängen fehlt: die gerade oder atropse Samenanlage ist am Chalaza-Ende gestielt, die Mikropyle ist von der Anheftungsstelle abgewendet; die umgewendete oder anatropse Samenanlage ist seitlich am Funiculus angewachsen und so gerichtet, daß die Mikropyle nach der Ansatzstelle des Stieles gewendet ist; die gekrümmte oder kampylotrophe 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 Laubblätter laubblattartig, bisweilen aber ist ihre Form, Farbe und anatomische Beschaffenheit wesentlich verändert. So sind z. B. bei einigen

und miteinander verwachsen sind, stehen die Samenanlagen auf den randständigen Placenten der Achse des Fruchtknotens genähert; 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 Samenknospenkern oder Nucellus mit dem Embryosack, welcher die Eizelle einschließt. Der Nucellus stellt einen

einheimischen Arten des Wachtelweizens, *Melampyrum nemorosum*, *arvense* und *cristatum*, ferner bei *Ajuga pyramidalis*, *Salvia Selarea* u. a. 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 Kalla als Zierpflanze allgemein bekannten *Richardia aethiopica*, ist ein solches blumenblattartig ausgebildetes Hochblatt (Abb. 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.

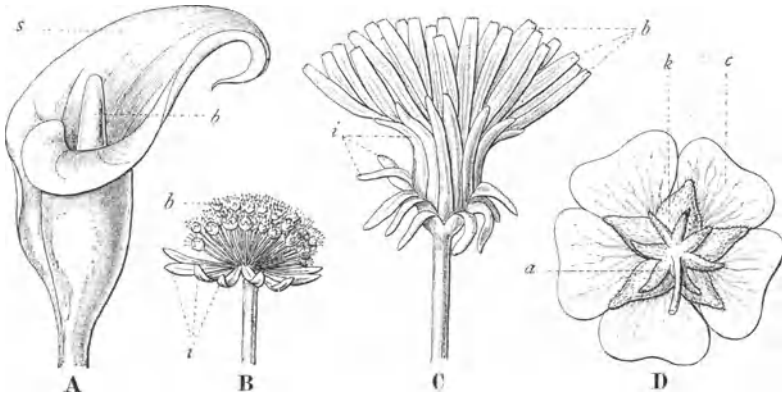


Abb. 96. **A** Blüten sproß der Kalla ( $\frac{1}{3}$ ). *s* die Spatha, *b* der die einzelnen Blüten tragende Kolben (Spadix). **B** Blütendolde von *Astrantia major*, *b* Einzelblüten, *i* das Involucrum. **C** Blütenköpfchen des Löwenzahn, *b* Einzelblüten, *i* das Involucrum. **D** Blüte von *Althaea rosea* von unten gesehen, *a* Außenkelch, *k* Kelch, *c* Krone.

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 betheiligen 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 (Abb. 96 C). Ebenso findet sich bei den Blütendolden vieler Umbelliferen ein Involucrum an der Ursprungsstelle der Doldenstrahlen (Abb. 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

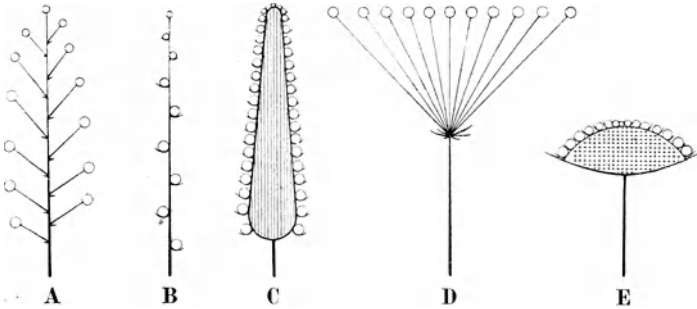


Abb. 97. Schemata einfacher traubiger Blütenstände; die Einzelblüten sind durch kleine Kreise angedeutet. **A** Traube. **B** Ähre. **C** Kolben (Längsschnitt, der angeschwollene Teil der Blütenstandsachse ist schraffiert). **D** Dolde. **E** Köpfchen (Längsschnitt, der verbreiterte Teil der Achse ist punktiert).

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.

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 Abb. 97, 98 und 99 erläutert:

Durch verschiedenartige Ausbildung

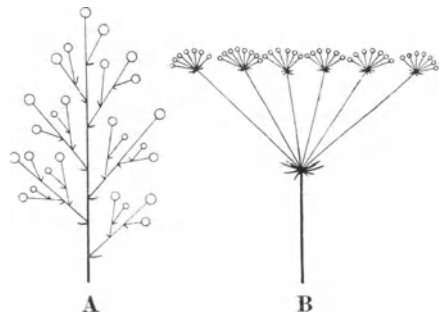
### a) Traubige Blütenstände.

#### I. Die Hauptachse des Blütenstandes ist verlängert.

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

#### II. Die Hauptachse des Blütenstandes ist stark verkürzt.

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



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 Äste einer einfachen Traube wieder racemös verzweigt sind (Abb. 98A) und die zusammengesetzte *Dolde*, eine Dolde, deren Strahlen statt mit einer einzelnen Blüte mit einem Döldchen abschließen (Abb. 98B).

Abb. 98. **A** Schema der Rispe. **B** Schema der zusammengesetzten Dolde.

## b) Trugdoldige Blütenstände.

1. Unter der Sproßspitze entspringt je ein Seitenast: das *Monochasium* oder *Symphodium* (Abb. 99A bis D).
  - a) Die aufeinanderfolgenden Seitensprosse stehen alle an derselben Seite der Abstammungsachse: die *Schraubel* (Abb. 99A und B).  
Liegen alle Seitensprosse genau in derselben Ebene, so wird die Verzweigungsart als *Sichel* (Abb. 99A) bezeichnet, stellen sich die Seitensprosse in die Verlängerung der Abstammungsachse, so entsteht ein *Schraubelsymphodium* (Abb. 99B).
  - b) Die Seitensprosse stehen abwechselnd an verschiedenen Seiten: die *Wickel* (Abb. 99C und D).  
Liegen alle Wickeläste in derselben Ebene, so entsteht eine *Fächer* (Abb. 99C), stehen die Sprosse höherer Ordnung in der Verlängerung der Abstammungsachse, so daß eine gerade Scheinachse entsteht, so wird die Wickel als *Wickelsymphodium* bezeichnet (Abb. 99D).
2. Unter der Sproßspitze entspringen je zwei gegenüberstehende Seitensprosse: das *Dichasium* (Abb. 99E).
3. Unter der Sproßspitze stehen je drei oder mehr Seitensprosse: das *Pleiochasium* (Abb. 99F).

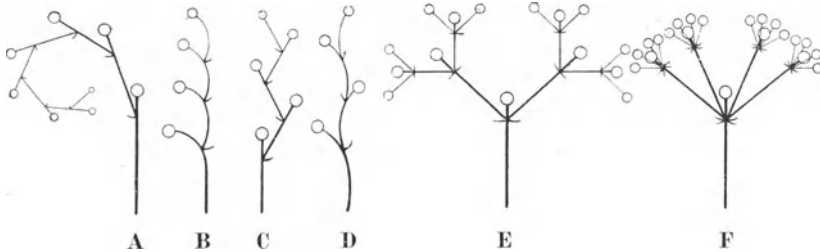


Abb. 99. Schema der trugdoldigen Verzweigung. **A** Schraubel und Sichel. **B** Schraubelsymphodium. **C** Wickel und Fächer. **D** Wickelsymphodium. **E** Dichasium. **F** Pleiochasium.

#### 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 Übertragung des Blütenstaubes aus den Pollensäcken 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 Pollen 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 Besuch der Blüten veranlassen.

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.

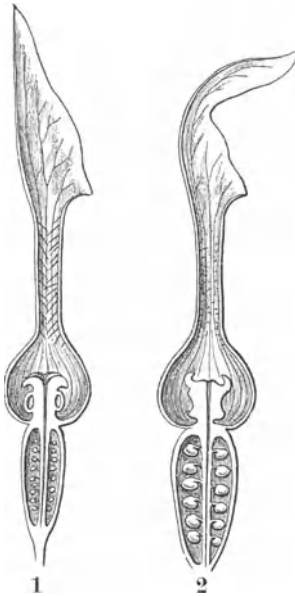


Abb. 100. Längsschnitt der protogynen Blüte von *Aristolochia Clematidis*. 1 weibliches, 2 männliches Stadium.

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 die 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 proto-

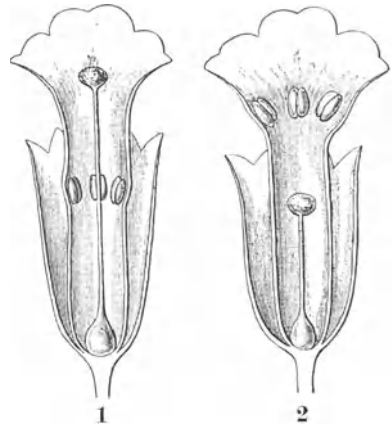


Abb. 101. Längsschnitt heterostyler Blüten von *Primula officinalis*. 1 langgriffelige, 2 kurzgriffelige Form.

gyn. In protandrischen Blüten, für welche die auf S. 59 beschriebene und in Abb. 90C 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 Abb. 100 abgebildete Blüte von *Aristolochia Clematidis* dienen. Die verwachsenblättrige Blütenhülle ist unten kesselförmig erweitert, darüber bildet sie eine enge Röhre, welche am oberen Rande in einen zungenförmigen Lappen ausläuft. An 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 Haarbesatz 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 bepudert, 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 Abb. 101 sind zwei Blüten von *Primula officinalis* im Längsschnitt dargestellt, von denen die eine langgriffelig, die andere kurzgriffelig 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 kurzgriffelige Blüte einführt, wird von den am Schlunde der Blüte stehenden Antheren nur ganz oben mit Pollen beladen. Besucht das Insekt auch fernerhin kurzgriffelige Blüten, so kommt der aufgeladene Pollen niemals mit den tiefstehenden Narben in Berührung. Wohl aber findet die Bestäubung statt, sobald das Insekt zu einer langgriffeligen Blüte kommt. Umgekehrt findet auch der aus einer langgriffeligen Blüte aufgenommene Pollen nur für die Befruchtung einer kurzgriffeligen Blüte Verwendung.

Endlich sei von den Einrichtungen zur Sicherung der Kreuzbefruchtung noch die Selbststerilität mancher Blüten erwähnt. Wenn in selbsterilen 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 **Kapsel-früchte** 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 (Abb. 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 (Abb. 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 (Abb. 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 stehenbleibenden Rahmen (Replum) ab: die *Schote*.  
Beispiel: die Frucht des Goldlacks [Cheiranthus Cheiri] (Abb. 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 (Abb. 102, 5 u. 6).
    - b) die Öffnung erfolgt quer durch Ablösung eines Deckels: die *Deckelkapsel* (Pyxidium);  
Beispiel: die Frucht des Bilsenkrautes (Abb. 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 (Abb. 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 (Abb. 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 als **Doppelachänium** (Abb. 105A).

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 (Abb. 103). Bisweilen nimmt außer den Fruchtknoten auch noch die Blütenachse an der Ausbildung eines Synkarpiums teil; es entstehen dann **Scheinfrüchte**. Ein Beispiel bietet die Erdbeere (Abb. 103B). 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 (Abb. 105B).

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

wechseln, an deren Bildung die Gynaeceen mehrerer Blüten und nebenbei oft noch Teile der Blütenstandsachse beteiligt sind. Als typisches Beispiel derartiger Fruchtstände kann die Ananas (Abb. 104A) angeführt werden, bei welcher viele Blüten zu einer Ähre

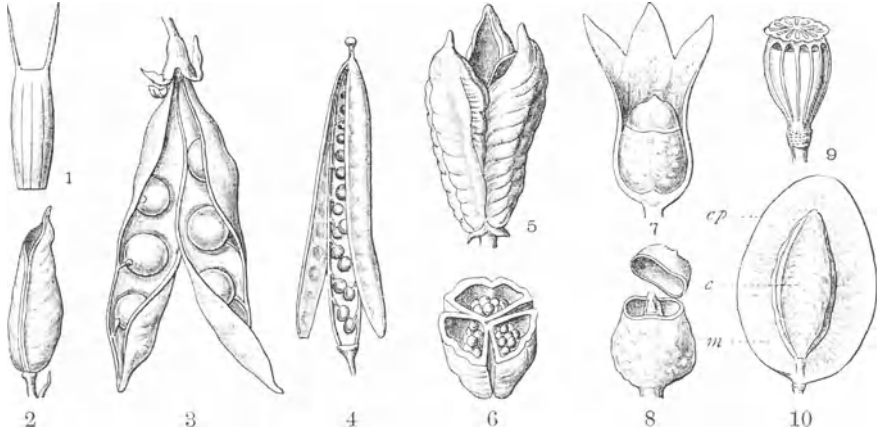


Abb. 102. Verschiedene Fruchtformen (meist nach Bischof). **1** Achäne des Zweizahn. **2** Balgfrucht des Rittersporn. **3** aufgesprungene Hülse der Erbse. **4** aufgesprungene Schote des Goldlack. **5** aufgesprungene Kapsel der Herbstzeitlose. **6** dieselbe quer durchgeschnitten, um zu zeigen, daß die Kapsel septoid aufspringt. **7** Deckelkapsel des Bilsenkrautes. **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.

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 (Abb. 104B) 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. 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 (Abb. 105C). Äußerlich ist an dem Samen leicht die Stelle zu erkennen, wo sich der Nabelstrang abgelöst hat; sie wird **Nabel** oder **Hilum** genannt (Abb. 105D*n*). Auch die nunmehr als **Samenmund** bezeichnete Mikropyle tritt meist noch deutlich hervor (Abb. 105D*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

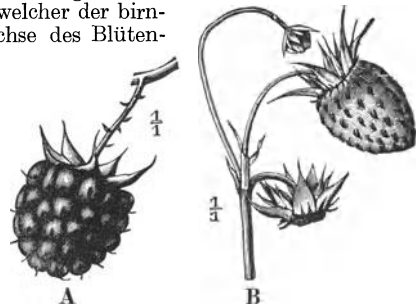


Abb. 103. **A** Brombeere. **B** Scheinfrucht der Erdbeere.

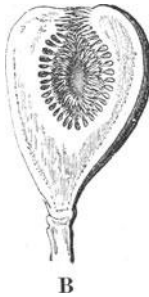


Abb. 104. **A** Fruchtstand der Ananas (verkleinert). **B** Scheinfrucht der Feige (verkleinert).

Teil des Samens mantelförmig umhüllen, als **Samenmantel** (Arillus) bezeichnet werden (Abb. 105 E u. F).

**Verbreitungsausrüstung.** An den Früchten und Samen der Pflanzen finden sich Einrichtungen, welche die Ausstreuung 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 befähigt. Die Verbreitung durch Tiere geschieht entweder dadurch, daß die Früchte oder Samen sich vermittelt 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 ungenießbaren oder durch eine harte Hülle geschützten Samen aufsuchen

und fortschleppen. 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 Ge-

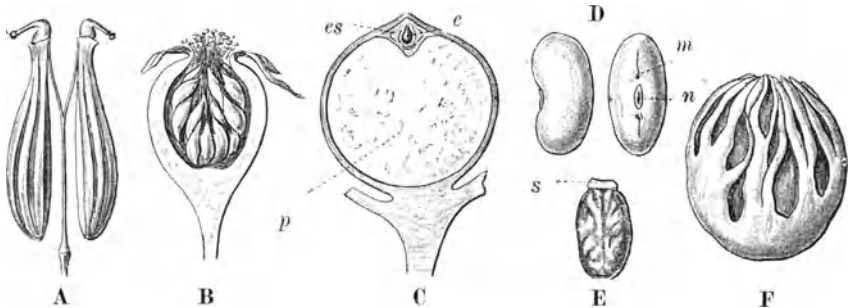


Abb. 105. **A** Doppelachänium von *Carum Carvi* ( $\frac{1}{1}$ ). **B** Längsschnitt der Hagebutte. **C** Längsschnitt des Samens von *Piper Cubeba*. *e* Embryo, *es* Endosperm, *p* Perisperm. **D** Samen der Bohne von der Seite und von vorne, *m* Samenmund, *n* Nabel. **E** Same von *Ricinus communis*, *s* Samenschwiele (Caruncula). **F** Samen von *Myristica*, welcher von einem zerschlitzen Samenmantel (Arillus) umhüllt ist.

schwisterpflanzen, 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. Durch die Einrichtungen, welche die Verbreitung der reifen Samen in weiterem Umkreis ermöglichen, werden diese Nachteile vermieden.

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 (Abb. 106). Bei *Polygonum viviparum* entwickeln sich einzelne Blütenanlagen, bei *Poa alpina* die Achsen der Ährchen zu kleinen wenigblättrigen Laubsprossen, die sich später von der Mutterpflanze loslösen und zu selbständigen Stöcken heranwachsen.



Abb. 106. Blütenstand von *Allium ampeloprasum*. Acht Blütenknospen sind in Brutzwiebeln umgebildet.

## B. Anatomie.<sup>1)</sup>

### I. 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 Lebeweinheit 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 Protoplastatropfen mit seinem Zellkern.

Die Zahl der Energiden, welche den Pflanzenkörper zusammensetzen, ist außerordentlich wechselnd. Während manche Organismen aus einer einzigen Energide gebildet werden, bauen sich die höheren Pflanzen im Zustande größter Entfaltung aus vielen Tausenden oder Millionen von Energiden auf.

In der Regel sind die einzelnen Energiden oder je mehrere derselben zusammen in eine feste Hülle eingeschlossen, so daß also der ganze Pflanzenkörper

1) 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.

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, z. B. bei den Schleimpilzen, 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 hindurch miteinander in direkter Verbindung stehen, so besteht zwischen den cellulären und den nichtcellulären Pflanzen kein wesentlicher Unterschied.

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.

Mit Hilfe des Mikroskopes können wir an der Pflanzenzelle den **Zellinhalt** und die **Zellwand** unterscheiden (Abb. 107). Wichtigster Inhaltsbestandteil ist das **Protoplasma**, in dem als scharf umgrenzte Gebilde **Zellkern** und **Chromatophoren** hervortreten. 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. Neben den genannten wesentlichen Bestandteilen des Zelleibes treten bisweilen geformte Stoffwechselprodukte wie Stärkeköerner, Aleuronkörner und Kristalle in den Pflanzenzellen auf.

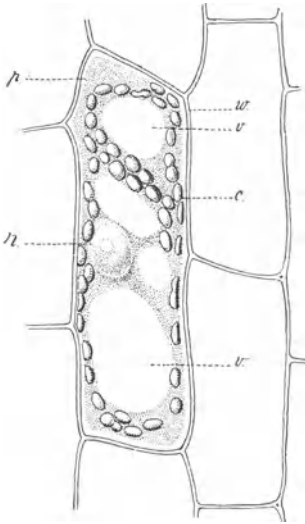


Abb. 107. Zelle aus dem Blatte einer Wasserpflanze. *w* Zellwand, *p* Protoplasma, *n* Zellkern, *c* Chromatophoren, *v* Vakuolen.

bisher nicht gelungen, in das Spiel der molekularen Kräfte so weit Einblick zu gewinnen, daß dadurch auch nur die einfachste Lebensäußerung des Plasmas befriedigend erklärt werden könnte. Neubildung von Plasma aus anorganischen Stoffen kann nur dort stattfinden, wo bereits lebendes Plasma vorhanden ist, und nur in der Weise, daß das lebende Plasma wächst, indem es die der Zelle zugeführten Substanzen assimiliert.

Mit dem Mikroskop kann man in der zähflüssigen Plasmamasse der Zelle einen körnchenreichen, inneren Teil, das **Körnchenplasma**, und eine wasserhelle Schicht, das **Wandplasma**, unterscheiden, welche letzteres den Plasmakörper sowohl gegen die Zellwände hin als auch gegen die Vakuolen abgrenzt. Die Plasmakörper benachbarter Zellen stehen in sehr vielen Fällen durch zarte, von dem Wandplasma ausgehende Plasmafäden (Protoplasmaverbindungen oder Plasmodesmen) in Verbindung, welche die trennende Zellwand in äußerst feinen Poren durchsetzen (Abb. 108).

## 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. Wir können es als ein organisch verbundenes System von Kolloiden auffassen, dessen einzelne Komponenten in physikalischer und chemischer Wechselwirkung stehend ständigen Veränderungen unterworfen sind. Es ist

Da das Plasma 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 Plasmas 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 Plasmas.

Eine sehr auffällige Eigenschaft des lebenden Plasmas 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 dem im Mikroskop sichtbaren Lebensäußerungen des Plasmas ist die als **Plasmaströmung** bezeichnete Bewegungserscheinung am auffälligsten. An günstigen Objekten, z. B. den Zellen mancher Wasserpflanzen, läßt sich eine Verschiebung der einzelnen Plasmateile gegeneinander und eine Änderung ihrer Lage zur Zellwand direkt beobachten.

In manchen Pflanzenzellen ist die Plasmaströmung 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 Plasmas so langsam, daß es nicht zu einer direkt wahrnehmbaren Strömung kommt. Wenn das der Zellwand angelagerte Plasma 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 Plasma, 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 Plasma in einem die Zelle der Länge nach durchziehenden Strang aufwärts steigt, um längs der Wände zurückzufließen, und die Gletschbewegung, bei welcher ein einfaches Vor- und Rückwärtsgleiten der Teilchen im wandständigen Plasma stattfindet, sind seltener vorkommende Formen der Plasmaströmung.

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

**Der Zellkern.** Der Zellkern ist ein bestimmt geformtes Plasmagebilde, welches durch eine derbere Hautschicht, die **Kernmembran**, gegen das umgebende flüssige Zellplasma abgegrenzt ist. Im Innern des Kerns befinden sich in einer

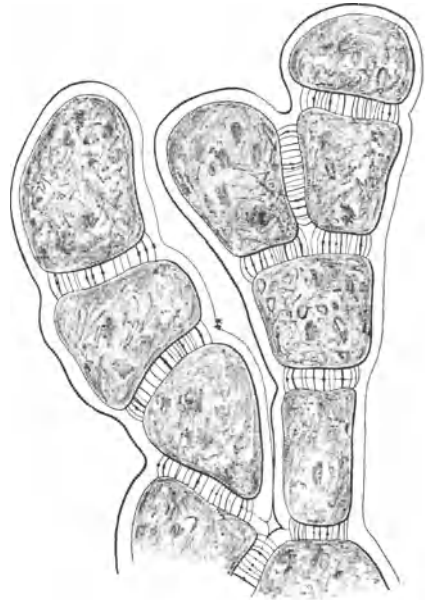


Abb. 108. Thallusabschnitt der Alge, Chaetopeltis. Die Innenwände der Zellen sind von zahlreichen Protoplasmaverbindungen durchbrochen. (Nach Kohl.)

dem Plasma ähnlichen Grundsubstanz 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, dem Nuklein. 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.

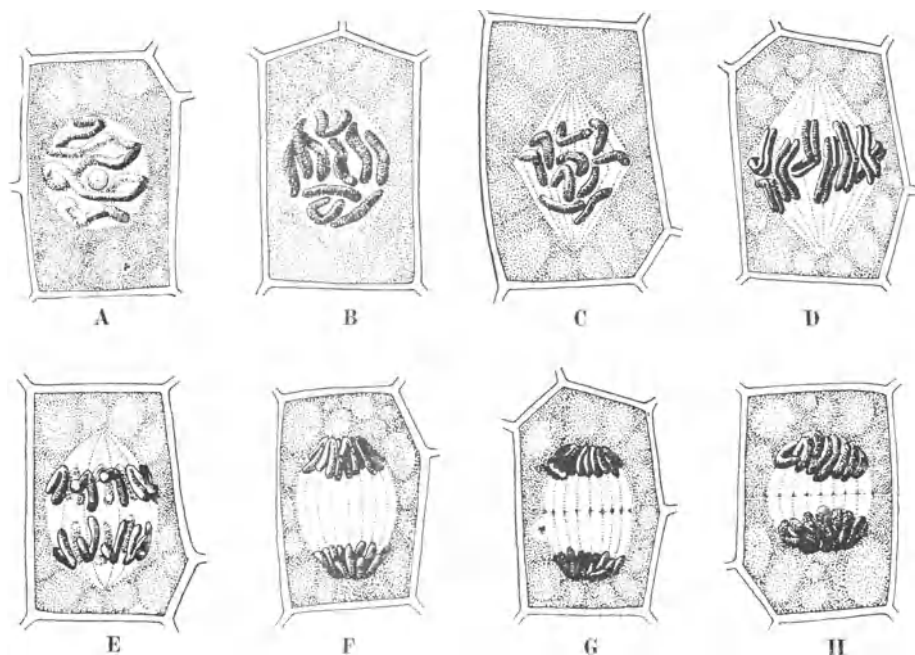


Abb. 109. Die wichtigsten Stadien der Kernteilung in einer Pflanzenzelle (halbschematisch sehr stark vergrößert).

Die Zellkerne vermehren sich durch Teilung; eine Neubildung von Zellkernen aus dem Plasma 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. Abb. 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 Fadestücken, 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 spindelförmige oder zylindrische Figur, die **Kernspindel** entsteht. Die Segmente ordnen sich bald in der Äquatorialebene 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 anderen Pol hinwandert. Während die Fadestücke in der Nähe der

Spindelpole zu Knäueln zusammenrücken, bildet sich um jede der beiden Gruppen eine neue Kernmembran. Endlich bilden die Fäden in den neu entstandenen Kernen sich wieder zu einem dichten Knäuel um, und es tritt wieder ein Nukleolus auf, 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 bestimmter geformter Gebilde in der Zelle, welche aus einer mit dem Plasma 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 unterscheidet 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. Durch die Assimilation werden in der Zelle Kohlehydrate, zunächst Zuckerarten, gebildet; das erste sichtbare Produkt des Vorganges ist bei der großen Mehrzahl der Gewächse die Stärke.

Die Form der Chlorophyllkörper ist meistens kugelig oder scheibenförmig (Abb. 110A); 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 ihnen stattfinden. Sie 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 (Abb. 110B).

In den jugendlichen Pflanzenteilen ist der grüne Farbstoff noch nicht in den Chlorophyllkörpern vorhanden; er 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 Fluoreszenz; sie ist grün im durchfallenden Licht, im auffallenden erscheint sie blutrot. Ihr Spektrum zeigt mehrere Absorptions-

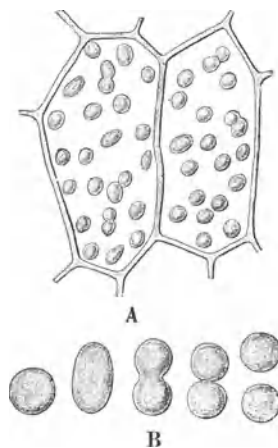


Abb. 110. **A** zwei Zellen mit Chlorophyllkörpern, aus einem Moosblatt. **B** aufeinanderfolgende Teilungsstadien eines scheibenförmigen Chlorophyllkörpers.



bänder, unter denen neben der Auslöschung des violetten Teiles ein breites Band im Rot besonders charakteristisch ist. In alternden Pflanzenteilen wird das Chlorophyll und der plasmatische 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.



Abb. 111. Zelle aus dem Fruchtfleisch von *Solanum* mit spindelförmigen, orangefarbenen Chromoplasten. *n* Zellkern.

**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 (Abb. 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 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 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. Es 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 Überzug das Korn umgibt (Abb. 112A).

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

An manchen Stärkekörnern läßt sich eine deutliche Schichtung erkennen, welche dadurch zustande kommt, daß abwechselnd weichere und dichtere Schichten übereinander abgelagert sind. Das Schichtenzentrum wird als Kern des Stärkekornes bezeichnet. Manche Körner sind aus ringsherum gleich dicken, konzentrischen Schichten aufgebaut. Andere

dagegen sind exzentrisch geschichtet (Abb. 112B). 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, entstehen zusammengesetzte Stärkekörner. Die Teilkörner zeigen dadurch, daß ihr Wachstum nach Maßgabe des vorhandenen Raumes erfolgt, ebene Berührungsflächen (Abb. 112D). Wenn ursprünglich getrennte Anlagen von Stärkekörnern innerhalb eines Stärkebildners nachträglich noch von gemeinschaftlichen Stärkeschichten umhüllt werden, so entstehen mehrkernige Körner.

Im allgemeinen ist die in Körnerform in den Pflanzenzellen auftretende Stärke als ein zu vorübergehender Speicherung abgelegtes Nährmaterial anzusehen. Daneben dienen,

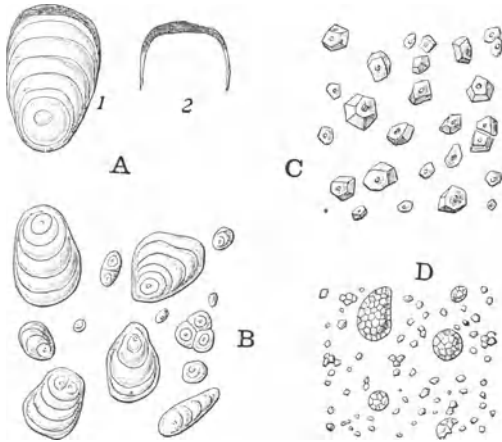


Abb. 112. **A 1** Stärkekorn von *Pellionia* mit aufsitzendem Stärkebildner, **2** Teil eines Stärkebildners nach Entfernung des Stärkekorns. **B** Stärkekörner aus der Kartoffelknolle. **C** Maisstärke; die Körner sind infolge dichter Lagerung eckig. **D** Reisstärke; neben einzelnen größeren zusammengesetzten Stärkekörnern liegen viele eckige Teilkörner ( $^{150}/_1$ ).

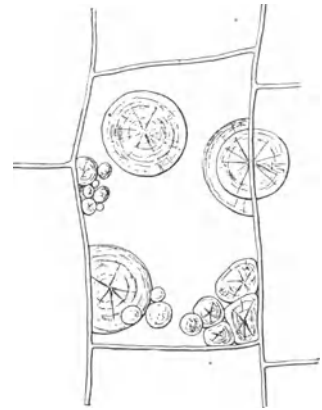


Abb. 113. Zelle aus der Knolle von *Dahlia variabilis*, in welcher sich nach längerem Liegen in Alkohol, Sphärökristalle von Inulin ausgeschieden haben.

wie in einigen Fällen wahrscheinlich gemacht worden ist, die spezifisch schwereren Körner im Plasma 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 Plasma, 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 Plasmas Tropfen von Zellsaft ausbilden, welche durch fortgesetzte Ausscheidungen des Plasmas sich vergrößern und endlich oft den ganzen Innenraum der erwachsenen Zelle ausfüllen, während das Plasma 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.

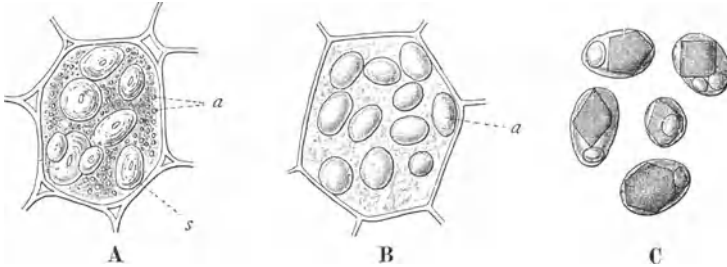


Abb. 114. **A** Zelle aus dem Kotyledon der Erbse, *s* Stärke, *a* Aleuron. **B** Zelle aus dem Endosperm von *Ricinus*, *a* Aleuron. **C** einzelne Aleuronkörner aus dem Endosperm von *Ricinus* nach Behandlung mit Jodjodkalium. In der Grundsubstanz des Kornes ist ein Kristalloid und ein Globoid erkennbar.

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

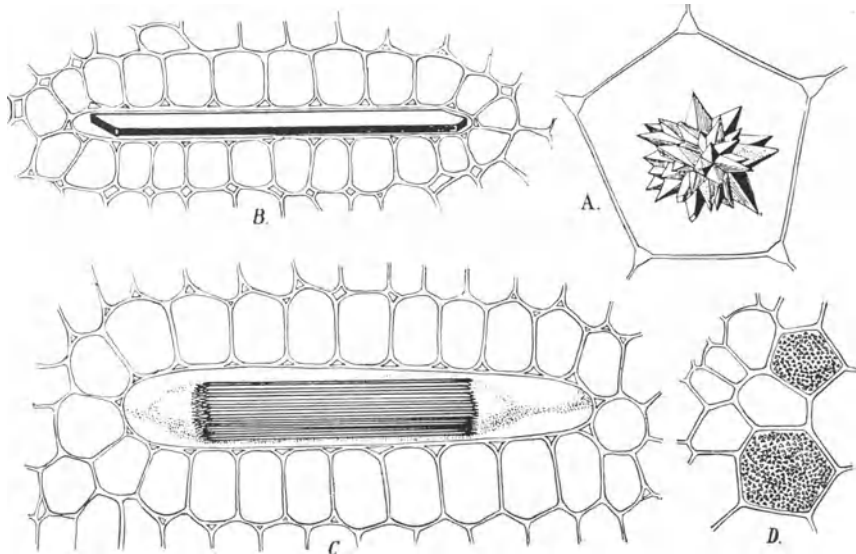


Abb. 115. **A** Zelle aus dem Blattstiel von *Begonia* mit einer Druse von oxalsaurem Kalk. **B** Zellen aus dem Blatt von *Agave americana*; in der einen langgestreckten Zelle ist ein stabförmiger Einzelkristall von oxalsaurem Kalk eingeschlossen. **C** Zelle aus dem Blatt von *Agave americana* mit Raphidenbündel. **D** Zellgruppe aus dem Blatt von *Atropa Belladonna*; zwei Zellen sind mit Kristallsand erfüllt.

Inulin, welches sich z. B. in den Zellen mancher Compositen in Menge findet und bei Behandlung mit Alkohol in Form von mikroskopischen Sphärökristallen ausgeschieden wird (Abb. 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 **Aleuronkörper** bezeichnet. Sie sind meist sehr kleine, rundliche Körnchen (Abb. 114A), nur in wenigen Fällen, z. B. im Endosperm der Ricinussamen und der Paranuß erreichen sie eine beträchtliche Größe (Abb. 114B); man kann in diesem

Fälle bisweilen bestimmt geformte Einschlüsse in dem Aleuronkorn erkennen; ein Kristalloid einer Eiweißsubstanz und rundliche, amorphe Körper, die Globoide, welche neben organischer Substanz Phosphorsäure, Magnesium und Calcium enthalten (Abb. 114C). 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 kohlenstoffreichem Kalk und von Gips kommen dagegen nur äußerst selten im Zellinhalt vor.

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 (Abb. 115A, B). Bei manchen Pflanzen findet sich der oxalsäure 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 (Abb. 115C).

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

### 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 benachbarter Zellen mit feinen Plasmafäden (Plasmodesmen) in Verbindung stehen (Abb. 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 neu gebildeten Molekeln wandern zwischen die Molekelverbände (Micelle), aus denen die Zellwand aufgebaut ist, hinein und lagern sich auf denselben oder zwischen ihnen 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 (Abb. 116A). An vielen nachträglich verdickten Zellwänden sind außerdem in der Fläche der Wand Systeme von zarten Schrägstreifen sichtbar, welche sich bisweilen kreuzen (Abb. 116B). 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 (Abb. 117A).

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 (Abb. 117C). 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 (Abb. 117B).

**Chemische Beschaffenheit der Zellwand.** Die Zellwand besteht in den jungen Zellen der Hauptsache nach aus Wasser und **Cellulose**, einem Kohlehydrat, welches wie die Stärke die Formel  $C_6H_{10}O_5$  hat. Mit Chlorzinkjod 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

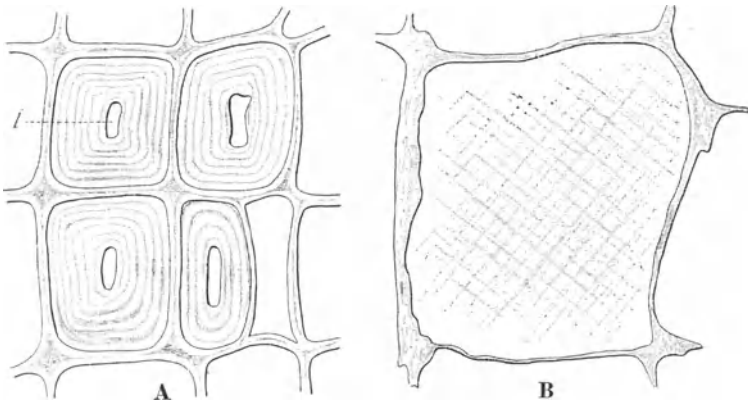


Abb. 116. **A** Teil eines Querschnittes durch die Wurzelrinde von *Ginkgo biloba*. Die Wände einiger Zellen sind stark verdickt und deutlich geschichtet. *l* der Hohlraum der Zelle. **B** Zellwand aus dem Mark von *Dahlia variabilis* mit sichtbarer Streifung (nach Strasburger).

stets Pektinverbindungen, welche sich mit Chlorzinkjod nicht blau färben und im Gegensatz zur Cellulose nach vorangegangener Einwirkung verdünnter Säuren in Kalilauge verhältnismäßig leicht löslich sind. In älteren Geweben mit sekundär verdickten Zellwänden besteht die sog. 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 Cellulosepartikel 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.

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.

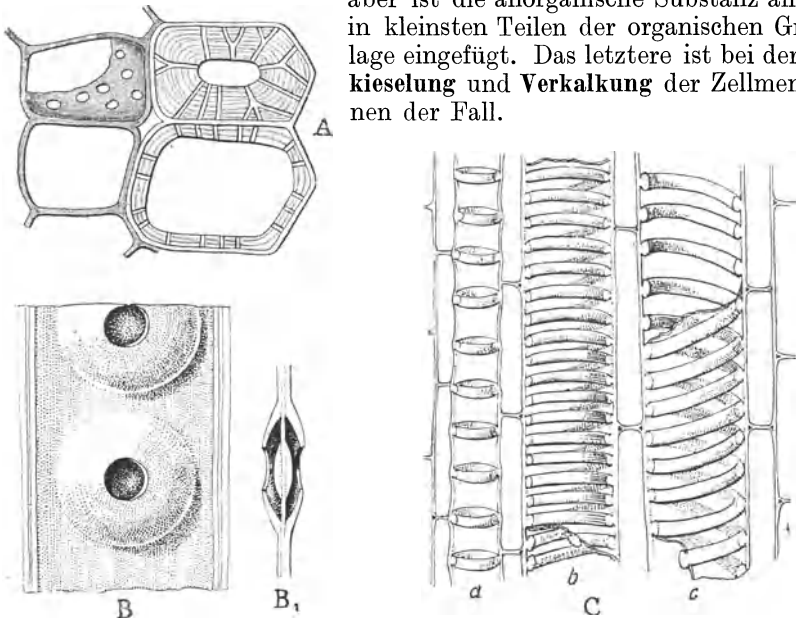


Abb. 117. **A** Querschnitt einiger Zellen mit getüpfelter Wand. **B** Stück einer Zellwand mit gehöftem Tüpfel, **Bt** ein gehöftes Tüpfel quer durchschnitten. **C**; *a, b, c* röhrenförmige Zellen, deren Wand ringförmige und spiralförmige Wandverdickungen in verschiedener Ausbildung aufweist.

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 Kieselskelett 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 Kieselalgen 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 (Abb. 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 Cellulosegerüst zurück, an dem man erkennt, daß das Gebilde aus ziemlich gleichmäßigen Schichten zusammengesetzt ist, durch welche rechtwinklig sich gabelnde radiale Stränge zu den Spitzen der Warzen auf der Oberfläche verlaufen.

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 (Abb. 119). Bei der Entwicklung der Keimpflanze wird die Wandverdickung vollständig wieder aufgelöst

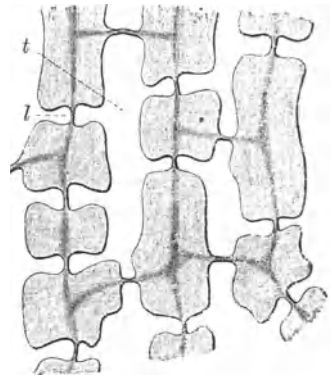
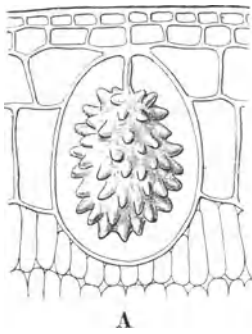


Abb. 118. **A** Teil vom Querschnitt des Blattes vom *Ficus elastica* mit einem Cystolithen. **B** optischer Längsschnitt eines entkalkten Cystolithen.

Abb. 119. Einige Zellen aus dem Endosperm der Dattel im Längsschnitt. *l* der Hohlraum einer Zelle. Die Zellwände sind durch Reservecellulose stark verdickt und mit weiten Tüpfeln *t* versehen.

und zum Aufbau der jungen Pflanze verwendet, 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.** Bei der Fortpflanzung niederer Organismen ist der Fall nicht selten, daß der Inhalt einer Zelle zeitweilig seine Hülle verläßt, um nach kurzer Dauer sich mit einer neuen Zellwand zu umgeben. Der aus der Zellhülle ausgetretene Zellinhalt kann als nackte Zelle bezeichnet werden.

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 Plasma ab und verschwindet fast gänzlich, so daß von der Zelle nur die verholzten Zellwände übrig bleiben: die Höhlung der Zelle ist mit Wasser oder Luft erfüllt.

#### 4. Die Entstehung der Zellen.

**Zellteilung.** Eine Neubildung von Zellen findet nur dort statt, wo lebendes Plasma zu ihrem Aufbau vorhanden ist: es handelt sich also meistens nur um die Vermehrung der Zahl der vorhandenen Zellen. Die einfachste und häufigste Vermehrungsweise der Zellen ist die Teilung. Die Zellteilung spielt sich gewöhnlich in der Weise ab, daß in der auf ihre Maximalgröße herangewachsenen Zelle der Zellkern sich mitotisch teilt. Dann tritt zwischen den Tochterkernen im Plasma eine Querwand auf, welche die Mutterzelle in zwei Tochterzellen zerteilt, deren jede einen Zellkern und einen Teil des Plasmas der Mutterzelle als Mitgift erhalten hat (Abb. 109). Gewöhnlich tritt die Teilungswand frei im Protoplasma auf und setzt sich erst nachträglich an die Mutterzellwand an; nur bei einigen Algen bildet sie anfangs ein ringförmiges Diaphragma an der Mutterzellwand, dessen Öffnung sich nachträglich schließt.

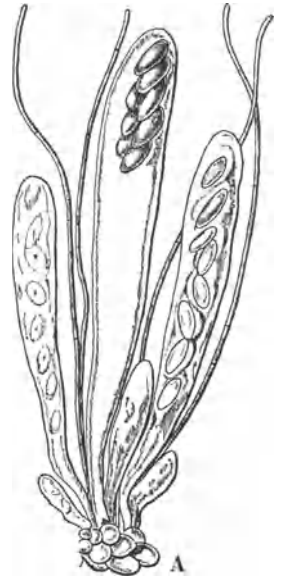
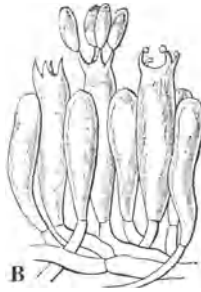


Abb. 120. **A** Verschieden alte Sporenschläuche eines Ascomyceten, in denen durch freie Zellbildung je 8 Sporen entstehen. **B** Basidien von einem Agaricus, an denen durch Sprossung je 4 Sporen entstehen. (Stark vergrößert.)

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 Padenzelle 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 (Abb. 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 ist 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 Plasma an, und jede der so entstandenen Energiden umgibt sich im Innern der Mutterzelle mit einer neuen Zellwand (Abb. 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 Plasmahalt 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 hineinwandern und sich mit derselben völlig vereinigen.

## II. 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 (Abb. 121 A). Bei den meisten Pflanzen sind indes mehrere, oft sehr viele Zellen

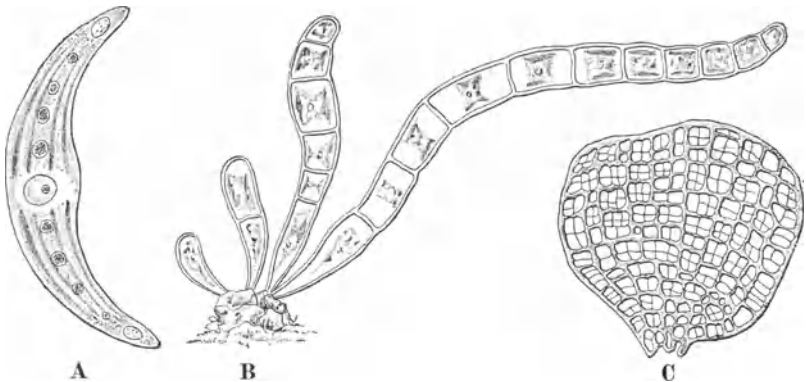


Abb. 121. **A** einzellige Alge, Closterium. **B** junge Pflänzchen der Fadenalge Ulothrix. **C** Prasiola, eine Alge, deren Vegetationskörper eine Zellfläche bildet.

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 Richtung und Weise weiter teilen. So entstehen Zellfäden aus gleichartigen Zellen (Abb. 121 B). Erfolgen die Teilungen in den Zellen nicht nur quer, sondern auch in einer dazu senkrechten Richtung, so entstehen Zellflächen (Abb. 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 Abb. 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.

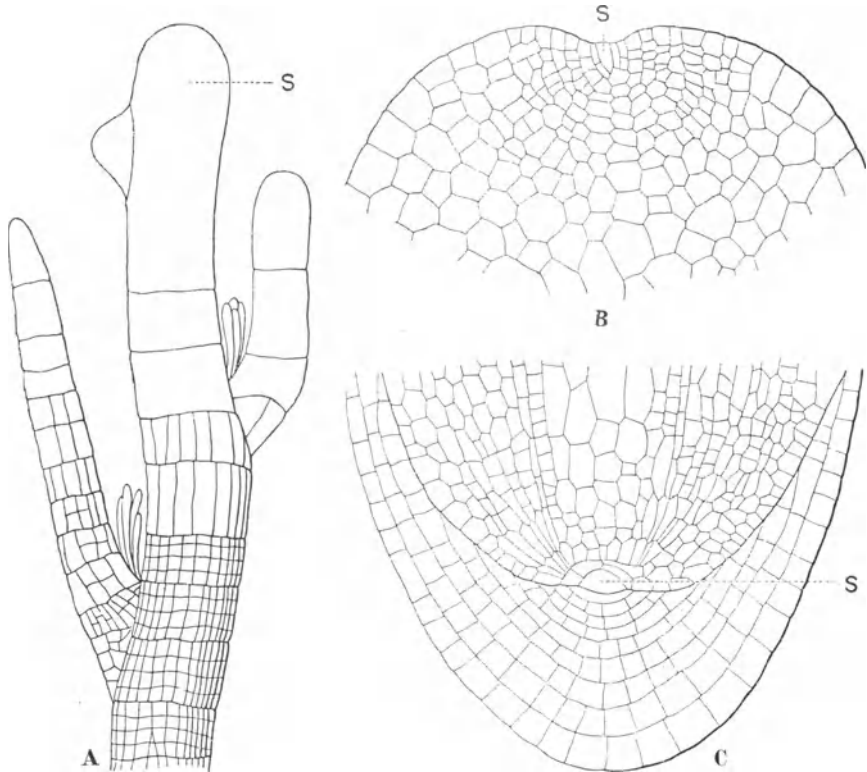


Abb. 122. **A** Thallusast der Meeresalge *Stypocaulon* (nach Geyley). **B** Zellanordnung an der Vegetationsspitze des bandartigen Sprosses des Lebermooses *Metzgeria*. **C** Medianer Längsschnitt durch die Wurzelspitze eines Farn (nach v. Tieghem). *S* Scheitelzelle.

Das Wachstum vermittelt einer Scheitelzelle ist im Pflanzenreich sehr weit verbreitet; wir finden es bei Pilzen, Algen, Moosen (Abb. 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 die Zellen, welche den Zuwachs der Wurzelhaube bilden, direkt aus der Scheitelzelle hervor (Abb. 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 (Abb. 123).

In dem Meristem vermehrt sich die Zahl der Zellen unausgesetzt durch Teilung, und die an die Oberfläche des Bildungsherdens gelangenden Zellen werden den vorhandenen Geweben hinzugefügt, während ein innerer Zellenkomplex 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 Schäumen 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 Flächenausdeh-

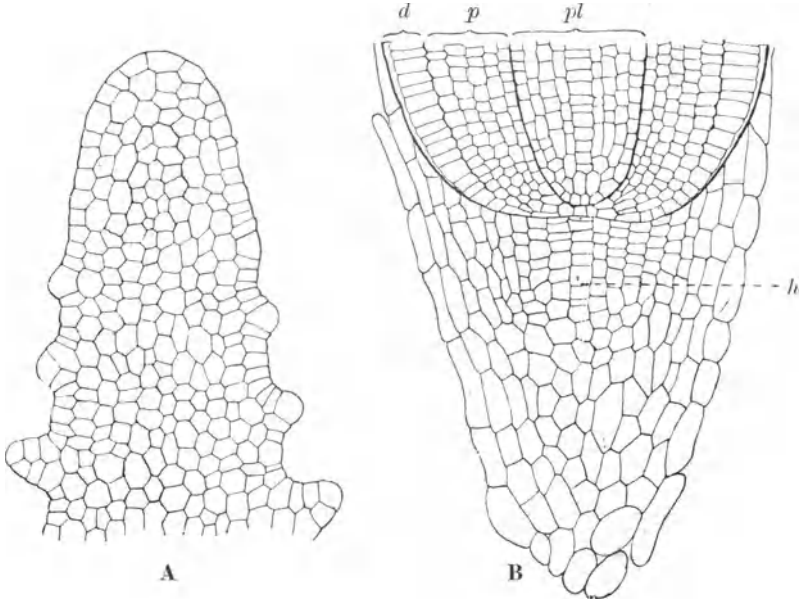
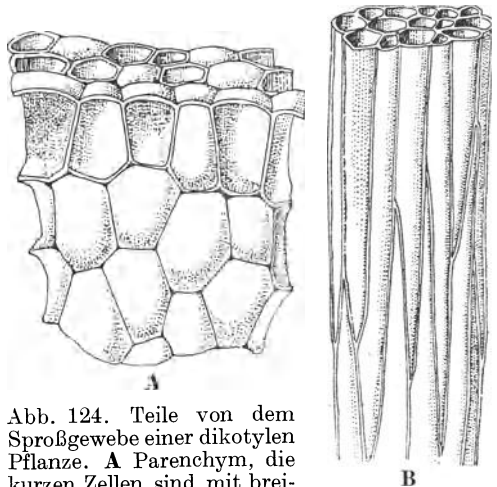


Abb. 123. **A** Längsschnitt des Sproßgipfels von *Elodea canadensis* (nach Kny); der Vegetationspunkt besteht aus einem Meristem von gleichartigen Zellen. **B** Längsschnitt der Wurzelspitze von *Hordeum vulgare* (nach Janczewski). *h* Wurzelhaube, *d* Dermatogen, *p* Periblem, *pl* Plerom.

nung 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 Teilungswände in den Pflanzenzellen nicht anwendbar, da in jedem Falle die Lage der jungen Teilungswand bereits bestimmt ist, bevor noch die neuentstandene 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 Berührungsfläche der beiden Tochterzellen ist also das gleichsinnige Bestreben vorhanden, diese Berührungsfläche zu einer kleinsten Fläche werden

zu lassen. Lag die Äquatorialebene 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 Trennungsfläche in eine solche Richtung gebracht wird. Die zwischen den Berührungsflächen der Tochterzellen nachträglich ausgeschiedene Teilungswand hat also von Anfang an die gesetzmäßige Lage.<sup>1)</sup>

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 Achsenzylinders dar; er wird mantelartig umhüllt von dem **Periblem**, der jungen Rindenschicht der Achse; die äußerste Zellschicht endlich, die jugendliche Oberhaut, wird **Dermatogen** genannt (Abb. 123B). 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 **Kalypptrogen**, 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.

**Parenchym und Prosenchym.** Man unterscheidet unter Berücksichtigung der Zellform zwei durch Übergänge verbundene Grundtypen der Gewebe: das **Parenchym**, dessen Zellen gewöhnlich nur wenig oder nicht gestreckt und mit breiten Flächen aneinandergefügt sind (Abb. 124A), und das **Prosenchym**,

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

dessen Zellen schmale, mit ihren langzugespitzten Enden zwischeneinander eingeschobene Fasern sind (Abb. 124B).

**Kollenchym und Sklerenchym.** Die innere Festigkeit der Pflanzenteile beruht häufig auf dem Vorhandensein eines derbwandigen Skelettgewebes. Das **Kollenchym** besteht aus prismatischen Parenchymzellen, deren Wände mit derberen Celluloseleisten besetzt sind (Abb. 125A). In der Regel liegen die Verdickungsleisten in den Winkelkanten der Längswände, deren Mittelbahnen für den

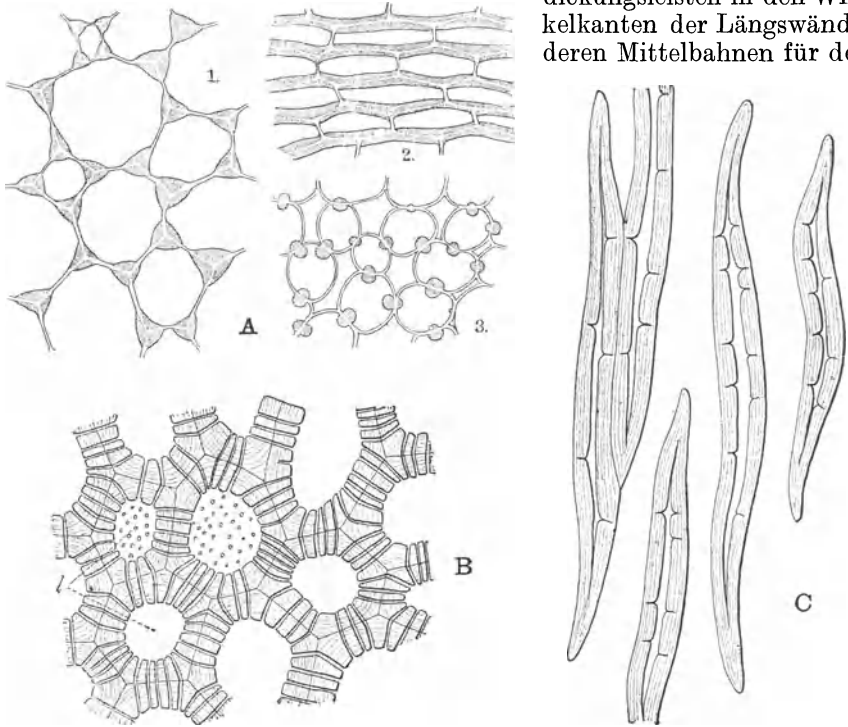


Abb. 125. **A** Querschnitt durch das Collenchym eines Dikotylenstengels. Die Zellwände sind nur in den Winkelkanten verdickt. Der Zellinhalt ist nicht gezeichnet. **B** Steinzellen von dem Querschnitt der harten Schale eines Kirschkerns.  $\downarrow$  Hohlraum der Zellen. Die Wände der rundlichen Zellen sind stark verdickt und getüpfelt. **C** durch Präparation isolierte Sklerenchymfasern.

Stoffaustausch von Zelle zu Zelle freibleiben (Kantenkollenchym), oder sie sind auf die Tangentialwände beschränkt (Plattenkollenchym). In den Palisadenzellen einiger Farnblätter nehmen die Verdickungsleisten die Mittelbahnen der Längswände ein, so daß die in den Winkelkanten verlaufenden Luftkanäle für das Zellplasma zugänglich bleiben (Palisadenkollenchym).

In den ausgewachsenen Geweben treffen wir dagegen häufig leere Zellen mit verholzter, ringsum gleichmäßig verdickter, getüpfelter Wand als Skelettgewebe an. 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 (Abb. 125B u. C).

**Gefäße und Tracheiden.** Die Gefäße sind ein charakteristischer Bestandteil der meisten bedecktsamigen Blütenpflanzen. Sie stellen lange Röhren dar, welche dadurch entstanden sind, daß in Reihen von übereinanderstehenden Zellen alle Querwände mit weiten Öffnungen durchbrochen wurden. Ein lebender Inhalt ist in den Gefäßen nicht mehr vorhanden, sie enthalten **nur** Wasser oder Luft und können als Reservoir im Pflanzenkörper angesehen werden, aus denen die benachbarten lebenden Zellen im Bedarfsfalle ihr Wasser beziehen. Die Wandung der Gefäße ist verholzt und meistens eigentümlich ausgebildet (Abb. 126A). 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 die auffällige Ver-

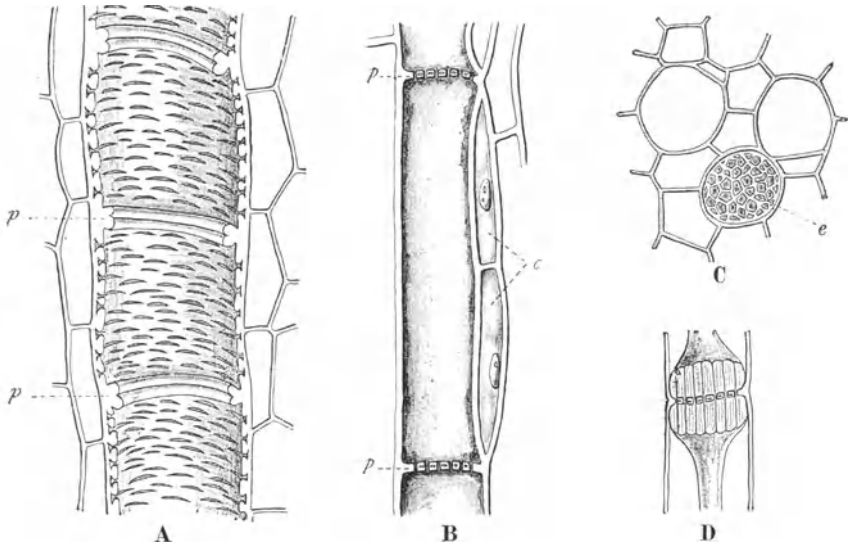


Abb. 126. **A** Teil eines Gefäßes im Längsschnitt, bei *d* die Überreste der aufgelösten Querwände. Die Gefäßwand ist mit spaltenförmigen Hopftüpfeln versehen. **B** Siebröhre von *Cucurbita Pepo* im Längsschnitt. *p* Siebplatten, *c* Geleitzellen. **C** Querschnitt einiger Siebröhren, bei *s* ist eine 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.

dickung 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, einzelne prosenchymatische Zellen, welche in der Ausbildung der Zellwand mit den Gefäßen übereinstimmen und wie diese nur Wasser oder Luft enthalten. Bei den meisten Gefäßkryptogamen und Nadelhölzern 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 (Abb. 126 B). Die Querwände zwischen den einzelnen Gliedern sind siebartig durchlöchert; man bezeichnet sie deswegen als Siebplatten (Abb. 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 verengert die Zugänge zu den Poren der Siebplatte häufig zu engen Kanälchen oder verschließt dieselben ganz (Abb. 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 Schleimsammlung 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**. 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, seltener gelb oder rötlich gefärbte Flüssigkeit enthalten. Die Wand dieser Milchröhren besteht aus reiner Cellulose, in einzelnen Fällen erreicht sie eine beträchtliche Dicke. Mit Rücksicht auf die Entstehungsweise werden zwei Arten von Milchröhren unterschieden: die **gegliederten** Milchröhren (Abb. 127 A), welche in ähnlicher Weise wie die Gefäße durch die Auflösung der Zwischenwände aus Zellreihen hervorgegangen sind, und die **ungegliederten** Milchröhren (Abb. 127 B), welche durch Wachstum und Verzweigung einer schon in der jungen Pflanze vorhandenen, einzelligen Anlage entstanden sind. Gegliederte Milchröhren kommen z. B. bei dem Löwenzahn und beim Mohn vor, ungegliederte bei den Wolfsmilcharten.

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 schnell und bildet einen 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, Öltropfen und Gerbstoffe, die gelegentlich als Inhalt beliebiger Zellen auftreten können, sind bei manchen Pflanzen auf

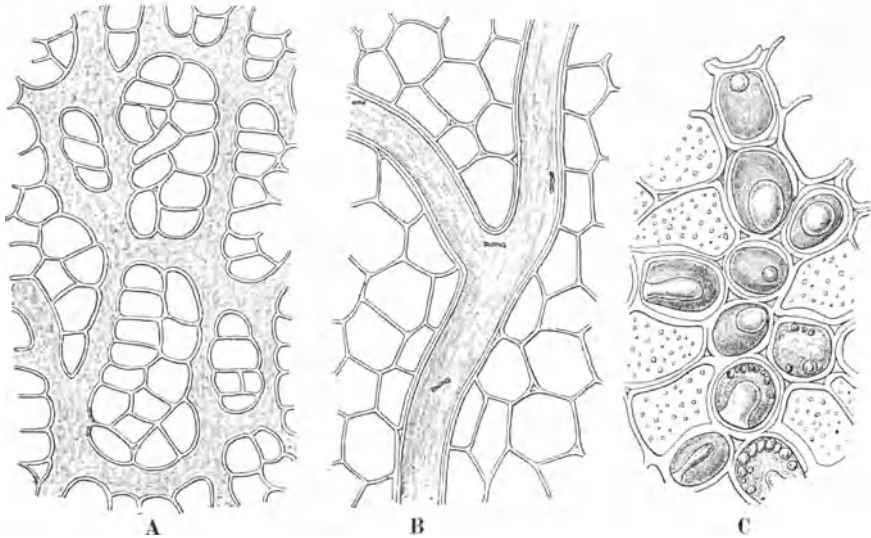


Abb. 127. **A** gegliederte Milchröhren aus der Wurzelrinde von *Scorzonera hispanica*. **B** Teil einer ungliederten Milchröhre von *Euphorbia splendens*. **C** Gerbstoffschläuche aus der Rinde der Eiche (nach Hartig).

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 Ölzellen in den Lorbeerblättern, die Gerbstoffschläuche (Fig. 127 C) u. a. m.

**Intercellularräume.** Als Intercellularräume werden 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 auseinander weichen, 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 Intercellularräume enthält Luft. Die Räume zwischen den einzelnen Zellen stehen untereinander und durch bestimmte Ausgangs-



öffnungen 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 Interzellularräume vor. Die Harzgänge der meisten Nadelholzgewächse und die Ölstriemen der Doldengewächse sind z. B. derartige Sekreträume. Sie bilden lange Röhren, welche mit zartwandigen Epithelzellen ausgekleidet sind, von denen aus das Sekret in den Interzellularraum ausgeschieden wird. (Abb. 128 A). Die Harzgänge sind schizogen. Im Querschnitt jugendlicher Gewebeteile findet

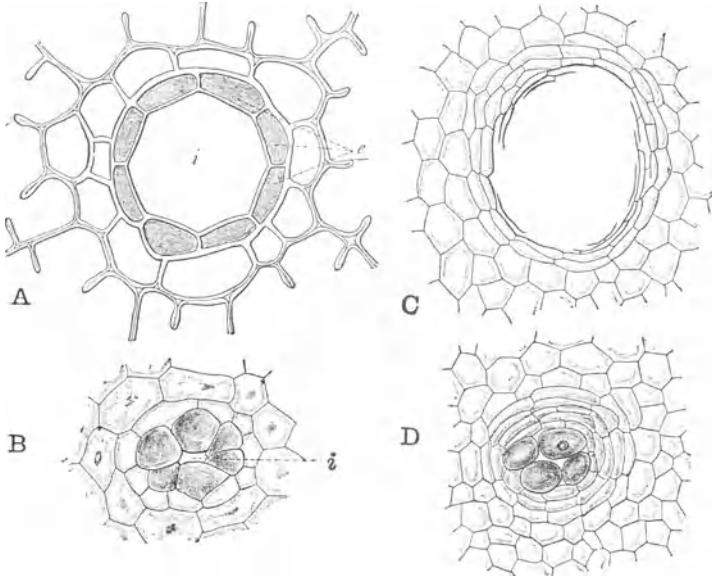


Abb. 128. **A** Querschnitt durch einen Harzgang aus dem Blatt von *Pinus austriaca*. *i* Interzellularraum, *e* die denselben auskleidenden Epithelzellen. **B** jüngeres Stadium; zwischen den inhaltsreichen Zellen ist der auftretende Harzgang als schmaler Spalt *i* sichtbar. **C** lysigene Öllücke aus der Fruchtknotenwand von *Citrus*. **D** jüngeres Stadium derselben.

Als ein Beispiel lysigener Sekreträume mögen die **Öllücken** der Fruchtschale der Orangen dienen (Abb. 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 Verbande, 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 Öllücke und die Menge des Sekretes. Im Blatt von *Ruta*, bei den Gewürznelken und dem Piment, sind ähnliche lysigene Öllücken vorhanden.

### e) Einteilung der Gewebe.

Die im vorstehenden aufgezählten Formelemente der Gewebe sind im Pflanzkörper 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 an der Stelle, die 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 Interzellulargang entsteht, in dem alsbald ein Sekrettropfen auftritt (Abb. 128 B). Später erweitert und rundet sich der Kanal, indem die secernierenden Epithelzellen heranwachsen und durch Teilung vermehrt werden.

Man kann ferner die Funktion zur Grundlage der Einteilung machen und Festigungsgewebe, Leitungsgewebe, Speichergewebe 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, es vermittelt und regelt die Wasserverdunstung und den Gasaustausch im Pflanzenkörper.

### a) Die Epidermis.

Die Blätter und die jugendlichen Sproß- und Wurzelteile der höheren Pflanzen sind von einer 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 mannigfaltigen **Haarbildungen** zu rechnen, welche sich auf jugendlichen Pflanzenteilen finden. In Ausnahmefällen 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; 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 (Abb. 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 im-

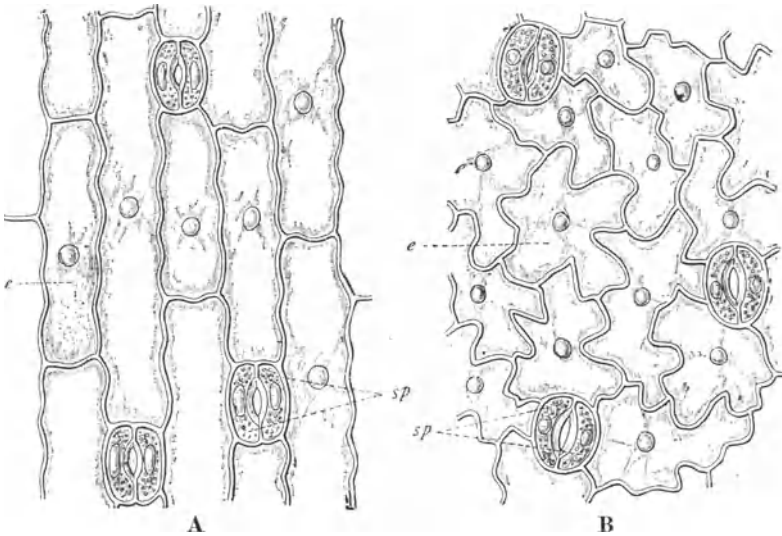


Abb. 129. **A** Stück der Epidermis der Blattunterseite von *Lilium candidum*. **B** Stück der Epidermis der Blattunterseite von *Ranunculus Ficaria*. *e* Epidermiszelle, *sp* Schließzellen einer Spaltöffnung.

prägniert. Bei Zusatz von Chlorzinkjod nimmt die Cuticula eine braungelbe, der aus Cellulose bestehende Teil der 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 Wachskörnchen erhöht oder es bildet sich auf der Oberfläche der Cuticula eine Wachs-ausscheidung, 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 Spalt-

öffnungen vermittelt. Jede Spaltöffnung besteht aus zwei im Verbinde mit den Epidermiszellen stehenden Schließzellen, zwischen denen sich eine Spalte als Eingangsöffnung in das Innere des Gewebes befindet (Abb. 129). Unterhalb der Spaltöffnungen befindet sich im Gewebe meist eine größere Interzellularlücke, die Atemhöhle (Abb. 130). Die Schließzellen besitzen lebendes Plasma mit Zellkern und Chlorophyllkörpern und enthalten gewöhnlich auch Stärke. Sie haben von oben

gesehen meist Bohnenform; an ihren beiden Enden sind sie fest miteinander verwachsen, während der mittlere Teil der Berührungsseite 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 (Abb. 130). Die Cuticula der Epidermis setzt sich über die Oberfläche der

Schließzellen meist bis in die Atemhöhle hinein fort. Die ungleichmäßige Ausbreitung der Verdichtungsschichten bewirkt, daß die Form der Schließzellen verändert wird, wenn der durch den Inhalt auf die Wand ausgeübte Druck sich ändert. Wenn der Saftdruck hoch ist, sind die Zellen 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 der Saftdruck 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.

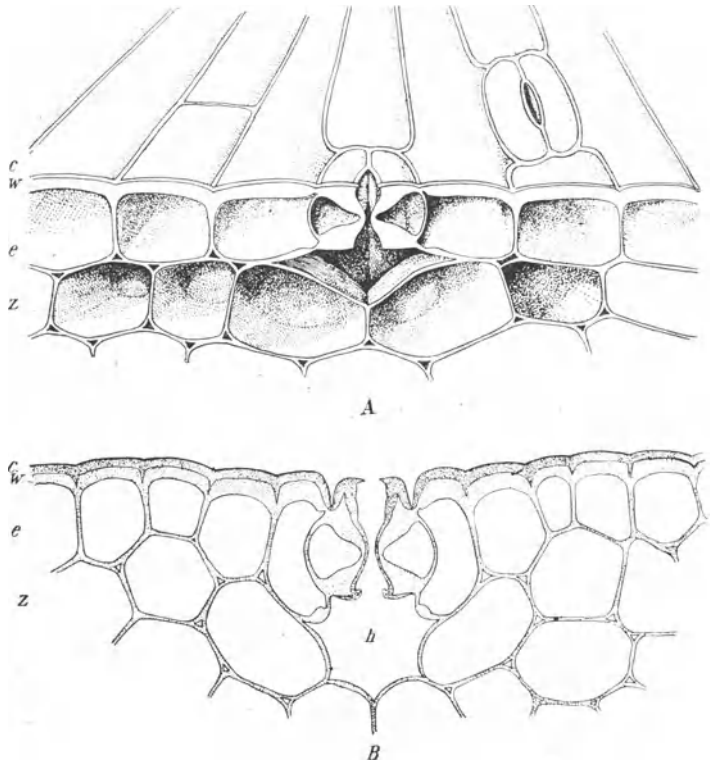


Abb. 130. **A** Teil des Oberflächengewebes des Tulpenblattes mit einer ganzen und einer quer durchschnittenen Spaltöffnung. **B** Teil eines Querschnittes des Blattes von *Clivia nobilis*. *e* Epidermiszelle, *c* Cuticula, *w* der aus Cellulose gebildete Teil der Zellwand, *s* Schließzelle der Spaltöffnung, *z* Zellen des inneren Blattgewebes, *h* Atemhöhle.

Die den Schließzellen unmittelbar benachbarten Zellen (Nebenzellen) sind bei manchen Pflanzen anders gebaut als die übrigen Epidermiszellen. Sie stellen meistens Übergangsformen zwischen den gewöhnlichen Epidermiszellen und den Schließzellen dar und wirken in manchen Fällen mit bei dem Öffnen 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 (Abb. 131) erkennt man zwischen den mehr gestreckten Epidermiszellen

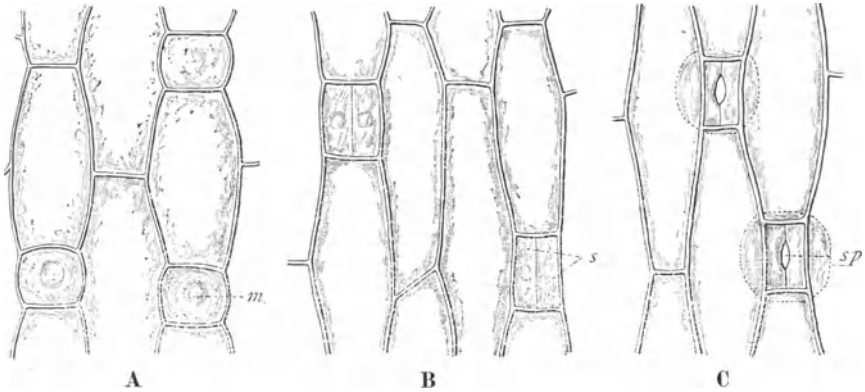


Abb. 131. Entwicklung der Spaltöffnungen in der Epidermis des Blattes der Schwertlilie. **A** jüngstes Stadium; zwischen den gestreckten Epidermiszellen liegen die kurzen, inhaltsreichen Spaltöffnungsmutterzellen *m*. **B** durch eine zarte Längswand sind die Mutterzellen in zwei Zellen *s*, die späteren Schließzellen der Spaltöffnung, geteilt. **C** durch Auseinanderweichen der Schließzellen ist die Spalte *sp* entstanden.

einzelne kurze, inhaltsreiche Zellen als die Mutterzellen der Spaltöffnungen. Die Mutterzellen teilen sich später durch eine Längswand. Die beiden Tochterzellen werden zu Schließzellen, zwischen denen unter Spaltung der Trennungswand die Eröffnung der Spalte erfolgt.

Neben den Spaltöffnungen, welche die Ausgänge der lufthaltigen Interzellularräume 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 Interzellularraum der Wasserspalt steht mit den luftführenden Interzellularräumen 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 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 ent-

stehen. Die äußere Gestalt der Haare ist häufig kegelförmig oder zylindrisch; nicht selten kommen Verzweigungen vor und zwar können, wie das Beispiel von *Cheiranthus Cheiri* (Abb. 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 (Abb. 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 (Abb. 132 B) der Fall ist. An ihrem oberen Ende sind die Haare und ihre Äste 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 Lebensdauer 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.

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 zweiarmige 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

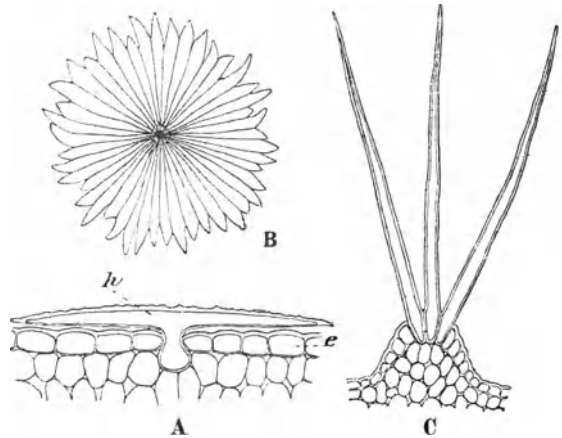


Abb. 132. A Stück vom Längsschnitt des Blattes von *Cheiranthus Cheiri*; *h* einzelliges, zweiarmiges Haar, welches mit einem kurzen Stiel zwischen den Epidermiszellen eingefügt ist. B Sternhaar von *Hippophaë rhamnoides* von oben gesehen. C Schnitt durch die Basis eines Büschelhaares von *Althaea rosea*.

sie denselben an der umschlungenen Stütze befestigen. Man bezeichnet diese hakenförmigen Haare, die sich auch bei anderen Pflanzen finden, als **Klimmhaare** (Abb. 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 Öle ab. Auf kürzerem oder längerem zylindrischem Stiel ist bei ihnen eine kugelförmige Endzelle oder eine Zellgruppe vorhanden, die das Sekretionsorgan darstellt (Abb. 133 B). Das Sekret wird in der Zellwand und zwar zwischen der Cuticula und der Cellulosemembran der Außen-

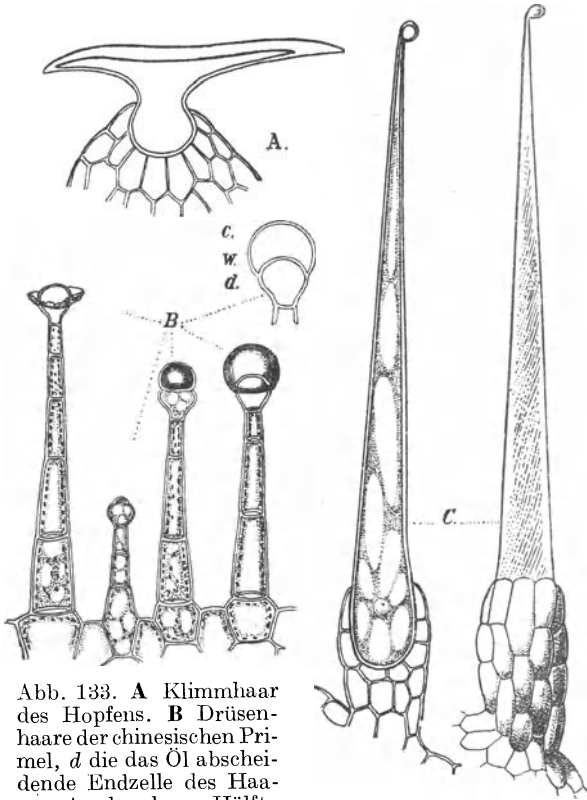


Abb. 133. **A** Klimmhaar des Hopfens. **B** Drüsenhaare der chinesischen Primel, **d** die das Öl abscheidende Endzelle des Haares. An der oberen Hälfte derselben ist die Cuticula *c* von der Zellulosewand *w* abgehoben, der Hohlraum zwischen den beiden Wandschichten enthält das abgeschiedene Öl. **C** Brennhaar der Brennnessel rechts von außen, links im Längsschnitt.

honig nachstellen. In der Epidermis vieler Blätter treten 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 Inhalts durch das umgebende Wasser schützt. Auch bei einzelnen Landpflanzen kommen ähnliche Schleimhaare zur Ausbildung.

Als Schutz gegen Tierfraß sind die **Brennhaare** anzusehen, welche z. B. bei den einheimischen Brennnesseln in typischer Ausbildung auftreten (Abb. 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

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. Ihr harziges Sekret 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 stellen dann Zellen oder Zellgruppen dar, welche im Verbinde 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 abscheidenden 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 abgeschiedene klebrige Sekret gegen den Besuch kriechender Tiere, die dem Blüten-

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 an Samen der Baumwollpflanze, der Pappeln und Weiden (Abb. 3) bilden einen **Flugapparat**, welcher die Verbreitung des Samens durch den Wind ermöglicht.

Ein besonderes Interesse erwecken die als Sinnesorgane zur Wahrnehmung von Berührungsreizen dienenden **Fühlborsten** und **Fühlpapillen** reizbarer Pflanzenteile. Auf den für den Tierfang eingerichteten Blattflächen der *Dionaea* und *Aldrovandia* (Abb. 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* (Abb. 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 (Abb. 134 C).

Endlich sind auch die aus der Epidermis der jungen Wurzelteile entspringenden **Wurzelhaare** (Abb. 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 (Abb. 135) mögen hier anhangsweise Erwähnung finden. Bei manchen Wasserpflanzen, z. B. den See-rosen, finden wir im Innern des Sprosses und des Blattes einzelne Parenchymzellen zu

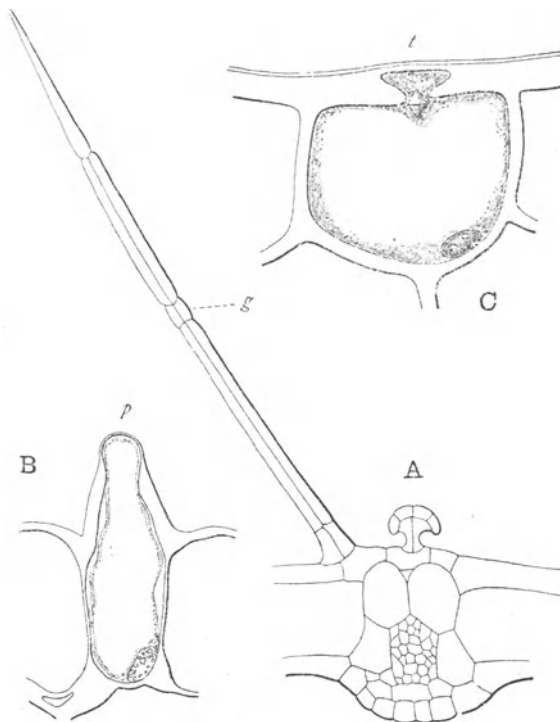


Abb. 134. A Teil des Blattquerschnittes von *Aldrovandia vesiculosa* mit einer Fühlborste, *g* Gelenkzellen der Fühlborste. B Oberhautzelle eines Staubfadens von *Opuntia vulgaris* mit einer Fühlpapille *p*. C Oberhautzelle einer Ranke von *Cucurbita Pepo* mit einem Fühltüpfel *t*. (Nach Haberlandt.)



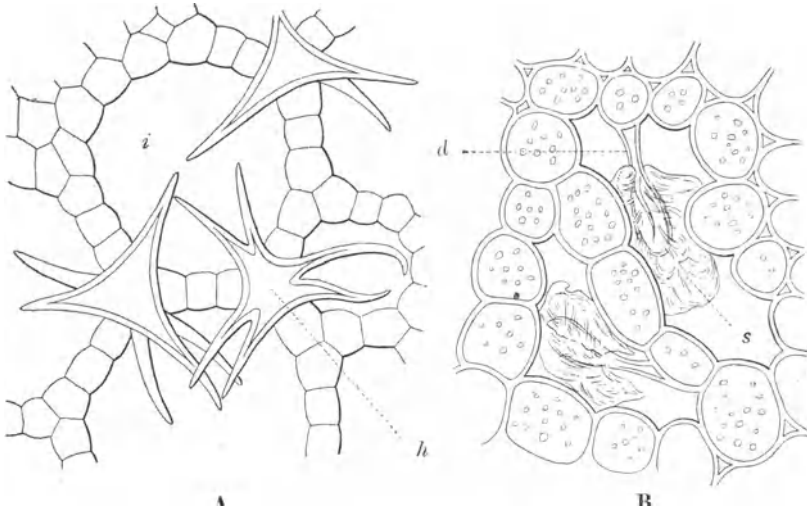


Abb. 135. Innere Haare **A** aus dem Querschnitt des Sprosses von *Limnanthemum cristatum*. *i* großer Interzellularraum, *h* vielarmige Haarzelle, deren Arme in verschiedene Interzellularräume hineinreichen, **B** aus dem Längsschnitt durch eine Blattbasis von *Aspidium Filix mas* (nach Tschirch). *d* inneres Drüsenhaar, dessen Kopf mit dem erhärteten Sekret *s* überzogen ist.

geweihartig verzweigten Haaren ausgewachsen, welche in die weiten Interzellularräume hineinragen. In dem Rhizom des Wurmfarns, *Aspidium Filix mas* treten Drüsenhaare auf, die sich als Auswüchse einzelner Parenchymzellen in den Interzellularräumen 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 Korkzellen sind ziemlich

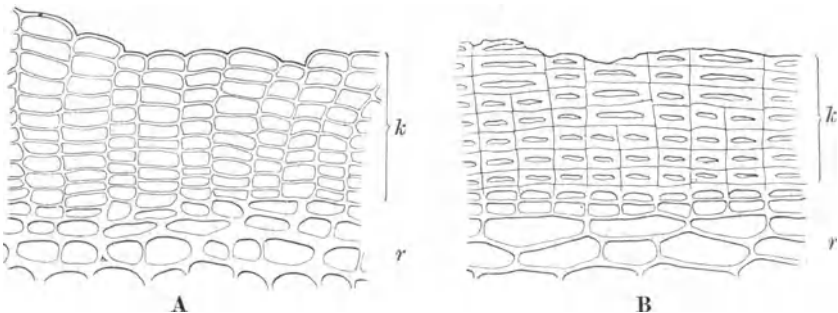


Abb. 136. **A** Querschnitt durch die äußere Rinde von *Rhamnus Frangula*. **B** Querschnitt durch die äußere Rinde von *Cytisus Laburnum*. *k* Korkschicht, *r* Rindenparenchym. Der Zellinhalt ist nicht gezeichnet.

gleichmäßig tafelförmig und in regelmäßigen radialen Reihen angeordnet (Abb. 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 dünn, bisweilen, z. B. bei *Cytisus Laburnum* (Abb. 136 B), erreicht sie dagegen eine beträchtliche Dicke, und man kann mit Hilfe geeigneter Reagentien erkennen, daß die Wand aus mehreren Schichten von verschiedener Beschaffenheit besteht. Die Mittellamelle ist verholzt, jederseits grenzt an sie eine breitere verkorkte Schicht, welche nach dem Zellinnern zu von einer Lamelle aus reiner Zellulose überkleidet ist.

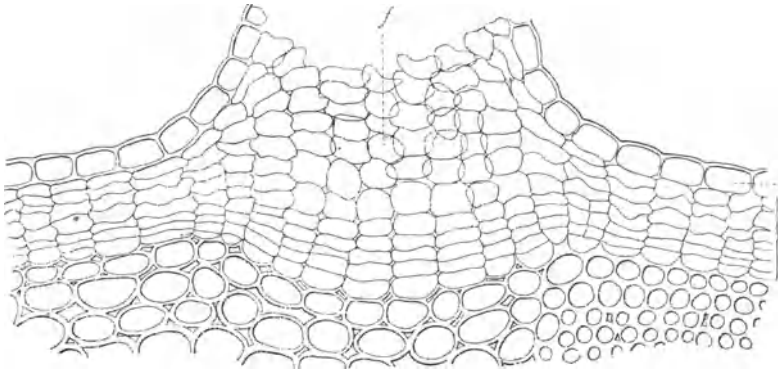


Abb. 137. Lenticelle im Kork des Sprosses von *Sambucus nigra*. *e* Epidermis, *c* Korkschicht, *f* Füllzellen.

Die Korkschicht, welche die älteren Pflanzenteile umgibt, ist an bestimmten Stellen von Durchlaßöffnungen, den **Rindenporen** oder **Lenticellen**, durchbrochen (Abb. 137). Sie sind z. B. an der weißen Birkenrinde als strichförmige braune Korkwarzen sichtbar. Die Lenticellen sind eng umschriebene Partien des Korkgewebes, in welchen die Zellen nicht lückenlos aneinanderschließen, sondern Interzellularräume zwischen sich lassen, die sich als Luftkanäle in radialer Richtung bis in das Innere des Pflanzenteiles fortsetzen und sein Interzellularsystem mit der atmosphärischen Luft in Verbindung bringen. Die Zellen der Rindenporen werden Füllzellen genannt; sie haben einen lebenden Plasmahalt und eine zarte, unverkorkte Wand. 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 (Abb. 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 einer 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 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.

Die Korkschicht erreicht in einigen Fällen beträchtliche Dicke; die mächtige Korkbildung bei der Korkeiche, *Quercus suber*, liefert den Flaschenkork. Bisweilen werden aber die äußersten Korkzellen in dem Maße abgestoßen, wie von

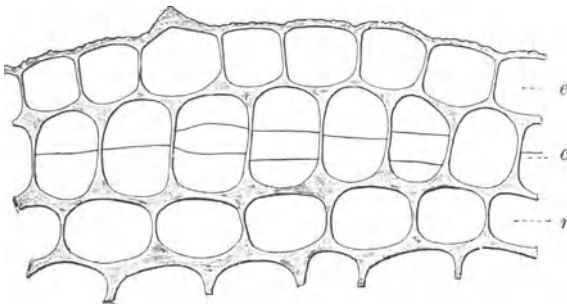


Abb. 138. Beginnende Korkbildung in der Zellschicht unter der Epidermis des Sprosses von *Habrothamnus corymbosus*. *e* Epidermis, *c* Zellschicht, aus welcher der Kork hervorgeht, *r* parenchymatische Rindenzellen.

innen her ein Zuwachs erfolgt, so daß, wie z. B. am Buchenstamm, 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 tiefer gelegenen 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 Mitte heraus; die so gebildete Borke wird **Schuppenborke** genannt, ein auffälliges Beispiel bietet der Stamm der 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 Korkschicht 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 zylindrischer Gestalt verbunden, sie

bilden mit dem von ihnen eingeschlossenen Grundgewebe, welches als Mark bezeichnet wird, einen massiven Achsenzylinder (**Stele**), welcher aus dem Plerom des Vegetationskegels hervorgegangen ist (Abb. 139). Die mantelförmige Grundgewebemasse, welche den Raum zwischen dem Leitbündelzylinder und dem Hautgewebe ausfüllt, heißt **primäre Rinde** oder **Außenrinde**. Die Grundgewebepartien, welche durch die Maschen des Leitbündelzylinders hindurch die Verbindung zwischen der Außenrinde und dem Mark herstellen, werden **Markverbindungen** genannt. In den Wurzeln, in denen die Leitbündel zu einem zentralen Strang zusammenzutreten, kann also 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 Sekret-

behälter, welche häufig einen Bestandteil des Grundgewebes darstellen, die Milchsaftschläuche, Harzgänge, Öllücken, Kristallzellen usw. sind in der Regel nicht zu beträchtlichen Gewebemassen miteinander verbunden, sondern mehr einzeln 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. Dünne, flächenförmige Pflanzenteile dagegen, wie die meisten Laubblätter, bestehen zum größten Teil aus chlorophyllhaltigen Zellen. Den im Erdboden dem Lichte entzogenen Wurzeln fehlen sie ganz.

Das Assimilationsgewebe wird von Parenchym mit lufthaltigen Intercellularräumen gebildet. In den Blättern sind häufig die Blätter des Assimilations-

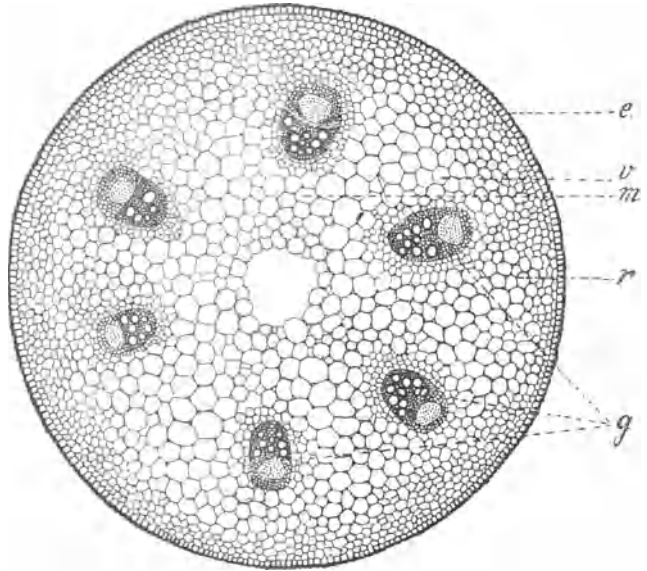


Abb. 139. Querschnitt eines dikotylen Sprosses, welcher die Anordnung der Gewebesysteme zeigt. *e* das Hautgewebe, *g* die Gefäßbündel. Der übrige Teil des Querschnittes wird vom Grundgewebe eingenommen. *m* Mark, *r* Rinde, *v* Markverbindung.!

parenchyms nach ihrer Lage zum einfallenden Licht verschiedenartig ausgebildet (Abb. 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 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

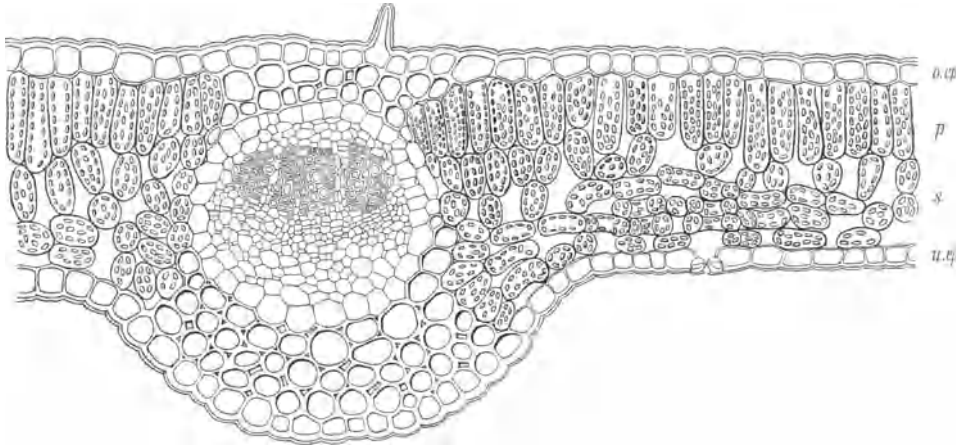


Abb. 140. Blattquerschnitt von *Ligustrum vulgare*. *o. ep* Epidermis der Blattoberseite, *p* Palisadenparenchym, *s* Schwammparenchym, *u. ep* Epidermis der Blattunterseite, *g* Leitbündel des querdurchschnittenen Blattnerven.

und zentrisch gebaute Blätter vor, bei denen ringsherum Palisadenparenchym gebildet wird.

**Das Speichergewebe.** Wie das Assimilationsgewebe durch seinen Chlorophyllgehalt, so ist das Speichergewebe durch den Gehalt an Reservenernährungsstoffen wie Stärke, Aleuron, Resvecellulose usw. charakterisiert. Seiner Funktion entsprechend finden wir das Speichergewebe stets als vorwiegenden 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 Stärkescheide im Sproß gewisser Gelenkpflanzen und in der aus Grundgewebe bestehenden Wurzelhaube der Gefäßpflanzen werden als Sinnesorgane zur Wahrnehmung des durch die Schwerkraft ausgeübten Reizes gedeutet.

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 der Wasserabgabe sich in regelmäßige Harmonikalfalten legen und bei Wasseraufnahme wieder gestreckt werden können.

**Das Festigungsgewebe.** In lebenden Pflanzenzellen sind infolge des Saftdruckes, welcher im Innern vorhanden ist, die Zellgewebe straff gespannt. Die

innere Festigkeit, welche die Gewebe dadurch erhalten, genügt, 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 sie instand 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 untereinander und mit dem Grundgewebe in festem Verbande.

Selten sind einzelne Sklerenchymzellen (Idioblasten) wie Stützbalken zwischen die Zellen des Grundgewebes eingebettet (Abb. 142). Meistens werden strangartige Gewebestreifen gebildet, welche bisweilen innerhalb der Elastizitätsgrenze die Zugfestigkeit des Schmiedeeisens erreichen oder gar noch übertreffen. In Pflanzenteilen, die noch im Wachstum begriffen sind, wird das Festigungsgewebe von Kollenchymsträngen gebildet, welche, da die Zellen einen lebenden Inhalt und wachstumsfähige Wände haben, der Streckung des Organs durch

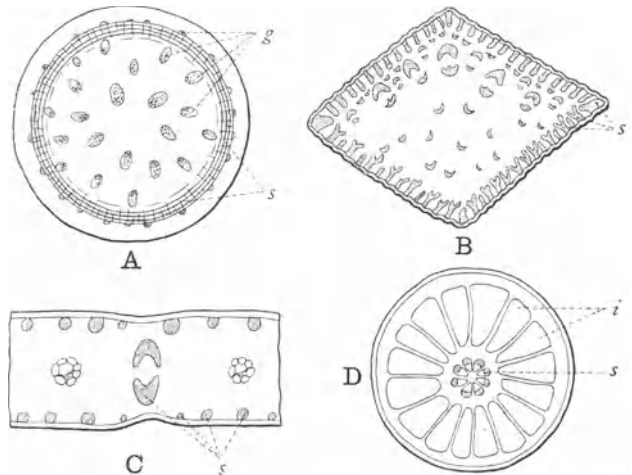


Abb. 141. Verteilung des Festigungsgewebes in den Organen. **A** Querschnitt des Blütenschaftes von *Ornithogalum Eclonii* — das mechanische Gewebe *s* schließt zu einem ununterbrochenen Ringe zusammen, *g* die Gefäßbündel. **B** Querschnitt des Blattes von *Dasylium junceum* und **C** Teil des Blattquerschnittes 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.

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 Kollenchym entsteht, meist aber durch besondere Ausbildung 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 gewölbartigen 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

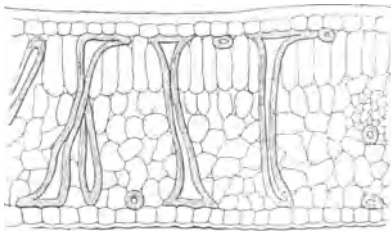


Abb. 142. Teil des Blattquerschnittes von *Roupala villosa*. Dem assimilierenden Gewebe sind einzelne Sklerenchymzellen eingefügt.

finden, sehen wir in manchen oberirdischen Pflanzenteilen die Biegefestigkeit dadurch erreicht, daß einzelne Streifen von Festigungsgewebe an gegenüberliegenden Seiten des Organes nahe der Oberfläche verlaufen (Abb. 141 B u. C), 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 Ringe erscheint (Abb. 141 A). 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 Festigkeitskonstruktion eines jungen Dikotylen sprosses nach, in dessen Grundgewebe der durch Sklerenchymstränge gefestigte Leitbündelzylinder eingebettet ist (Abb. 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 mit dem Leitungsgewebe zu einem axialen Strang vereinigt (Abb. 141 D).

#### 4. Die Leitbündel.

**Der Verlauf der Bündel.** Die Leitbündel oder Gefäßbündel stellen die Leitungsbahnen für Wasser und Nährstoffe im Pflanzenkörper dar. 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 ihm der Länge nach durchzieht und Äste in die seitlichen Organe entsendet. Gewöhnlich verlaufen viele Leitbündel nebeneinander im Sproß und bilden dadurch, daß sie sich wiederholt verzweigen oder miteinander verschmel-

zen, ein maschenartiges Gerüstwerk, dessen äußerste Verzweigungen in die Blätter hinein verlaufen (Abb. 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 Zylindermantels angeordnet, welcher das Mark umhüllt und seinerseits von der Außenrinde und dem sie bedeckenden Hautgewebe umkleidet wird (Abb. 143 A). Auf dem Querschnitt des Sprosses der Dikotylen stehen also die Querschnitte der Bündel in einem Kreise (Abb. 139). Auch bei den Gymnospermen und bei manchen Farnen ist die Verteilung der Bündel in der Sproßachse eine ähnliche.

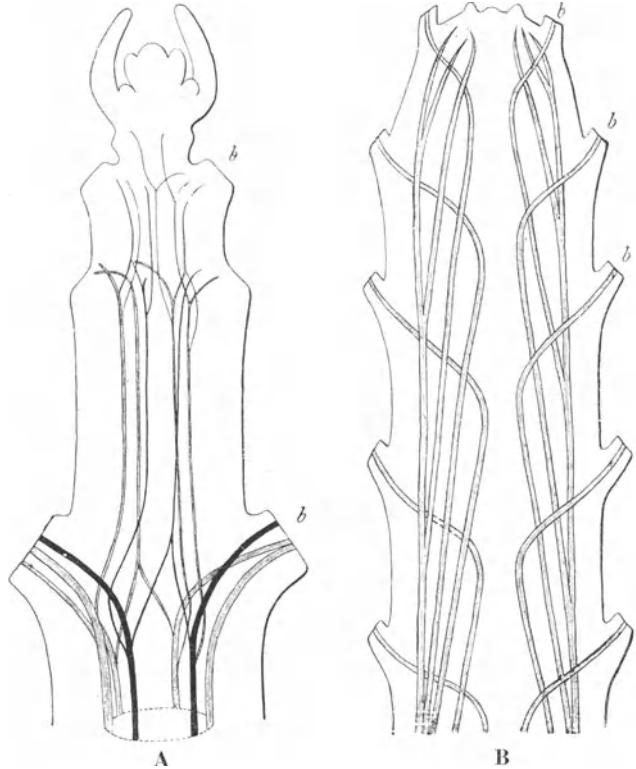


Abb. 143. **A** Schema des Leitbündelverlaufes in einer dikotylen Pflanze (nach Nägeli). **B** Schema des Leitbündelverlaufes in einer monokotylen Pflanze (nach Falkenberg). *b, b* Blattbasen.

Die meisten Monokotylen weisen dagegen einen anderen Typus des Bündelverlaufes auf (Abb. 143 B). Die Bündel vereinigen 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 (Abb. 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 sie 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 periphere 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 Blattspreite 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.

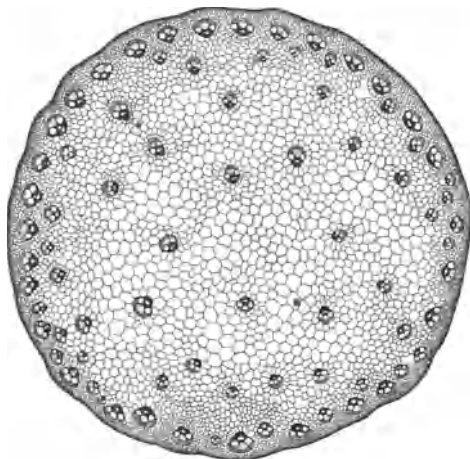


Abb. 144. Querschnitt des Sprosses einer monokotylen Pflanze.

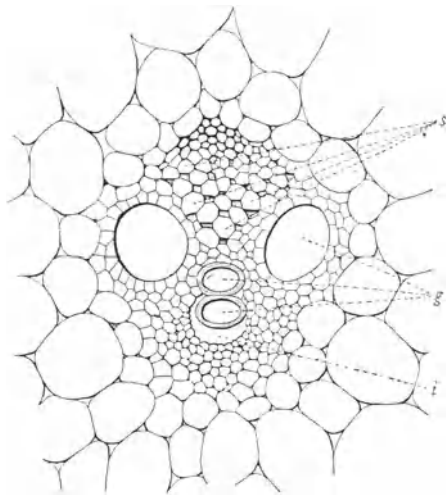


Abb. 145. Querschnitt durch das collaterale Gefäßbündel von *Saccharum officinarum*. *s* Siebröhren, *g* Gefäße. Der Siebteil liegt nach außen zu vor dem Gefäßteil. *i* Intercellularraum.

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 wichtigsten 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 bzw. 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** bzw. **Holzparenchym** genannt.

Gewöhnlich ist in jedem Bündel ein Gefäßteil und ein Siebteil vorhanden. Sie 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** (Abb. 145). Da die Leitbündel ohne Drehung aus der Sproßachse in die Blätter ausbiegen, so muß in den Blattnerven der Siebteil des Leitbündels nach der Unterseite, der Gefäßteil nach der Blattoberseite zu gelegen sein. In einigen dikotylen Pflanzenfamilien, z. B. den Kürbis- und

Nachtschattengewächsen, ist an der Innenseite des Gefäßteils ein zweiter Siebteil ausgebildet; derartige Bündel werden **bicollateral** genannt (Abb. 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 (Zentralzylinder) der Wurzeln ist als eine Vereinigung mehrerer Leitbündel anzusehen; es sind meist mehrere Siebteile und mehrere Gefäßteile

vorhanden, sie 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 (Abb. 147).

Zwischen den Siebteilen und den Gefäßteilen ist eine schmale Schicht von Parenchymzellen, das Verbindungsge-  
webe, eingeschoben. Ebenso ist auch 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 ebenso viele Siebteile vor. Man bezeichnet die Bündelstränge dementsprechend als zweimächtig, dreimächtig usw. (diarch, triarch usw.). In dem vielmächtigen (polyarchen) Zentralzylinder der Monokotylenwurzel kommen bisweilen 50 und mehr Gruppen von Gefäßteilen und Siebteilen vor (Abb. 147).

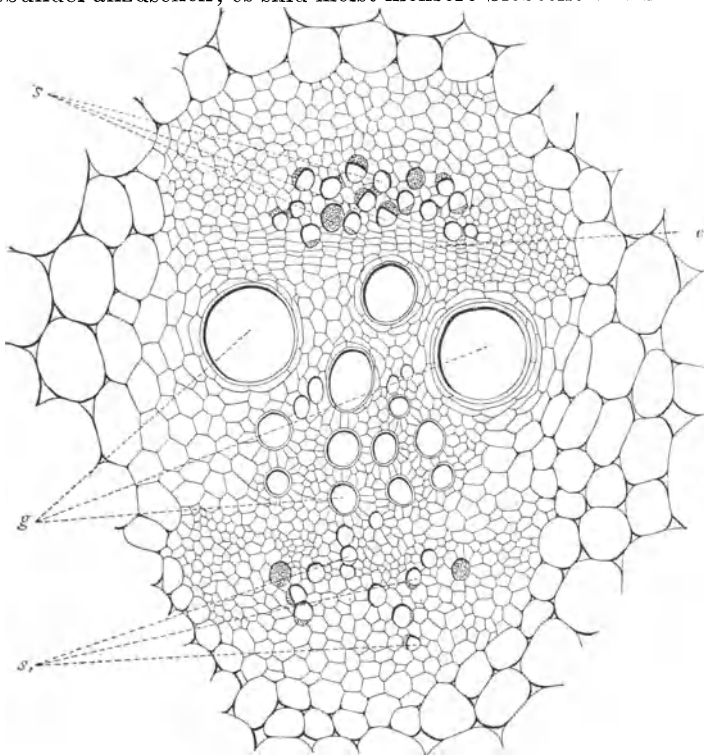


Abb. 146. Querschnitt durch das bicollaterale Leitbündel von *Cucurbita pepo*. *s* Siebröhren des äußeren, *s*<sub>1</sub> Siebröhren des inneren Siebteils, *g* Gefäße, *c* Cambium.

Die an den Bündelstrang der Wurzel grenzenden Zellen des Rindenparenchyms bilden eine als **Endodermis** bezeichnete Schutzscheide. Ihre Zellwände sind häufig stark verdickt und teilweise verkorkt; 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

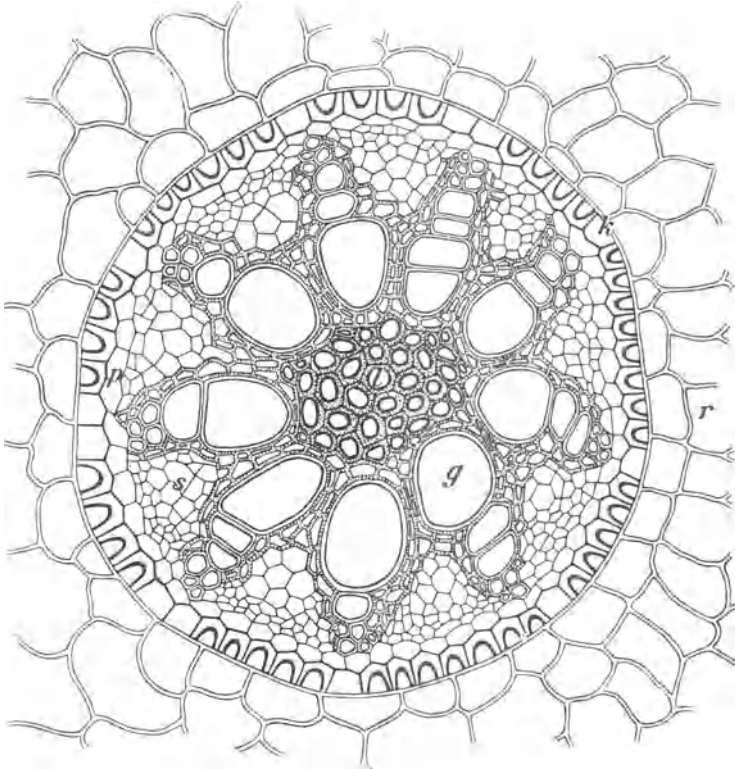


Abb. 147. Querschnitt durch den Bündelstrang der Wurzel von *Veratrum album*. *g* ein Gefäß, *s* ein Siebteil, *p* Pericambium, *k* Endodermis, *r* die Rinde der Wurzel. (Nach Tschirch.)

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 (Abb. 149 *gs*).

### 5. Das sekundäre Dickenwachstum.

**Das Kambium.** In den Sprossen mancher Gewächse, z. B. bei den Farnen und den Monocotylen, erreichen die Leitbündel nach einer gewissen Zeit eine endgültige Ausbildung, welche normalerweise nachträglich nicht mehr verändert wird. Solche Leitbündel werden als geschlossene Bündel bezeichnet. Ihnen stehen die offenen Leitbündel gegenüber (Abb. 146), bei denen zwischen dem Siebteil und dem Gefäßteil ein Bildungsgewebe, das Kambium, vorhanden

ist, welches neue Zellen zu dem Siebteil und zu dem Gefäßteil hinzufügt. Das Kambium 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 Kambium erzeugten jungen Zellen werden zu Siebröhren, zu Bastfasern oder zu Bastparenchym. Die Gesamtproduktion des Kambiums an Gefäßen, Holzfasern und Holzparenchym wird als **sekundäres Holz**, die Gesamtproduktion an Siebröhren, Bastfasern und Bastparenchym wird als sekundäre **Rinde** bezeichnet (Abb. 148).

An denjenigen Sprossen, welche einen netzförmigen Leitbündelzylinder besitzen, treten bald nach Beginn der Kambiumtätigkeit in den Bündeln, auch in den die Maschen des Bündelzylinders durchsetzenden Markverbindungen des Grundgewebes Kambiumzellen auf, so daß das Kambium in seiner Gesamtheit einen ununterbrochenen Zylindermantel

darstellt, welcher auf dem Sproßquerschnitt als Kambiumring erscheint. Das Kambium der Markverbindungen wird im Gegensatz zu dem in den Bündeln auftretenden

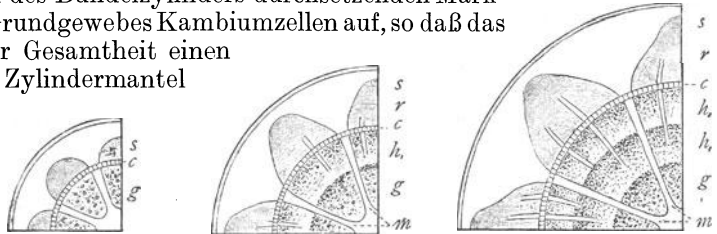


Abb. 148. Teil eines Sproßquerschnittes in verschiedenen Stadien des Dickenwachstums, schematisch. *s* Siebteil, *g* Gefäßteil des ursprünglich vorhandenen Bündels, *c* das Kambium, *r* sekundäre Rinde, *h* sekundäres Holz, *h*<sub>1</sub> die Zuwachszonen verschiedener Jahre, *m* Markstrahl.

Fascikularkambium als Interfascikularkambium bezeichnet (Abb. 149); es setzt durch Erzeugung neuer Parenchymzellen die Markverbindungen in stand, 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 Kambiums verdickten Sproß von der Rinde bis zum Mark durchsetzen und als **Markstrahlen** bezeichnet werden. Andere Markstrahlen entstehen dadurch, daß gewisse Zellen des Fascikularkambiums, 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 der Nadelhölzer tritt zwischen den Siebteilen und Gefäßteilen des Zentralzylinders gleichfalls ein Kambium auf und die einzelnen Partien verbinden sich dann seitlich zu einem Ringe, der auf dem Querschnitt anfangs als wellig verbogene Kreislinie erscheint (Abb. 150 A). Später gleichen sich durch das Wachstum die Undulationen des Kambiumringes mehr und mehr aus, so daß endlich ebenso wie in den Sprossen mit ringförmiger Anordnung der Gefäßbündel ein gleichmäßiger Kambiumgürtel 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 Kambiumzellen entweder von Anfang an, oder nachdem

sie eine Zeitlang Holz- und Rindenelemente gebildet haben, nur Markstrahlenparenchym erzeugen. Indem die in den verschiedenen Abschnitten der Vegetationsperiode von Kambium 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 Kambiums entsprechen, so werden sie als **Jahresringe** bezeichnet.

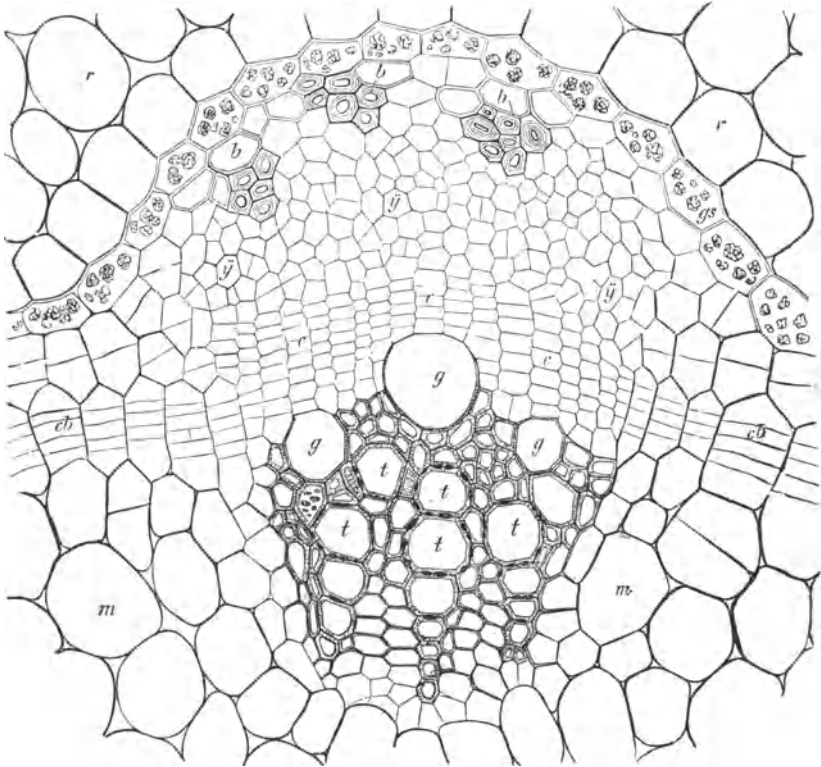


Abb. 149. Teil vom Sproßquerschnitt einer Rizinuskeimpflanze. *m* Parenchymzellen des Markes, *r* Parenchymzellen der Rinde, *b* und *y* Zellen des Siebteils, *g* und *t* Gefäße, *c* Fascicularkambium, *cb* Interfascicularkambium, *gs* Stärkescheide. (Nach Sachs.)

**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, die lebenden Zellen des Bast- und Holzparenchyms kommen hauptsächlich als Speichergewebe in Betracht, zwischen denen die ebenfalls lebenden Parenchymzellen der Markstrahlen die Verbindung herstellen. In einigen Hölzern finden sich Übergangsbildungen 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 Laub-

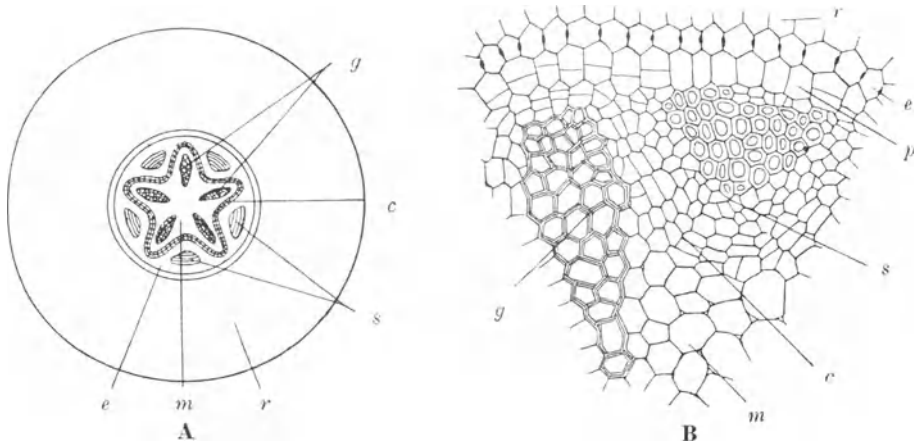


Abb. 150. **A** Schematischer Querschnitt der Hauptwurzel von *Vicia faba*. **B** Teil vom Querschnitt des Leitbündelstranges der Hauptwurzel von *Vicia faba* nach Ausbildung des Kambiums (nach Haberlandt). *g* Gefäßteil, *s* Siebteil, *c* Kambium, *e* Endodermis, *r* Rinde, *m* Mark, *p* Pericykel.

bäume 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 parenchymatische 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 Körpers 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 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 verkernte 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, die Tyllenbildung. Die Schließhäute einzelner Tüpfel zwischen den Gefäßen und den angrenzenden Holzparenchym-

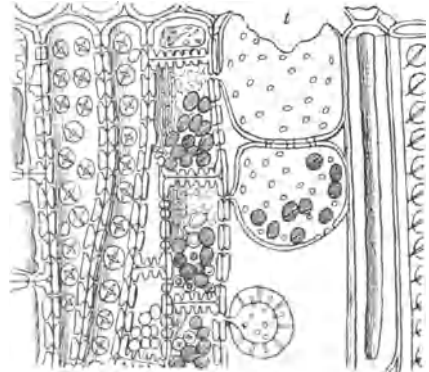


Abb. 151. Längsschnitt aus dem Holz der Eiche. *t* Hohlraum eines Gefäßes mit Tyllenbildung. (Nach Hartig.)

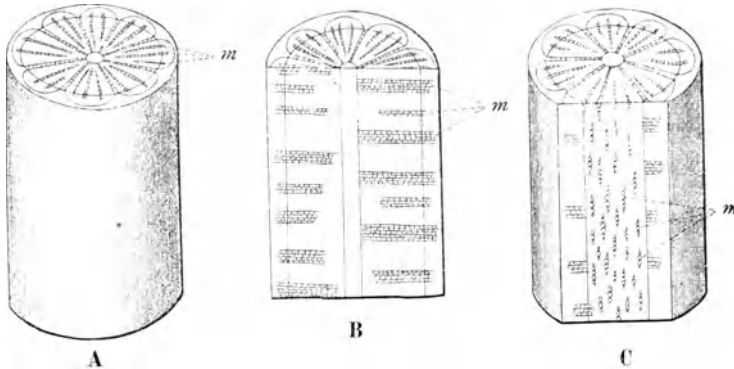


Abb. 152. Schemata eines Sproßstückes einer dikotylen Pflanze. Bei **A** ist nur eine Querschnittfläche sichtbar, in **B** ist außerdem eine radiale und in **C** eine tangentielle Schnittfläche hergestellt. *m* Markstrahlen.

dar verändert, daß nachträglich im Innern des ausgebildeten Holzkörpers neue Bildungsherde (sekundäre Kambien) auftreten, von denen aus neues Holz und neues Rindengewebe zwischen die schon vorhandenen Gewebelemente 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,

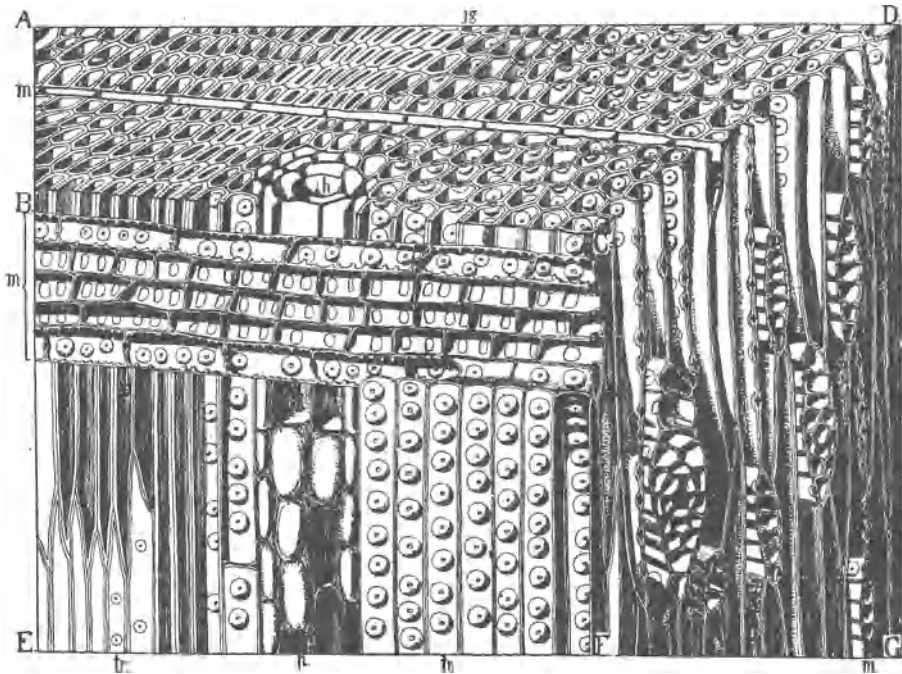


Abb. 153. Kiefernholz, stark vergrößert. **A B C D** Querschnitt. **B C F E** radialer Längsschnitt. **C D G F** tangentialer Längsschnitt des Holzkörpers. *m* Markstrahl, *tr* Tracheiden, *hg* Jahresringgrenze, *h* Harzgang, *p* Parenchymscheide des Harzanges.

zellen 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 (Abb. 151).

Bisweilen wird der Bau des Holzes in Sproß- und Wurzelknollen dadurch sekundär verändert,

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 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, in welcher er die Querschnittfläche schneidet, einen Radius der letzteren darstellt, wenn also die Schnittfläche die Längsachse des Organes 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 (Abb. 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 tangentialer Längsschnitt zeigt die Querschnitte der Markstrahlen als 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.

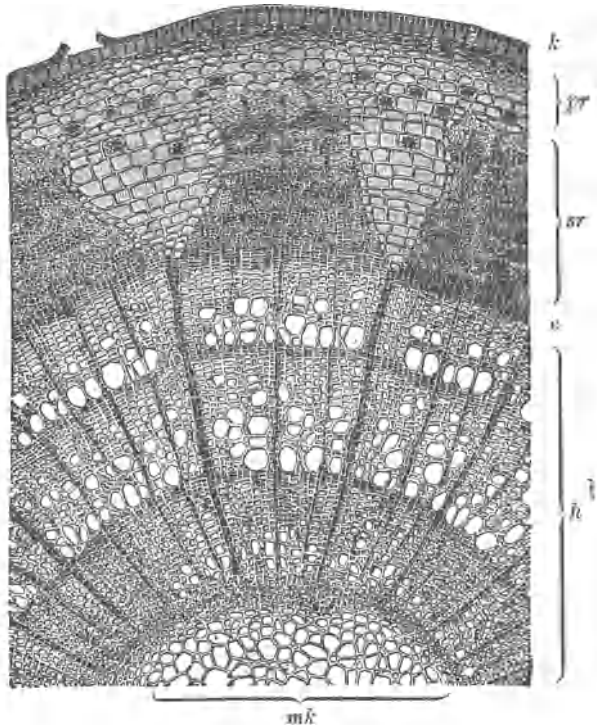


Abb. 154. Querschnitt eines dreijährigen Lindenzweiges (nach Kny), *mk* Mark, *pr* primäre Rinde, *c* Kambium, *h* sekundäre Holzkörper, *sr* sekundäre Rinde, *k* Korkschiebt.

Das Kiefernholz ist wie alle Nadelhölzer sehr einfach gebaut. Dasselbe besteht, abgesehen von den Harzgängen und den sie begleitenden Parenchymzellen, nur aus Tracheiden mit höfgetüpfelten 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 Abb. 153 stellt ein Stück Kiefernholz, mit den drei regelmäßigen Schnittflächen dar. Der Querschnitt **ABCD** 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 (*jj*) zwischen den aufeinanderfolgenden Jahresringen. Vereinzelt verlaufen Harzgänge (*h*) mit den zu ihnen gehörenden Parenchymzellen (*p*) durch das Holz. In der Abb. 153 ist ein Harzgang im Querschnitt gezeichnet.

Die gehöften Tüpfel befinden sich meistens auf den radialen Wänden der Tracheiden. Auf dem radialen Längsschnitt **BCFE** sehen wir also die Tüpfel von oben als Doppel-



kreise. Der innere Kreis wird von dem Eingang in den Tüpfelkanal gebildet, der äußere Kreis markiert den Umfang der hofartigen Erweiterung desselben.

Die Tracheiden (*tr*) sind sehr langgestreckt und an den Enden allmählich zugespitzt und zueinander eingeschoben. In der Abbildung 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

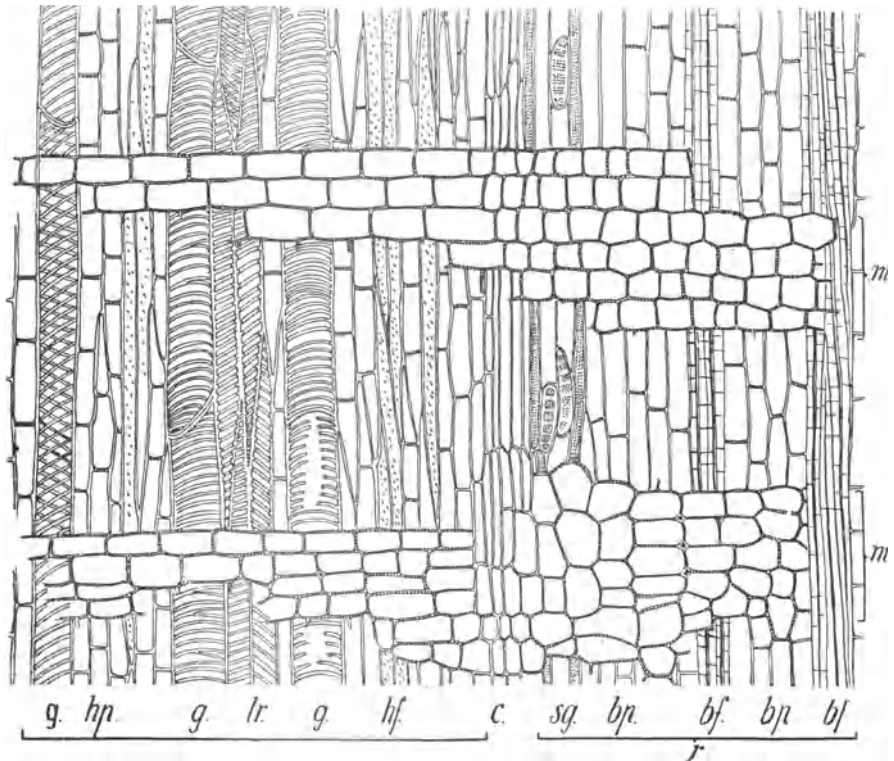


Abb. 155. Teil vom radialen Längsschnitt eines Lindenzweiges. *r* das Gewebe der sekundären Rinde, *sg* Siebröhren mit Geleitzellen, *bf* Bastfasern, *bp* Bastparenchym, *c* Kambium, *h* das Gewebe des Holzkörpers, *g* Gefäße, *tr* Tracheiden, *hf* Holzfasern, *hp* Holzparenchym, *m* Teil eines angeschnittenen Markstrahls.

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.

Der tangentielle Längsschnitt **CDGF** 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. Abb. 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 Kambiums ohne Übergang wieder mit der Ausbildung von Frühjahrsholz ein, so daß zwischen den einzelnen Jahresringen eine scharfe Grenze entsteht.

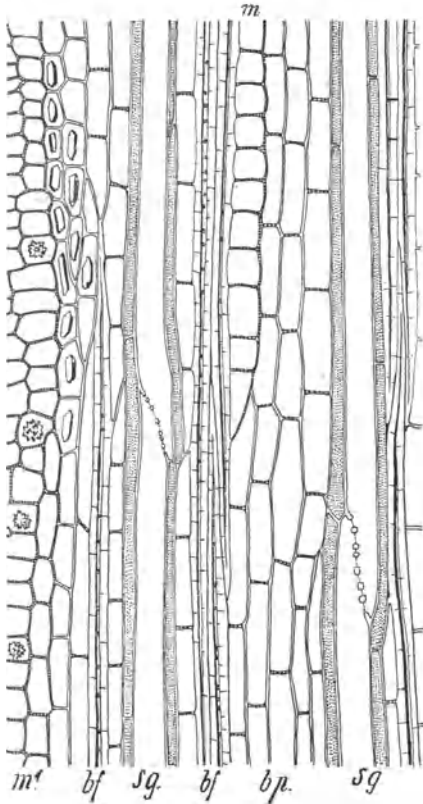


Abb. 156. Tangentialer Längsschnitt durch die Rinde eines Lindenzweiges. *sg* Siebröhren mit Geleitzellen, *bf* Bastfasern, *bp* Bastparenchym, *m* Querschnitte schwacher Markstrahlen, *m'* Teil eines verbreiterten primären Markstrahls.

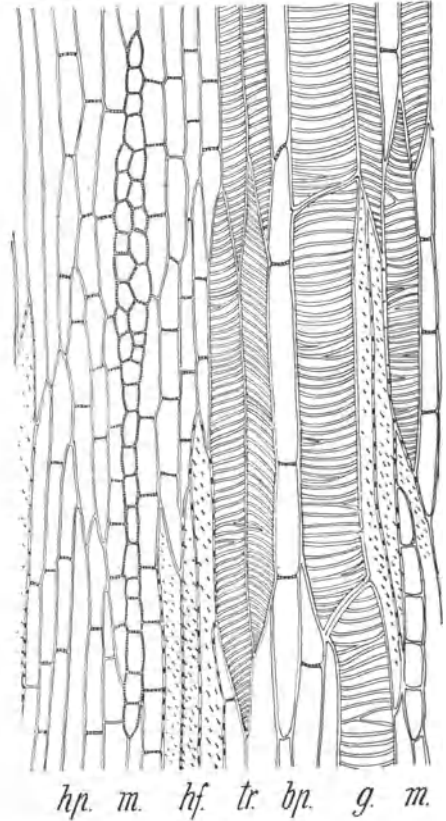


Abb. 157. Tangentialer Längsschnitt durch das Holz eines Lindenzweiges. *g* Gefäße, *tr* Tracheiden, *hf* Holzfasern, *hp* Holzparenchym, *m* Querschnitt eines Markstrahls.

an der Zartheit der Zellwände und der Regelmäßigkeit der Zellanordnung in seiner Nachbarschaft. Nach außen hin schließt sich an den Kambiumring 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 Bastfasern, 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

An der äußeren Grenze des Holzkörpers liegt der Kambiumring *c*, leicht erkennbar durch die Regelmäßigkeit der Zellanordnung in seiner Nachbarschaft. Nach außen hin schließt sich an den Kambiumring 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 Bastfasern, 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.

parenchymatischer Zellen gebildet wird. Sowohl in der primären Rinde als auch im Markstrahlenparenchym der sekundären Rinde liegen einzelne Kristallzellen mit morgensternförmigen Drusen von oxalsaurem Kalk.

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

Der radiale Längsschnitt, von dem in Abb. 155 ein Teil dargestellt ist, zeigt uns zunächst die Markstrahlen als mehr oder minder breite Parenchymbänder, die quer zu der

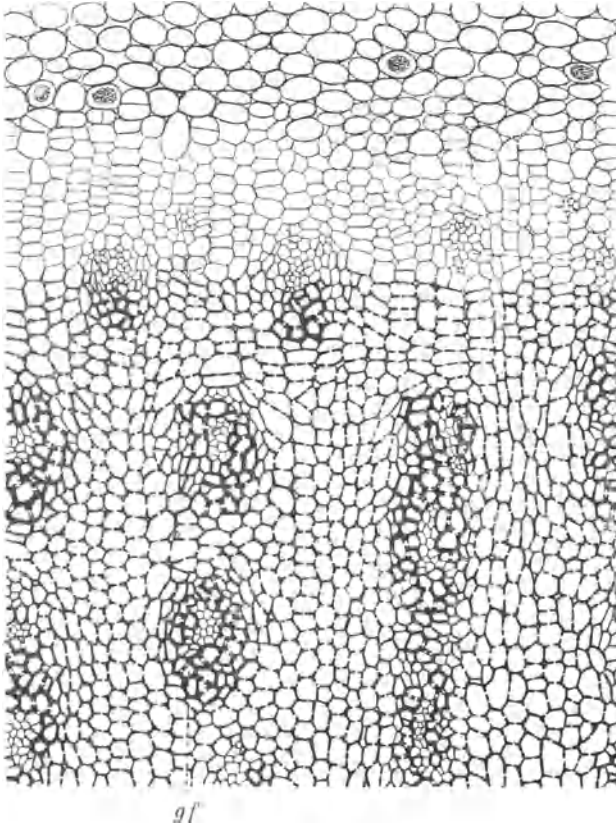


Abb. 158. Querschnitt durch den Stamm von *Dracaena*. *r* die Rinde mit einzelnen Raphidenzellen, *c* das Kambium, *gf* ein konzentrisches Leitbündel, *gf'* Leitbündelanlagen im Kambium (nach Kny).

folgedessen besitzen die Bastfaserstränge der Lindenrinde eine sehr hohe Festigkeit, worauf die technische Verwendbarkeit des Lindenbastes beruht.

Der tangentielle Längsschnitt des Lindenzweiges 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 (Abb. 156) enthält neben den Querschnittflächen der stark verbreiterten primären Markstrahlen 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.

Längsrichtung der übrigen Gewebelemente verlaufen. In dem Holz erkennt man leicht die meist ziemlich weiten Gefäße und die Tracheiden an den mit spiralgigen Verdickungsleisten versehenen und meist (besonders in den von Kambium 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 Holze enthalten nur die Markstrahlzellen und die Holzparenchymzellen einen lebenden Protoplasmgehalt, alle übrigen Elemente, die Gefäße, die Tracheiden und die Holzfasern sind mit Luft oder Wasser erfüllt. In der Rinde 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 Zellhohlraum verdickt, in-

Im Tangentialschnitt durch das Holz (Abb. 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.

Eine besondere Art sekundärer Veränderungen in der Zusammensetzung des Achsen- gewebes ist bei gewissen krautigen Dikotylen aus den Gruppen der Rosifloren und Myrti- floren beobachtet worden, bei denen das unter der Endodermis liegende Perikambium der Wurzel und unterirdischer Sprosse periodisch nach außen einige Schichten von Paren- chymzellen und eine neue Endodermis hervorbringt. Auf diese Weise entstehen um den Gefäßbündelzylinder mehrere Lagen, in denen Parenchymschichten mit Endodermen abwechseln. Man hat dieses neugebildete Gewebe als Polyderm bezeichnet.

## 6. Das Dickenwachstum der Monokotylen und Pteridophyten.

In der Abteilung der Monokotylen ist das sekundäre Dickenwachstum nicht so allgemein verbreitet als bei den Dikotylen; nur bei verhältnismäßig wenigen Formen, den baumartigen Lilia- ceen, wie z. B. *Dracaena*, werden aus- dauernde Stämme gebildet, die ihren Um- fang sekundär vergrößern. Der Dicken- zuwachs geht dabei von einem unterhalb der primären Rinde gelegenen Kambium- ring, einer Zone von meristematischen Zellen, aus (Abb. 158). In diesem ver- hältnismäßig breiten Gewebestreifen werden fortgesetzt Grundgewebezellen und vereinzelte neue Gefäßbündel ausgebildet. Der Querschnitt des sekundär erzeugten Gewebes zeigt also ebenso wie der Quer- schnitt des primären Monokotylenstam- mes eine große Anzahl von Leitbündeln, welche scheinbar 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 Kambiumring vorhanden, welcher aber hauptsächlich nur parenchymatisches Rindengewebe produziert. Bei *Botry- chium* findet sich in dem dünnen Stämm- chen zwischen dem Siebteil und dem Gefäßteil der Bündel ein Kambium, welches einen geringen Dickenzuwachs zustande bringt. Eine wirkliche Holz- bildung findet auch hier nicht statt. Die fossilen Überreste von den Gefäß- kryptogamen früherer Erdepochen lassen oft ein sehr mächtiges Dickenwachs- tum erkennen. Wir können also annehmen, daß das Dickenwachstum bei *Isoëtes* und *Botrychium* Überreste einer vormals allgemeiner verbreiteten Er- scheinung sind.

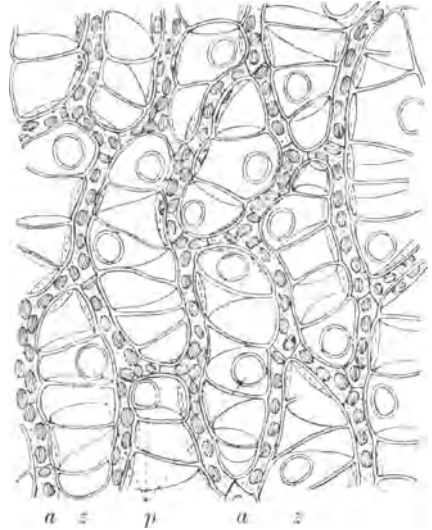
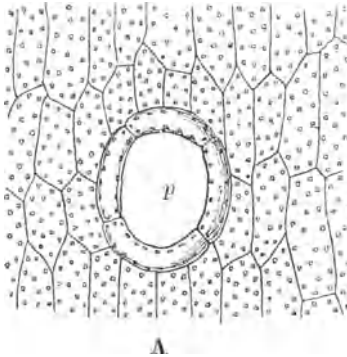


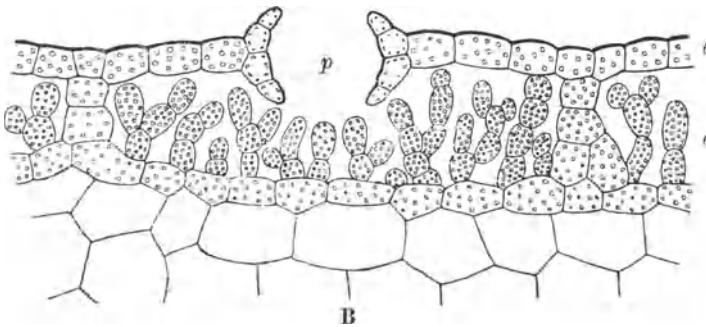
Abb. 159. Teil von der Blattfläche eines Torfmooses. Stark vergrößert. *a* die chlorophyllhaltigen Zellen, *z* die leeren Zellen mit spiralförmigen Verdickungsleisten an der Wand, *p* die Öffnungen, durch welche das Wasser eindringt.

### 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, 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 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



A



B

Abb. 160. **A** Stück der Oberfläche des thallosen Sprosses von *Marchantia*. **B** Querschnitt durch den thallosen Sproß. *p* Atemporus, *e* Epidermis, *a* Assimilationszellen.

als Pseudoparenchym. Einzelne Bildungen, wie die zähen, dickwandigen Fasern und die weitleumigen wasserführenden Schläuche in den Mycelsträngen des Hausschwampilzes, 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 Gewebekörper gleichfalls auf eine Verschmelzung verzweigter Fäden zurückführen. Andere Formen zeigen Übereinstimmung mit den Gefäßpflanzen, indem Scheitelzellen oder Meristeme mit fort-

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

Die Gewebebildung der Moose steht gleichfalls noch auf ziemlich niedriger Stufe. Die Stämmchen, soweit es sich um beblätterte Formen handelt, be-

stehen oft aus gleichmäßigen Parenchymzellen; bei einigen Laubmoosen ist eine derbere Rindenschicht und ein zentraler Strang dünnwandiger, langgestreckter 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 (Abb. 159). Diese porösen leeren Zellen, welche miteinander in Verbindung stehen, versorgen, indem sie kapillar 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. Ähnliche 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 (Abb. 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, die 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.<sup>1)</sup>

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

## I. 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 als das Endglied einer im Pflanzenkörper sich abspielenden komplizierten Reihe chemischer und physikalischer Vorgänge anzusehen, 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 Krafftformen 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, ihre Fähigkeit, sich zu bewegen, zu wachsen und sich zu teilen, ferner Anpassungserscheinungen, 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.

---

1) 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.

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 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 ihre Lebensäußerungen ganz verschiedene, oft geradezu entgegengesetzte Wirkungen aus.

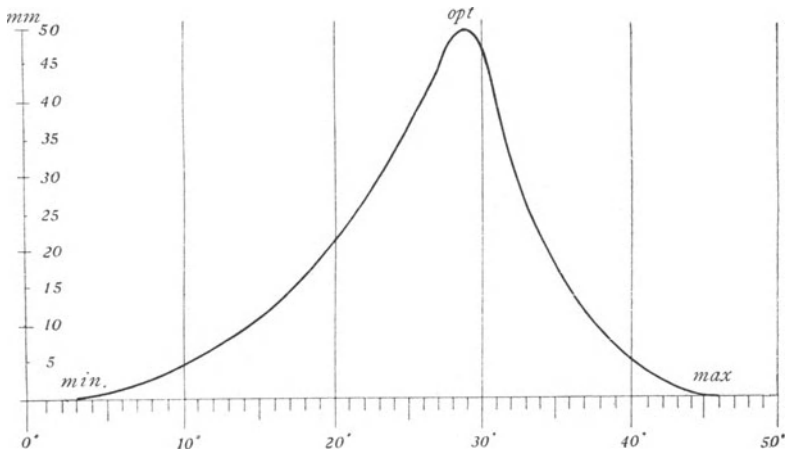


Abb. 161. Kurve, welche das Längenwachstum der Wurzel einer dikotylen Pflanze in gleichen Zeiträumen unter dem Einfluß verschieden hoher Temperatur darstellt.

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 sog. 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 Unterbrechung der Lebensäußerungen und endlich der Tod ein. Als Optimum bezeichnet man denjenigen mittleren Stärkegrad der äußeren Einflüsse, der für die Lebensvorgänge am zuträglichsten ist. Das Maximum endlich gibt diejenige Intensität der äußeren Einwirkung an, oberhalb welcher keine Lebensäußerung mehr wahrnehmbar ist.

Man pflegt die Einwirkung der äußeren Umstände auf die Lebenstätigkeit der Pflanze in einer auf rechtwinklige Koordinationen bezogenen Kurve darzustellen, für welche die Intensität der äußeren Lebensbedingungen die Abszissen, die Intensität der Lebensvorgänge in der Pflanze die Ordinaten liefern. In Abb. 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 haben 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, die imstande sind, 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 gedeihlichste 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. Gewisse Spaltpilze und Spaltalgen können noch bei Temperaturen von 70° und darüber Lebensäußerungen zeigen.

Gegen die Temperaturen, welche unterhalb des Minimums liegen, verhalten sich die einzelnen Pflanzen 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 Inneren 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 Interzellularräume 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 Interzellarräume 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.

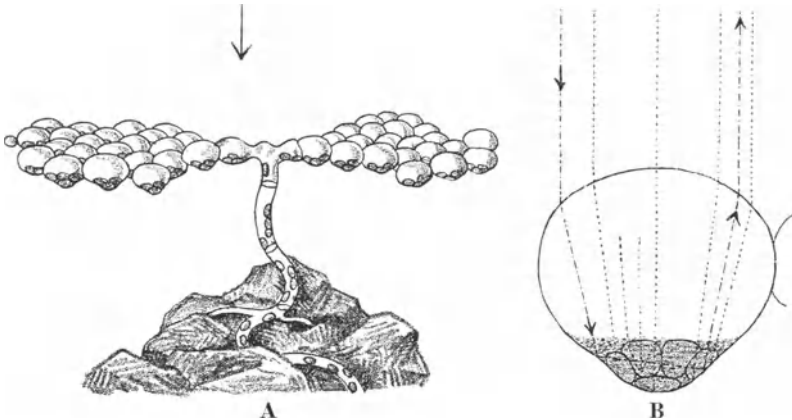


Abb. 162. **A** Vorkeim des Leuchtmooses *Schistostega osmundacea*. **B** Schema des Strahlengangs in einer einzelnen Vorkeimzelle. Die Pfeile deuten den Gang der Lichtstrahlen an (nach Noll).

**Das Licht.** Wie bei der Besprechung der Wärme können wir auch hier zunächst die Frage aufstellen, ob die Pflanzen in stande sind, eigenes Licht zu erzeugen. Im allgemeinen ist das nicht der Fall, nur bei einigen niederen Pflanzen, Bakterien und Pilzen, ist ein Selbstleuchten 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 Schlachtthiere 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 (Abb. 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 Wege zurück, so daß die Pflänzchen dem Auge des Beschauers in smaragdgrünem Glanze erscheinen.

Für das Lichtbedürfnis der Pflanzen gilt der allgemeine Satz, 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 ab-

normer 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 Etiolement. Die auffälligste Erscheinung an etiolierten Pflanzen ist das Ausbleiben der Chlorophyllbildung in den Zellen des Assimilationsgewebes, nur in wenigen Ausnahmefällen, z. B. bei Keimpflanzen der Nadelhölzer, bildet sich der grüne Farbstoff auch im Dunkeln 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 Kohlensäurezersetzung, 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.



Abb. 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).

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 hervorrufen kann.

Die nicht grün gefärbten Pflanzen, z. B. die Pilze, verhalten sich in Beziehung auf das Lichtbedürfnis verschieden. Während einige bei dauerndem 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

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 mit Chlorophyll versehenen Gewächse 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

in den von der Sonne beschienenen Teilen getötet. Nur in den beschatteten Teilen des Nährbodens entwickeln sich die Spaltpilze zu makroskopisch erkennbaren Kolonien (Abb. 163).

Neben der Intensität ist auch die Richtung der Lichtstrahlen von Bedeutung. Wenn 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 Phototropismus. Da hierbei die Art der Lichteinwirkung nur den Anstoß zu der Lebensäußerung gibt, die dadurch ausgelöste Reihe von Lebensvorgängen, welche die phototropische Bewegung bewirken, aber nicht als direkte Fortwirkung des Lichteinflusses angesehen werden kann, so gehört der Phototropismus 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 imstande, auch einem verhältnismäßig trockenen Erdboden mit ihren Wurzeln die nötige Wassermenge zu entziehen. Manche Arten sind mit Einrichtungen versehen, die 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 (Kohlendioxyd) 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 die Lebenstätigkeit der Pflanzen ungünstig beeinflussen.

Pflanzen, die einen verhältnismäßig hohen Salzgehalt des Bodenwassers ohne Schaden ertragen, wie die Gewächse am Meeresstrande 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 Riesenwuchs 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

gärungserregende 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 Verschlemmung 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. 20 (Abb. 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%. 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 ihre lösliche Körpersubstanz zur eigenen Ernährung zu verwenden. Wir werden im folgenden zunächst die Ernährungsverhältnisse der chlorophyllhaltigen 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.

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:



Abb. 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.

## Das vegetative Leben

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 (Abb. 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 die Lösung ab und an erneuert wird und daß von Zeit zu Zeit ein Luftstrom durch die Nährlösung geleitet wird, damit es den sich reichlich entwickelnden Wurzeln nicht an Atemluft fehlt.

**Aufnahme der Nährstoffe.** Der Körper der Landpflanzen ist, wie wir früher gesehen haben, überall mit einer Hautschicht umgeben, die 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

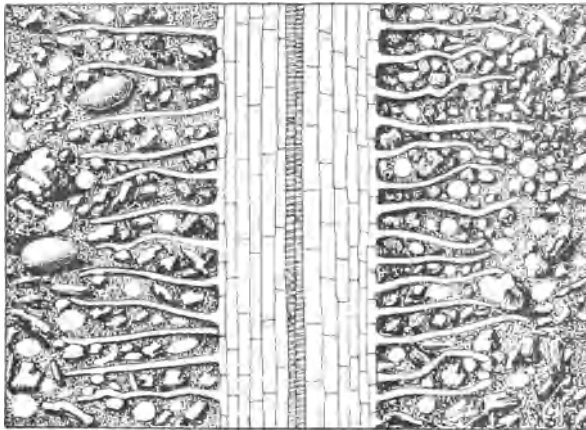


Abb. 165. Längsschnitt einer Wurzel mit Wurzelhaaren im Erdreich. (Vergrößert.)

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 (Abb.165).

An den jüngsten Teilen vieler Wurzeln wachsen die Oberflächenzellen zu Wurzelhaaren aus, diese schieben sich bei ihrem Wachstum zwischen die kleinsten 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 Oberflächenzellen der Wurzelspitze wie auch

die Wurzelhaare 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 Abb. 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 vermittelst eines aus Wachs und Kolophonium zusammengesmolzenen Kittes luftdicht verkittet. Der Wasserspiegel in der graduierten Röhre wird mit einer Ölschicht 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 Überfluß 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 zusetzender Menge enthalten sind und künstlichen Dünger wie Chilesalpeter, Kalkstickstoff für Stickstoff; Guano für Stickstoff und Phosphor; Superphosphat, Thomasschlackenmehl, 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.



Abb. 166. Apparat (nach Pfeffer) zur Messung der von der Wurzel einer Pflanze aufgenommenen Wassermenge.



Als Öffnungen für den Eintritt des Kohlendioxyds 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 Intercellularräume grenzenden Zellen des Assimilationsgewebes entnehmen das Kohlendioxyd direkt aus der Luft der Intercellularen, und durch die Spaltöffnungen hindurch findet fortgesetzt ein Ausgleich des Kohlendioxydgehaltes der inneren und äußeren Luft statt.

Die atmosphärische Luft enthält nur etwa 0,03 % Kohlendioxyd. Eine künstliche Steigerung ihres Kohlendioxydgehaltes vermehrt den Ertrag der Assimilation. In kohlendioxydfreier Luft findet keine Assimilation 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 Saugwurzeln (Haustorien) mit den normalen Wurzeln benachbarter Pflanzen verwachsen und sich die von diesen gewonnenen Nahrungssäfte aneignen. Die einheimischen Gattungen Wachtelweizen, Klappertopf und Augentrost in der Familie der Braunwurzgewächse 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 Überbinden 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

Waage 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 (Abb. 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 Gewichtsabnahme 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 (Abb. 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. 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.

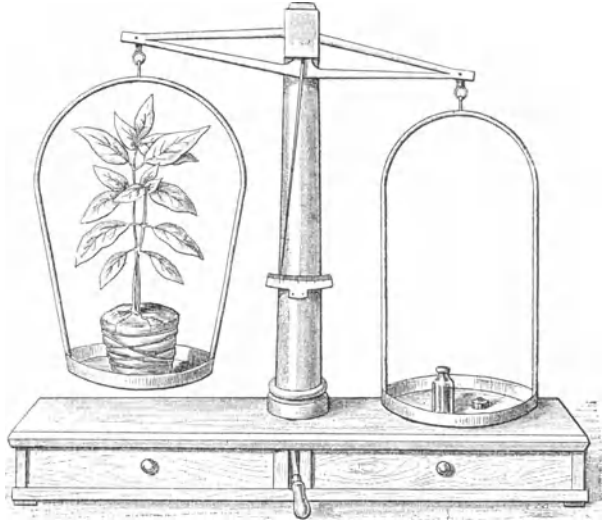


Abb. 167. Versuch zur Bestimmung der von einer Pflanze in einer gewissen Zeit verdunsteten Wassermenge.

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 Änderung 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.

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 Stammsukkulenten, 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 kennengelernt. Auch die Verlagerung der Spaltöffnungen in tiefe Gruben und die Beschränkung ihrer Zahl und Größe dienen zur Herabminderung der verdunsteten Wassermenge.

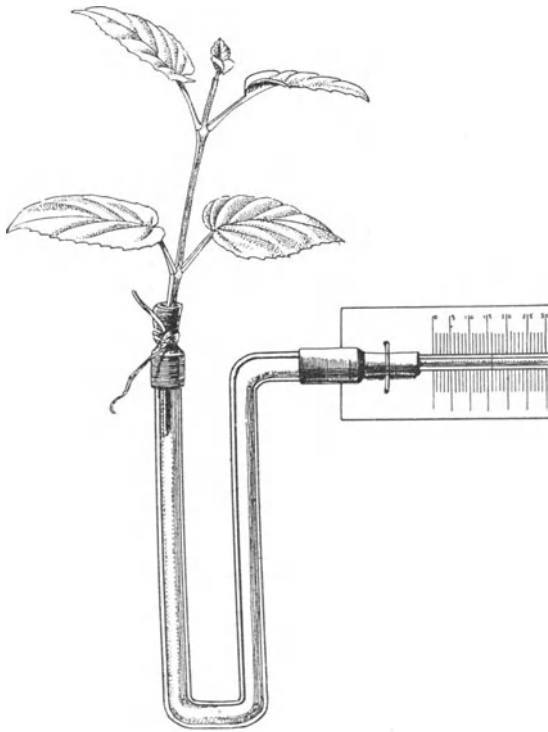


Abb. 168. Potometer.

Die Erfahrung, daß in kühlen 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 werden an zarteren Stellen der Oberhaut aus der mit Wasser durchtränkten Zellwand Tropfen 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 Blattsähen 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 Erscheinung 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 ungleichschen-

ligen 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 (Abb. 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 Blattzähnen Wasser hervortreten zu lassen.

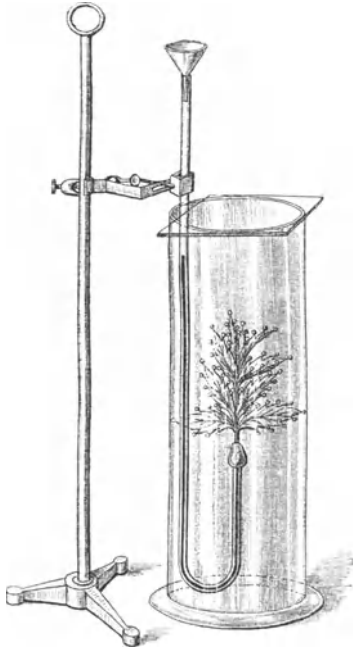


Abb. 169. Apparat zum Nachweis der Tatsache, daß durch Druckkräfte Wasser durch den Sproß und in Tropfenform aus den Blättern hervorgepreßt werden kann.

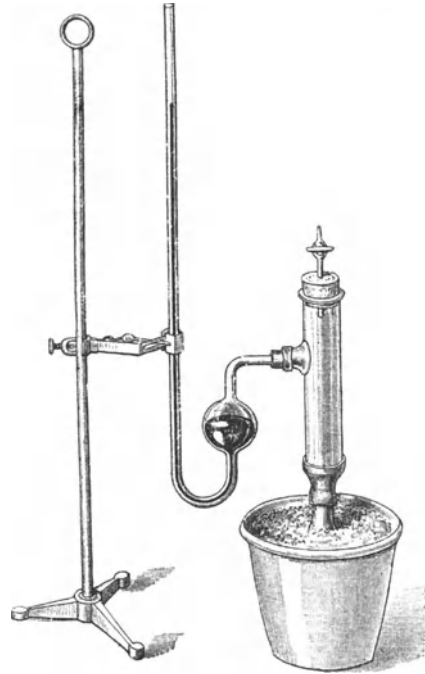


Abb. 170. Apparat (nach Pfeffer) zur Bestimmung des Wurzeldruckes.

Um von der Größe des Wurzeldruckes eine Vorstellung zu gewinnen, schneiden wir von einer gut bewurzelten Topfpflanze den Sproß ab und fügen an den Stumpf wasserdicht ein weites Glasrohr an, welches an der Seite ein Ansatzrohr besitzt (Abb. 170). An das Ansatzrohr wird eine ungleichschenklige U-Röhre, deren kurzer Schenkel nochmals rechtwinkelig gebogen und zwischen den Biegungsstellen kuglig aufgeblasen ist, wasserdicht befestigt. Das obere Ende der weiten Glasröhre wird mit einem gutschließenden Gummistopfen verschlossen, in dem 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, die 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 übersteigt der Wurzeldruck den Atmosphärendruck, in anderen ist er sehr viel geringer. 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 den Wurzeln 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 Hales (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 (Abb. 171). Die bloßgelegte Oberfläche



Abb. 171. Geringelter Zweig des Hollunder  
(nach Oels).

des Holzes wird durch Überbinden mit Guttaperchapapier gegen Verdunstung geschützt. Falls nun nicht das Holz, sondern die Rinde den Weg für den aufsteigenden Wasserstrom bildete, müßten die über der Ringlungsstelle 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 Hauptachse 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.

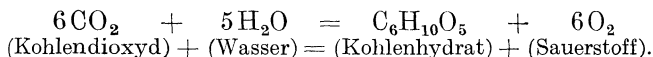
Die Geschwindigkeit, mit welcher der Wasserstrom in dem Holz der Gefäßpflanzen vorrückt, hängt von der Intensität der Transpiration ab. An stark transpirierenden Pflanzen findet man, daß der Weg, den ein Wasserteilchen in einer Stunde zurücklegt, bis zu 100 und mehr Zentimeter betragen kann.

Man benützt zum Nachweis dieser Tatsache eine 1—2prozentige Lithiumlösung, mit welcher man die Versuchspflanze begießt. 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 Kohle-

hydrate 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 Zylinder wird ein am Tubus mit Glashahn versehener Glastrichter mit der Trichteröffnung nach unten eingesetzt und bei geöffnetem Hahn so weit in das Wasser versenkt, 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 Zylinders in seiner Lage befestigt (Abb. 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.

Daß die Assimilation nur unter der Einwirkung des Lichtes erfolgt, zeigt der folgende Versuch. Auf ein abgeschnittenes Blatt einer Tabakpflanze, welche einige Tage vorher

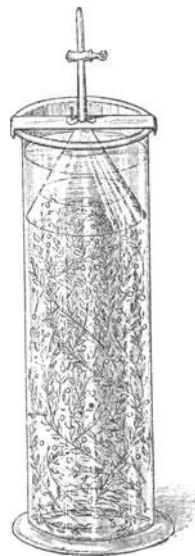


Abb. 172. Apparat (nach Pfeffer) zum Nachweis der Sauerstoffausscheidung bei der Assimilation.



Abb. 173. Stärkebildung in einem teilweise verdunkelten Tabakblatt. Es ist nur die eine Hälfte des Blattes gezeichnet.

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 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 es 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 (Abb. 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 steigt und fällt mit der Lichtstärke.

Um diese Tatsache festzustellen, befestigen wir mit Hilfe eines Glasstabes einen abgeschnittenen Sproß von *Elodea* umgekehrt in einem mit frischem Wasser gefüllten Glaszylinder (Abb. 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.



Abb. 174. Apparat (nach Pfeffer) zur Messung der relativen Assimilationsintensität durch Zählung der Sauerstoffblasen.

Untersuchungen über den Einfluß des einfarbigen Lichtes auf die Assimilationsgröße bei gleichbleibender Lichtintensität haben 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. Als bald sehen wir unter dem Mikroskop in jedem der gebleichten Chlorophyllkörper die Stärke als tiefblaue Körnchen hervortreten (Abb. 175).

Die in den Chlorophyllkörpern gebildeten Stärkekörner verschwinden allmählich, wenn die Assimilation unterbrochen wird, die Stärke wird zu den Stätten des Verbrauches oder in die Reservestoffbehälter fortgeführt.

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 Abb. 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 das Kohlendioxyd absorbiert, die von außen zuströmende Luft wird bei dem Passieren der Kalilauge in dem mit Bimsstein gefüllten Zylinder gleichfalls ihres Kohlendioxyds 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 des Kohlendioxyds 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.

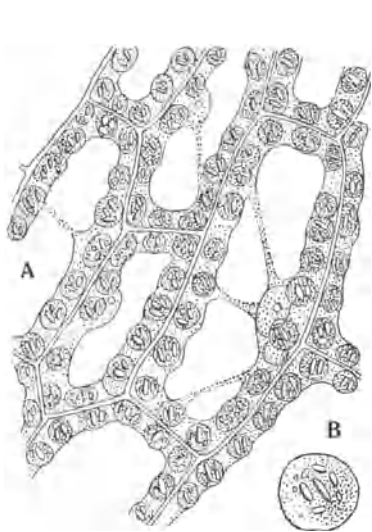


Abb. 175. Entstehung der Stärke in den Chlorophyllkörpern eines Moosblattes.

- A Einige Zellen des Blattes von *Mnium* mit zahlreichen Chlorophyllkörpern, welche Stärkeeinschlüsse enthalten.  
 B Ein einzelnes Chlorophyllkorn stärker vergrößert (nach Sachs).



Abb. 176. Apparat (nach Pfeffer) zur Kultur einer Pflanze in kohlendioxydfreier Luft.

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 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 Kambiumgewebe 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 Speicher- gewebe der Sprosse und Wurzeln oder in den reifenden Früchten oder Samen statt. Die Sekretion organischer Substanzen endlich geht entweder an der Ober- fläche des Pflanzenkörpers in Nektarien, an Drüsenflecken, Drüsenhaaren, Leimzotten, Schleimhaaren vor sich, oder sie vollzieht sich im Innern der Ge- webe, indem einzelne Zellen, Zellverbände oder Intercellularräume zu Sekret- behältern werden.

Da nun die Stellen des Verbrauches, der Lagerung und der Sekretion ent- fernt von den Entstehungsorten der organischen Substanzen im Pflanzen- körper 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 Chlorophyll- körpern 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 Ein- wirkung eines im Pflanzenkörper gebildeten Fermentes, welches man als Dia- stase bezeichnet, wird die Stärke in eine im Wasser lösliche Zuckerart überge- führt, welche die Zellmembranen und das Protoplasma auf osmotischem Wege zu durchwandern vermag.

Von den assimilierenden Zellen der Blätter aus gelangt die Stärke in die Lei- tungsbahnen der Blattnerven und von dort in die den Leitbündelzylinder des Sprosses begrenzenden Parenchymzellen des Grundgewebes, durch welche sie bis zu den Stellen des Verbrauches oder der Lagerung vordringt. In den Stäm- men mit sekundärer Holzbildung wandern die Kohlehydrate 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 wasserlös- lichen Kohlehydrate werden gleichfalls vor der Wanderung durch ein Ferment in Zucker umgewandelt. Die Fette werden in der Regel zum Zweck der Wan- derung in wasserlösliche Kohlehydrate umgesetzt.

Über 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 durch- brochene Querwände ihrem Vordringen kein Hindernis entgegenstellen. Um aber direkt zu den Stellen des Verbrauchs zu gelangen, müssen die Eiweiß- körper auch durch geschlossene Zellwände wandern. Der Durchtritt durch die Membran wird dann durch eine vorübergehende Zerspaltung der Eiweißsub- stanzen 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 Re- servestoffe abgelagert zu werden, findet im Beginn der neuen Vegetations-

periode die Wanderung in umgekehrter Richtung zu den sich entwickelnden oberirdischen Sprossen statt. Ebenso müssen die im Sommer von den Blättern an den Stamm abgegebenen Baustoffe im nächsten Frühjahr aus dem Stamm in die Achselknospen transportiert werden.

**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 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 während der ganzen Lebenszeit die Fähigkeit, organische Stoffe aufzunehmen und als Nahrung zu verwerten. Dahin gehören vor allen Dingen die Pilze, welche kein Chlorophyll besitzen und deshalb keine Kohlehydrate aus Kohlendioxyd und Wasser aufbauen können.

Einige wenige Spaltpilze haben die Befähigung, 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 Chlorophyllapparat allein zur Ernährung der Pflanze nicht hinreicht. Als Beispiele können unter den einheimischen Gewächsen die Würger und die Seidearten genannt werden, ferner der Fichtenspargel und die Schuppenwurz 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 Sonnentau, Fettkraut und Wasserhalm und 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, als Nahrungsquelle 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 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 hinein 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 chlorophyllosen Pflanzen können diese Stoffe nicht entbehren.

Die Bakterien und manche Pilze nehmen die Nährstoffe mit ihrer gesamten Körperoberfläche aus der 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 Abb. 177 ist ein Stück von dem Vegetationskörper eines parasitischen Pilzes gezeichnet, welches Haustorien in die Zellen der Wirtspflanze hineinsendet, und Abb. 31 zeigt ein Stück von dem Wurzelsystem des phanerogamen Parasiten *Viscum*, welches an den horizontal im Zweig des bewohnten Baumes hinziehenden 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.

Die Organe der Insektivoren, welche zum Fangen der Tiere und zur Aufnahme der organischen Nahrung dienen, sind eigenartig umgebildete Blätter oder Blattteile. 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 Utricularien (Abb. 178) sind nach Bau und Wirkungsweise bereits auf S. 143 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 eingeschlürft 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 Abb. 70 b und c abgebildeten Kannen der *Nepenthes* und der *Sarracenien* 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 Kannenwand ausgeschiedene Flüssigkeit, in welcher die Tiere umkommen und verdaut werden. Ähnlich sind die Verhältnisse bei *Darlingtonia*, *Cephalothus* und anderen mehr.

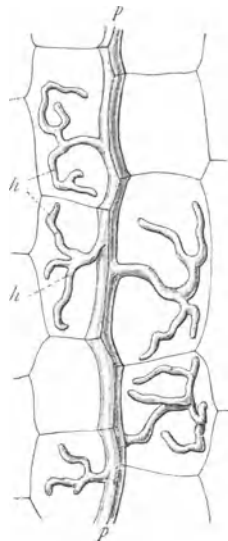


Abb. 177. Einige Zellen aus dem Sproß von *Asperula odorata*. In dem Intercellularraum verläuft ein Pilzfaden *p—p* eines parasitischen Pilzes, *Peronospora calotheca*, welcher verzweigte Haustorien *h* in die Zellen der Wirtspflanze hineinsendet (nach Zopf).

Durch ausgeschiedene Klebstoffe fangen 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 hergekrümmt sind (Abb. 179A). Der letztere wird dadurch gänzlich von dem Sekret der Drüsen eingehüllt und von dem darin enthaltenen 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.

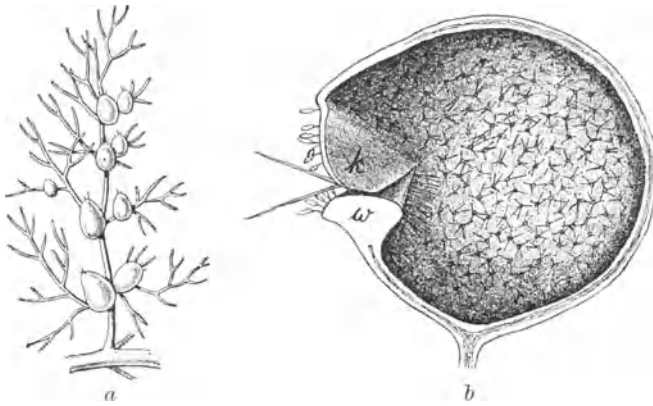


Abb. 178. a Blattstück des Wasserhelm, Utricularia mit Blasen, b halbierte Blase vergrößert (nach Goebel), k die Klappe der Blasenmündung, w das Widerlager derselben.

Die bekannteste unter ihnen ist die Venusfliegenfalle, *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 Blatttrand einnehmen, verhindern ein Entrinnen des Insekts auch schon, bevor die Reizkrümmung der Blattflächen bis zur gänzlichen Berührung fortgeschritten ist (Abb. 179B und C). Ähnliche 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 Myzel 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 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

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.

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.

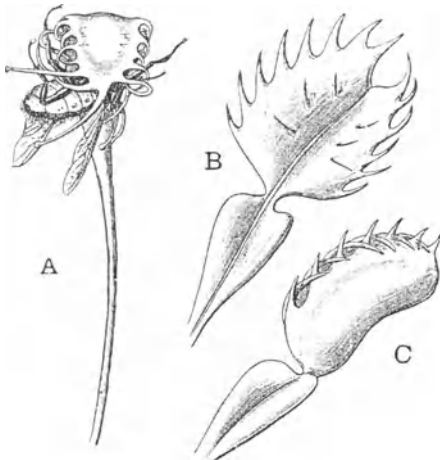


Abb. 179. **A** Blatt von *Drosera longifolia*, welches eine große Fliege gefangen hat (nach Goebel). **B** Blatt von *Dionaea muscipula* im ungereizten Zustande. **C** Blatt von *Dionaea*, welches ein Tier gefangen hat.

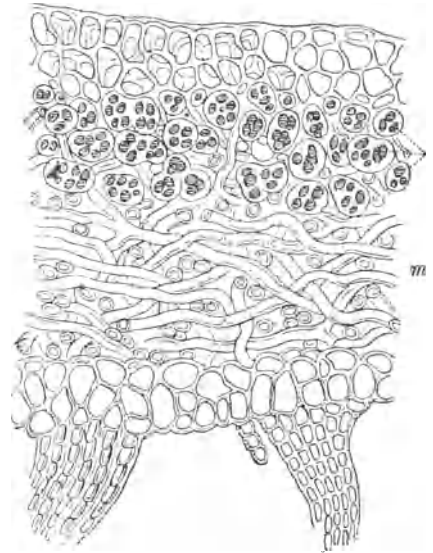


Abb. 180. Querschnitt durch einen Flechtenthallus (nach Sachs). *g* die Algenzellen, *m* die Pilzfäden.

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 (Abb. 180). 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 sie 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 Verwandtschaftsformen. Die äußersten Spitzen der Wurzel der meisten Waldbäume z. B. sind in humosem Boden immer mit einer dichten Hülle von Pilzfäden umschlossen, welche das Wachstum der Wurzel eigentümlich beeinflusst; 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 Pilzen vergesellschafteten Wurzelbildungen als Mycorrhiza und unterscheidet, je nachdem der Pilz wie bei *Fagus* (Abb. 181A und B) die Wurzeln äußerlich umhüllt oder wie bei *Calluna* (Abb. 181C) 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 vor-

handenen Eiweißverbindungen befähigten Pilze den Bäumen eine neue Stickstoffquelle erschließen. Die Keimpflanzen der Orchideen, in deren winzigen Samen keine organischen

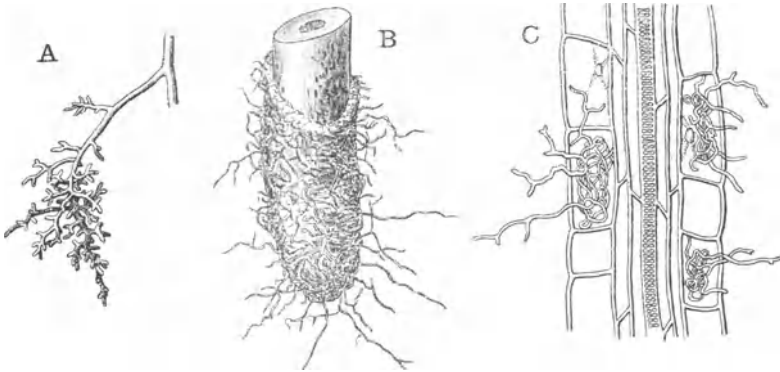


Abb. 181. Mycorrhiza (nach Pfeffer). **A** Ein Teil des von Pilzfäden umspinnenen Wurzelsystems der Buche. **B** Eine Wurzelspitze mit ektotropher Mycorrhiza. Oben ist der Pilzmantel teilweise entfernt worden. **C** Längsschnitt einer Wurzel von *Calluna vulgaris* mit endotropher Mycorrhiza.

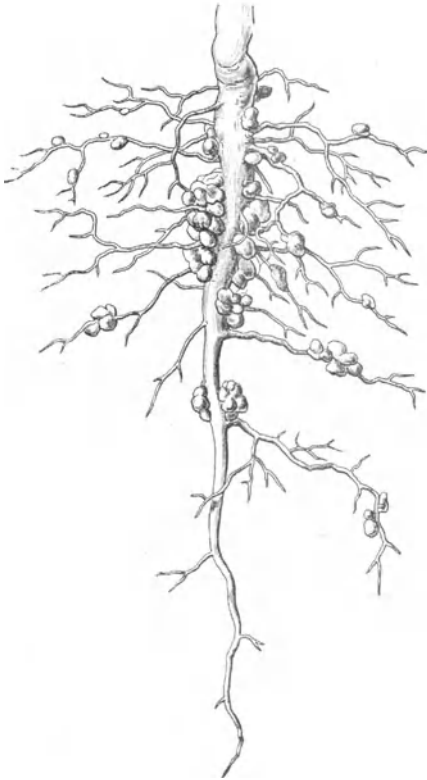


Abb. 182. Wurzelsystem von *Lupinus luteus* m. zahlreichen Wurzelknöllchen (n. Pfeffer).

Nährstoffe gespeichert sind, die chlorophyllfreien Humusbewohner, wie *Neottia nidus avis*, *Epipogon Gmelini*, *Corallorrhiza innata*, die Vorkeime 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 vereinzelt Ausnahmen an ihren Wurzeln zahlreiche knollige Auftreibungen, sogenannte Wurzelknöllchen, in deren Innerem 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 zunächst 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 Erbsen, Bohnen, Wicken, Klee, Luzerne usw. 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 Gründung ver-

wendet, ersparen die Leguminosen dem Landmann beträchtliche Mengen teurer künstlicher Düngstoffe 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 das Tier als Nährstoffe verwendet.

### 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 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.

**Die Imbibition.** Als Imbibition bezeichnet man ganz allgemein die Durchtränkung eines festen Körpers mit einer Flüssigkeit. Bei unorganischen Körpern erfolgt die Imbibition hauptsächlich infolge der Kapillarwirkung 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, die 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, die 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 Micelle 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 Substanzteilchen bis zu einer bestimmten Entfernung, die 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 Überwindung größter Widerstände geeignete Arbeitsleistung darstellt. Quellende Samen vermögen schwere Steine emporzuheben, durch quellende Holzkeile können Felsen auseinandergesprengt werden. Diese Beispiele zeigen ohne weiteres, daß durch die Imbibition eine beträchtliche Menge lebendiger Kraft verwendbar gemacht werden kann. Die organischen Substanzen, wie Zellwände, Stärkekörner usw. sind nach der von Nägeli aufgestellten Micellarhypothese also Kolloide im Gelzustande. Aus Quellungs- und optischen Erscheinungen schloß Nägeli, daß die Micelle anisodiametrisch, doppelbrechend und krystallinisch sein müssen. Auch diese Annahmen stehen mit der Kolloidlehre in ihrer heutigen Entwicklung nicht im Widerspruch.

**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 auf der Umgebung die geschlossene Membran durchwandert hat. Diesen Vorgang bezeichnet man als Osmose oder Diosmose, er erscheint als Ausdruck der Anziehungskraft zwischen zwei Substanzen, die sich durch eine imbibitierte 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 doppelseitig 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* (Abb. 183) wird an seinem unteren Ende mit einer osmotisch wirksamen Membran, etwa mit einem Stück Schweinsblase, fest überbunden und sodann von oben her eine

konzentrierte Rohrzuckerlösung in dasselbe gegossen, so daß auch der angrenzende Schenkel des Manometerrohres bis zur Oberfläche des Quecksilbers davon erfüllt wird. Nachdem das weite Rohr oben wieder dicht verschlossen worden ist, taucht man es 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 wässerigen Lösung verschiedener Salze, Säuren, Zucker, Farbstoffe usw., erfüllt ist.

Die Wand der Blase wird gebildet von der imbibierten 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 Kirschsaft 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.

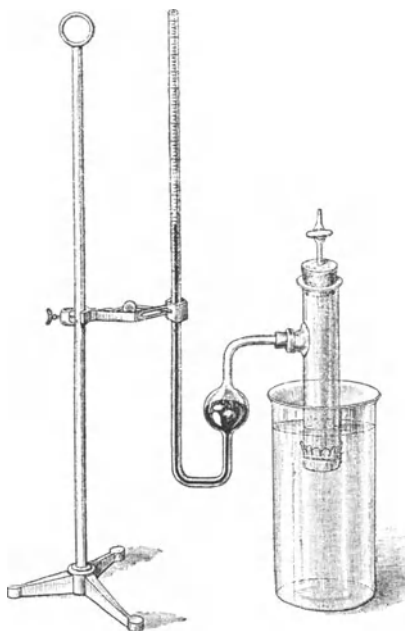


Abb. 183. Apparat zum Nachweis der durch Osmose erzeugten Druckwirkung.

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 sie im Nährboden vorhanden sind.

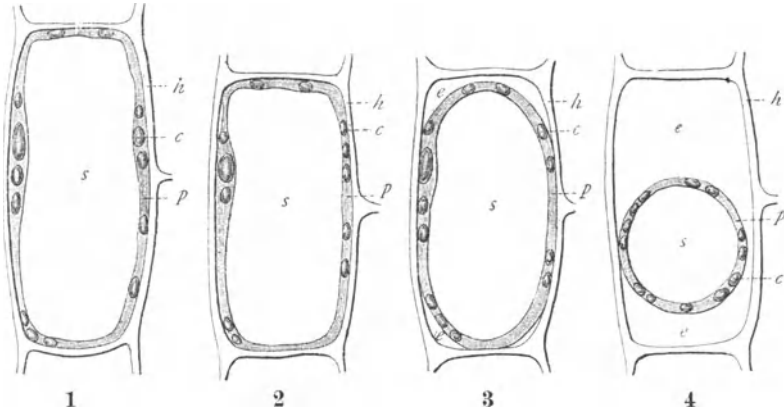


Abb. 184. Parenchymzelle aus der Rinde des Blütenstiels von *Cephalaria leucantha* im optischen Längsschnitt. *h* Zellhaut, *p* Protoplasma, *c* Chlorophyllkörper, *s* Zellsaft. In **1** ist die Zelle turgescent, in **2** ist durch Einwirken einer vierprozentigen Salpeterlösung der Turgordruck bis zur 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).

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 Gegendruck eine weitere Wasseraufnahme. Der Saftdruck, d. i. die Spannung zwischen Zellwand und Zellinhalt wird als **Turgor** oder Turgeszenz 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 turgeszente 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 (Abb. 184). Ersetzt man das wasserentziehende Mittel rechtzeitig 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 Saftdruck im Innern der Zellen häufig die Höhe von drei bis fünf Atmosphären erreicht und in einzelnen Fällen selbst über 20 Atmosphären hinaus steigt.

**Die Atmung.** Nicht alle durch den Ernährungsprozeß 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 Lebens-tätigkeit der Zelle gewonnen werden. Äußerlich macht sich dieser Vorgang in einer Aufnahme von Sauerstoff und in einer Abgabe von Kohlendioxyd durch die Pflanze bemerkbar, man bezeichnet den Vorgang als Atmung.

Wir können den Sauerstoffverbrauch atmender Pflanzen durch ein einfaches von Sachs angegebene 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 (Abb. 185). Wir schließen die Öffnung des Zylinders durch eine aufgelegte Glasplatte und lassen den Apparat etwa 24 Stunden unberührt stehen. Nach Verlauf dieser Zeit ist der Sauerstoff des im Zylinder abgeschlossenen Luftquantums verbraucht, ein brennendes Licht, welches wir mittelst einer Drahtstange in den Zylinder 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 Zylinder 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 Abb. 186 veranschaulicht wird.

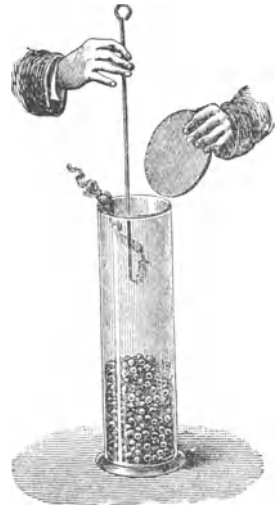


Abb. 185. Versuch zum Nachweis des Sauerstoffverbrauchs durch atmende Pflanzen (nach Öls).

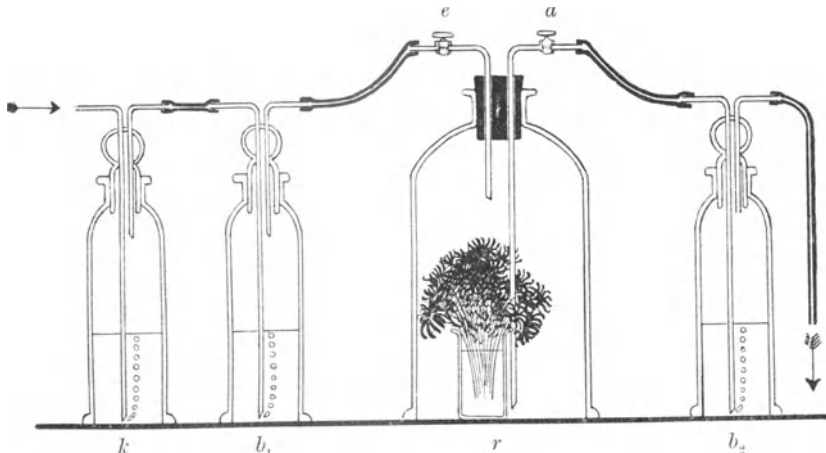
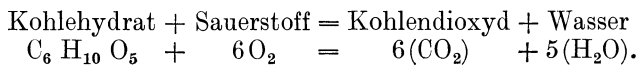


Abb. 186. Apparat nach Sachs zum Nachweis der Kohlensäureausscheidung. Die von links her eintretende Luft wird in dem Gefäß *k*, welches Bimssteinstücke mit Kalilauge enthält, kohlendioxydfrei gemacht und strömt durch das in *b<sub>1</sub>* enthaltene Barytwasser, ohne es zu trüben, in den Rezipienten *r*. Dort befinden sich lebende Keimpflanzen, welche Kohlendioxyd ausscheiden. Die von dort durch das Rohr *a* kommende Luft trübt daher das Barytwasser in *b<sub>2</sub>*.

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 Öffnung 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 ihm vorhandene Flüssigkeit ist Kalilauge, welche der durchströmenden Luft das Kohlendioxyd entreißt. 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 Wasserstrahlluftpumpe, 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 Öffnung 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 kohlendioxydhaltig 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 Kohlendioxyd entfärbt.

Bei der Atmung der meisten Blütenpflanzen ist das Volumen des aufgenommenen Sauerstoffes gleich dem Volumen des abgeschiedenen Kohlendioxyd. Das veratmete Material ist Stärke oder Zucker, aus denen unter Hinzutritt von Sauerstoff Kohlendioxyd und Wasser entsteht:



Fettreiche Samen nehmen bei der Keimung viel mehr Sauerstoff auf als Kohlendioxyd ausgeatmet wird, weil in ihnen bei der Umwandlung der sauerstoffarmen Fette in Kohlehydrate Sauerstoff gebunden wird. Bei sukkulenten Pflanzen bleibt die Menge des ausgeschiedenen Kohlendioxyd hinter dem Volumen des eingeatmeten Sauerstoffes 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 Kohlendioxyd nicht augenblicklich auf, sondern sie dauert bisweilen noch mehrere Stunden lang fort. Die Zerlegung der organischen Substanzen in den Zellen, welche zu der Kohlendioxydbildung führt, findet also auch unabhängig von der Einwirkung des äußeren Sauerstoffes statt. Der dabei zu der Kohlendioxydbildung nötige Sauerstoff stammt aus dem Molekularverbande des Pflanzenkörpers. Dieser Vorgang, welcher demnach auf einer molekularen Änderung 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 Kohlendioxyd aufgenommen und Sauerstoff abgegeben wird; es wird also die Summe der im Pflanzenkörper vorhandenen Spannkräfte erhöht: bei der Atmung dagegen werden organische Verbindungen unter Sauerstoffzufuhr verbrannt und Kohlendioxyd 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 Kohlendioxyd überwiegt bedeutend die Menge, welche durch die Atmung von derselben Pflanze abgegeben wird. Die Folge davon ist, daß während der Assimilation die Ausatmung von Kohlendioxyd 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 Überschuß 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 ihn mit einer tubulierten Glasglocke, durch deren Tubulus ein genaues Thermometer so weit eingeschoben ist, daß die Quecksilberkugel sich zwischen den Erbsen oder Getreidekörnern befindet (Abb. 187). 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 besetzten Apparat eine um einige Grade 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 Kolben der aufblühenden Infloreszenzen 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 ohne allgemeine Bedeutung zu betrachten.

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 (Abb. 188), in einen nicht zu hohen Glaszylinder mit luftdicht schließendem Stopfen etwas Pyrogallussäure, durch welche dem darüber

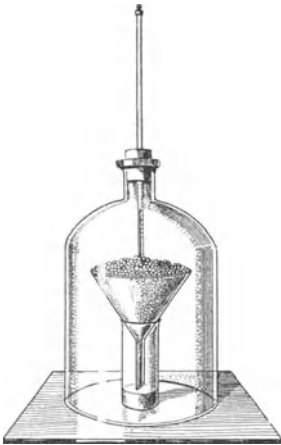


Abb. 187. Apparat zum Nachweis der Wärmeerzeugung bei der Atmung.

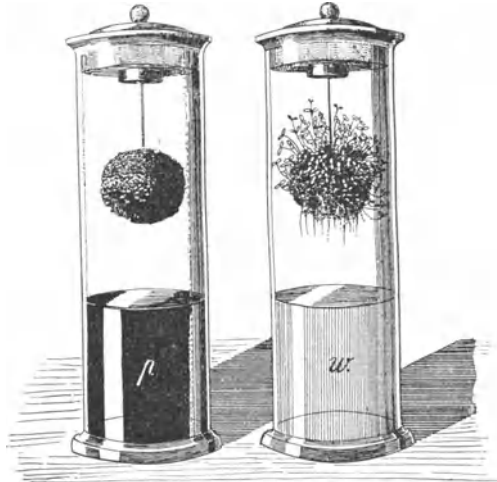


Abb. 188. Apparat zum Nachweis der Tatsache, daß Samen nicht keimen, wenn Sauerstoff fehlt. *p* Pyrogallussäure, *w* Wasser.

verbleibenden Luftquantum der Sauerstoff entzogen wird. An dem Stopfen befestigen wir ein feuchtes Schwämmchen, auf das 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 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.

**Das Wachstum der Zellen.** Bei den aus Zellen aufgebauten Gewächsen haben wir zwei das Wachstum bedingende Vorgänge zu unterscheiden, die Vermehrung der Zellenzahl und die Vergrößerung der einzelnen Zellen. Die Vermehrung der Zellenzahl findet, wie wir früher gesehen haben, hauptsächlich in den jugendlichen Pflanzenteilen, in dem meristematischen Gewebe der Vegetationspunkte und im Kambium der älteren Organe statt. Sie braucht nicht

direkt ein Wachstum, d. i. eine bleibende Gehaltsveränderung 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 Zelhöhlung ganz einnehmen (Abb. 189). 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 fortgesetzt verwickelte Stoffwechselfvorgänge; 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

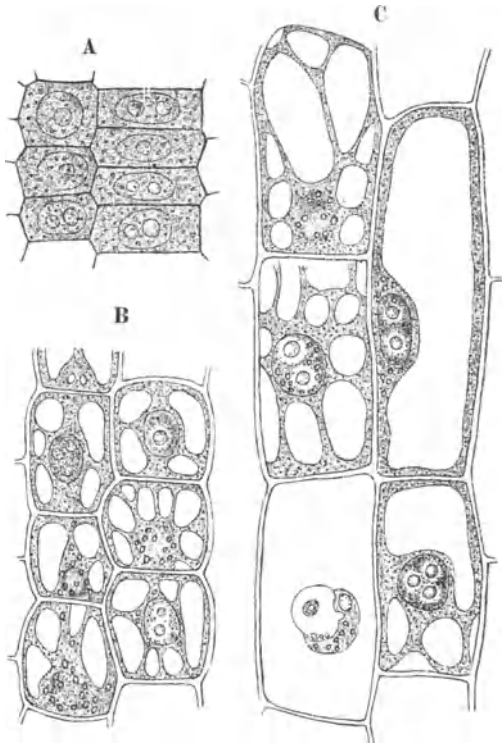


Abb. 189. Parenchymzellen aus der Wurzelrinde der Kaiserkrone in verschiedenen Wachstumsstadien. **A** Embryonales Stadium. **B** und **C** in Streckung begriffene Zellen (nach Sachs).



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 Baustoffe in das Innere der Substanz zwischen die vorhandenen Micelle 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 Micelle 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 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 erwähnt 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 aber 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. Diese 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 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.

**Das Wachstum der Organe.** Wir können am Pflanzenkörper bezüglich der Wachstumsverhältnisse zwei Gruppen von Organen unterscheiden: einmal solche Organe, die längere Zeit unbegrenzt fortwachsen, z. B. die Wurzeln und die vegetativen Sproßachsen, — und zweitens Organe, welche nach einiger Zeit eine abschließende Größe und Gestalt erreichen, z. B. 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 aus embryonalem Gewebe bestehendes Höckerchen auf, welches alsbald in die zweite Wachstumsphase, in die Periode der Streckung, eintritt und zu seiner endgültigen 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 beschränken. Dieser ist aus dem embryonalen Gewebe am Vegetationspunkt hervorgegangen, 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 (Abb. 190A). 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 (Abb. 190B). 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, die Streckungszone, 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, zu der auch die Entstehung von Wurzelhaaren gehört. 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 Streckungszone 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 genährten Vegetationspunkten.

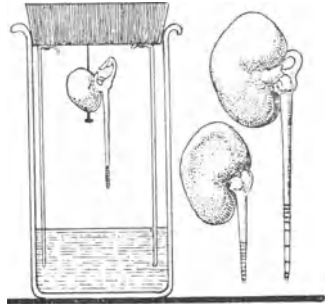


Abb. 190. A Apparat zur Beobachtung des Wachstums der Wurzel einer Bohne. B Die Spitze einer mit Tuschmarken versehenen Bohnenwurzel zu Anfang und zu Ende des Versuchs.

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. 85 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

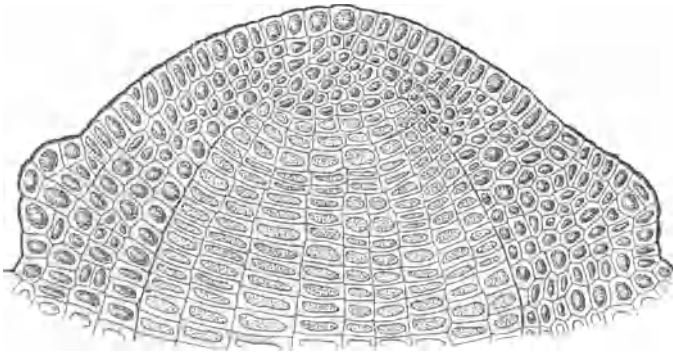


Abb. 191. Längsschnitt durch den Vegetationspunkt einer Winterknospe der Edeltanne. Die Zellwände lassen, soweit nicht durch die Anlagen seitlicher Organe eine Störung veranlaßt wird, eine regelmäßige Anordnung zu konfokalen Parabeln erkennen. (Nach Sachs.)

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 (Abb. 191). Später geht durch Verschiebung der Zellen während der Streckung die Regelmäßigkeit der Anordnung meistens verloren.

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 gestattet es, daß die ungleichmäßig sich vergrößernden 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 Zentralzylinder 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 klappt 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. Vielleicht sind nebenbei noch andere, innere Ursachen bei der Entstehung der hohlen Internodien beteiligt.

**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 wieder. 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 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 eine einfache, nach oben gekrümmte Bogenlinie dar, sondern eine vielfach gewellte Linie, deren höchste Erhebung über die Abszissenachse dem Wachstumsmaximum der großen Periode entspricht. Die durch die

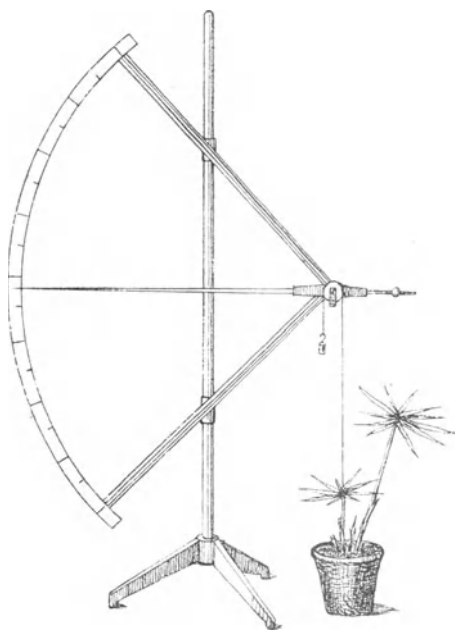


Abb. 192. Zeiger am Bogen.

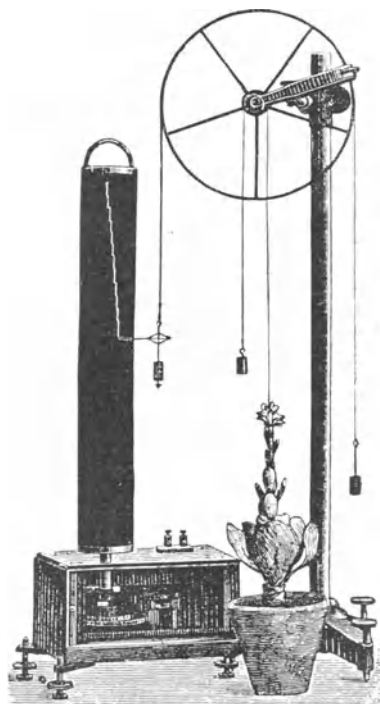


Abb. 193. Auxanometer.

Wellung angedeuteten sekundären Maxima und Minima entsprechen Wachstumsschwankungen, welche sich innerhalb eines Tages abspielen. Man bezeichnet ihren Verlauf 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. 159 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 Abb. 192 abgebildet ist. An einem festen Eisenstativ ist ein graduirter Kreisbogen mit großem Radius befestigt, über dem 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 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 sie mit dem Zeiger am Bogen überein. Bei dem in Abb. 193 abgebildeten Auxanometer wird die Zuwachsbewegung

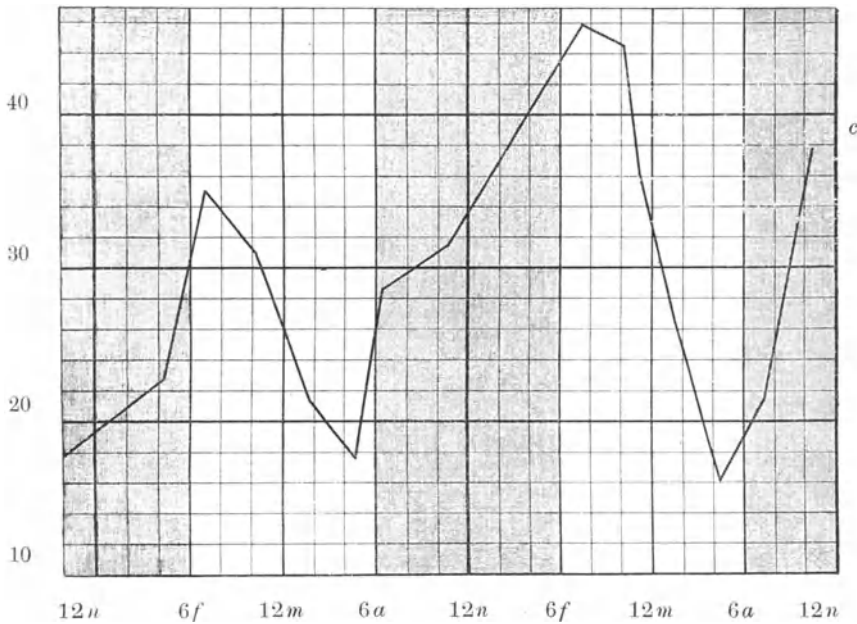


Abb. 194. Zuwachsbewegungen des Stengels einer *Dahlia variabilis* während zweier Tage (nach Sachs).

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, der durch ein Uhrwerk von Stunde zu Stunde um ein kleines Stück seines Umfanges gedreht wird. Durch einen solchen Apparat wird also der Wachstumsverlauf selbstständig 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 Abb. 194 ist eine auf rechtwinklige Koordinaten bezogene Kurve gezeichnet, welche den Verlauf des Längenwachstums eines Sprosses von *Dahlia variabilis* während zweier Tage darstellt. Als Abszissen 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.

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

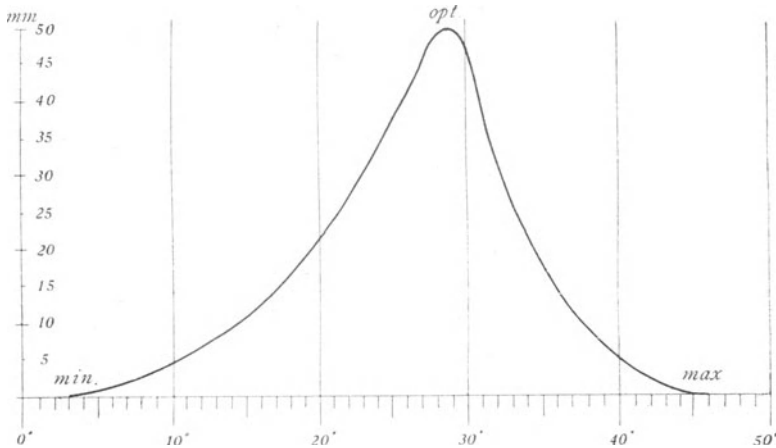


Abb. 195. Kurve, welche das Längenwachstum der Wurzel von *Pisum sativum* in gleichen Zeiträumen unter dem Einfluß verschieden hoher Temperatur darstellt.

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 Überschreitung des Temperatur-optimums die Zuwachsgröße wieder stetig abnimmt, bis bei einer gewissen Temperatur das Wachstum gänzlich erlischt. Die in Abb. 195 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 Verdunkelung, 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 diese den 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 Ähnlichkeit 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 aufnehmen, 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 Übertragung 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 Übertragung der elterlichen Eigenschaften auf die weitere Nachkommenschaft vermitteln. Dieser Hypothese der Evolution steht die Hypothese der Epigenesis gegenüber, die Anschauung, daß 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 rückwärts liegenden Knospen zum Austreiben gebracht, und selbst schlafende Augen, welche schon jahrelang im Ruhestand verharrt 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 Laubssprosses 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 Blattachsen 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 Seitensprosse, 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 (Abb. 196). 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.

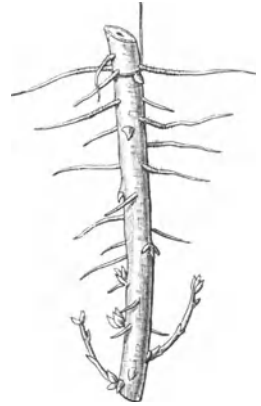


Abb. 196. Sproß- und Wurzelbildung an einem in umgekehrter Lage aufgehängten Zweigstück der Weide (nach Hansen).

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 gestaltsbildende Einfluß der äußeren Umstände bemerkbar, wenn man von gleichen Stecklingen einer Stammpflanze die einen auf Bergeshöhe, die anderen in der Talebene zur Entwicklung kommen läßt. Bei vielen Pflanzenarten bilden sich unter diesen Umständen wesentlich voneinander verschiedene Berg- und Talformen aus

(Abb. 197). 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 berührenden Körpers anschmiegen und sich

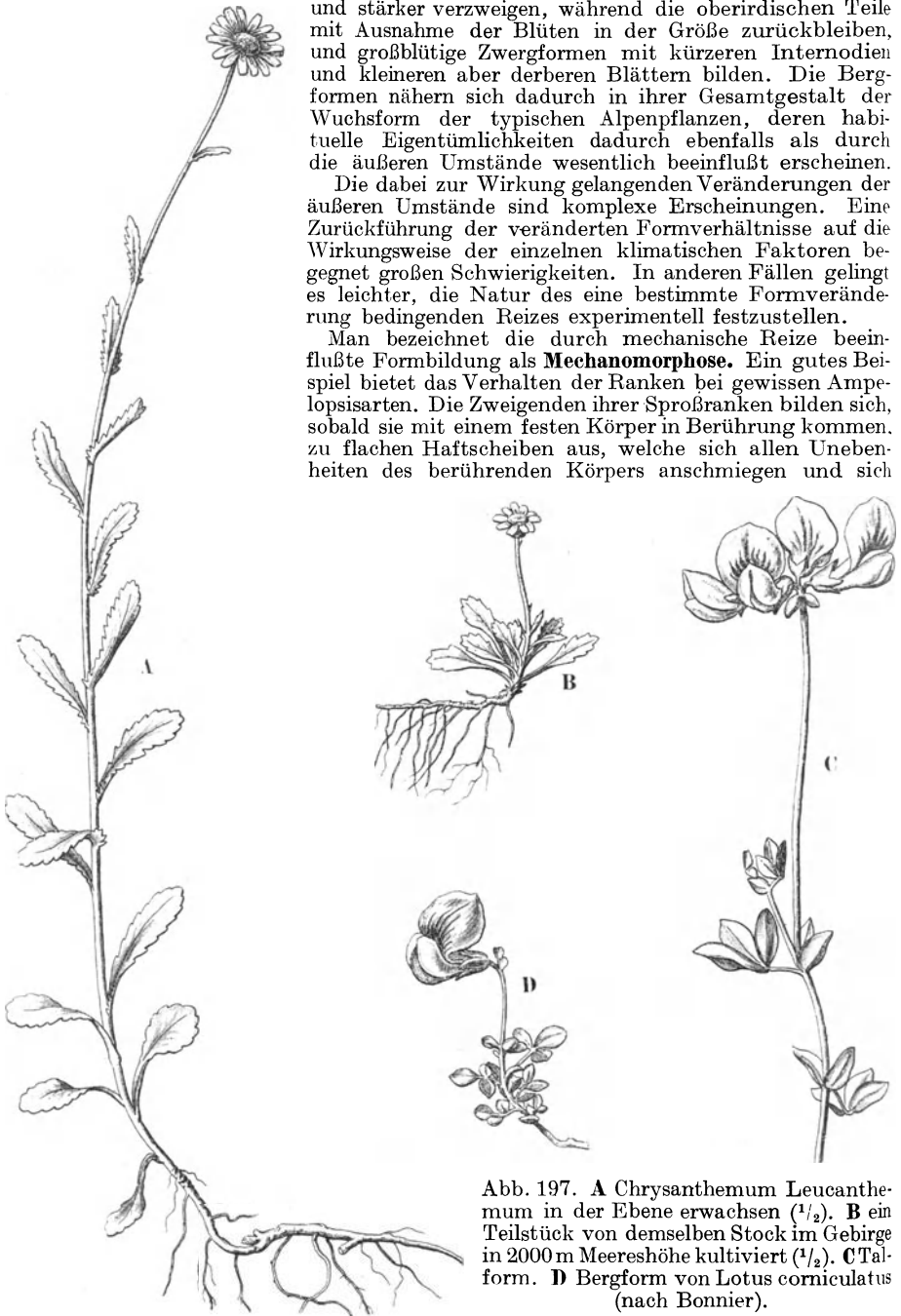


Abb. 197. **A** Chrysanthemum Leucanthemum in der Ebene erwachsen ( $1/2$ ). **B** ein Teilstück von demselben Stock im Gebirge in 2000 m Meereshöhe kultiviert ( $1/2$ ). **C** Talform. **D** Bergform von Lotus corniculatus (nach Bonnier).

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 Klammerhaken, während sie ohne den Berührungszustand unverändert bleiben (Abb. 198). Infolge eines Berührungszustandes bilden sich an den Fäden gewisser Spirogyraarten rhizoidartige Haftorgane und an den Sprossen von *Cuscuta* eigentümliche, die parasitische Nahrungsaufnahme vermittelnde, napfartige Haustorien.

Sehr zahlreich sind die nachweisbar durch Lichtreize induzierten Formgestaltungen, welche als **Photomorphosen** bezeichnet werden. Wir müssen uns hier mit der Anführung

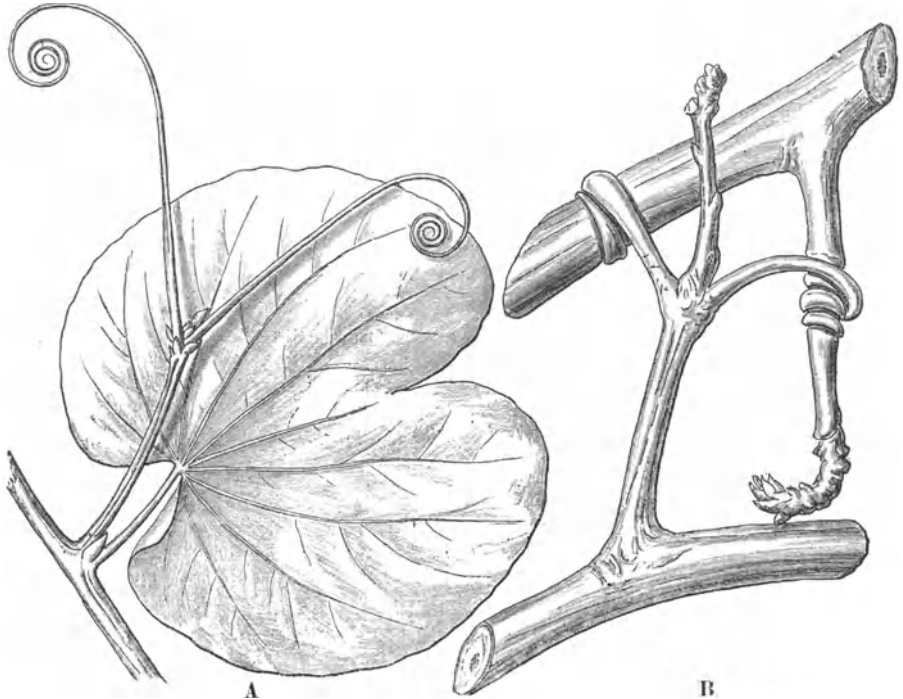


Abb. 198. Uhrfederranken von *Bauhinia* ( $1/2$ ). **A** Teil eines jungen Sprosses, welcher in der Blattachsel einen Seitensproß mit Uhrfederranken trägt. **B** ein älterer Sproß, dessen Uhrfederranken nach Ergreifung einer Stütze stark in die Dicke gewachsen und verholzt sind.

einiger auffälliger Beispiele begnügen. An den auf beiden Seiten gleichgebauten baßgeigenförmigen Brutknospen von *Marchantia* (Abb. 221 C) wird die beleuchtete Seite zu der mit einem besonderen Assimilationsgewebe ausgestatteten Rückenseite des sich entwickelnden Thallus, während die vom Lichte abgewendete Seite Haarwurzeln und Schuppen hervorbringt. An den dorsiventralen Vorkeimen vieler Farne (Abb. 232 A) entstehen die Archegonien und Haarwurzeln nur an der vom Licht abgewendeten Seite, gleichviel ob sie die morphologische Ober- oder Unterseite ist. Die Kletter sprosse des Efeus bilden die Haftwurzeln nur auf der Schattenseite aus (Abb. 27). Die Sprosse einiger *Opuntien* gewinnen ihre flach scheibenförmige Gestalt unter dem Einfluß des Lichtes; im Finstern erwachsene Sprosse dieser Pflanzen sind stielrund (Abb. 199). 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 Rund-

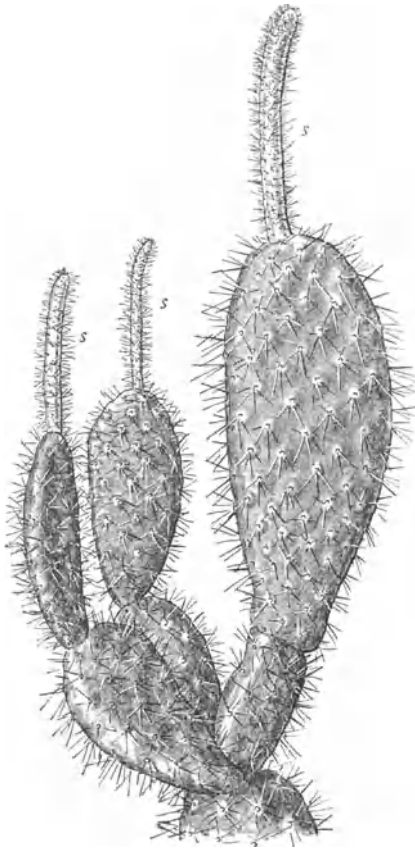
blätter, welche später durch kurzgestielte Langblätter abgelöst werden, auch im Sommer aus, wenn man die Beleuchtung entsprechend herabmindert. Zur normalen Blütenbildung ist eine gewisse Lichtintensität erforderlich, deren Stärke für die einzelnen Pflanzenarten verschieden ist, im allgemeinen aber höher 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. Lichtmangel ist in der Regel der Grund dafür, wenn Pflanzen, welche in Gewächshäusern oder Zimmern gehalten werden, lauernd 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 an ihrer Unterseite (Hyponastie) oder an ihrer Oberseite (Epinastie) eintritt. Man nennt derartige Beeinflussungen der Gestalt durch die Schwerkraft **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* (Abb. 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 europaeus* u. a. m. wird ein als Aerenchym 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 gelangen, zu roßschweifartigen Wurzelzöpfen um. Bei Wasser-

Abb. 199. Flachsprosse von *Opuntia leucotricha*, welche im Dunkeln zylindrische Triebe *s* gebildet haben (nach Goebel).

pflanzen 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 Boden dünnere Blätter. Selbstverständlich spielt auch die Reichlichkeit, in welcher die Nährstoffe der wachsenden Pflanze zur Verfügung stehen, eine gewisse Rolle. Manche Pflan-



zen 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 Chemorphosen 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 vereinen. 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 entpflanzten 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 wachstartigem 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 entpflanzten Sproßstumpf einer Tomate den Sproßgipfel des schwarzen Nachtschattens pfropft und nach dem Verwachsen des Pfropfreises mit der Unterlage die Pflanze quer durch die Pfropfstelle durchschneidet, so bildet sich eine Wundwucherung, an deren Zusammensetzung Gewebszellen beider Pflanzen beteiligt sind. Aus dieser Wundwucherung entspringen reichlich Adventivsprosse, die zum Teil ebenfalls beiderlei Gewebs-elemente 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 Gewebarten 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 Gewebarten 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 Gewebarten 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. Ähnliche Pfropfbastarde, wie sie von dem Botaniker Winkler durch das oben beschriebene Experiment erlangt wur-

den, 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 Vereinigung 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 in der freien Natur sind an den Standort, den 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 Schwärmosporen vieler Algen und einzelner Pilze, sowie bei den beweglichen Geschlechtszellen der meisten Kryptogamen Geißelfäden oder Cilien vor, die 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 Kiesialgen und die Desmidiën, 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 Auscheidung eines stark quellbaren Schleimes an dem einen Körperende als Bewegungsursache erkannt worden ist. Auch manchen blaugrünen Fadenalgen kommt freie Ortsbewegung zu. Von den Pflanzen, die feste Substrate bewohnen, zeigen nur die Schleimpilze oder Myxomyceten freie Ortsbewegung. Der als Plasmodium bezeichnete Vegetationskörper dieser Pflanzen besteht aus einer nackten Plasmamasse, die 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 Wasserstropfen 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 ortbewegen.

**Die Bewegung des Zellenplasmas.** In dem lebenden Plasma der Zellenpflanzen finden fortgesetzt chemische und physikalische Prozesse statt, die 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 Plasmaströmung bezeichnet wird. Wir haben die morphologische Seite dieser Erscheinung in einem früheren Abschnitte des Buches (S. 75) kennengelernt. Für die Mechanik des Vorganges ist eine für alle Fälle ausreichende Erklärung bisher nicht gegeben worden. Die Plasmaströmung findet sich nur in solchen Zellen, deren Plasma eine oder mehrere Zellsaftvakuolen umschließt. Der Umstand, daß die der Zellwand anliegende Hautschicht des Plasmas 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 Plasma 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 Plasma 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. lebhafte Bewegung hervorgerufen werden. Übrigens sind auch in dem nicht strömenden Plasma zeitweilig Bewegungen wahrnehmbar, welche in der Verschiebung der einzelnen Bestandteile gegeneinander bestehen; so findet z. B. bei der Kernteilung, welche auf S. 76, 77 eingehender erörtert worden ist, eine Reihe von Umlagerungen statt, auch der Teilungsvorgang der Chlorophyllkörper bedingt ein Verrücken der Teile des Plasmas. In diesem Zusammenhang ist auch der Lagenänderung zu gedenken, welche die Chlorophyllkörner 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 (Abb. 200 A). Wenn aber das Laub von direktem Sonnenlicht getroffen wird, so nehmen die Chlorophyllscheiben die Profilstellung ein, d. h. sie werden von ihrem Platze fortgeführt und lagern sich an den Seitenwänden der Zellen so, daß sie mit dem schmalen Rande zur Lichtquelle hingekehrt sind (Abb. 200 B). Bei Ver-



dunkelung nehmen sie 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 diffusem Licht zieht sich aber jeder Chlorophyllkörper unter Verminderung seines Scheibendurchmessers mehr oder weniger halbkugelig zusammen, so daß seine Profilsicht an Fläche gewinnt, im direkten Sonnenlichte dagegen flacht er sich zu einer scharfrandigen Scheibe ab.

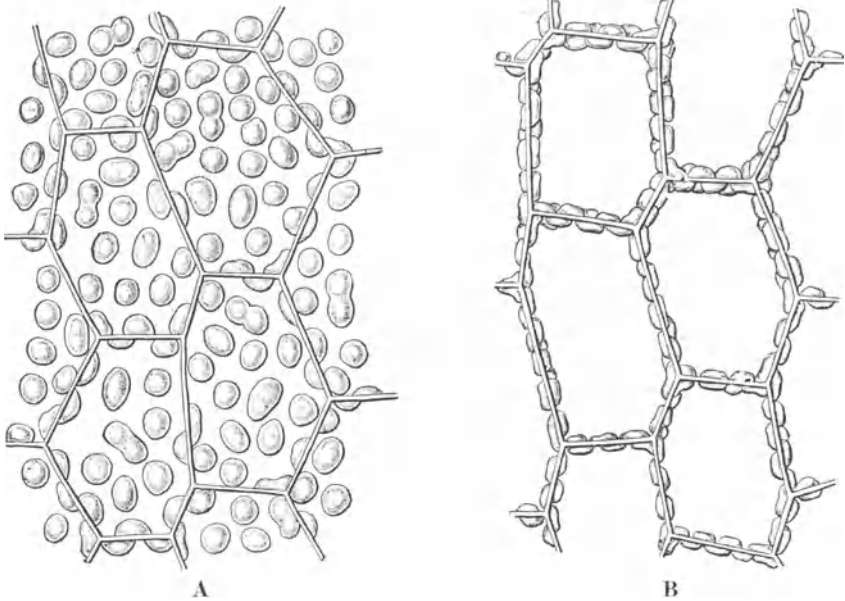


Abb. 200. Einige Zellen aus dem Blatt von *Funaria hygrometrica* (stark vergrößert). **A** zeigt die Chlorophyllkörper in der Tagesstellung. **B** zeigt die Stellung, welche die Chlorophyllkörper im Dunkeln und bei intensiver Beleuchtung annehmen.

**Spontane Krümmungsbewegungen der Organe.** Wenn wir über dem fortwachsenden Gipfel einer Kürbispflanze eine Glasplatte in horizontaler 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 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 *revolutive 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 die Stelle stärksten Längenwachstums allmählich das Organ umkreist und nacheinander alle Seiten desselben trifft, wechseln in manchen Fällen nur zwei gegenüberliegende Seiten in der Wachstumsintensität, so daß also die Spitze des Organes pendelartig hin und her schwingt.

Die revolute Nutation hat besonders für die Ranken der Kletterpflanzen eine große Bedeutung. Die langüberhängenden Gifelfenden junger Ranken werden durch die Cirkumnutation 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 Blättchen spitze 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 Trockenlegung der Blattspreite nach Regenfall sehen. Ähnliche, 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 Bewegungen hier nicht mit einem Wachstumsprozeß verknüpft sind. 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 Sproßspitzen 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, der die Organe senkrecht abwärts richtet, den negativen Geotropismus, der das aufrechte Wachstum bedingt, und den Transversalgeotropismus oder Diageotropismus, durch den die Organe mit ihrer Längsachse quer oder schief zu der Richtung der Schwerkraft orientiert werden.

Bringt man ein wachsendes Organ aus der Lage, die 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 Sproß-

achsen 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.

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 (Abb. 201). Der Klinostat besteht der Hauptsache nach aus einem Uhrwerk,

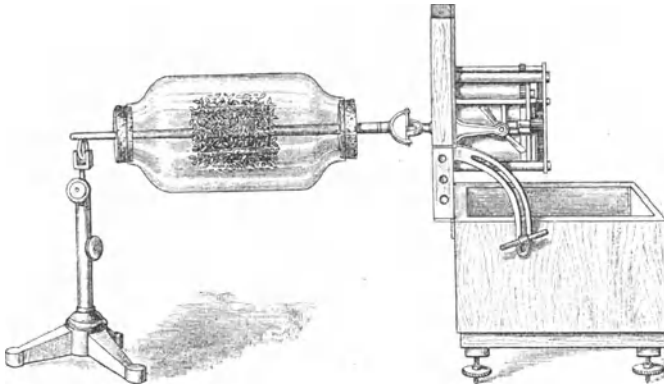


Abb. 201. Klinostat mit Kressekeimlingen.

durch welches eine horizontale Achse in langsame, gleichmäßige Umdrehung versetzt wird. Auf der Achse wird ein feuchter Torfwürfel befestigt, welcher mit Kressesamen 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, die 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 kennenlernen. Zur Anstellung von Versuchen dient ein Zinkkasten mit schrägen Glaswänden, wie er in Abb. 202 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 geneigten 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, die sich senkrecht abwärts wendet, auch die Seitenwurzeln und bringen ihre fortwachsende Spitze wieder in dieselbe Richtung zum Horizont, die sie vor der Umkehrung hatte. Bei wiederholter Umkehrung wird durch nochmalige Krümmung die ursprüngliche Wachstumsrichtung wieder eingenommen.

Als eine eigentümliche Äußerung 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 aus der Keimpflanze hervorgehende Sproßachse wächst zuerst aufrecht, bald aber neigt sich der Gipfel über und be-

gint nach Art nutrierender Sproßgipfel im Kreise herumzuschwingen. 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

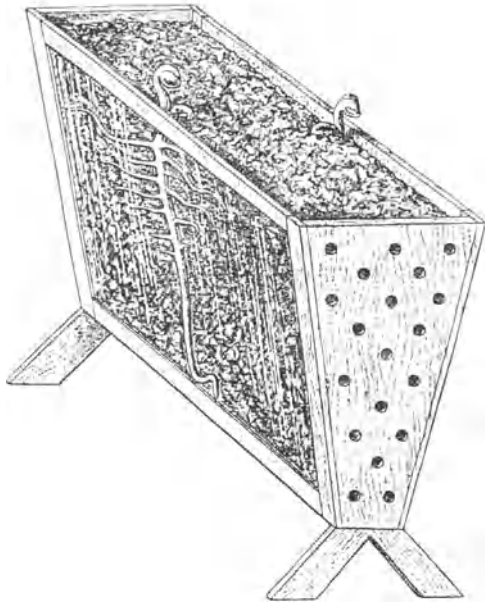


Abb. 202. Apparat nach Sachs zur Demonstration des Diageotropismus der Nebenwurzeln von *Vicia Faba*.

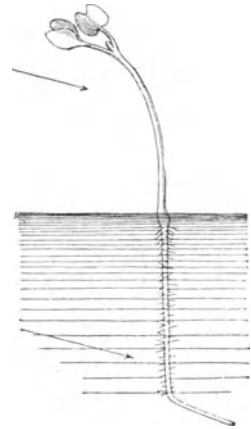


Abb. 203. Keimpflanze vom weißen Senf, *Sinapis alba*, bei einseitiger Beleuchtung. Die Sproßachse zeigt positiven, die Wurzel negativen Heliotropismus. Die Pfeile deuten die Richtung des einfallenden Lichtes an (nach Sachs).

sich gerade zu strecken. Dadurch werden die Windungen fest an die Stütze angezogen und befestigt, wobei oft noch ein Besatz der Sproßoberfläche mit rauen 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 Abb. 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 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.

Der **Phototropismus** (Heliotropismus) ist die Fähigkeit der Pflanzen, ihre Organe zu der Richtung des Lichtes in eine bestimmte Lage zu bringen. Wir

unterscheiden den positiven Phototropismus, welcher bewirkt, daß die Organe zum Licht hin wachsen, den negativen Phototropismus, durch welchen die Organe veranlaßt werden, sich vom Licht fortzuwenden, und den Transversalphototropismus, 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 vom Lichte fortwendet (Abb. 203). Es zeigt sich also, daß der Sproß positiv, die Wurzel negativ phototropisch ist. Auf positivem Phototropismus beruht ebenso die an Zimmer-

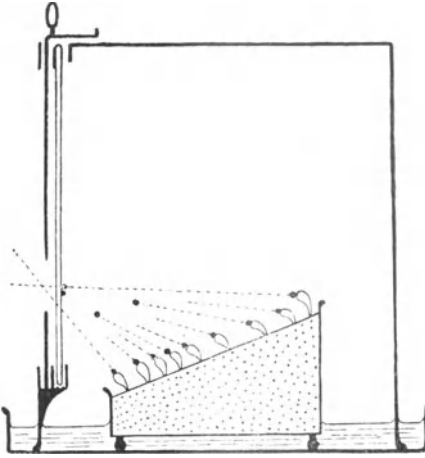


Abb. 204. Apparat zum Nachweis des positiven Heliotropismus der Fruchträger von *Pilobolus* (nach Noll).

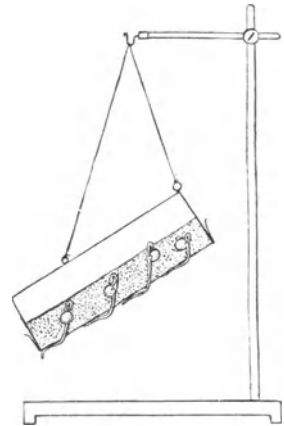


Abb. 205. Apparat zum Nachweis des Hydrotropismus der Wurzeln von *Pisum*.

pflanzen häufig zu beobachtende Erscheinung, daß alle Sproßgipfel dem Fenster zugekehrt sind. Die Blätter der meisten Pflanzen zeigen Transversalphototropismus, 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 oft durch energische Krümmungen des Blattstiels die vorige Lage der Blattfläche vom Lichte meist schon in kurzer Zeit wieder eingenommen.

Um den Phototropismus einzelliger Gebilde zu zeigen, bedienen wir uns eines von Noll vorgeschlagenen Apparates, dessen Durchschnitt in Abb. 204 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 Öffnung von 2—3 cm Durchmesser besitzt. Wenn der Schieber geschlossen ist, so kann nur durch die runde Öffnung 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 finden, 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 phototropisch, 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 Phototropismus sind im Pflanzenreich weit verbreitet, weniger auffällig tritt uns die Erscheinung entgegen, welche als **Hydrotropismus** 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 Apparat 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 krümmen und derselben angeschmiegt weiter zu wachsen, wie es in Abb. 205 dargestellt ist. Die Wurzeln haben also positiven Hydrotropismus und werden dadurch instand gesetzt, günstigere Wachstumsbedingungen aufzusuchen. Negativer Hydrotropismus ist von Sachs an den Fruchttägern von *Phycomyces* nachgewiesen worden. Dieser einzellige Schimmelpilz welcher leicht zu kultivieren ist, entwickelt aus einem fadenförmigen Mycel schlanke, mehrere Zentimeter hohe Fruchttäger, die 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 Fruchttäger des Pilzes direkt von der feuchten Oberfläche des Brotwürfels fortstrebend senkrecht aus den Flächen hervorstrecken. Fruchttäger, 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 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 auch 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 Richtungsbeziehung 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, sobald sie in die Nähe einer Spaltöffnung gelangen, in die mit Chlorammoniumlösung gefüllten Interzellularräume hinein (Abb. 206). Auf einem nicht injizierten *Tradescantiablatt* wird die Wachstumsrichtung der *Mucor*-Keimschläuche durch die Lage der Spaltöffnungen nicht beeinflußt.

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 Sonnenwendigkeit 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.

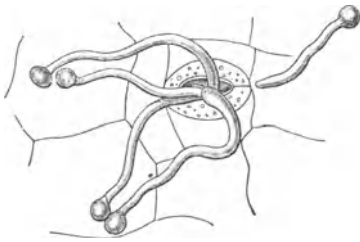


Abb. 206. Mucorsporen, welche auf einem mit 2% Chlorammonium durchtränkten Tradescantiablatt gekeimt sind. Alle Keimschläuche wachsen zu der Spaltöffnung hin. (Nach Mioshi.)

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. Ihre Blätter besitzen sowohl an der Basis

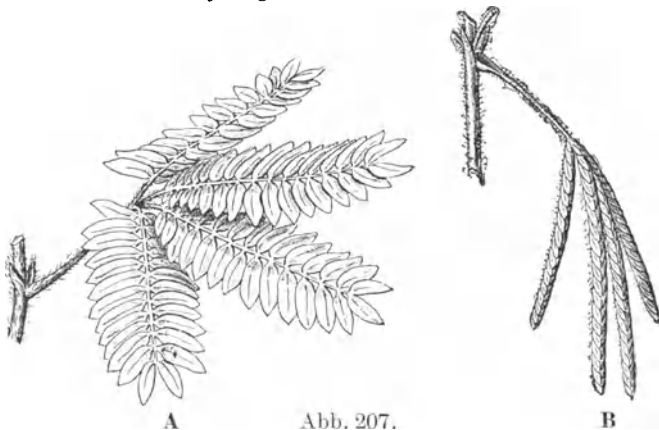


Abb. 207.

Blatt von *Mimosa pudica*. A im ungereizten Zustande. B in der Reizstellung.

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 (Abb. 207). 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 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 Droseraarten der Fall, deren Krümmung in einem viel langsameren Tempo erfolgt, als die Fangbewegungen der *Dio-naea* 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 des Sauerdorns, *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 es sich im Ruck nach innen herüber, so daß seine Anthere den Griffel berührt (Abb. 208A). 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 (Abb. 208B).

Auch am Gynaeceum sind bisweilen Reizbewegungen zu beobachten, so klappen z. B. die Narbenlappen in der Blüte der Gauklerblume, *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 aufs 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 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. Starke 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

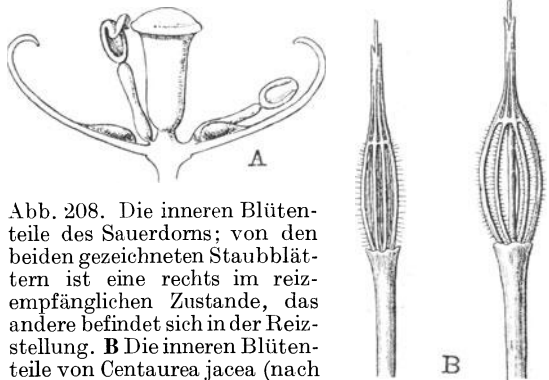


Abb. 208. Die inneren Blütenteile des Sauerdorns; von den beiden gezeichneten Staubblättern ist eine rechts im reizempfindlichen Zustande, das andere befindet sich in der Reizstellung. **B** Die inneren Blütenteile von *Centaurea jacea* (nach Pfeffer). Die rechte Abb. zeigt die Staubblätter im ungereizten Zustand, die linke in der Reizstellung.



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 (Abb. 209). 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 **Schlafbewegungen** bezeichnet. Bei den sich bewegendenden Blütenblättern und bei vielen Laubblättern wird die Auf- oder Abwärtskrümmung durch ein ungleichseitiges Längenwachstum bewirkt. Bei den mit Gelenkpolster versehenen Blättern beruht die Bewegung der Blattflächen ausschließlich auf einer ungleichseitigen Änderung des **Turgors** in dem Gelenkpolster.

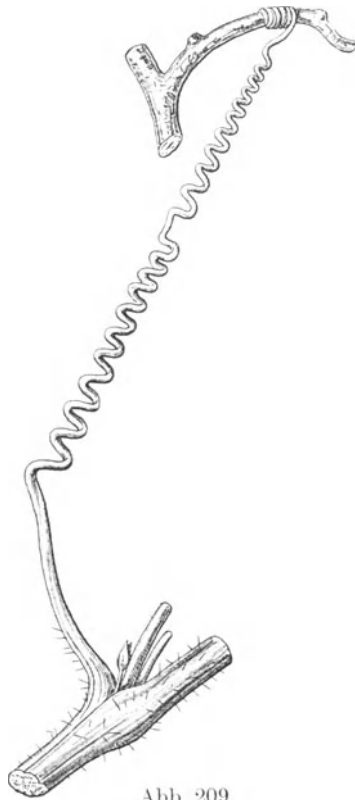


Abb. 209.

Ranke von *Bryonia dioica*, welche eine Stütze ergriffen hat (n. Sachs).

wärme 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<sup>1)</sup>, der geniale Altmeister der Pflanzenmorphologie und Entwicklungs-

1) Goebel, Die Entfaltungsbewegungen der Pflanzen. Jena 1920.

geschichte, 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.

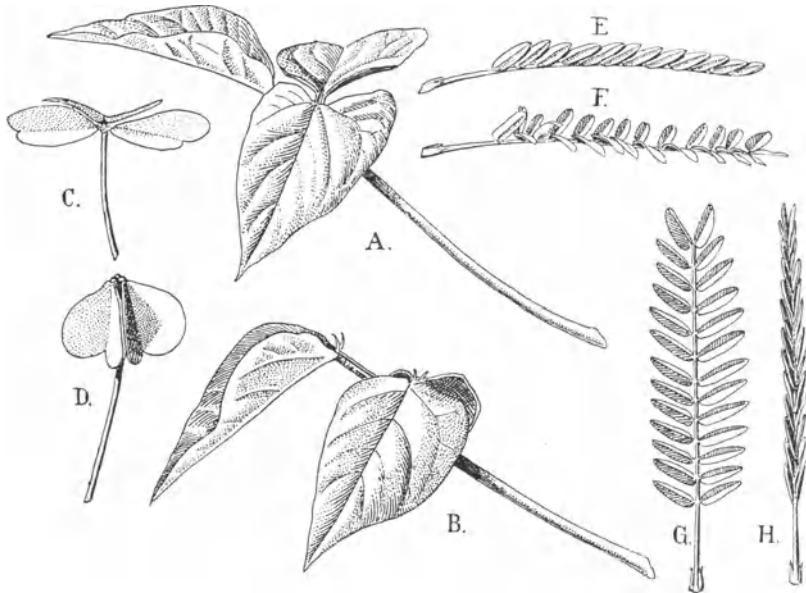


Abb. 210. Tagesstellung (A C F G) und Schlafstellung (B D E H) des Blattes von Phaseolus (A B), Oxalis (C D), Acacia (E F von der Seite G H von oben).

## 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 und Konzentration der Mutterlauge des 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 Auslösungsvorgang, 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- und 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 Schwärmosporen 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. 174). Eigenbewegungen, 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 (Abb. 211). 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 Gelatinemasse 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 versehene niederer Pflanzen, indem dieselben infolge der einseitigen Beleuchtung veranlaßt werden, der Lichtquelle direkt zuzustreben oder dieselbe zu fliehen —, und ferner beim Zustandekommen der phototropischen 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 (Abb. 204) einen Topf mit keimenden Kressesamen, so richten alle Keimpflanzen ihre Spitze gegen die Lichtöffnung in dem die Glaswand bedeckenden Schieber. Befestigt man vor der Lichtöffnung eine Glaskuvette, welche eine Lösung von Kupferoxydammoniak enthält, so daß nur blaues Licht zu den Keimlingen im Kasten gelangen kann, so findet die 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 phototropische Krümmung der Keimpflanzen aus. Chlorophyllfreie Gewächse verhalten sich bezüglich ihrer Reizbarkeit durch Lichtstrahlen verschieden. Manche Pilze, z. B. der auf S. 178 besprochene *Pilobolus* und *Phycomyces*, krümmen sich bei einseitiger Beleuchtung und zeigen im Dunkeln Etiolierungserscheinungen, andere dagegen, wie z. B. der als Kulturpflanze vielfach in finsternen Kellern angebaute Champignon, wachsen im Dunkeln ebenso normal wie im Tageslicht.

Wärmeschwankungen üben, da sie eine Änderung 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.

Als mechanische Reizursachen kommen einmal die Stöße und Erschütterungen in Betracht, welche bei *Mimosa*, *Dionaeae*, *Aldrovandia* u. a. m. ruckweise Bewegungen und

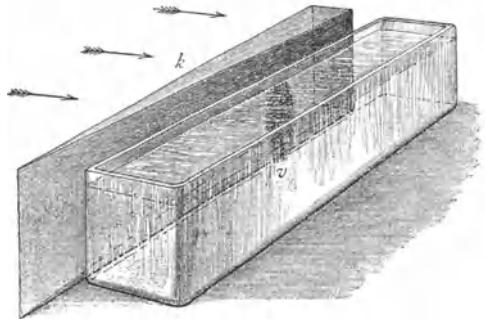


Abb. 211. Apparat nach Oltmanns zur Demonstration der photometrischen Bewegungen freischwimmender Algen. Die Pfeile deuten die Richtung des einfallenden Lichtes an. Hinter dem Rauchglaskeil *k* steht eine Glaswanne, welche Wasser mit Volvox enthält. Die Algen haben sich bei *v* an der Wand der Wanne angesammelt. Der Deutlichkeit wegen ist der die Wanne gegen direktes Licht von oben abschließende undurchsichtige Deckel in der Abbildung fortgelassen worden.

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. 168 geschilderten Mechanomorphosen und bei den kontaktempfindlichen Ranken der Kletterpflanzen. Das Empfindungsvermögen der Ranken für Berührungsreize 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 Pflanzenkörpers gerechnet werden,

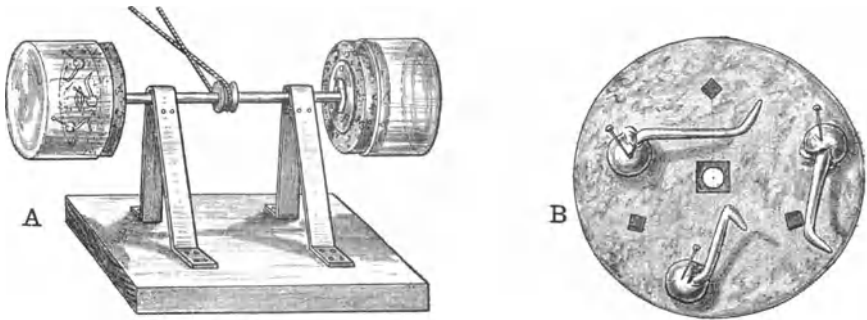


Abb. 212. **A** Zentrifugalapparat zum Nachweis der Tatsache, daß die durch die Zentrifugalkraft bewirkte Massenbeschleunigung in gleicher Weise wie die Schwerkraft Reizkrümmung geotropischer Organe veranlaßt. **B** Korkscheibe mit drei Erbsenkeimlingen, deren Wurzelspitzen die durch die Rotation hervorgerufenen Krümmungen zeigen.

welche die Atmung steigern und auch in den nicht direkt verletzten Zellen Umlagerungen des Inhaltes 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 (Abb. 212). 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. 170) 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 Glassplittchen, so führt der Drüsenstiel eine Krüm-

mungsbewegung 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 Hühnereiweiß oder Fibrin oder von einer anderen stickstoffhaltigen Substanz zur Reizung verwendet, so wird es durch die Einkrümmung der Blütenstiele allmählich mit zahlreichen Drüsenköpfen in Berührung gebracht und endlich ganz eingeschlossen; es tritt dann die Absonderung eines Verdauungsekretes 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 irrumsfreier 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, Schwärmosporen, 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 nach Pfeffers klassischen Untersuchungen die 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 vorausgegangene 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 liegen. 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. 185 beschriebenen und in Abb. 211 abgebildeten Versuch *Volvox*kolonien, welche vorher der Sonne ausgesetzt waren, so suchen sie 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.

Ähnlich 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 Reizperzeption dienende Organe mit den Sinnesorganen der Tiere zu vergleichen und in ihrem Bau Strukturen zu vermuten, die geeignet sind, die Übertragung des von der Reizursache ausgehenden Anstoßes auf die lebende Substanz des Pflanzenkörpers mechanisch zu erklären.

Als Sinnesorgane zur Perzeption von Berührungsreizen sind die Fühlborsten anzusehen, welche auf den Blättern von *Dionaea* und *Aldrovandia* stehen (Abb. 213 A). Unterhalb der

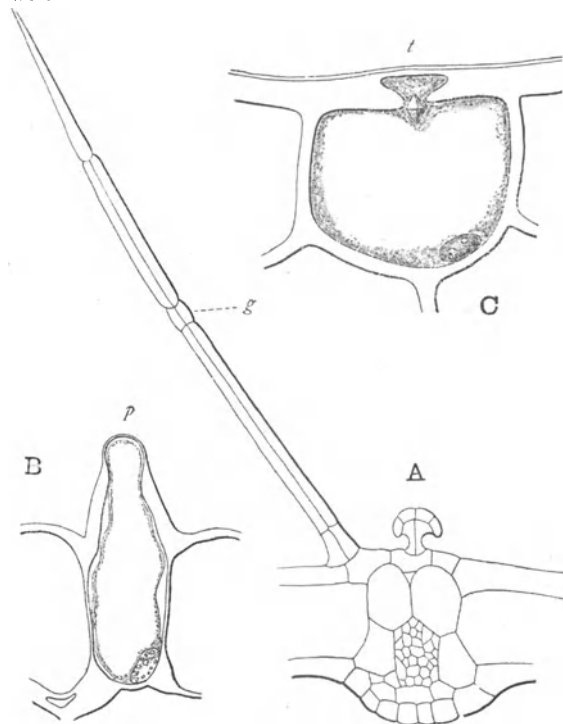


Abb. 213. **A** Teil des Blattquerschnittes von *Aldrovandia vesiculosa* mit einer Fühlborste. *g* Gelenkzellen der Fühlborste. **B** Oberhautzelle eines Staubfadens von *Opuntia vulgaris* mit einer Fühlpapille *p*. **C** Oberhautzelle einer Ranke von *Cucurbita Pepo* mit einem Fühl-tüpfel *t*. (Nach Haberlandt.)

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 Fühl-tüpfel, 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 Druckes zu erhöhen (Abb. 213 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 (Abb. 213 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, die spezifisch schwerer sind als der flüssige Zellinhalt und sich deshalb bei normaler Lage der Wurzelspitze an der zum Erdmittelpunkt gekehrten Wand der Zelle in Ruhelage befinden (Abb. 214A). Man kann sich vorstellen, daß das Plasma an der unteren Zellwand gegen den Druck der Stärkekörner unempfindlich ist und durch die Aufhebung des Druckes in einen Reizzustand versetzt wird, während das den seitlichen Zellwänden anliegende und das den oberen Teil der Zelle erfüllende Plasma einen solchen Druck als Reiz empfindet. Wenn die Wurzel aus ihrer geotropischen Ruhelage gebracht wird, so tritt infolge der Schwerkraftwirkung in jeder der Zellen des Perzeptionsorganes eine Lagenänderung der Stärkekörner und damit eine Auslösung des Reizes ein (Abb. 214C). Die 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 (Abb. 214B), in der Stärkescheide der Sproßspitzen, der geotropisch empfindlichen Stengelteile von Gelenkpflanzen und der Blattstiele nachgewiesen und als Einrichtungen zur Perzeption des Schwerkraftreizes gedeutet worden.

Aus dem Umstande, daß phototropische 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

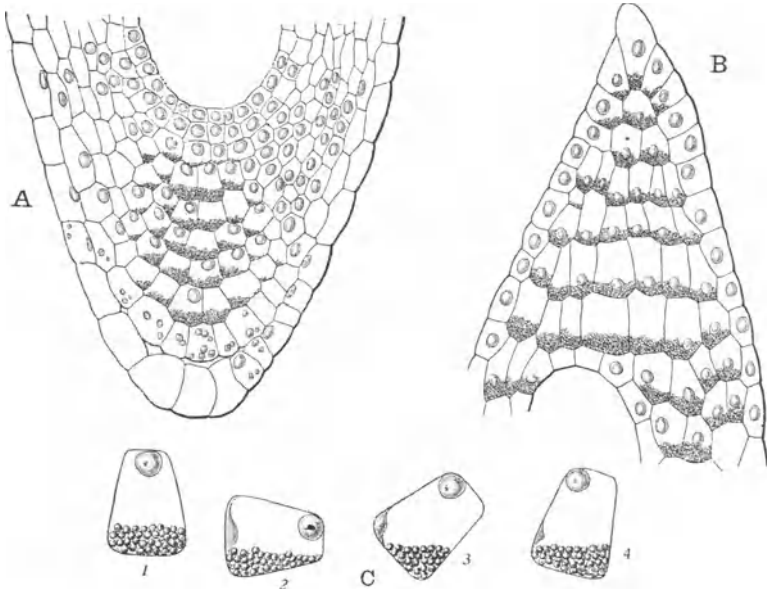


Abb. 214. Einige als Sinnesorgane für die Aufnahme des Schwerkraftreizes gedeutete Strukturen. Vom Zellinhalt sind nur der Zellkern und die Stärkekörner gezeichnet (nach Nemeč). **A** Längsschnitt einer Wurzelhaube von *Roripa*. **B** Längsschnitt durch die Spitze der Keimscheide eines Grases. **C** Schematische Darstellung einer einzelnen Zelle des Sinnesorgans: 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 eingemommene Übergangslagen, durch welche die Zelle in die Ruhelage zurückgeführt wird.

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 gebricht. Daß aber in der Tat, wenigstens in gewissen Fällen, auch die Reizempfänglichkeit für Lichtwirkung am Pflanzenkörper auf bestimmte Teile beschränkt ist, beweist der folgende 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 Stanniolkäppchen, die 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 Stanniol-käppchen 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

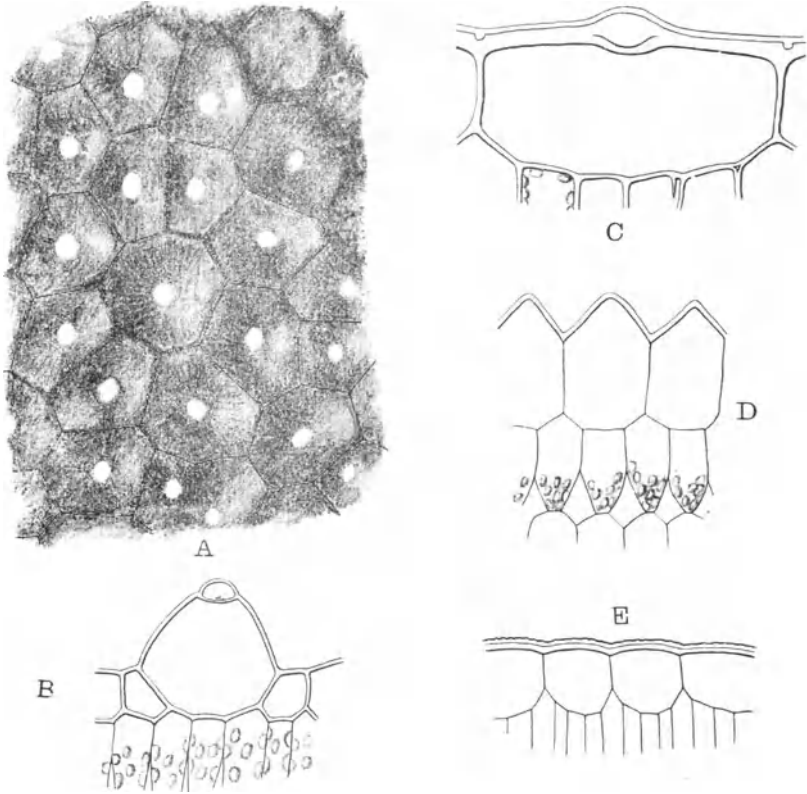


Abb. 215. Einige Strukturen, welche als Lichtsinnesorgane der Pflanzen gedeutet worden sind (nach Haberlandt). **A** Epidermiszellen des Blattes von *Anthurium Maximiliani*, die infolge der Linsenwirkung ihrer hervorgewölbten Außenstände nur im Mittelpunkt der Innenwand hell beleuchtet sind. **B** Epidermis 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.

Licht bei veränderter Lage des Organes auf einen Teil des Zellenplasmas konzentriert wird, der bei der normalen Lage zum Licht nicht direkt beleuchtet wird (Abb. 215). 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 Perzeption der Richtung des Lichtes zu vermitteln.

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 Plasmas durch die Plasmaverbindungen 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.

## II. Die Fortpflanzung.

Die Pflanzen besitzen eine sehr verschiedene Lebensdauer. Bei den Blütenpflanzen unterscheidet man monokarpische (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. Monocarpisch 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*, die 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 Laubsprosse, die 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 erreichten. 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 Individuums 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. Wir können unter ihnen 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: die 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 Vereinigung zweier Zellen eingeleitet wird; zwei aus dem Vegetationskörper der Elternpflanzen hervorgehende Geschlechtszellen (Gameten), welche durch besondere Ausbildung von den vegetativen Zellen verschieden sind, vereinigen sich zu einem einheitlichen Zellgebilde, das durch Wachstumsvorgänge zur Entstehung eines neuen Individuums führt. Bei der Entstehung neuer Individuen auf ungeschlechtlichem Wege stellt dagegen eine Zelle oder eine Gruppe von Zellen, die 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 übrigen Zellen der Mutterpflanze unterschieden und durch ihre Organisation dem Zwecke der Fortpflanzung und Vermehrung 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, das 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 Abb. 216 A abgebildete *Cosmarium* gehört, haben einen sehr regelmäßig geformten Körper. Die Zellwand ist aus zwei

symmetrischen Hälften zusammengesetzt, welche, wie in der Abbildung, oft nur durch eine schmale Verbindungsstelle, den Isthmus, miteinander in Zusammenhang stehen; der lebende Zellinhalt, das Plasma, in dem 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 Quer-

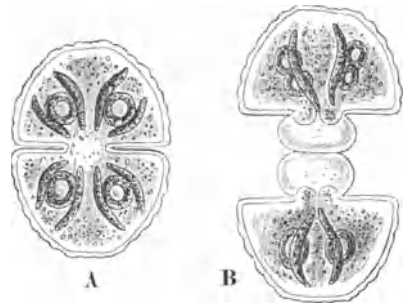


Abb. 216. **A** *Cosmarium Botrytis*, eine einzellige Grünalge ( $500\mu$ ). **B** dieselbe in Zweiteilung begriffen.

wand 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 (Abb. 216 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, Hormogonien, zerfallen, die zu neuen Fäden auswachsen. Für die Auflösung des Vegetationskörpers in Teilstücke, die 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, die 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 Verbands mit der Mutterpflanze gelöst. Die Bildung von Ausläufern stellt einen Übergang 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 ihre Spitzen zu reservestoffreichen Knollen an, die erst nach einer Ruheperiode austreiben und neue Pflanzen hervorbringen (vgl. S. 30).

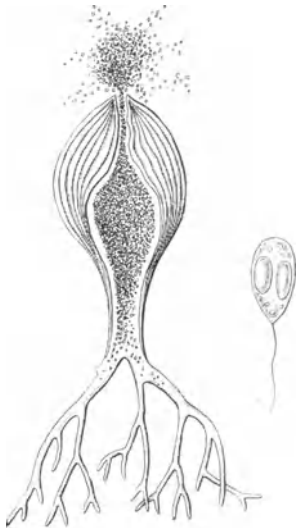


Abb. 217. Schwärmsporenbildende Pflanze von *Botrydium granulatum*. Die Schwärmsporen treten am Gipfel aus (<sup>20</sup><sub>1</sub> nach Woronin). Daneben eine einzelne Schwärmspore stärker vergrößert.

**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, zur Bildung neuer Pflanzen führen.

Nach der Beschaffenheit der Sporen können wir unterscheiden zwischen Schwärmsporen (Zoosporen, Planosporen), die mit eigenen Bewegungsorganen Ortsbewegungen ausführen, und Sporen ohne Bewegungsorgane (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 feine Wimperfäden, Cilien, die einzeln oder zu mehreren an einem Punkt 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 (Abb. 217). Der ganze Vegetationskörper dieser kleinen einzelligen Alge wird zum Sporangium. Der Plasmahalt des oberirdischen kugelförmigen Teiles wird in zahlreiche gleichartige Portionen zerlegt, die 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.

Sporen ohne Cilien 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 feuchten organischen Substanzen sich einfindet. Der Pilz besteht aus einem zarten, vielfach verzweigten Mycel, das sich in und auf dem Substrat ausbreitet (Abb. 218A). Von dem Mycel erheben sich einzelne senkrecht gestellte Äste, die an ihrem oberen Ende eine kugelförmige Zelle als Sporangium abgliedern. Der Inhalt dieser Zelle teilt sich in zahlreiche Portionen, die Sporen, die sich mit einer Membran umgeben (Abb. 218B). Bei der Reife der Sporen wird die Sporangienwand zersprengt und die Sporen können direkt zu neuen Mycelien auswachsen.

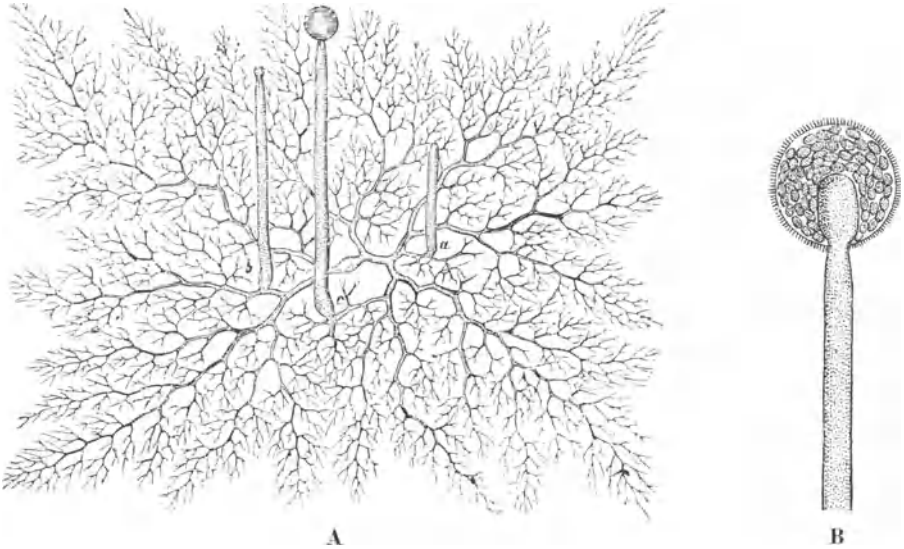


Abb. 218. **A** ein junges Exemplar von *Mucor*; *a*, *b*, *c* Sporangienäste in verschiedenen Entwicklungsstadien (nach Kny). **B** ein Sporangium im optischen Längsschnitt (stärker vergrößert).

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 (Abb. 219), deren sehr ausgiebige Vermehrung, wie wir gesehen haben, durch vegetative Zweiteilung erfolgt. Die Sporenbildung hat hier für die Vermehrung der Individuenzahl keine 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 sie gegenüber dem in 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 (Abb. 220). 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

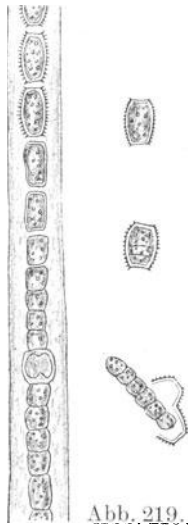


Abb. 219.

Fadenstück der Spaltalge *Spermocira hallensis*; die oberen Zellen bilden Dauersporen. Rechts daneben einzelne Sporen in verschiedenen Keimungsstadien (<sup>4/10/1</sup> nach Janczewski).

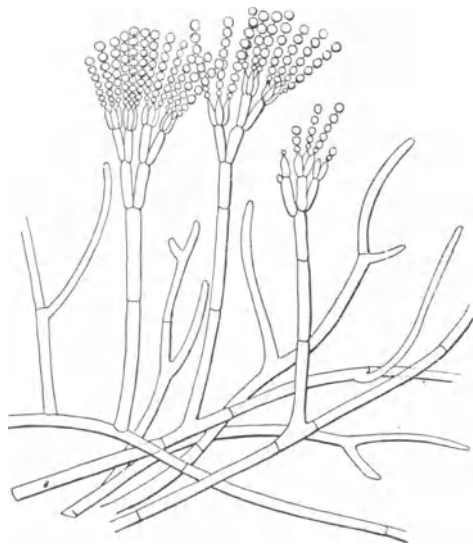


Abb. 220. Ein Teil eines Schimmelrasens stark vergrößert. Die kriechenden Fäden des Schimmelpilzes (*Penicillium*) tragen aufrechte Äste, an denen graugrüne, perlschnurartige aneinandergereihete Conidien in ungeheurer Menge abgeschnürt werden.

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.

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 (Abb. 221 A b), aus deren Grunde fortgesetzt Zellreihen hervorwachsen, die sich unter Zellteilung an ihrem oberen Ende stark verbreitern und zu baßgeigenförmigen Zellkörpern werden (Abb. 221 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, die sich an der vom Licht abgewendeten Seite aus dem Körper der Brutknospen entwickeln. Manche belätterten 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 bil-

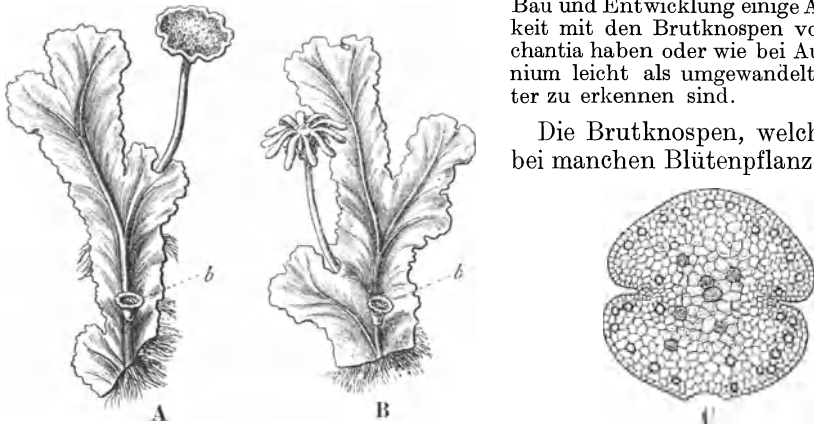


Abb. 221. A und B Sprosse von *Marchantia*. Bei b Brutbecherchen, welche Brutknospen enthalten. C eine einzelne Brutknospe stark vergrößert.

den, 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 Sproßscheidung der neuen Pflanze auswächst.

Die 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* (Abb. 222) sind gleichfalls Achselknospen, deren Achse und Blattanlagen zum Reservestoffbehälter umgewandelt sind. Ebenso sind bei den in Abb. 45 abgebildeten unterirdischen Brutknospen von *Saxifraga granulata* die Reservestoffe abgelagert.



Abb. 222. Sproßstück von *Dentaria bulbifera* mit Brutknospen.

in der Sproßachse und in den Blattanlagen

## 2. Die geschlechtliche Fortpflanzung.

Das charakteristische Merkmal der geschlechtlichen Fortpflanzung besteht in dem Vorgang der Verschmelzung zweier Geschlechtszellen (Gameten). Die näheren Umstände, unter denen dieser als Befruchtung bezeichnete Vorgang sich vollzieht, die Beschaffenheit der Geschlechtszelle 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 Geschlechts-



zellen 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 enthält, 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 bezeichnet man die regelmäßige Aufeinanderfolge dieser Lebensformen im Entwicklungsgang als **Generationswechsel**.

#### a) Die geschlechtliche Fortpflanzung der Lagerpflanzen.

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 Geschlechtszelle (Spermatozoid, Sperma) und weiblichem Ei (Oosphaere) erkennbar wird. Wir können danach die Befruchtungsvorgänge der Thallophyten in zwei durch Übergänge verbundene Gruppen bringen. 1. Die isogame Befruchtung besteht in der Verschmelzung zweier an Gestalt, Größe und Ausbildung gleicher 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 (Oospaere) dar, das aus dem Inhalt einer als Oogonium bezeichneten Zelle hervorgeht. Das bei der Befruchtung entstehende Verschmelzungsprodukt heißt Oospore.

Es ist im hohen Grade wahrscheinlich, daß auch bei der isogamen Befruchtung die miteinander verschmelzenden Gameten innerlich stets wesensungleich, also geschlechtlich verschieden sind.

Ein Beispiel für isogame Befruchtung bietet uns die Kraushaaralge, *Ulothrix* (Abb. 223 A). Die kurzen Zellen, aus denen ihre zylindrischen, unverzweigten Fäden bestehen, enthalten im vegetativen Zustande in ihrem Plasma einen band- oder plattenförmigen Chlorophyllkörper. Eine ungeschlechtliche Fortpflanzung wird durch birnförmige Schwärmsporen mit vier Cilien vermittelt, welche zu zweien in einer vegetativen Zelle entstehen. Wenn die Pflanze zur geschlechtlichen Fortpflanzung schreitet, so teilt sich der gesamte Inhalt der zu Gametenbehältern (Gametangien) werdenden Zellen nach vorausgegangenem

Kernteilungen in sechzehn Portionen, die durch eine Öffnung 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 (Abb. 223, 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 die Zygote die Cilien. Sie umgibt sich mit einer neuen Zellwand (5) und überdauert als Zygospore die Zeit der Vegetationsruhe. Bei der Keimung bringt sie ungeschlechtliche Schwärmsporen hervor, die 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. 195 geschilderte Sporenbildung;

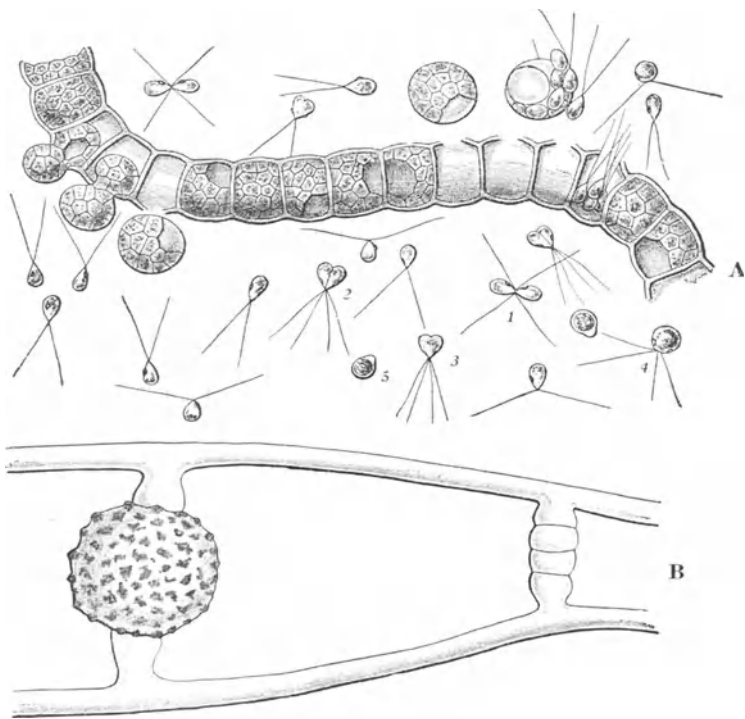


Abb. 223. A Gametenkopulation bei *Ulothrix*. B Zygosporenbildung bei *Mucor*.

gelegentlich aber kommt bei ihnen eine geschlechtliche Fortpflanzung zustande (Abb. 223B). Zwei Äste des verzweigten Myceliums, welche sehr reichlich mit Plasma versehen sind, wachsen direkt gegeneinander, bis sie sich mit den Spitzen berühren. Ihre keulenförmigen Enden, die durch eine Querwand von dem übrigen Mycel abgegrenzt werden, schwellen an, und indem an der Berührungsstelle die Zellwand aufgelöst wird, verschmelzen diese beiden Zellen zur Zygote, die 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 keimt, wenn wieder günstige Wachstumsbedingungen eingetreten sind. Der Keimfaden 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 zylindrischen Zellen der grünen Fadenalge *Spirogyra* (Abb. 224A) enthalten in ihrem Plasma einen Zell-

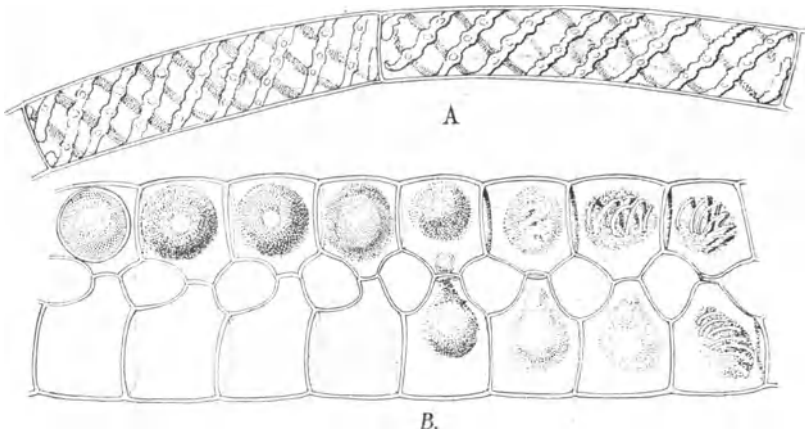


Abb. 224. Fadenstücke von *Spirogyra*. vergrößert. **A** Zellen im vegetativen Zustande. **B** Zellen zweier benachbarter Fäden in verschiedenen Stadien der geschlechtlichen Vereinigung.

kern und ein oder mehrere spiralig gewundene, der Wand anliegende Chlorophyllbänder. Bei der Zygosporenbildung (Abb. 224B) werden in typischen Fällen an den Zellen der parallel nebeneinanderliegenden Fäden Ausstülpungen gebildet, welche 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 Plasmakörper 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. Der diploide Keimkern teilt sich vor der Keimung unter Reduktion der Chromosomen in vier Einzelkerne, 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 hinbewegt, 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, in dem sich eine oder mehrere Eizellen entwickeln. Das 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, der 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 (Abb. 225).

Sehr deutliche Übergänge 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 gleichgestalteter Schwärmzellen (Planogameten) mit allen Übergangsstufen bis zur Befruchtung ruhender Eizellen durch Spermatozoiden, wobei oft ganz nahe verwandte Formen verschiedenes Verhalten zeigen.

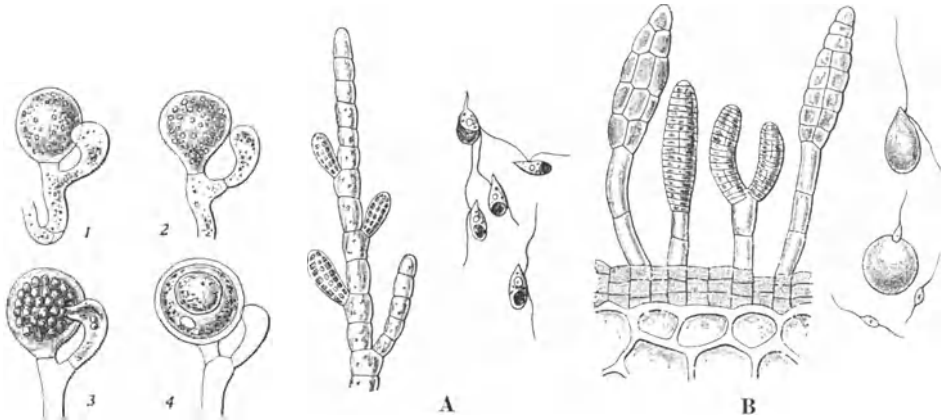


Abb. 225. 1—4 aufeinanderfolgende Stadien der Oosporenbildung bei *Pythium gracile* (ca.  $\frac{800}{1}$  nach De Bary).

Abb. 226. **A** Fadenast von *Ectocarpus* mit Gametenbehältern. Rechts daneben ein weiblicher Gamet, der von männlichen umschwärmt wird. **B** Stück der Oberfläche des Thallus von *Zanardinia* mit Gametenbehältern. Rechts daneben männliche und weibliche Gameten.

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 verschiedenes Verhalten zeigen (Abb. 226 **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.

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 *Zanardinia* (Abb. 226 **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 Äste erfahren nur wenige Teilungen, so daß die aus ihrem Inhalt hervorgehenden weiblichen Gameten die männlichen vielmals an Größe übertreffen. Die weiblichen Gameten besitzen, wie die männlichen, zwei Cilien an ihrem birnförmigen Körper. Sie behalten diese 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 *Zanardinia* 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. So gehört z. B. zu *Cutleria* die früher als *Aglazonia* unterschiedene Alge als zweite Generation.

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

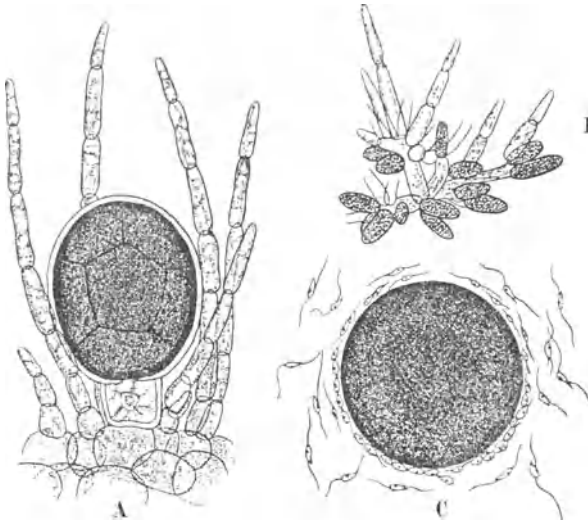


Abb. 227. Geschlechtsorgane von *Fucus* (nach Thuret). **A** Oogonium, in welchem acht Eizellen gebildet werden. ( $160\times$ ) **B** verzweigte Fäden mit Antheridien aus einem Conceptaculum. ( $160\times$ ) **C** ein reifes Ei, welches von Spermatozoiden umschwärmt wird (stärker vergrößert).

kerne, 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 Meeresalgen, welche einen laubartigen, reichlich dichotomisch verzweigten Thallus und ein wurzelähnliches Haftorgan besitzen. Die Geschlechtsorgane befinden sich am Ende einzelner Thalluslappen in grubigen Vertiefungen (Conceptacula). Es sind zweierlei Arten von Geschlechtsorganen vorhanden, die Antheridien, in denen Spermatozoiden entstehen, und die Oogonien, in denen sich die Eizellen ausbilden. Die Antheridien sind die einzelligen Enden verzweigter Fadenäste, welche aus der Wand des Conceptaculums entspringen. Der Inhalt derselben zerteilt sich in sehr zahlreiche Portionen, die je einen sehr kleinen männlichen Gameten 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 Conceptaculums stehen. Ihr Inhalt teilt sich in acht nackte Zellen, die, solange sie im Oogonium liegen, durch gegenseitigen Druck polygonal erscheinen. Später werden die Zellen aus dem Oogonium befreit und vor die Öffnung des Conceptaculums hinausgedrängt und stellen dann jede ein kugelig abgerundetes Ei dar. Ganze Scharen der vielmal kleineren Spermatozoiden 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 Algenthallus 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 Algenthallus 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 Thallophten 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 (Abb. 228).

Der Thallus von *Coleochaete* besteht aus verzweigten Zellfäden, die zu einer flachen Scheibe angeordnet sind; aus einzelnen 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, die 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 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

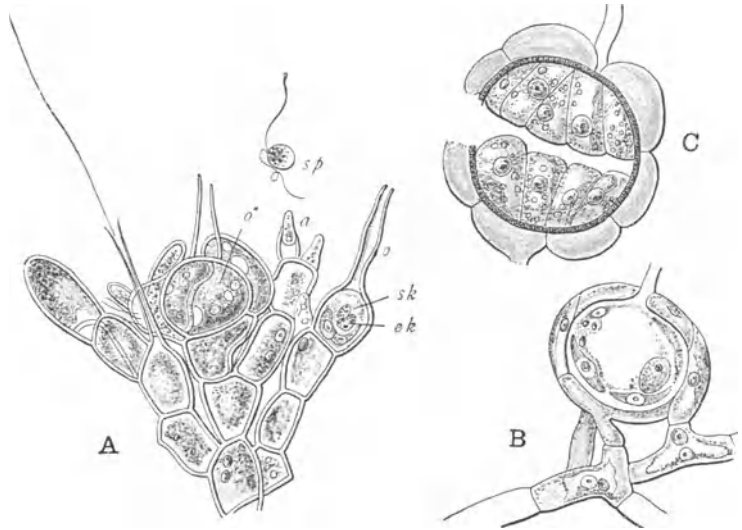


Abb. 228. Fortpflanzung von *Coleochaete*, stark vergrößert (nach Pringsheim). **A** Ein Stück des Vegetationskörpers der Alge mit Oogonien *o'*, *o''* und Antheridien *a*. *sp* ein Spermatozoid. In dem Oogonium *o'* ist neben dem Eikern *ek* noch der Kern des durch den Halsfortsatz eingedrungenen Spermatozoids *sk* sichtbar. **B** Befruchtetes Oogonium mit den Berindungsästen. **C** Gekeimte Oospore; der Inhalt hat sich in 8 einkernige Zellen geteilt.

Zellhaut und vergrößert sich noch beträchtlich durch Wachstum. Aus der das Oogonium tragenden Zelle sprossen seitliche Äste hervor, die sich dicht an den Bauchteil des Oogoniums anschmiegen und die Oospore mit einer 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 unter Chromosomenreduktion in acht Zellen teilt, die als Planosporen ausschwärmen und zu neuen Pflanzen heranwachsen.

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 (Abb. 229) aus einer einzigen Zelle, die 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 Empfängerapparat dient, wird Trichogyn genannt. In anderen Fällen werden Trichogyn und Karpogon von verschiedenen Zellen gebildet. Die Antheridien sind entweder einzelne Endzellen der Thalluszweige, oder sie bilden dicht gedrängt stehende Zellgruppen am Ende einzelner Thallusäste. In ihnen entstehen in Einzahl oder Mehrzahl die männlichen Gameten, hier Spermastien genannt, deren Plasma 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 zu dem Trichogyn geschwemmt werden und sich an ihm festsetzen. Durch Auflösung der Zellwände an der Berührungsstelle wird eine offene Verbindung hergestellt, 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

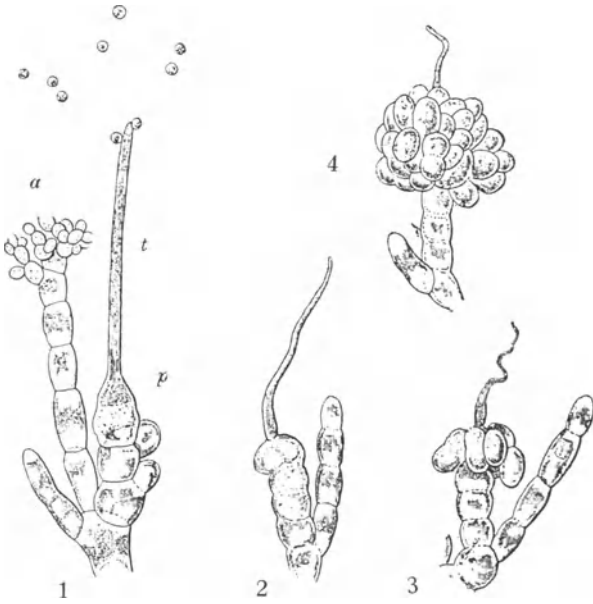


Abb. 229. *Nemalion multifidum*. 1 Thallusäste mit Antheridien *a* und Prokarp; *p* Karpogon, *t* Trichogyn desselben. 2—4 Entwicklung des Prokarps nach der Befruchtung (400/1 nach Bornet und Thuret).

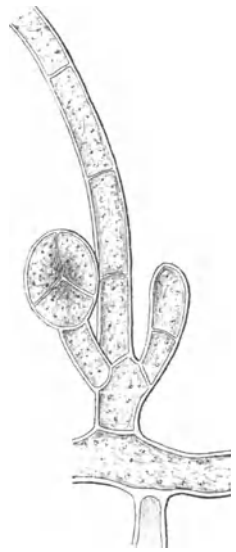


Abb. 230. Zweigstück von der Floridee *Lejolisia mediterranea*, an welchem links ein Tetrasporangium steht (250/1 nach Bornet).

Gebilde wird als Sporenfucht 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 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 Abb. 229 abgebildeten *Nemalion* auf die befruchtete Karpogonzelle beschränkt. Auf die Kernschmelzung 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 Sporenfucht und demnach auch die Karposporen sind diploid. Die aus ihnen hervorgehende diploide Pflanze trägt keine Geschlechtsorgane sondern nur Sporangien, meist Tetrasporangien (Abb. 230), 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 Sporenfucht bereits der Diplophase angehört.

Bei den höheren Pilzen, denen zeitweilig eine geschlechtliche Fortpflanzung gänzlich abgesprochen wurde, ist gleichfalls ein Phasenwechsel im Entwicklungsgang nachzuweisen. *Pyronema confluens* ist ein Pilz, der auf Brandstellen in Wäldern kleine gesellig gedrängte fleischrote Fruchtkörper 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 Berührungsstelle 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 (Abb. 120 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 Mycelzells 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 Mycelzells, 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 (Abb. 120 B).

### b) Die geschlechtliche Fortpflanzung der Archegoniaten.

Bei den Moosen, Gefäßkryptogamen und Nacktsamigen (Gymnospermen) treffen wir hinsichtlich des Befruchtungsvorganges in allen wesentlichen Punkten große Übereinstimmung. Auch die Form und Entwicklung des weiblichen Geschlechtsorganes, welches hier Archegonium genannt wird, zeigt bei allen Arten weitgehende Ähnlichkeit, so daß man deshalb diese drei Abteilungen des Pflanzenreiches als die Gruppe der Archegoniaten zusammenfassen kann. Das Archegonium zeigt in den typischen Fällen die Form eines flaschenförmigen Zellgebildes, in dessen Bauchteil die Eizelle liegt (Abb. 231). 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 spiralig eingerollt und trägt als Bewegungsorgane Cilien. Die meist kapselartigen Zellkörper, in denen die Spermatozoiden entstehen, werden auch hier als Antheridien bezeichnet. Bei den Nacktsamigen 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 Ge-



schlechtsorgane, sondern ungeschlechtliche Sporen erzeugt, aus denen durch Keimung neue geschlechtliche Pflanzen hervorgehen. Die ungeschlechtlichen Sporen sind haploid; sie entstehen je zu vier durch Reduktionsteilung aus der diploiden Sporenmutterzelle. 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 Nacktsamigen 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 Nacktsamigen werden die Mikrosporen als Pollenkörner, die Makrosporen als Embryosäcke 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.

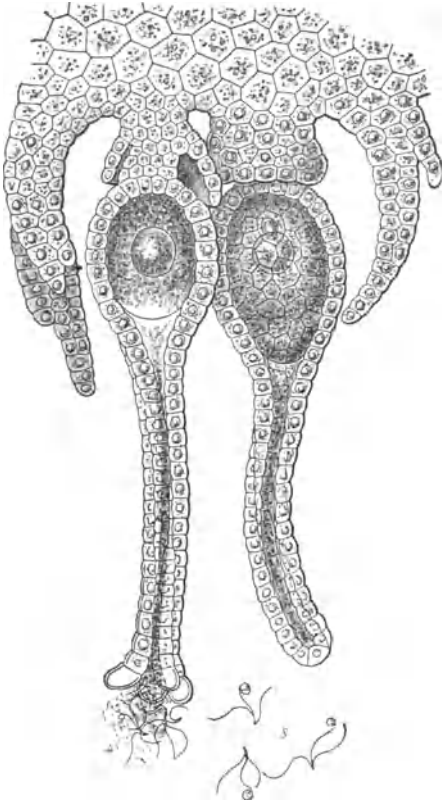


Abb. 231. Zwei Archegonien von *Marchantia*, stark vergrößert (nach Dodel), das eine ist noch geschlossen, das andere wird an seiner geöffneten Halsmündung im Wassertröpfen von Spermatozoiden *s* umschwärmt.

lichen Verzweigungen der Protonemafäden ent- steht später durch Wachstum die eigent- liche 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 sie veranlaßt, in den Halskanal des Archegoniums hinein und bis zum

Bei den Moosen ist die geschlechtliche Generation noch wohl entwickelt. Den Ausgangspunkt der Entwicklung bildet die ungeschlechtlich entstandene Spore. Sie besteht aus einer 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, das Protonema entwickelt. Das Protonema ist durch Rhizoiden im Substrat befestigt und vermag sich mit Hilfe seiner chlorophyllhaltigen Zellen selbständig zu ernähren. Aus der Spitze oder aus seit-

Ei vorzudringen. Durch die Verschmelzung eines Spermatozoids mit der Eizelle wird die Befruchtung ausgeführt. Die ungeschlechtliche Generation, die 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* (Abb. 232) bleibt das reife Sporogonium in dem Archegonienbauch eingeschlossen, bis die Sporen durch 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 Sporenbhälter neben den Sporen gebildet werden, die Ausstreuung der Sporen bewirken. Bei den Laubmoosen bleibt das Sporogonium mit seinem unteren, meist stielförmigen Ende in dem Bauch des Archegoniums stecken und wird von dorthier 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 (Abb. 233). 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 Sporenrufe, bei den Laubmoosen gewöhnlich durch das Abspringen eines

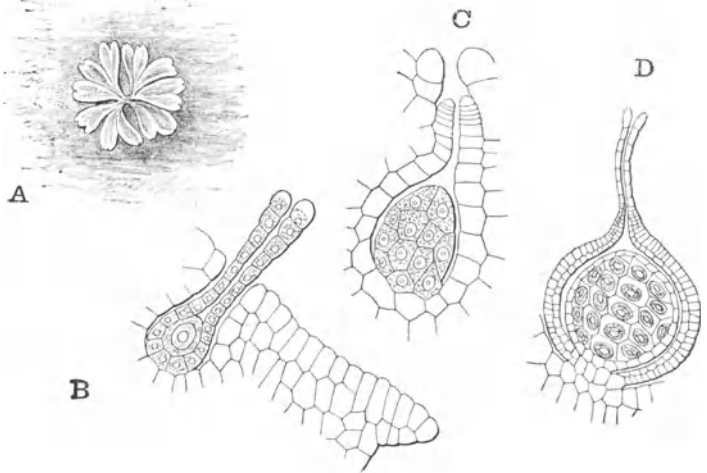


Abb. 232. Das Lebermoos *Riccia*. **A** Vegetationskörper, schwach vergrößert. **B** Schnitt durch den Vegetationskörper, der ein bereits geöffnetes Archegonium getroffen hat. **C** Desgleichen mit einem in einer Grube versenkten Antheridium. **D** Längsschnitt eines Archegoniums, in dessen erweitertem Bauchteile ein junges Sporogonium eingeschlossen ist. **B—D** stark vergrößert.

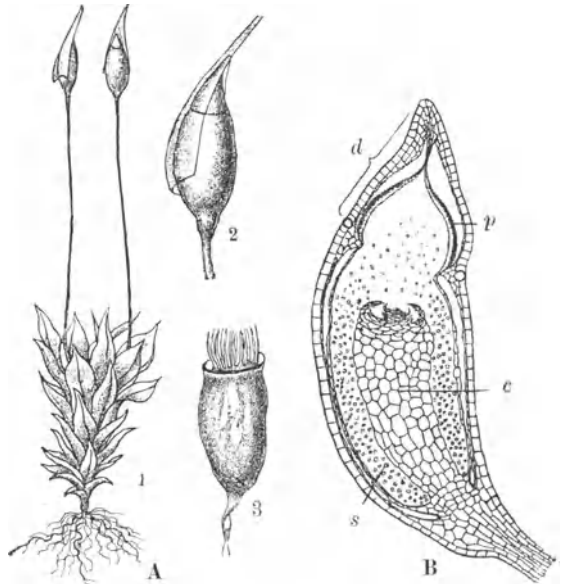


Abb. 233. **A** *Anacalypta*. **1** ein Moospflänzchen, welches zwei Sporogonien trägt. **2** die Kapsel eines Sporogoniums mit Deckel und Haube, stärker vergrößert. **3** dieselbe nach dem Aufspringen. An dem Rande der Kapsel ist das Peristom sichtbar. **B** Längsschnitt durch ein reifes Sporogon von *Rhynchostegium*. **d** Deckel, **p** Peristom, **c** Calumella, **s** Sporen.

Deckelchens. Der Rand der so entstandenen Mündung ist dann oft noch mit einer regelmäßigen Anzahl zierlicher Zähnnchen besetzt, welche man als den Mundbesatz (Peristom) der Kapsel bezeichnet. In vielen Fällen vermittelt und reguliert das Peristom die Sporenausbreitung. Nach der Ausbreitung 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, be-

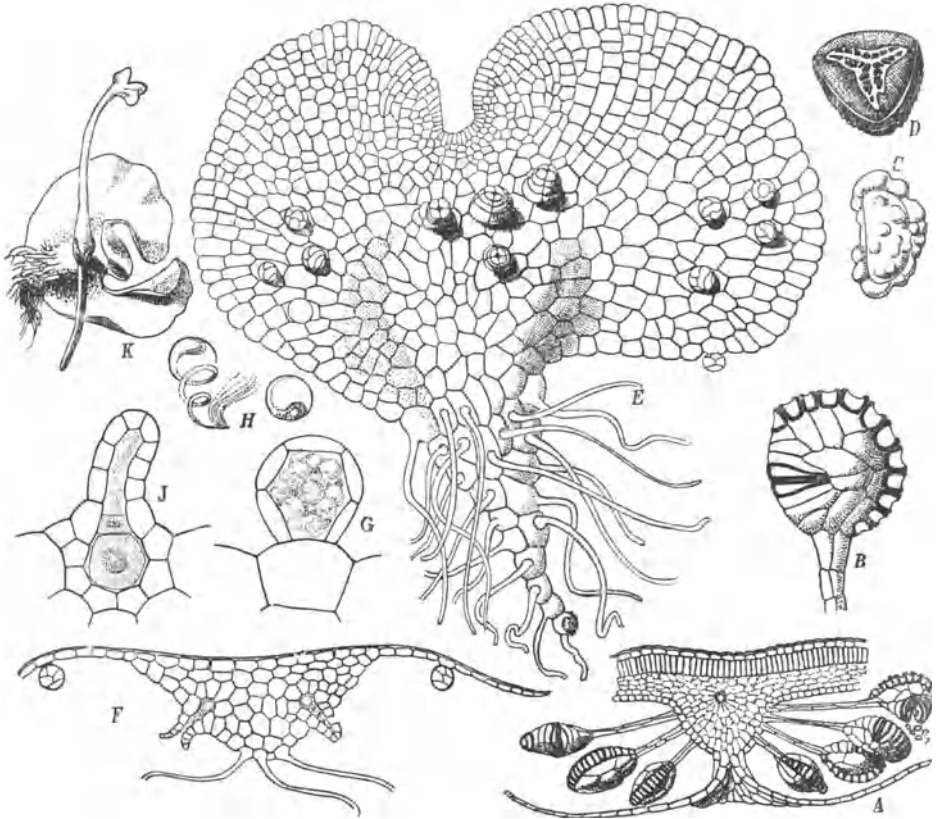


Abb. 234. *Aspidium Filix mas.* **A** Blattquerschnitt mit Sorus. **B** Sporangium. **C** und **D** Sporen. **E** Prothallium. **F** Querschnitt des Prothalliums. **G** Antheridium. **H** Spermatozoiden. **I** Archegonium mit Eizelle. **K** Prothallium mit Keimpflanze. **A E F K** schwach, die übrigen Figuren stärker vergrößert.

wurzelt Sproßgebilde dar. Es 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 (Abb. 234). 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 Spermatozoidmutterzellen wird. Die Befruchtung erfolgt hier wie bei den Moosen durch Vermittlung eines Wasserstropfens, in welchem die Spermatozoiden, durch den aus dem eröffneten Archegonienhals hervordringenden Schleim gereizt, sich zu dem Ei fortbewegen. Nach erfolgter Befruchtung entwickelt sich die Eizelle

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 dorther 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

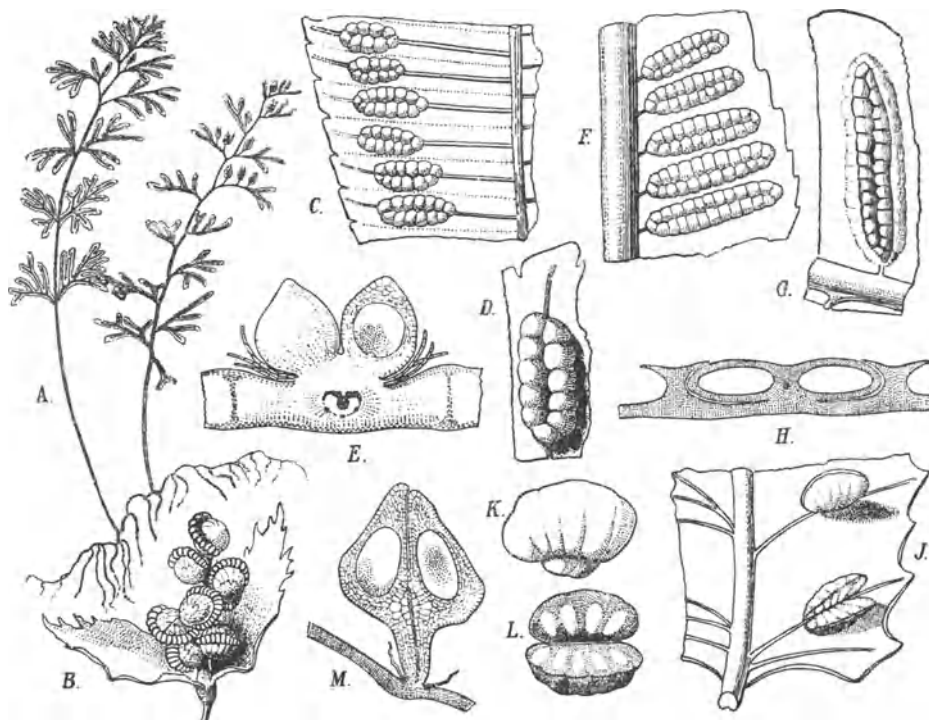


Abb. 235. **A** Hymenophyllum Tunbridgense. **B** Sorus von Hymenophyllum mit Indusium. **C** Blattstück von Angiopteris mit Sori. **D** Sorus stärker vergrößert. **E** Blattquerschnitt mit Sorus. **F** Blattstück von Danaea mit Sori. **G** Sorus stärker vergrößert. **H** Sorus in Querschnitt. **I** Blattstück von Marattia mit Sori. **K** und **L** Einzeler Sorus. **M** Sorus im Querschnitt.

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 (Abb. 234 **A** u. 235). Die Sori sind bei vielen Farnen nackt, bei anderen sind sie durch den umgebogenen Blatttrand bedeckt, oder sie besitzen eine häutige Schutzhülle, das Schleierchen (Indusium). An den Sporangien, die 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 angeordnete Zellgruppe, der Annulus, durch die Ausbildung ihrer Wände ausgezeichnet ist (Abb. 234 **B**). Der Annulus bewirkt das Aufspringen der reifen Sporangien. Die Stelle, an welcher der Reiß

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, die als heterospore Gefäßkryptogamen den homosporen Farne, Schachtelhalmen und Bärlappgewächsen an die Seite gestellt werden, treffen wir zwei verschiedene Arten von Sporen an, die Makrosporen und die Mikrosporen;

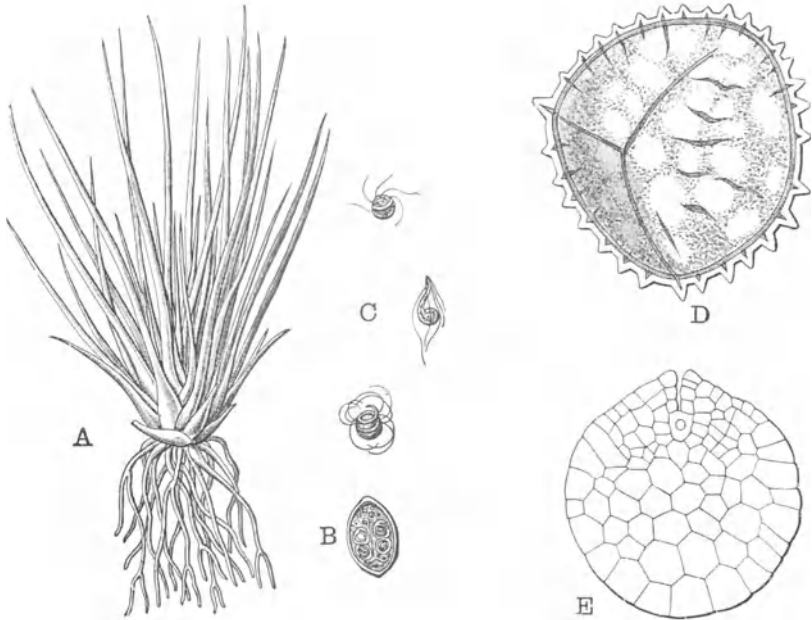


Abb. 236. Das Brachsenkraut, *Isoetes lacustris*. A Ganze Pflanze in natürlicher Größe (nach Luerssen). B Eine Mikrospore, in der sich das rudimentäre Antheridium gebildet hat. C Spermatozoiden. D Eine Makrospore. E Der im Innern der Makrospore gebildete weibliche Vorkeim mit dem Archegonium im Längsschnitt (B—E stark vergrößert).

aus den ersteren gehen Prothallien hervor, die nur Archegonien erzeugen, aus den letzteren solche, die nur Antheridien tragen (Abb. 236). 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 hervorragt. Die Antheridien an den oft auf eine einzige Zelle reduzierten männlichen Prothallien sind meist aus wenigen Zellen gebildet, bisweilen bestehen sie nur noch aus einer einzigen Zelle, deren Inhalt zu Spermatozoidmutterzellen wird. Der Vorgang der Befruchtung bietet nichts Abweichendes dar. Die Embryoentwicklung geht ähnlich wie bei den Farne vor sich. An den erwachsenen Pflanzen stehen die Sporangien, welche je nach der Form der in ihnen erzeugten Sporen als Makrosporangien und 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 Sporokarprien, 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 Makro-

sporangiums hervorgegangenen Mutterzellen gänzlich unentwickelt, während die Tochterzellen einzelner 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 vier Einzelzellen wächst nur eine einzige unter Verdrängung der drei anderen 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 (Abb. 77), 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 und besitzen wie die Sporen der Farne und Moose eine doppelte, aus Exine und Intine zusammengesetzte Wand. In den Samenanlagen entwickeln sich aus einer einzigen Mutterzelle vier haploide Einzelzellen, 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 (Abb. 237 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, der 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 Ähnlichkeit 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 (Abb. 238).

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 den

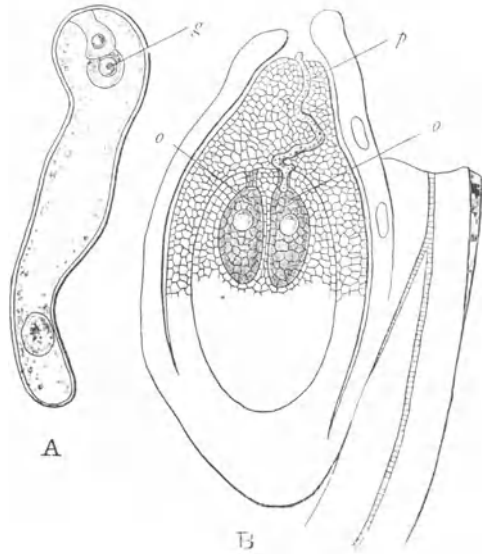


Abb. 237. **A** keimendes Pollenkorn von *Juniperus*, *g* generative Zelle. **B** Längsschnitt durch die Samenanlage eines Nadelholzbaumes. Der Embryosack *e* ist ganz von Endospermgewebe erfüllt. In seinem oberen Ende sind zwei Archegonien sichtbar. Jedes derselben besteht aus einer sehr großen Eizelle *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.

Gewebe der Samenanlage eingeschlossen (Abb. 237 **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 Mykropyle 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 und weibliche Blüten oder doch eins von beiden hervorbringt.

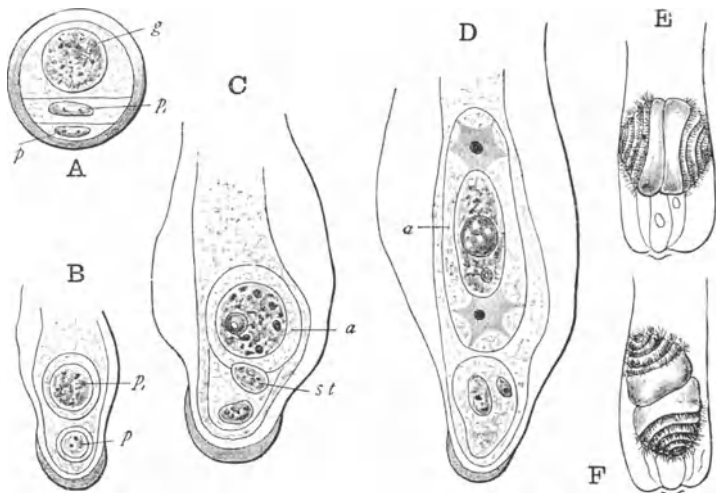


Abb. 238. Die Entwicklung der Spermatozoiden in dem Pollenkorn einer Cycadee (*Cycas*), stark vergrößert (nach Ikeno). **A** Pollenkorn im Beginn der Keimung. *g* der vegetative Kern des Pollenkorns, *p* und *p*, zwei von ihm durch successive Teilung abgeleitete Kerne, *p* repräsentiert den Rest des männlichen Prothalliums, *p*<sub>1</sub> ist der Kern der generativen Zelle. **B** Die Prothalliumszelle *p* und die generative Zelle *p*<sub>1</sub> liegen 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.

Überblicken 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 Farne. Indem aber die die Geschlechtsorgane tragende Generation, welche bei den Moosen vegetativ am mächtigsten entwickelt ist, im Verlauf der aufsteigenden Reihe ihre Selbständigkeit mehr und mehr einbüßt und indem dafür die sporenbildende Pflanze, die 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, die sich unauffällig in den Organen der Blüte abspielen. Eine gedrängte Übersicht der Homologie in dem Generationswechsel der Archegoniaten ist in der nachstehenden Tabelle gegeben.





### c) Die geschlechtliche Fortpflanzung der Angiospermen.

Bei den Bedecktsamigen (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 Exine und Intine, ausgestattet. Die im Fruchtknoten eingeschlossenen Samenanlagen sind Makrosporangien, in denen

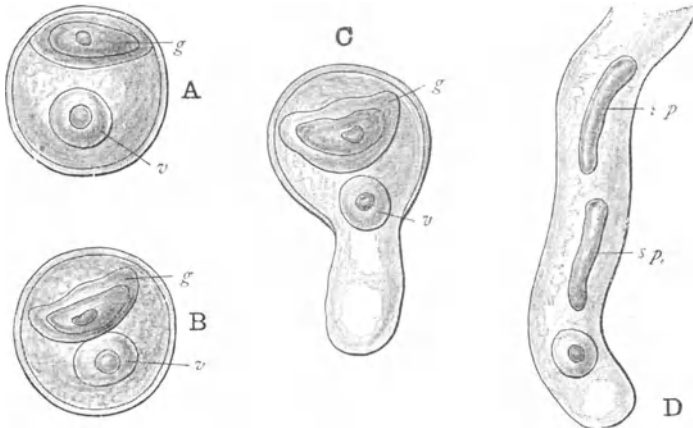


Abb. 239. A—D Entwicklung des Sperma im Pollen einer angiospermen Blütenpflanze. *v* vegetative, *g* generative Zelle, *sp* und *sp*, die aus dem Kern der letzteren hervorgegangenen Spermakerne.

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 Kräfte, meist durch Wind oder Insekten, auf die Narben der Fruchtknoten übertragen.

In der Pollenzelle der Angiospermen wird schon früh eine kleine generative Zelle abgetrennt. Sie ist anfangs durch eine Plasmahautschicht von der vegetativen Zelle getrennt; diese Membran wird aber sehr bald aufgelöst, so daß dann die generative Zelle frei in dem Plasma der vegetativen Zelle liegt (Abb. 239). Die Pollenzelle treibt auf der Narbe des Fruchtknotens einen Pollenschlauch, der durch den Griffel bis in die Mikropyle der Samenanlage vordringt und das aus der generativen Zelle gebildete Sperma in die Nähe der Eizelle leitet (Abb. 240 A).

In dem Verhalten der Pollenkörner besteht, wie man sieht, noch eine gewisse Ähnlichkeit mit den Erscheinungen, die 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 (Abb. 241). In einem gewissen Jugendstadium stellt der Embryosack der Bedecktsamigen eine plasmareiche Zelle mit einem einzigen Zellkern dar, die von dem Gewebe des Nucellus umhüllt ist. Der Embryosackkern teilt sich alsbald; die Tochterkerne rücken ausein-

mit Unterdrückung je dreier haploider Einzelzellen der diploiden Embryosackmutterzelle je eine haploide Makrospore, der Embryosack, ausgebildet wird (Abb. 240 A).

Die sporangientragenden Blattorgane, die Staubblätter und Fruchtblätter,

stehen, wie früher erörtert worden ist, in Blüten, an

ander 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, die an dem zur Mikropyle hin gerichteten Ende des Embryosackes gebildet wurden, ist die eine das Ei (Abb. 241, 50). Die beiden anderen Zellen werden als Gehilfinnen oder Synergiden bezeichnet, sie spielen bei dem Vorgang der Befruchtung insofern eine Rolle, als sie den Übertritt des Spermias aus dem Pollenschlauch in das Ei vermitteln.

Die drei Zellen am entgegengesetzten Ende des Embryosackes bezeichnet man als die Antipoden (Abb. 241, 5a). Sie sind rudimentäre Organe, 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 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 in den Embryosack eindringt (Abb. 240 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 (Abb. 240 B *sk*) und führt, indem er mit

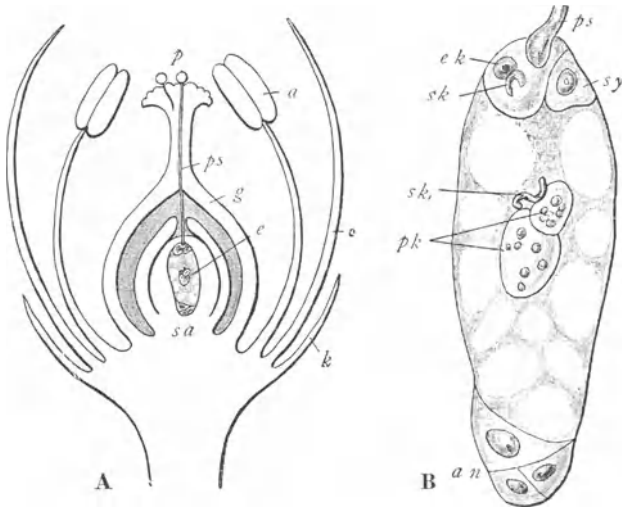


Abb. 240. **A** Längsschnitt einer Angiospermenblüte (Schema). *k* Kelch, *c* Blumenkrone, *a* Anthere, *g* Wand des Fruchtknotens, *sa* die im Hohlraum des Fruchtknotens eingeschlossene Samenanlage mit einem Integument, *e* Embryosack mit Eiapparat, Polkerngruppe und Antipoden, *p* Pollenkörner auf 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*<sub>1</sub> der zweite Spermakern, welcher sich mit den Polkernen vereinigt.

dem Eikern verschmilzt, die Befruchtung aus. Der zweite Spermakörper ( $sk_1$  der Abb.) rückt zur Mitte des Embryosackes und verschmilzt mit den sich vereinigen Polkernen zum sekundären Embryosackkern. Dieses eigentümliche Verhalten des zweiten Spermakörpers der Bedecktsamigen, welches 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 sie weiter verbreitet ist, wenn auch vergebliches Suchen in

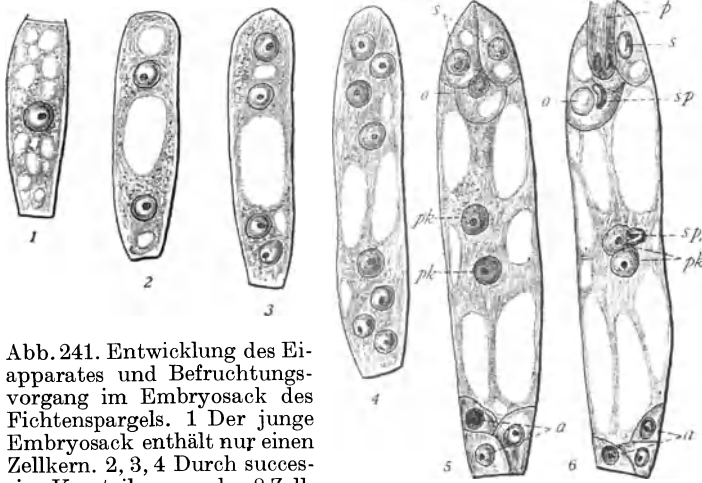


Abb. 241. Entwicklung des Eiapparates und Befruchtungsvorgang im Embryosack des Fichtenspargels. 1 Der junge Embryosack enthält nur einen Zellkern. 2, 3, 4 Durch successive Kernteilung werden 8 Zellkerne gebildet. 5 In der zur Mikropyle gewendeten Spitze des Embryosackes ist der Eiapparat, bestehend 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 zusammengerrückt. Aus dem in den Embryosack eingedrungenen Ende des Pollenschlauches *p* sind zwei Spermakerne *sp* ausgetreten, von denen der eine mit dem Eikern *o* verschmilzt, während der zweite  $sp_1$  sich mit den beiden Polkernen *pk* zum sekundären Embryosack vereinigt.

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 bei der Keimung die 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 dem bald die Sproßspitze und die Anlage der ersten seitlichen Organe, der Kotyledonen, erkennbar werden (Abb. 242).

Durch den Befruchtungsvorgang werden auch an außerhalb des Embryosacks liegenden Organen Entwicklungsvorgänge angeregt. Die Samenanlage ent-

einigen Fällen erkennen läßt, daß sie keine allgemeine Erscheinung ist.

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 Plasma des Embryosackes verteilen, und durch freie Zellbildung wird der ganze

wickelt 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 ihrer Gewebe zur Samenschale sich umbilden. Auch auf die Wandung des Fruchtknotens greift der durch

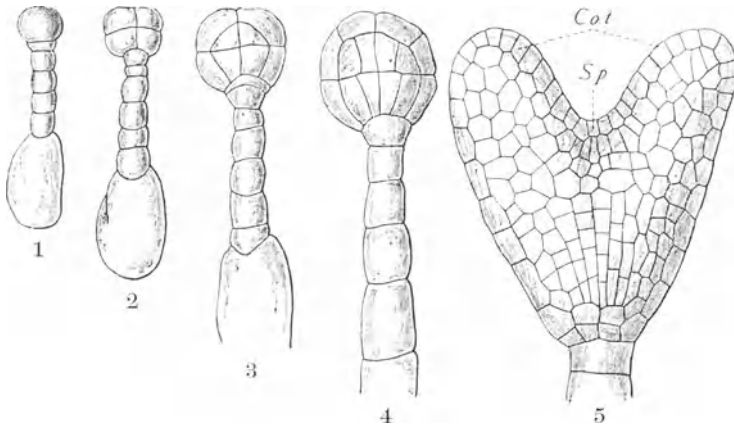


Abb. 242. 1—5 Aufeinanderfolgende Entwicklungsstadien eines dikotylen Embryos. Sp die Anlage der Stammknospe. Cot die Anlage der Kotyledonen. (Stark vergrößert.)

die Befruchtung gegebene Entwicklungsanstoß 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, wobei 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 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 Überreste von Pflanzen erhält, ist das Silur. In ihm wurden nur algenartige Gewächse und keinerlei Anzeichen für das Vorkommen von Gefäßpflanzen gefunden. In dem darauffolgenden Devon treten Landpflanzen auf, die, 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, die dann in dem mit dem Tertiär beginnenden känozoischen Abschnitt der Erdgeschichte mehr und mehr das Übergewicht 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 135000 zu schätzen.

Als weitere Stütze für die Deszendenztheorie kommt ferner in Betracht die Übereinstimmung gewisser von den äußeren Umständen unabhängiger Organisationsmerkmale bei großen Gruppen des Gewächsreiches. Die Gliederung aller höheren Pflanzen in Sproß und Wurzel, die Übereinstimmung in der Anordnung und Entstehungsfolge der Blätter, die gleiche Abhängigkeit der Verzweigung von der Blattstellung bei ihnen, der übereinstimmende Bau der Spaltöffnungen und der Leitbündel 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 Endresultates 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 Pollenkern 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 gebildeten Keim stets ein 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 Ab-

leger 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 Gameten von den Eltern mitbringen, gleichen sich nie vollkommen, ebenso wie ja auch die einzelnen Individuen einer Art niemals an Form und Ausbildung völlig gleich sind. Indem nun in dem Befruchtungsvorgang die Substanz der Sexualzellen und damit auch die von ihnen getragenen erblichen Eigenschaften sich mischen, findet ein Ausgleich der differentiellen Anlagen statt. Hervortretende Merkmale, 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, die beiden Komponenten gemeinsam sind und die 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 den 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, 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 durch die Erkenntnis bekommen, daß die Verteilung eines in den Tochterindividuen gemischten 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 Chromosom  $v$ , die andere Hälfte der Sexualzellen das Chromosom  $m$  enthält. Bei der Befruchtung werden dann die Sexualkerne zu zweien kombiniert. Nach der Wahrscheinlichkeitsrechnung wird ein Viertel der Keimkerne die

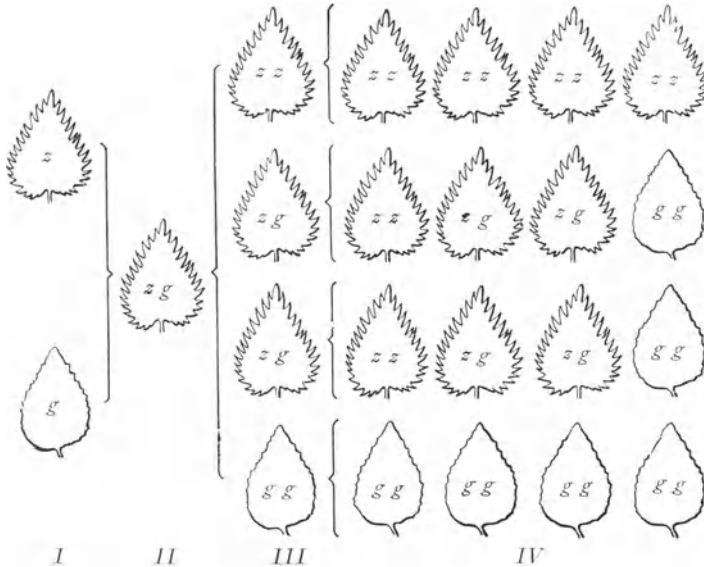


Abb. 243. Schematische Darstellung der Bastardbildung bei *Urtica pilulifera* und *Dodartii*. I Repräsentiert beide Eltern, II den Bastard, III die Nachkommen der Bastardpflanzen, IV die von III abstammenden Nachkommen. Die Buchstaben  $z$  und  $g$  deuten die im Erbgut gegebene Befähigung zur Hervorbringung 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.

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 vorausgegangene 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.

Für die praktische Tier- und Pflanzenzüchtung ist das Studium der Vererbungsgesetze von großer Bedeutung. Man hat damit die Möglichkeit gewonnen, vom Zufall unabhängig aus Rassen, an denen gute und schlechte Eigenschaften gemischt auftreten, solche Nachkommen zu erzielen, bei denen die nutzbaren Eigenschaften erbfest miteinander verbunden sind. So ist es z. B. der schwedischen Pflanzenzüchtung gelungen, aus dem wenig ertragreichen, aber winterfesten Landweizen durch Kreuzung mit einer großährigen, aber

gegen Frost sehr empfindlichen englischen Weizenrasse einen ertragreichen winterharten Weizen zu gewinnen, der für die schwedische Landwirtschaft ungeheuren Nutzen gebracht hat. In Canada hat man durch Erzüchtung einer ertragreichen frühreifenden Rasse des Sommerweizens das Anbauggebiet des Weizens erheblich nach Norden ausdehnen können.

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.

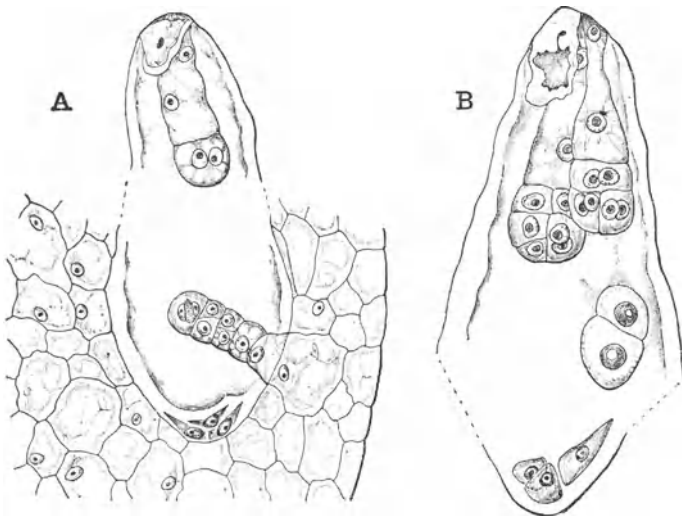


Abb. 244. **A** Embryosack von *Alchemilla sericata*, in welchem neben dem aus der unbefruchteten Eizelle entstandenen Embryo eine vegetative Zelle des Nucellus zum Embryo auswächst. Der mittlere Teil des Embryosacks mit der Polkerngruppe ist zur Raumerparnis in der Abbildung fortgelassen. **B** Embryosack von *Alchemilla pastoralis*. Neben der unbefruchteten Eizelle ist auch eine Synergide zum Embryo geworden. Ein mittleres Stück des Embryosacks ist in der Abbildung fortgelassen. Beide Abbildungen sind sehr stark vergrößert (nach Murbeck).

Der Anstoß zur Weiterentwicklung gewisser tierischer Eier kann auch ohne die Einwirkung des Spermas durch äußere Reize, erhöhte Temperatur, wasserentziehende Mittel gegeben werden. 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 Embryosacks 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 beliebige, 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 (Abb. 244).



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 zygosporenartigen 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. Gänzlichliches Fehlschlagen 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 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 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 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, die zur Ausbildung von keimfähigen Samen den Anstoß gibt. Oft haben 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. Übrigens 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 aber durch seine vollkommene Anpassung an die auf der Narbe gebotenen Verhältnisse so sehr bevorzugt, daß er in der Entwicklung vorausseilt 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.

Über 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 Überlebenden 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.

Nägeli's 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 Weismann's 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 Änderungen der Eigenschaften, die 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.<sup>1)</sup>

#### Systematische Darstellung des Pflanzenreiches.

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 Phanerogamen 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 die Aufgabe, 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 aneinandersetzen. Zu einer systematischen Einheit des natürlichen Systems sollten demnach immer nur solche Gewächse zusammengefaßt werden, die von gemeinsamen Ahnen abstammen. Es hat sich gezeigt, daß diese Forderung durch die Methoden der genetischen Systematik einschließlich der neuerdings angewendeten Serodiagnostik nicht im ganzen Umfange erfüllt werden kann und daß in allen bekannten natürlichen Systemen die oberen systematischen Einheiten nur Begriffskonstruktionen sind, deren Umfang wesentlich von dem systematischen Taktgefühl des betreffenden Systematikers mit bestimmt wird. Dadurch kommt in die Systematik eine Unsicherheit und Unstetigkeit hinein,

---

1) Für eingehendere Studien sind zu empfehlen: Goebel, Systematik und spezielle Pflanzenmorphologie. Leipzig 1882. Warming, Handbuch der systematischen Botanik, deutsche Ausgabe. Wettstein, Handbuch der systematischen Botanik, Leipzig und Wien 1924. Warburg, Die Pflanzenwelt. Leipzig 1916; speziell für die Blütenpflanzen: Eichler, Blütendiagramme. Leipzig 1875, und Solereder, Systematische Anatomie der Dikotyledonen. Stuttgart 1899; und als Nachschlagewerke: Leunis, Synopsis der Pflanzenkunde, Hannover 1883, und Engler-Prantl, Die natürlichen Pflanzenfamilien. Leipzig 1894f. 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: Garcke, Illustrierte Flora von Deutschland, Berlin 1908. und Wünsche-Abromeit, Schulflora von Deutschland. Leipzig 1924. Das letztere Werk umfaßt in seinem I. Band auch die gefäßlosen Kryptogamen; ausführlicher sind diese behandelt in Rabenhorsts Kryptogamenflora, Leipzig. Ein ausgezeichnetes umfanglicheres Werk mit vorzüglicher Ausstattung und mit Abbildungen aller deutschen Gefäßpflanzen ist Hegi, Illustrierte Flora von Mitteleuropa. München 1927. Für Bayern ist zu empfehlen, Vollmann, Flora von Bayern. München 1914.

die es dem Anfänger außerordentlich erschwert, über das Gesamtgebiet des Gewächsreiches eine faßliche Übersicht zu gewinnen. Um zu einem für den Unterricht brauchbaren System zu kommen, das nicht durch jede neue Behauptung oder Ablehnung verwandtschaftlicher Zusammenhänge erschüttert werden kann, wollen wir die Forderung einstämmiger Abstammung nur bei den unteren systematischen Ableitungen von der Art angefangen bis hinauf zu den Pflanzenfamilien gelten lassen. Bei der Zusammenfassung der Familien zu höheren Einheiten, Ordnungen, Reihen, Klassen, Gruppen wollen wir ausdrücklich auf diese Forderung verzichten und ein anderes, weniger unsicheres Moment der Entwicklungsgeschichte, die im Entwicklungsgang erreichte Organisationshöhe als Einteilungsprinzip verwenden.

Die Pflanzenindividuen, die 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 Art (Spezies) angesehen. Die in allen wesentlichen Merkmalen ihres Baues, insbesondere in der Ausgestaltung ihrer Fortpflanzungsorgane verwandtschaftliche Ähnlichkeit zeigenden Arten bilden zusammen eine Gattung (Genus). Jeder Pflanze kommt demnach als wissenschaftliche Bezeichnung ein lateinischer Doppelname zu, der sich aus dem Gattungs- und Artnamen zusammensetzt, z. B. *Viola odorata*, wohlriechendes Veilchen.

Gattungen, die durch die Übereinstimmung in gewissen Merkmalen verwandtschaftliche Beziehungen erkennen lassen, werden zu Pflanzenfamilien vereinigt. Die so als Verwandtschaftseinheiten gebildeten Pflanzenfamilien werden nach der Organisationshöhe, welche die Entwicklungsreihen in ihnen erreicht haben, zu größeren Verbänden vereinigt. Wir kommen so zu fünf Hauptgruppen:

Gruppe I. **Lagerpflanzen**, Thallophyta, umfaßt alle Entwicklungsreihen der Pflanzen, die in der Ausgestaltung ihrer Geschlechtsorgane noch nicht bis zur Bildung von Archegonien fortgeschritten sind.

Gruppe II. **Moospflanzen**, Bryophyta, schließt alle Archegoniaten zusammen, die in der Differenzierung des Gewebes ihres Sporophyten noch nicht die Ausbildung von Leitbündeln mit Gefäßteil und Siebteil erreicht haben.

Gruppe III. **Farnpflanzen**, Pteridophyta, wird von den Gefäßpflanzen gebildet, die in der Metamorphose der Sexualsprosse noch nicht bis zu typischer Blütenbildung gelangt sind.

Gruppe IV. **Nacktsamige**, Gymnospermae, enthält diejenigen Blütenpflanzen, deren Fruchtblätter noch nicht zum Fruchtknoten verwachsen sind.

Gruppe V. **Bedecktsamige**, Angiospermae, endlich umfaßt die Gesamtheit der Blütenpflanzen, bei denen die Samenanlagen in Fruchtknoten eingeschlossen sind, die zu Früchten werden.

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 Thallo-

phyten oder Lagerpflanzen stehen alle übrigen Gruppen, bei denen durchgehends ein typischer Sproß auftritt, als **Cormophyta** oder **Sproßpflanzen** gegenüber.

Wenn wir die von uns unterschiedenen fünf Gruppen des Gewächsreiches vom Standpunkt der genetischen Systematik betrachten, so ergibt sich, daß die Gruppe der Lagerpflanzen zweifellos eine Sammelgruppe verschiedener Entwicklungsreihen darstellt. Sie ist deshalb von Engler in elf Abteilungen, von Wettstein in sechs Stämme aufgelöst worden. Tuzson unterscheidet unter den Lagerpflanzen sogar 17 Entwicklungsreihen. Die Moospflanzen, Farnpflanzen, Nacktsamigen und Bedecktsamigen zeigen dagegen in den Fortpflanzungserscheinungen so weitgehende Homologien, daß sie als Abkömmlinge einer einheitlichen Entwicklungsreihe erscheinen. Es ist aber die Annahme nicht von der Hand zu weisen, daß sich der Fortschritt vom Oogonium zum Archegonium, von der Zellenpflanze zur Gefäßpflanze, von dem Sporangienstand zur Blüte und von den freistehenden Fruchtblättern zum Fruchtknoten in verschiedenen Entwicklungsreihen unabhängig voneinander mehrfach vollzogen haben kann.

## Erste Gruppe: Lagerpflanzen (Thallophyta).

Die Lagerpflanzen 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 Übersicht des Tierreiches gestellt werden.

Wir unterscheiden vier Klassen.

Klasse I: Urpflanzen, Archiphyta, umfaßt die niedersten Formen, deren plasmatischer Zelleib noch keinen typischen Zellkern hat.

Klasse II: Algen, Algae. Die Algen sind durch den Besitz von Zellkern und Chlorophyllkörper in ihren Zellen charakterisiert.

Klasse III: Pilze, Mycetes, schließt die Entwicklungsreihen ein, deren Zellen einen sich mitotisch teilenden Zellkern aber keine chlorophyllführenden Chromatophoren besitzen.

Klasse IV: Flechten, Lichenes, sind Organismen, deren Vegetationskörper symbiotisch aus Pilzfäden und Algenzellen zusammengesetzt ist.

## Erste Klasse: Urpflanzen (Archiphyta).

Die Urpflanzen 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 Ausbildung fehlt. Die Zellwand neigt zur Verquellung und Gallertbildung. Die Fortpflanzung erfolgt ausschließlich auf ungeschlechtlichem Wege, nämlich durch vegetative Zweiteilung. Bei manchen Formen werden Dauersporen gebildet. Man unterscheidet zwei Reihen:

Reihe 1: Spaltalgen, Cyanophyceae; sie sind durch den Gehalt ihrer Zellen an Chlorophyll zu autotropher Ernährung befähigt.

Reihe 2: Spaltpilze, Schizomycetes; sie entbehren des Chlorophylls und sind deshalb meistens auf eine saprophytische oder parasitische Ernährung angewiesen.

### Erste Reihe: Spaltalgen (Cyanophyceae).

Die Spaltalgen 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 Plasmakörpers eigen, während der zentrale Teil der Zelle, der sog. 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

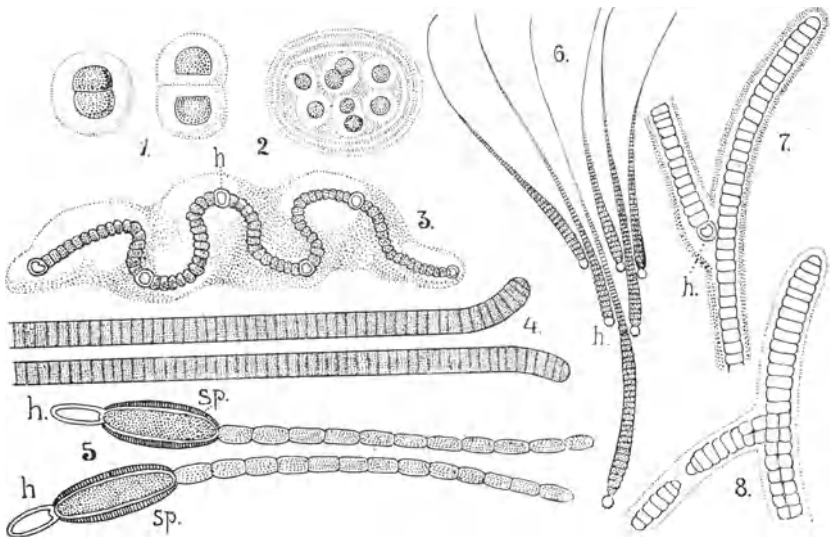


Abb. 245. Spaltalgen (stark vergrößert). 1 Chroococcus. 2 Gloeocapsa. 3 Nostoc. 4 Oscillaria. 5 Cylindrospermum. 6 Rivularia. 7 Tolypothrix. 8 Sirosiphon. *h* Heterocyste, *sp* Spore.

Zellen einzelne gelb gefärbte und abweichend geformte, nicht mehr teilungsfähige „Grenzzellen“ (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. 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.

Familien: Chroococcaceae, Chamaesiphonaceae, Oscillariaceae, Nostocaceae, Scytonemaceae, Sirosiphonaceae, Rivulariaceae.

Die **Chroococcaceen** sind einzellig, oft koloniebildend. Die Gattungen *Gloeocapsa* (Abb. 245, 2), *Chroococcus* (Abb. 245, 1) u. a. bilden häufig dünne, schleimige, spannrüne, bisweilen auch violette oder rote Überzüge 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* (Abb. 245, 4) und *Lyngbya*, deren zylindrische Fäden aus gleichartigen Zellen bestehen und oft in lichten Anhäufungen den Grund mancher verunreinigten Gewässer oder feuchte Erde

überziehen. Im Mikroskop zeigen die Fäden eine eigentümlich gleitende und oszillierende Eigenbewegung.

Die **Nostocaceen** bilden unverzweigte Fäden mit Heterocysten. *Nostoc commune* (Abb. 245, 3), der gemeinste Vertreter findet sich überall auf feuchter Erde in Gestalt schwarzgrüner, welligfaltiger, bis handgroßer 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 (Abb. 245, 5) tritt nicht selten in stehendem Süßwasser und auf feuchter Erde in kleinen, klumpenförmigen Ansammlungen auf.

### Zweite Reihe: Spaltpilze (Schizomycetes).

Die 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,

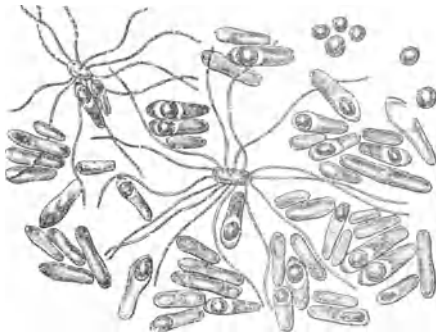


Abb. 246. *Bacillus Pasteurii* (<sup>2000/1</sup>). Vegetative Zellen mit Geißeln und sporenbildenden Zellen sowie isolierte Sporen. (Nach Beijerinck.)

die man als Zooglooen 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 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 Spaltpilze haben Cilien als Bewegungsorgane (Abb. 246). Die Zellwand neigt zur Verquellung und Gallertbildung. Der Zellinhalt ist ohne typischen Kern. Als durchgreifendes Unterscheidungsmerkmal ist der gänzliche Mangel der bei den Spaltalgen auftretenden Farbstoffe Chlorophyll und Phycocyan anzusehen.

Die Bakterien vermehren sich sehr ausgiebig durch Zweiteilung. (Sporenbildung ist nur beim kleineren Teil der Formen beobachtet worden (Abb. 246)). Bezüglich ihrer Ernährung sind sie 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 Aëroben, welche nur bei Gegen-

wart von freiem Sauerstoff gedeihen, fakultative Anaeroben, welche auch ohne freien Sauerstoff auskommen können, und obligate Anaeroben, die bei gänzlichem Mangel freien Sauerstoffes ihre günstigsten Entwicklungsbedingungen finden.

Familien: Coccaceae, Bacteriaceae, Spirillaceae, Leptotrichaceae, Cladothrichaceae.

Die Familie der **Coccaceen** umfaßt u. a. die Gattungen *Micrococcus*, *Streptococcus* und *Staphylococcus*. Die Zellen sind kugelig. *Micrococcus phosphoreus* erzeugt lebhafte 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 Dextringärung entwerthen kann. Zu den pathogenen Coccaceen gehören *Micrococcus Gonorrhoeae*, der Erzeuger der Gonorrhöe, *Staphylococcus pyogenes aureus* (Abb. 247, 1), eine Entzündungsbakterie, die 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 zylindrisch 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* (Abb. 247, 2), *B. Leprae*, *B. Diphtheriae* (Abb. 247, 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* (Abb. 247, 6) erregt den Milzbrand, *B. Mallei* den Rotz, beides Krankheiten unserer Haustiere, die auf Menschen übertragbar sind. Von den für die Nutztiere gefährlichen Arten sind ferner zu nennen *Bacterium Erysipelatos suum*, 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 Uteruskatarrhs das Verwerfen der Kühe herbeiführt, *B. renale*, der Erreger der Pyelonephritis der Kuh; *B. Chauveui*, der Erreger des Rauschbrandes beim Rind, *B. Cholerae suum*, der Erreger der Schweinepest. *B. 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 nichtpathogenen Bacteriaceen gehört *Bacillus prodigiosus*, der bisweilen auf stärkehaltigen Nährstoffen in blutfarbigen Tropfen auftritt (blutende Hostien) *B. subtilis*, der Heubazillus, findet sich regelmäßig in Heuabkochungen ein. *B. vulgaris* ist der häufigste Vertreter der Fäulnisbakterien, der die Zersetzung der Eiweißstoffe unter

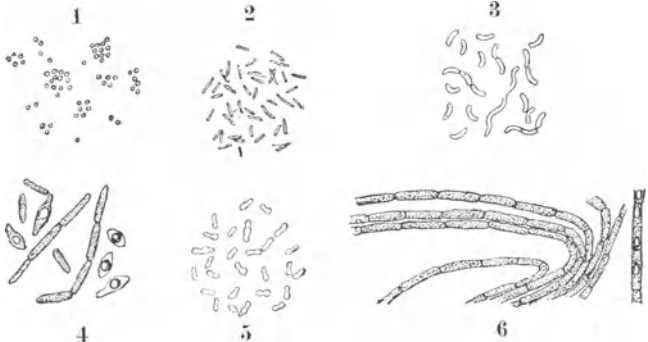


Abb. 247. Spaltpilze ( $1000/\mu$ ). 1 *Staphylococcus pyogenes aureus*. 2 Tuberkelbazillen. 3 *Spirillum Cholerae asiaticae*. 4 *Bacillus amylobacter*, einzelne Exemplare mit Sporen. 5 Diphtheriebazillen. 6 *Bacillus Anthracis*, rechts einige Zellen mit Sporen.



Erzeugung übelriechender Gase herbeiführt. *Bacterium phosphorescens* erzeugt auf toten Fischen eine smaragdgrüne Phosphoreszenz, *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 aceti* gehört zur Gruppe der Essigsäurebakterien, die als Kahlhäute auf alkoholischen Flüssigkeiten auftreten (Essigmutter) und den Alkohol in Essigsäure und Wasser spalten. *Bacterium acidi lactici* ist eine der häufigsten Milchsäurebakterien, die in Milch und in anderen zuckerhaltigen Flüssigkeiten die Bildung von Milchsäuren veranlassen. *Bacillus amylobacter* (Abb. 247, 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 radicola* ist der Mikroorganismus, der als Symbiont die Bakterienknöllchen der Leguminosen bewohnt (vgl. S. 148). 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.

**Spirillaceen** sind schraubig gekrümmte Stäbchen. Zu ihnen gehört *Spirillum Cholerae asiaticae* (Abb. 247, 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 gewonnen werden. Die früher hierher gerechnete Gattung *Spirochaete*, zu der einige gefährliche Parasiten, wie *Spirachaete 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*, deren Arten als äußerst feine, einfache Fäden aus gleichartigen Zellen auftreten. *Leptothrix buccalis* lebt im Zahnschleim des Mundes; *Leptothrix ochracea* und *Crenothrix polyspora* sind sogenannte Eisenbakterien, welche in eisenhaltigen Wässern rostrote flockige Überzüge 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 weißliche, flutende Rassen bilden, sind Schwefelbakterien. Sie zeigen eine eigentümliche Beweglichkeit, die 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 sog. Strahlenpilze stellen, von denen *Actinomyces bovis* als Verursacher einer als Aktinomykose bezeichneten Geschwulst beim Rind, beim Schwein und auch beim Menschen Erwähnung verdient.

Als Heil- und Schutzmittel gegen gewisse von Bakterien verursachte Krankheiten der Menschen und der Haustiere benutzt die ärztliche Wissenschaft Serum, d. i. Blutflüssigkeit von Pferden und anderen großen Haustieren, die gegen die betreffenden Krankheitserreger immunisiert sind. Offizinell sind: Diphtherie-Serum, Meningokokken-Serum,

Tetanus-Serum, Schweinerotlauf-Serum und Geflügelcholera-Serum. Vorwiegend zu diagnostischen Zwecken werden Tuberkuline verwendet, das sind aus Kulturen von Tuberkelbazillen nach Vorschrift gewonnene Flüssigkeiten. Offizinell sind Alt-Tuberkulin, albumose freies Tuberkulin, Perlsucht-Tuberkulin.

## **Zweite Klasse: Algen (Algae).**

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 vier Reihen:

Reihe 1: Panzerträger, Placophora, einzellige Formen, die neben dem Zellkern gelbbraune Chromatophoren enthalten und von einem Panzer aus zierlich gemusterten Platten umhüllt sind.

Reihe 2: Grünalgen, Chlorophyceae, mannigfaltig gestaltete Formen, teils einzellig, teils Zellfäden, Zellflächen oder mehr oder minder reichgegliederte Zellkörper bildend, die in ihren Zellen rein grün gefärbte Chlorophyllkörper enthalten.

Reihe 3: Braunalgen, Phaeophyceae, braune Meeresalgen mit vielzelligen meist stäbchen-, zum Teil gigantischen, oft reich gegliederten Vegetationskörpern, die in ihren Chromatophoren neben dem Chlorophyll einen braunen Farbstoff enthalten und ungeschlechtliche Schwärmsporen und Schwärngameten mit zwei seitlich eingefügten Geißeln hervorbringen.

Reihe 4: Rotalgen, Rhodophyceae, rote Meeresalgen, die in den Chromatophoren neben dem Chlorophyll einen roten Farbstoff führen. Sporen und Gameten sind ohne Geißeln.

### **Erste Reihe: Panzerträger (Placophora).**

Wir unterscheiden zwei Ordnungen:

Ordnung 1: Furchengeißler, Dinoflagellata. Die Zellen tragen zwei ungleichlange und ungleichgerichtete Geißeln, die Platten des Panzers bestehen aus Cellulose.

Ordnung 2: Kieselalgen, Diatomeae. Die Zellen sind unbegeißelt, ihr Panzer ist verkieselt.

#### **Erste Ordnung: Furchengeißler (Dinoflagellata).**

Die Furchengeißler sind mikroskopisch kleine einzellige, im Wasser freibewegliche Lebewesen von unsymmetrischer Körperform, mit einer meist panzerartigen, aus mehreren Platten zusammengesetzten Cellulosemembran. Sie besitzen als Bewegungsorgane eine Längsgeißel, die in der Bewegungsrichtung des Körpers nach vorne oder nach rückwärts gerichtet ist, und eine Quergeißel, die in einer Furche quer um den Körper herumgelegt ist. Im Zellinhalt sind Chromatophoren vorhanden, die 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). Sie sind bei dem Meeresleuchten mit beteiligt.

Wichtigste Familie: **Peridiniaceae**. Zu den Süßwasserformen gehören die in Fig. 248 abgebildeten *Ceratium cornutum*, *Peridinium bipes* und *Glenodinium cinctum*.

#### **Zweite Ordnung: Kieselalgen (Diatomeae).**

Die Kieselalgen haben eine stark verkieselte Zellwand aus zwei ungleich großen Schalen, die wie der Deckel und das Bodestück einer Pillenschachtel ineinander geschoben sind. Man kann danach an jedem Individuum zwei

Hauptansichten unterscheiden: die Schalenseite (Abb. 249, 1 links), welche eine Schale von der Fläche zeigt, und die Gürtelbandsseite (Abb. 249, 1 rechts), an welcher die ineinander geschobenen Ränder der beiden Schalen sichtbar sind. Der Zellinhalt weist im Plasma neben einem Zellkern körnchen- und plattenförmige Chromatophoren auf, welche Chlorophyll und einen gelbbraunen Farbstoff (Diatomin) enthalten. Stärke wird in der Diatomeenzelle nicht gebildet; als Reservestoff treten häufig Öltropfen auf. Nach Gestalt und Zeichnung der Schalen unterscheidet man zwei Unterabteilungen: Die Pennatae haben längliche, meist kahn- oder stabförmige Gestalt mit fiederförmigen Skulpturen auf der Schalenseite (Abb. 249, 3—7); die Centricae sind meist kreisrund, scheiben- und trommelförmig und auf der Schalenseite mit radiären, auf einen organischen Mittelpunkt bezogenen Skulpturen versehen (Abb. 249, 2).

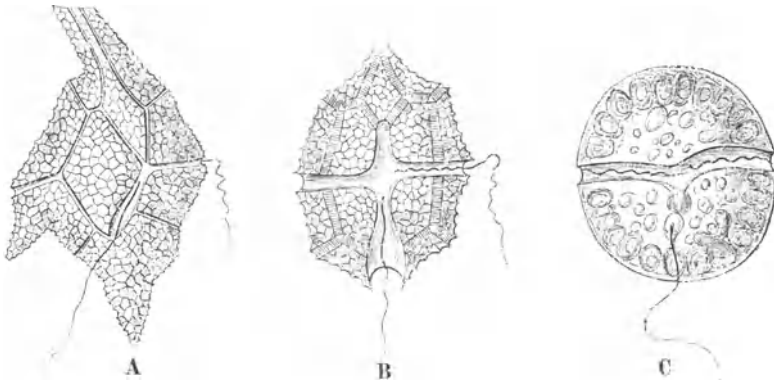


Abb. 248. Peridinaceen (sehr stark vergrößert). **A** *Ceratium cornutum*. **B** *Peridinium bipes*. **C** *Glenodinium cinctum*.

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 Gallert-hülle zu normaler Größe heranwachsen und sich mit neuen Kieselschalen umhüllen. Bei den Pennatae ist die Auxosporenbildung mit dem Phasenwechsel verknüpft; die Auxosporenmutterzelle 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 Diatomeen sind selbstbeweglich. Freilebende Arten bilden einen beträchtlichen Anteil der Schwebeflora (Plankton). Einige sind mit Gallertstielen am Standort befestigt. Die unzerstörbaren Kieselschalen der Kieselalgen 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 Abb. 249, 2 abgebildete *Cyclotella* zeigt. Auch bei den **Fragillariaceen** sind körnige Farbstoffträger vorhanden, die Schalen sind aber bilateral gebaut, z. B. *Diatoma* (Abb. 249, 6)

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 Abb. 249, 3 abgebildete Gattung *Gomphonema*, deren Individuen auf verzweigten Gallertstielen festsitzen. Bei den **Surirella-**

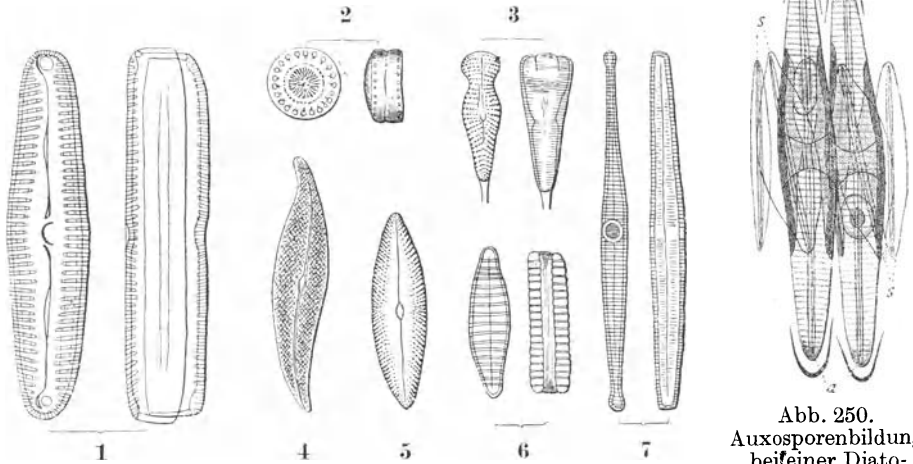


Abb. 249. Kieselalgen (vergrößert). 1 *Pinnularia viridis*. 2 *Cyclotella operculata*. 3 *Gomphonema constrictum*. 4 *Pleurosigma Aestuarii*. 5 *Navicula palpebralis*. 6 *Diatoma vulgare*. 7 *Synedra pulchella*. Wo eine Art durch zwei Abbildungen dargestellt wird, ist links die Schalenseite, rechts die Gürtelbandseite gezeichnet.

ceen 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* (Abb. 249, 7) gehört zu dieser Familie.

Die **Naviculaceen** endlich haben zwei seitlich gestellte Farbstoffplatten. Hierher gehören die in Abb. 249, 1, 4 und 5 abgebildeten Gattungen *Pinnularia*, *Pleurosigma* und *Navicula*. *Pleurosigma angulatum* wird, wie die obengenannte *Surirella*, als Testobjekt für Mikroskope benützt.

## Zweite Reihe: Grünalgen (Chlorophyceae).

Das bestimmende Merkmal der Reihe, die reingrüne Färbung des Chlorophyllapparates kann nicht als ein Anzeichen genetischer Einheitlichkeit angesehen werden. Die Reihe umfaßt eine Anzahl natürlicher Abteilungen, welche die Endverzweigungen verschiedener Entwicklungsreihen sein mögen. Sie lassen sich in sechs Ordnungen bringen.

Ordnung 1: Jochalgen, *Zygothryx*, einzellige Formen von regelmäßiger Gestalt oder Zellfäden aus gleichwertigen zylindrischen Zellen. Schwärmzellen fehlen; die geschlechtliche Fortpflanzung ist isogam.

Abb. 250. Auxosporenbildung bei feiner Diatomacee (*Frustulia*). s die entleerten Schalenhälften zweier Zellen, a die Auxosporen.

Ordnung 2: Flimmeralgen, Ciliatae. Die einzelligen Individuen sind oft zu regelmäßig gestalteten Kolonien verbunden. Die behüteten vegetativen Zellen tragen zwei Geißeln als Bewegungsorgane.

Ordnung 3: Urkornalgen, Protococcoideae. Einzellige Algen, einzeln lebend oder zu Kolonien verbunden, im vegetativen Zustand unbegeißelt, meist mit Schwärmsporen und Schwärmgameten ausgestattet.

Ordnung 4: Kraushaaralgen, Ulotrichales. Ihr Vegetationskörper ist ein einfacher oder verzweigter Zellfaden oder eine Zellfläche aus einkernigen Zellen. Der ungeschlechtlichen Vermehrung dienen Schwärmsporen. Die geschlechtliche Fortpflanzung steigt von isogamer Gametenkopulation zur Befruchtung ruhender Eier durch Spermatozoiden.

Ordnung 5: Schlauchalgen, Siphonales. Die Zellen sind vielkernige Schläuche, die entweder zu verzweigten Fäden zusammengefügt sind oder für sich einen oft reichverzweigten schlauchartigen Vegetationskörper bilden. Die Fortpflanzung erfolgt isogam oder oogam.

Ordnung 6: Armleuchteralgen, Charales. Ihr Vegetationskörper ist ein bewurzelter aufrechter Sproß, der regelmäßig in Knoten und Internodien gegliedert ist. An jedem Knoten entspringt ein Quirl von Blättern mit begrenztem Wachstum. Als Geschlechtsorgane treten an den Blättern kompliziert gebaute Antheridien und von Zellschläuchen umrandete Oogonien auf.

### Erste Ordnung: Jochalgen (Zygothyceae).

Die Jochalgen sind Süßwasserbewohner, die entweder am Boden der Gewässer angesiedelt sind oder als grüne Schlamminseln auf der Oberfläche schwimmen. Die Chlorophyllkörper der Zellen sind zierliche symmetrische Platten oder Spiralbänder oder gepaarte sternartige Körper, an denen regelmäßige, meist rosettenförmige Stärkeherde (Pyrenoide) vorhanden sind. Ungeschlechtliche Vermehrung erfolgt durch Zweiteilung (Abb. 216 A, B). Bei der geschlechtlichen Fortpflanzung werden durch Verschmelzung zweier gleichgestalteter unbegeißelter Gameten Zygoten gebildet (Abb. 224). Familien: Desmidiaceae, Zygnemaceae.

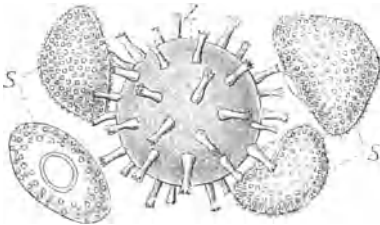


Abb. 251. *Cosmarium Botrytis*: Zygosporenbildung. S die entleerten Zellwandhälften, Z die Zygospore.

Die **Desmidiaceen** bilden wenig auffällige Ansammlungen am Grunde stehender Gewässer, besonders in Torf- und Wiesenmooren. Die Individuen sind zylindrisch 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 (Abb. 216 A, B). Die Zygosporenbildung findet in der Weise statt, daß zwei kreuzweise aneinandergelagerte Individuen nach Abwerfen der Zellwand miteinander verschmelzen und sich mit einer festen, oft durch regelmäßige Auswüchse verzierten Membran umgeben (Abb. 251). Von den hierher gehörenden Gattungen mögen *Cosmarium*, *Micrasterias*, *Euastrum* und *Closterium* als häufiger vorkommend genannt sein (Abb. 252).

Die Familie der **Zygnemaceen** umfaßt die fadenbildenden Jochalgen. Die Zellen der Fäden sind zylindrisch und fest miteinander verbunden. Die häufigsten Gattungen sind *Spirogyra*, Abb. 224 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 Abb. 224 B dargestellt.

### Zweite Ordnung: Flimmeralgen (Ciliatae).

Die Flimmeralgen sind einzellige oder zu Kolonien vereinigte, freischwimmende Planktonformen des Süßwassers. Sie sind durch den Besitz von Geißeln an

den mit Zellwand versehenen vegetativen Zellen vor allen anderen Grünalgen ausgezeichnet. Sie vermehren sich vegetativ durch Zellteilung. Geschlechtliche Fortpflanzung erfolgt isogam oder oogam. Familien: Chlamydomonadaceae, Volvocaceae.

Zur Familie der Chlamydomonadaceae gehören einzeln lebende, nicht zu Kolonien verbundene Arten. *Haematococcus pluvialis*

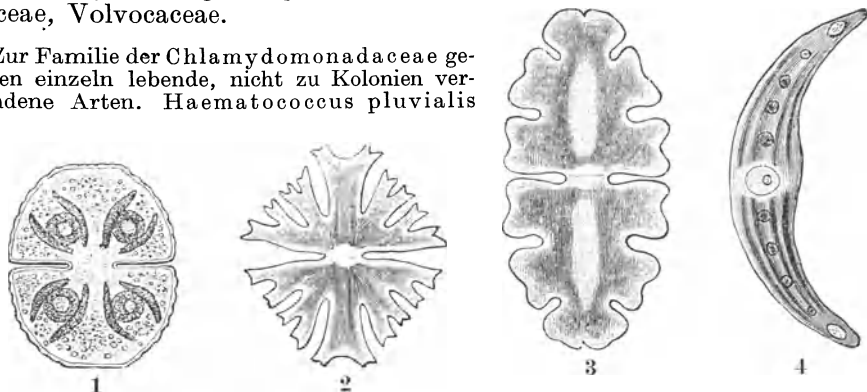


Abb. 252. Desmidiaceen. 1 *Cosmarium Botrytis*. 2 *Micrasterias Crux melitensis*. 3 *Euastrum oblongum*. 4 *Closterium moniliferum*.

ist durch Rotfärbung seiner Ruhezellen ausgezeichnet. Er findet sich nicht selten in flachen Pfützen von Regenwasser. *Sphaerella nivalis* verursacht im hohen Norden und in den Alpen die Erscheinung des roten Schnees.

Die Volvocaceen bilden aus den einzelligen Individuen bestimmt gestaltete Kolonien (Cönobien). *Gonium* und *Pandorina* (Abb. 253) bilden, erstere tafelförmige, letztere eirunde Kolonien aus 4 bis 16 gleichwertigen Zellen. Die geschlechtliche Fortpflanzung erfolgt hier durch Gametenkopulation. In der Gattung *Volvoc* sind zahlreiche, oft mehrere tausend Zellen zu einer gallertartigen Hohlkugel vereinigt. 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, die auf ungeschlechtlichem Wege, durch einfache Teilung je eine neue Kolonie bilden.

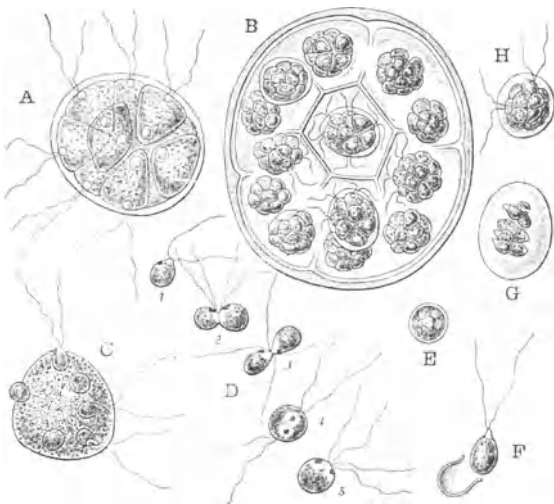


Abb. 253. *Pandorina morum*, stark vergrößert (nach Pringsheim). A Vegetative Kolonie. B Kolonie mit vegetativer Vermehrung. Jede Zelle bildet eine neue Kolonie. C Eine Zelle, welche Gameten bildet. D Verschmelzende Gameten. 1—5 Verschiedene Stadien der Verschmelzung. E Zygote. F Die aus der Zygote hervorgehende Schwärmzelle. G Teilung der zur Ruhe gekommenen Schwärmzelle in 8 Zellen. H Junge Kolonie.

### Dritte Ordnung: Urkornalgen (Protococcoideae).

b) Die Urkornalgen schließen sich den Flimmeralgen nahe an. Sie sind ebenfalls einzellige Algen, entweder einzeln lebend oder zu Coenobien verbunden. Sie besitzen indes im

vegetativen Zustände keine Geißeln, die geschlechtliche Fortpflanzung ist isogam.

Familien: Pleurococcaceae, Tetrasporaceae, Protococcaceae, Hydrodictyaceae.

Die **Pleurococcaceen** sind einzeln lebende oder zu unbestimmt geformten Gruppen vereinigte Zellen, die sich vorwiegend oder ausschließlich durch vegetative Zellteilung vermehren. Hierher gehört die überall häufige Gattung *Pleurococcus*. *Pleurococcus vulgaris* bildet grüne, krustig-staubige Überzüge an Baumstämmen und feuchten Mauern (Abb. 254, 1).

In der Familie der **Hydrodictyaceen** sind die Zellen zu Cönobien von bestimmter, oft sehr zierlicher Form verbunden. *Scenedesmus quadricauda* bildet 2—16zellige Kolonien, deren eiförmige oder elliptische Zellen mit ihren Längsseiten zu einfachen Reihen

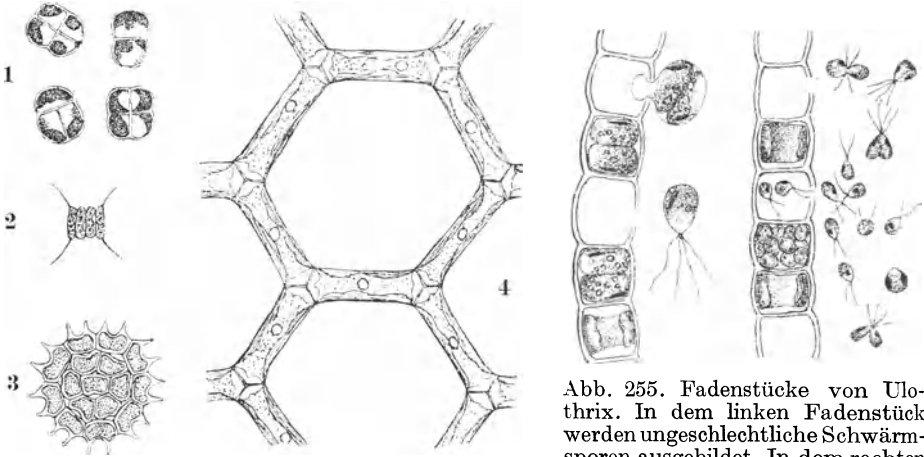


Abb. 254. Protococcoideen (vergrößert). 1 *Pleurococcus*. 2 *Scenedesmus quadricauda*. 3 *Pediastrum*. 4 Eine Masche aus dem Netz von *Hydrodictyon reticulatum* ( $^{330}/_1$ ).

verbunden sind (Abb. 254, 2). Der Inhalt einzelner Zellen teilt sich in eine Anzahl von Sporen, die sich schon im Innern der Mutterzelle zu einer neuen Kolonie auseinanderlegen. *Pediastrum* bildet kreisrunde, scheibenförmige Kolonien aus 4, 8, 16, 32 oder 64 Zellen (Abb. 254, 3). Neue Kolonien werden in ähnlicher Weise wie bei *Scenedesmus* gebildet. *Hydrodictyon* besteht aus zylindrischen mehrkernigen Zellen, welche zu vielen zu einem hohlen Netz, oft von mehreren Zentimetern Länge, verbunden sind (Abb. 254, 4). Neue Netze entstehen, indem der Inhalt einer Zelle zu zahlreichen Schwärmsporen wird, die schon in der Mutterzelle zu einem neuen Netz zusammentreten. Die geschlechtliche Fortpflanzung geschieht durch Gametenkopulation. Die gebildete Zygospore entwickelt aus ihrem Inhalt zwei bis fünf Schwärmsporen. Im Innern derselben bildet sich, wenn sie zur Ruhe gekommen sind, in ähnlicher Weise wie bei der vegetativen Vermehrung der Kolonien, ein neues Netz.

#### Vierte Ordnung: Kraushaaralgen (Ulotrichales).

Kraushaaralgen umfassen neben kleinen Süßwasserbewohnern auch stattliche Meeresalgen. Neben einfachen und verzweigten Zellfäden kommen Zellflächen vor. Der ungeschlechtlichen Fortpflanzung dienen Schwärmsporen, die geschlechtliche Fortpflanzung geht in den einfacheren Fällen durch Gametenkopulation vor sich, bei den höheren Formen werden ruhende Eizellen gebildet, die im Oogonium durch Spermatozoiden befruchtet werden.

Abb. 255. 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.

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. 199 besprochene *Ulothrix zonata* (Abb. 255).

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 Zellflächen. Die Zellteilung geht bei den beiden hierhergehörigen Gattungen *Oedogonium* und *Bulbochaete* in besonderer Weise vor sich. Die alte Zellwand wird durch einen ringförmigen Riß in zwei ungleiche Teile zerlegt, zwischen denen sich ein neues Wandstück einschiebt (Abb. 256), 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, die zu neuen Fäden auswachsen.

Die **Chaetophoraceen** bilden verzweigte Zellreihen. Die Endzellen der Fadenäste gehen meist in lange mehrzellige Haare aus. In Zellen, die von den vegetativen Fadenzellen äußerlich nicht verschieden sind, werden Schwärmsporen gebildet. Die in Gräben und Bächen bei uns nicht seltenen Arten der Gattung *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 Landaalgen, meist verzweigte Zellfäden, deren Zellen einen als Hämatochrom bezeichneten gelben Farbstoff in Tropfen enthalten. Eine auffällige Erscheinung sind die bei uns überall verbreiteten orangefarbenen Überzüge 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, die zu scheiben- und polsterförmigen Rasen vereinigt sind. Die ungeschlechtliche Fortpflanzung erfolgt durch Schwärmsporen. Die Geschlechtsorgane, Antheridien und Oogonien sind hoch entwickelt (Abb. 228); letztere tragen einen als Empfängnisapparat dienenden Schlauchfortsatz. Die Familie umfaßt nur die eine Gattung *Coleochaete*, deren wenige Arten in süßem Wasser vorkommen.

### Fünfte Ordnung: Schlauchalgen (Siphonales).

Der Thallus der Schlauchalgen gewinnt oft beträchtliche Ausdehnung und ist bisweilen reich gegliedert, er besteht entweder aus einer einzigen schlauchartigen Zelle mit vielen Zellkernen oder aus mehreren, vielkernigen Zellen, die zu einem System verzweigter Fäden aneinandergesetzt sind.

Familien: Botrydiaceae, Codiaceae, Bryopsidaceae, Caulerpacae, Vaucheriaceae, Cladophoraceae, Siphonocladaceae, Valoniaceae, Dasycladaceae, Spaeropleaceae.

Die **Botrydiaceen** sind winzige, kugelige oder keulenförmige grüne Bläschen, welche mit einem wurzelartigen, einfachen oder verzweigten Auswuchs an der Basis befestigt sind.

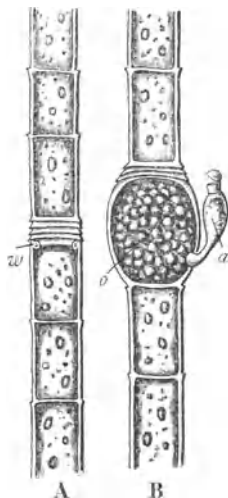


Abb. 256. *Oedogonium*. **A** vegetativer Faden, bei *w* ist ein Cellulose ring gebildet, aus dem ein neues Wandstück bei der Zellteilung hervorgeht. **B** Fadestück mit Oogonium *o*. An dasselbe hat sich ein kurzer, aus einer Schwärmspore entstandener männlicher Faden (Zwergmännchen) *a* festgesetzt, dessen obere Zellen Spermatozoiden bilden.



Sie vermehren sich durch ungeschlechtliche Schwärmersporen, daneben werden durch Kopulation schwärmender Gameten Zygosporen gebildet. Einer der wenigen Vertreter dieser Familie ist das fast über die ganze Welt verbreitete *Botrydium granulatum*, welches in Abb. 217 abgebildet ist und dessen ungeschlechtliche Fortpflanzung auf S. 194 geschildert wurde.

Die **Codiaceen**, **Bryopsidaceen** und **Caulerpacéen** sind Meeresalgen, zu den letzteren wird die auf S. 48 erwähnte und in Abb. 76 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 Schwärmersporen vermittelt, welche aus dem

Inhalt einer durch Querwand abgegliederten Zelle an der Spitze einzelner Thallusäste durch Zellverjüngung entstehen (Abb. 258 B, C). Die Schwärmersporen 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 (Abb. 258 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, die durch eine im Oogonium entstandene Öffnung zum Ei gelangen. Die Oospore macht vor der Keimung eine Ruheperiode durch.

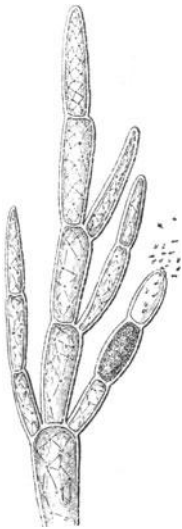


Abb. 257. Thallusast von *Cladophora*, rechts unten ein Seitenast, dessen Zellen Schwärmersporen bilden ( $150/1$ ).

Die **Cladophoraceen** bestehen aus verzweigten Zellfäden mit Spitzenwachstum. In jeder Zelle sind zahlreiche Kerne vorhanden. Manche Vertreter der Gattung *Cladophora* (Abb. 257) 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, zylindrischen Zellen. Die Befruchtung ist oogam. Die Oospore überwintert und bildet bei der Keimung Schwärmersporen.

### Sechste Ordnung: Armeleuchteralgen (Charales).

Die Armeleuchteralgen bilden eine engumgrenzte, scharf charakterisierte Ordnung. Ihr Vegetationskörper ist ein bewurzelter, aufrechter Sproß mit Scheitelwachstum (Abb. 259 A). Der Sproß verzweigt sich monopodial aus den Knoten. In den Zellen des Sprosses und der Blätter sind Zellkerne und

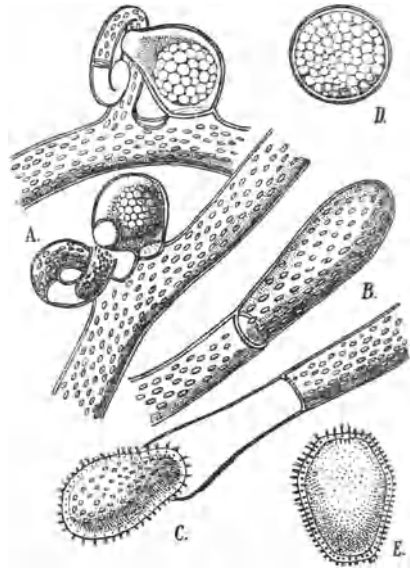


Abb. 258. A Fadenstücke von *Vaucheria* mit Geschlechtsorganen. B Fadenast mit Schwärmersporangium. C Sporangium mit ausschließender Schwärmerspore. E freie Schwärmerspore.  
D Ruhende Oospore.

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 (Abb. 259 B). Die in ersteren gebildeten Spermatozoiden sind schraubenförmig gewunden und tragen zwei Cilien an der Spitze.

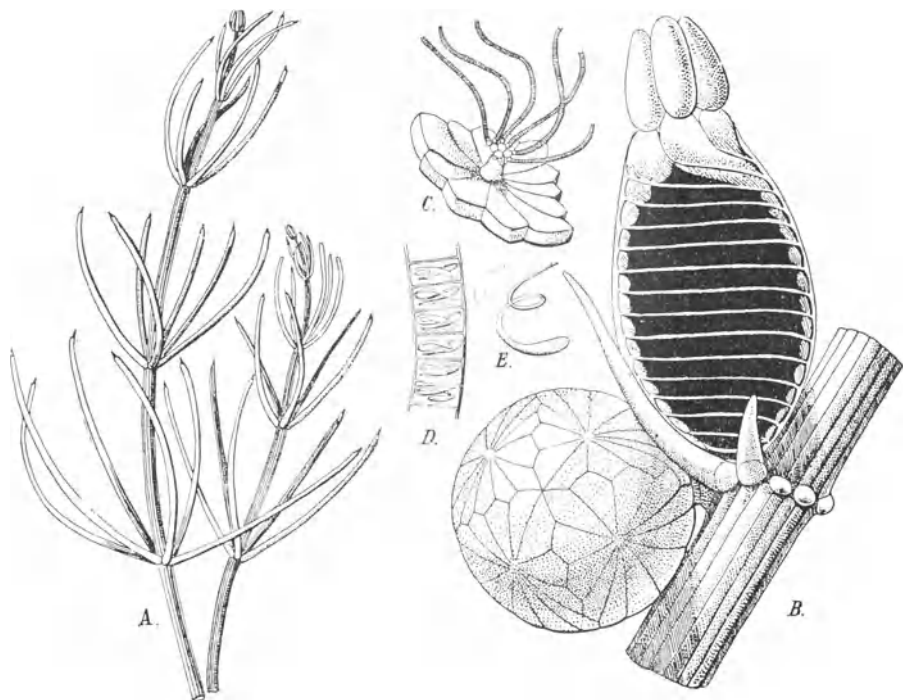


Abb. 259. **A** Sproßstück von *Chara*. **B** Blattabschnitt mit Antheridium und Oogonium. **C** Platte aus der Antheridienwand mit dem Büschel von Fäden, in deren Zellen die Spermatozoiden entstehen. **D** Stück eines solchen Fadens. **E** einzelnes Spermatozoid sehr stark vergrößert.

Die Eizelle des Oogoniums ist durch dicht angeschmiegte Äste, 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.

Einzigste Familie: Characeae.

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, die aus den Knoten entspringen, in verschiedener Weise berindet werden. *Chara fragilis* und *Chara foetida* sind überall in Süßwasser-Tümpeln anzutreffen. Manche Arten sind mehr oder minder stark mit kohlensaurem Kalk inkrustiert. Die stellenweise in den Gewässern in ausgedehnten Rasen auftretende *Chara ceratophylla* wird in einigen Gegenden zur Düngung kalkarmer Sandfelder benützt.

### Dritte Reihe: Braunalgen (Phaeophyceae).

Die Braunalgen sind Meeresbewohner. Neben mikroskopischen Formen mit fadenartigem Thallus kommen reichgegliederte vor zum Teil von riesigen Dimensionen. 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 Chromatophoren enthalten neben dem Chlorophyll einen braunen Farbstoff, das Phycophaein, der die meist lederbraune Färbung des Thallus verursacht.

Ungeschlechtliche Fortpflanzung wird durch Schwärmsporen vermittelt. Die geschlechtliche Fortpflanzung steigt von der Kopulation gleicher beweglicher Gameten durch alle Stufen zur Befruchtung eines unbeweglichen Eies. Die Schwärmsporen und die selbstbeweglichen Sexualzellen tragen die Geißeln 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.

Familien: Ectocarpaceae, Cutleriaceae, Sphacelariaceae, Laminariaceae, Fucaeeae.

Die **Ectocarpaceen** bestehen aus einfachen oder verzweigten Zellfäden. In ein- oder mehrfächerigen Sporangien entstehen ungeschlechtliche Schwärmsporen und die den isogamen Fortpflanzungsvorgang bewirkenden Schwärmgameten. Hierher gehört die Gattung *Ectocarpus* (Abb. 226 A).

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 (Abb. 226 B). Gattungen *Cutleria*, *Zanardinia*.

Der Thallus der **Sphacelariaceen** ist ein aus parenchymatischen Zellen zusammengesetzter verzweigter Zylinder, der mit einer besonderen Scheitelzelle wächst. Gattungen: *Sphacelaria*, *Stypocaulon* (Abb. 122 A).

Die **Laminariaceen** haben einen hochgegliederten Thallus. Auf einem wurzelähnlichen Haftorgan erhebt sich ein zylindrischer Teil, welcher an seiner Spitze eine große, laubartige, einfache oder zerteilte Fläche trägt (Abb. 33). An der Basis der Fläche ist ein teilungsfähiges Gewebe vorhanden, welches alljährlich eine neue Blattfläche erzeugt, während die vorjährige zugrunde geht. Der zylindrische Stiel hat sekundäres Dickenwachstum. Einige Arten erreichen eine riesige Größe; der Thallus von *Macrocystis* wird mehrere hundert Meter lang. Die Stiele von *Laminaria digitata* liefern die früher zu chirurgischen Zwecken verwendeten *Stipites Laminariae*. Die geschlechtliche Fortpflanzung ist bei den Laminariaceen mit regelmäßigem Generationswechsel verbunden.

Die Familie der **Fucaeeen** ist die höchstentwickelte. Der lederartige Thallus ist dichotom oder fiederartig verzweigt. Häufig sind an ihm regelmäßige, blasenförmige Auftreibungen vorhanden, die als Schwimmorgane dienen. Ungeschlechtliche Fortpflanzung ist unbekannt. Die oogame geschlechtliche Fortpflanzung (Abb. 227) ist auf S. 202 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.

### Vierte Reihe: Rotalgen (Rhodophyceae).

Von vereinzelt Ausnahmen abgesehen gehören die Rotalgen (Florideen) der Meeresflora an. Sie steigen zum Teil in beträchtliche Tiefen hinab. Die einfachsten Formen sind verzweigte Zellreihen, bisweilen kommt eine Gewebebildung durch Verschmelzung ursprünglich getrennter Äste zustande. Bei

anderen ist der Thallus eine Zellfläche oder ein strang- oder flächenartiger Gewebekörper, der sich bei manchen Formen vielfach verästelt. In allen Fällen wird das Spitzwachstum durch eine Scheitelzelle vermittelt. Der Zellinhalt führt neben dem Chlorophyll einen roten Farbstoff, das Phycocörythrin, welcher den grünen Farbstoff verdeckt. Infolgedessen erscheinen die Florideen im frischen Zustande meist rot oder violett gefärbt, seltener sehen sie schmutzigrün oder schwärzlich aus.

Schwärmzellen fehlen gänzlich. Als Organe der vegetativen Vermehrung werden Sporen gebildet (Abb. 230). 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 (Abb. 229). Die befruchtete Prokarpzelle oder eine mit ihr nach der Befruchtung kopulierende Auxiliarzelle wächst zu einer Sporenfrucht (Cystokarp) heran (Abb. 229, 2–4), die an ihr 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 Rotalgen bilden eine einzige Ordnung.

Familien: Bangiaceae, Cryptonemiaceae, Nemalionaceae, Gigartinaceae, Rhodymeniaceae.



Abb. 260. *Gigartina mamillosa*. Öffizinell.

Die **Nemalionaceen** 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 *Nemalion* (Abb. 229), deren Befruchtungsvorgang auf S. 204 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*. Aus *Gelidium Amansii* und anderen Rotalgen wird das officinelle Agar-Agar hergestellt.

Die Gonimoblasten der **Gigartinaceen** gehen aus einer mit der befruchteten Eizelle kopulierenden Auxiliarzelle hervor. Die Gigartinaceen sind in zahlreichen Gattungen und Arten in allen Meeren verbreitet. Hierher gehören einige Algenarten, welche unter dem Namen „Carrageen“ oder „irländisches Moos“ als Medizinalegen verwendet werden, nämlich *Gigartina mamillosa* (Abb. 260) und *Chondrus crispus*, die beide an den Küsten Westeuropas, besonders bei Irland, eingesammelt werden.

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 kohlen-saurem Kalk inkrustiert ist, daß die Pflanzen korallenähnlich erscheinen. Derartige durch Inkrustation ausgezeichnete Kalkalgen finden sich gelegentlich auch in anderen Familien, wie z. B. manche Arten der Gattungen *Galaxaura* und *Actinotrichia* aus der Familie der **Nemalionaceen**.

### Dritte Klasse: Pilze (Mycetes).

Vom Standpunkt der genetischen Systematik betrachtet erscheint die Klasse der Pilze in dem Umfange, wie sie in unserem System verstanden wird, als heterogen, da der Mangel der chlorophyllführenden Chromatophoren sowohl

auf ursprünglicher Einfachheit als auch nachträglichem Verlust der Befähigung zur Chlorophyllbildung beruhen kann. Ursprüngliche Einfachheit darf wohl bei den Schleimpilzen angenommen werden. Dagegen lassen die weiteren Reihen der Klasse in ihren Gestaltungs- und Fortpflanzungsverhältnissen mancherlei Beziehungen zu gewissen Entwicklungsreihen der Algen erkennen, so daß es nahe liegt, sie als Abkömmlinge der letzteren aufzufassen.

Wir unterscheiden vier Reihen.

Reihe 1: Schleimpilze, Myxomycetes, sind niedere chlorophyllfreie Lebewesen, deren vegetative Zellen nicht von einer Zellwand eingeschlossen sind und sich zu salbenartigen Plasmamassen von wechselnder Gestalt zusammenschließen.

Reihe 2: Algenpilze, Phycomycetes. Sie bauen ihren Vegetationskörper ähnlich den Schlauchalgen aus Zellschläuchen auf, die vielkerniges Plasma enthalten und nicht durch Querwände gegliedert sind. Häufig werden Schwärmsporen gebildet. Die geschlechtliche Fortpflanzung erfolgt durch isogame oder oogame Kopulation.

Reihe 3: Schlauchpilze, Ascomycetes. Sie bestehen aus Zellfäden (Hyphen), die durch Querwände in Zellen mit einem Kern oder einem Kernpaar gegliedert sind. Kennzeichnend für sie ist das Auftreten von schlauchförmigen Sporangien (Sporenschläuche, Asci), in denen durch freie Zellteilung meist acht Sporen gebildet werden.

Reihe 4: Stielpilze, Basidiomycetes. Der Vegetationskörper setzt sich wie bei den Schlauchpilzen aus Zellfäden zusammen, die je einen Kern oder ein Kernpaar in ihren Zellen enthalten. Charakteristisch ist für die Reihe, daß statt der Asci mit Endosporen stielartige Fruchträger, Basidien, gebildet werden, an denen äußerlich meist vier Sporen auftreten.

### Erste Reihe: Schleimpilze (Myxomycetes).

Der Vegetationskörper der Schleimpilze ist ein Plasmodium, d. h. eine zellwandlose Plasmamasse, welche sich unter steter Formänderung kriechend in und auf dem Substrat bewegt. In dem körnigen Plasma sind zahlreiche Zellkerne zerstreut. 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, die 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 Cappillitium genannt wird.

Wir unterscheiden drei Ordnungen:

Ordnung 1: Acrasieen. Die Plasmaleiber der Zellen bilden ein freies Aggregatplasmodium.

Ordnung 2. Phytomyxinen. Die Fusionsplasmodien schmarotzen in Zellen höherer Pflanzen.

Ordnung 3: Myxogastern, Myxogasteres. Die Vegetationskörper sind frei lebende Fusionsplasmodien.

#### Erste Ordnung: Acrasieen (Acrasieae).

Die Acrasieen bilden eine kleine Abteilung, deren Arten sich von den übrigen Schleimpilzen dadurch wesentlich unterscheiden, daß die zum Plasmodium

zusammentretenden Myxamöben nicht vollkommen verschmelzen, sondern gewissermaßen nur einen Amöbenhaufen 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, die bei manchen Arten von zelligen Stielen getragen werden. Aus den Sporen entwickelt sich bei der Keimung direkt eine Myxamöbe.

Familien: Guttulinaceae, Dictyosteliaceae.

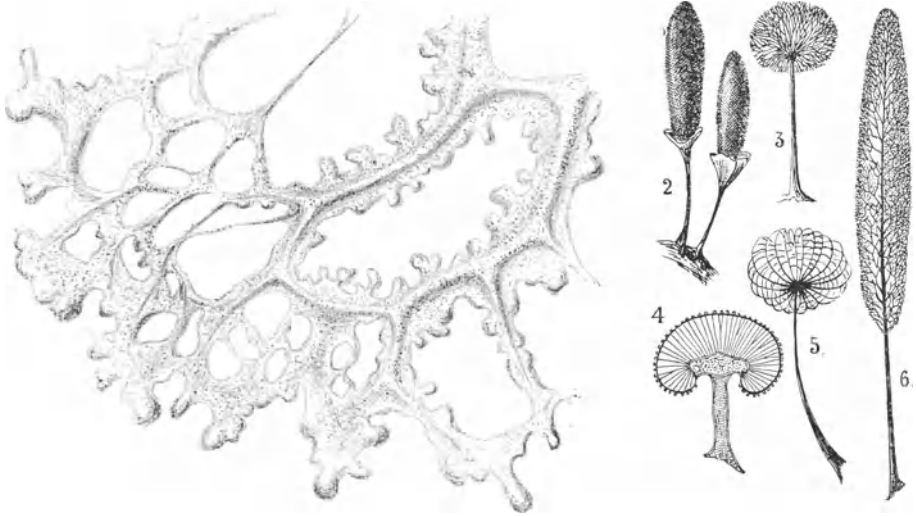


Abb. 261. 1 Stück eines Plasmodiums von *Didymium* ( $\frac{350}{1}$ ). 2—6 Entleerte Sporangien, schwach vergrößert. 2 *Ancyria*. 3 *Lamproderma*. 4 *Didymium*. 5 *Dictyidium*. 6 *Stemonitis*.

### Zweite Ordnung: Phytomyxinen (Phytomyxinae).

Die **Phytomyxinen** sind Parasiten, welche in lebenden Pflanzenzellen schmartzeln. 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*, die in den Parenchymzellen der Wurzeln des Kohls lebt und an der Pflanze die als Kohlhernie oder Kropf des Kohls bezeichnete, vernichtende Krankheit hervorruft.

### Dritte Ordnung: Myxogastern (Myxogasteres).

Sie bilden bei weitem die größte Abteilung unter den Schleimpilzen. Sie leben saprophytisch. Die Vegetationskörper sind Fusionsplasmodien (Abb. 261, 1). Aus ihnen werden zu Ende der Vegetationsperiode Fruchtkörper gebildet, die 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 (Abb. 261, 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 zylindrisch 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, die als ein engmaschiges Netzwerk nach der Sporenausstreuung zurückbleiben und dem entleerten Sporangium ein sehr zierliches Aussehen verleihen (Abb. 261, 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, sog. Aethalien oder Plasmokarprien, fest verschmolzen und enthalten ein starkes, fädig netzförmiges Capillitium.

## Zweite Reihe: Alpenpilze (Phycomycetes)

Der Vegetationskörper, das Mycel, wird von reichverzweigten Fäden, den Hyphen, gebildet, die nicht in einzelne Zellen gegliedert sind. Der Inhalt 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:

Ordnung 1: Jochsporenpilze, Zygomycetes mit isogamer Befruchtung.

Ordnung 2: Eisporenpilze, Oomycetes mit oogamer Befruchtung.

### Erste Ordnung: Jochsporenpilze (Zygomycetes).

Die Jochsporenpilze haben keine Schwärmsporen. Die ungeschlechtliche Fortpflanzung wird durch Conidien oder durch unbewegliche Sporen vermittelt, die sehr zahlreich in gestielten Sporangien erzeugt werden. Die geschlechtliche Fortpflanzung, die auf S. 200 beschriebene Zygosporienbildung (Abb. 223 B), kommt 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 bereits in Abb. 218, die Zygosporienbildung in Abb. 223 B dargestellt worden. Zu den

Mucoraceen gehört auch der in botanischen Instituten häufig zu physiologischen Versuchen verwendete *Phycomyces nitens*, der aus Amerika zu uns gekommen ist, und der auf S. 178 besprochene *Pilobolus*.

Die **Entomophthoraceen** finden sich zum größten Teil als Parasiten auf Insekten, die 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, die 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.

### Zweite Ordnung: Eisporenpilze (Oomycetes).

Die Eisporenpilze pflanzen sich ungeschlechtlich durch Schwärmsporen, unbewegliche Sporen oder durch Conidien fort. Die geschlechtliche Fortpflanzung wird durch Oosporenbildung bewirkt (Abb. 225). 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, die 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, die Kulturpflanzen befallen. Von ihnen möge der Versacher 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 absegnieren (Abb. 262). Durch die letzteren wird die Erkrankung auf andere Kartoffelpflanzen übertragen. Als gefährliche Parasiten sind ferner zu nennen *Phytophthora omnivora*, welche die Keimlinge vieler Pflanzen befallt 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, Rübsen, Leindotter 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* (Abb. 225), deren Oosporenbildung auf S. 201 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 *Leptomitus*. *Leptomitus lacteus*

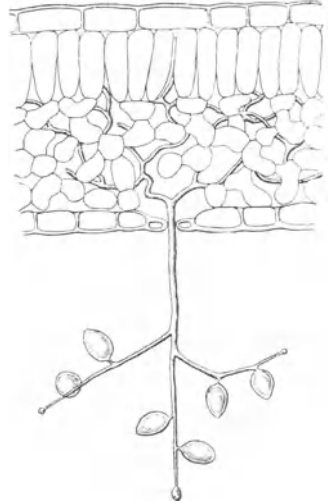


Abb. 262. Teil vom Querschnitt eines von *Phytophthora* bewohnten Kartoffelblattes. An der Unterseite des Blattes wächst aus einer Spaltöffnung ein Conidienträger des Pilzes hervor ( $\frac{150}{1}$ ).



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.

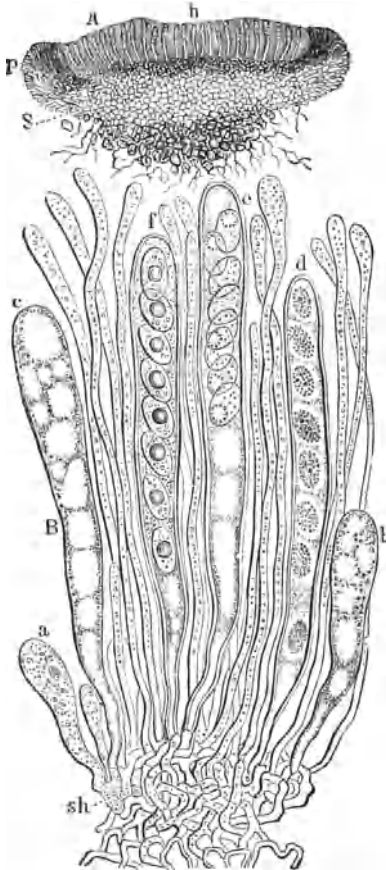


Abb. 263. *Peziza convexula*. **A** Längsschnitt durch den Fruchtbecher, bei **h** die Schicht der Sporenschläuche. **B** mehrere Sporenschläuche vergrößert, von **a** bis **f** die verschiedenen Zustände der Schläuche und der in ihnen durch freie Zellbildung entstehenden Sporen zeigend. (Stark vergrößert.)

Gewöhnlich sind in dem Hymenium zwischen oder neben den Asci zahlreiche haarförmige Fäden enthalten, die man als Saftfäden oder Paraphysen bezeichnet (Abb. 263). In einzelnen Fällen ist die Entstehung des die Asci enthaltenden Gewebekomplexes aus einem durch einen Antheridienast befruchteten Oogonium nachgewiesen worden. Neben der Ascosporenbildung haben viele Arten noch Conidienbildung, häufiger werden die Conidien an eigenen Fruchträgern gebildet, die frei an den Hyphenästen stehen oder wie die Schlauchfrüchte dem zu einer dichten Unterlage verwobenen Mycel eingesenkt sind.

### Dritte Reihe: Schlauchpilze (Ascomycetes).

Der Vegetationskörper besteht mit vereinzelten Ausnahmen aus verzweigten Hyphen, welche bei einigen frei bleiben, bei anderen zu dickeren Strängen oder flachen, krustenartigen Körpern verwebt sind. Als Organe der geschlechtlichen Fortpflanzung kommen bei einigen Formen kopulierende Myceläste vor. Aus den verschmelzenden Fäden gehen meist askusbildende Hyphen hervor, die zahlreiche achtsporige Schläuche (asci) zur Entwicklung bringen, welche das Endprodukt eines karpogamen Befruchtungsvorganges sind. Die Schläuche entstehen bei den niedersten Formen direkt an den freien Mycelfäden, die höheren Schlauchpilze bilden Fruchtkörper aus, in oder an denen die Sporenschläuche in größerer Zahl auftreten (Abb. 263). Als Nebenfruchtformen werden bei manchen Schlauchpilzen Conidien gebildet.

Hierher gehören drei Ordnungen:

Ordnung 1: Fruchtkörperbildende, Carpoasci. Die Sporenschläuche werden in oder an besonderen Fruchtkörpern gebildet.

Ordnung 2: Freifruchtende, Exoasci. Sie entwickeln die Sporenschläuche frei aus Myzelfäden.

Ordnung 3: Hefenartige, Hemiasci. Sie haben ein rudimentäres Mycel und unvollkommene Askusbildung.

#### Erste Ordnung: Fruchtkörperbildende (Carpoasci).

Die fruchtkörperbildenden Schlauchpilze haben pseudoparenchymatische Fruchtkörper, in oder an denen die meist achtsporigen Asci stehen. Die Gewebeschicht, welche die Sporenschläuche enthält, wird Hymenium genannt.

Familien: Perisporiaceae, Pyrenomyces, Discomycetes.

Die **Perisporiaceen** sind dadurch ausgezeichnet, daß die Sporenschläuche im Innern vollkommen geschlossener Fruchtkörper (Perithezien) gebildet werden. Bei den hauptsächlich den Gattungen *Erysiphe*, *Uncinula*, *Sphaerotheca* angehörenden Mehltaupilzen, die als Schmarotzer auf den Blättern höherer Pflanzen schimmel- oder mehlarartige Überzüge bilden, sind die Perithezien punktkleine, schwarze oder braune, oft mit zierlichen Anhängseln versehene Kügelchen, die einen oder mehrere achtsporige Schläuche enthalten. Daneben werden an fädigen Ästen Conidien gebildet. Der bei uns meist nur in der Conidienform *Oidium Tuckeri* auftretende Mehltau oder Äscherich des Weinstocks *Uncinula necator* beeinträchtigt bisweilen die Weinernte, indem er, auf die jungen Beeren übergehend, den sog. 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 Perithezien. 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 abgegliedert (Abb. 220).

Bei den **Pyrenomyces** sind die Sporenschläuche gleichfalls in einen Fruchtkörper eingeschlossen, die Wand des Fruchtkörpers (Peridie), besitzt aber oben eine feine Öffnung, durch welche die reifen Sporen ins Freie gelangen. Die einzelnen Fruchtkörper (Perithezien) stehen bei einigen Formen unmittelbar auf dem Mycel, meist aber sind sie in einem vom Mycel gebildeten polster- und keulenförmigen Stroma eingesenkt. Neben der Ascosporenbildung kommt häufig Conidienbildung vor. Als Beispiel möge *Claviceps purpurea*, der Pilz, der das offizielle Mutterkorn — *Secale cornutum* — liefert, angeführt werden (Abb. 264). Das eigentliche Mutterkorn, die schwarzen, hornartigen Körper, die vereinzelt an Stelle von Fruchtknoten in den Roggenähren stehen, ist aus pseudoparenchymatisch verwobenen Hyphen des Pilzes gebildet, es stellt ein Dauermycelium (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 kugelligen Köpfchen zahlreiche Perithezien eingesenkt sind. Die in den Perithezien gebildeten Asci enthalten je acht fadenförmige Sporen, die 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 Ästen gebildet wird. Die letzteren erzeugen an ihrer Spitze zahlreiche Conidien, welche mit ausgeschiedenen Flüssigkeitstropfen (Honigttau 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 Pyrenomyces leben als Schmarotzer auf den verschiedensten Wirtspflanzen. *Cladosporium herbarum* verursacht die sog. 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 scheiben-, 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 häufigeren Arten der Gattung *Peziza* haben fleischige oder wachsartige, schüsselförmige Apothecien (Abb. 263). Einige Discomyceten sind als gefährliche Parasiten von Kulturpflanzen berichtigt; der

Wurzeltöter der Luzerne, *Rhizoctonia violacea*, gehört hierher. Arten von *Sclerotinia verusachen* 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 sog. Edelfäule veranlassen. Zu den stattlichsten Discomyceten gehören die Morcheln, von denen einige den Gattungen *Morchella* (Abb. 265) 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, die 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.

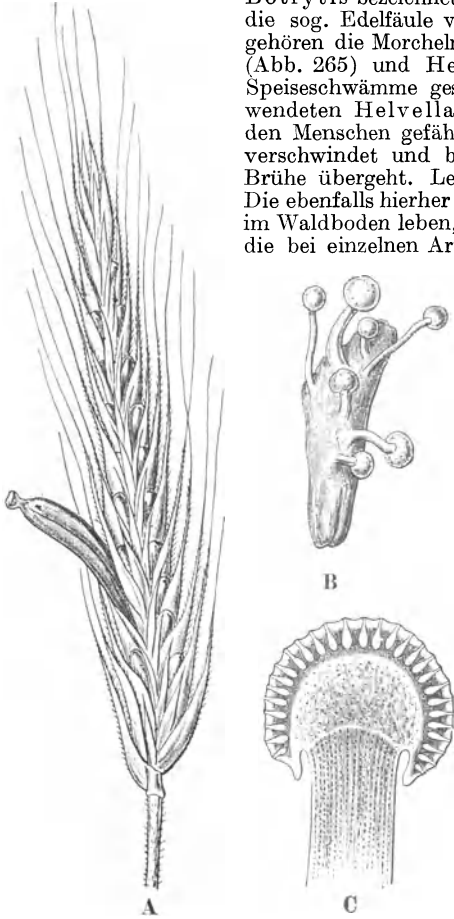


Abb. 264. *Claviceps purpurea*. Offizinell. **A** Roggenähre mit einem Sklerotium. **B** ein Sklerotium mit Fruchtkörperchen. **C** Längsschnitt durch ein Köpfchen, in dessen Oberfläche die flaschenförmigen Perithecia eingesenkt sind. Die Asci in den letzteren sind nicht gezeichnet. (Nach Tulasne.)

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 mindergefährliche Blattfleckenkrankheiten an Erlen, Birken usw.

### Zweite Ordnung: Freifruchtende (Exoasci).

Die freifruchtenden Schlauchpilze bilden keine 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

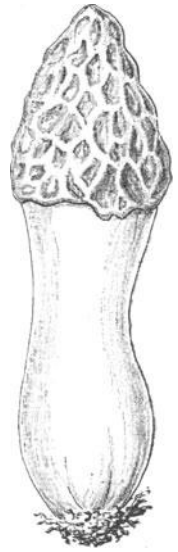


Abb. 265. *Morchella conica*.

### Dritte Ordnung: Hefenartige (Hemiasci).

Die hefenartigen Schlauchpilze sind auf einer niederen Entwicklungsstufe stehende Pilze, denen zum Teil eine Hyphenbildung vollkommen fehlt. Die Sporenschläuche sind kugel- oder schlauchförmige Zellen, deren Inhalt durch freie Zellbildung Sporen zu acht oder in geringerer Anzahl erzeugt.

Familien: Protomycetes, Saccharomycetes.

Zu den **Protomyceten** 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 **Saccharomyceten** oder Hefepilze bestehen aus rundlichen, mit einem Zellkern versehenen Zellen, die sich fortgesetzt durch Sprossung vermehren. Die Zellen leben einzeln oder sie bleiben in kurzen sproßverbänden beieinander; ein typisches Mycel wird nie gebildet (Abb. 266 a). 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. In den Hefezellen ist ein Enzym, die Zymase, vorhanden, die die Vergärung von Traubenzucker in Alkohol und Kohlensäure bewirkt. Andere in den

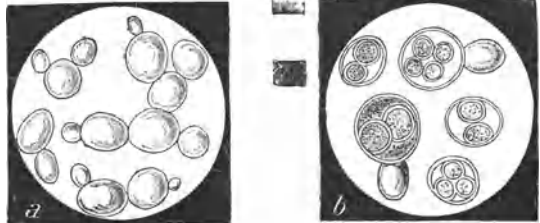


Abb. 266. *Saccharomyces cerevisiae*. a vegetative Zellen. b Ascosporenbildung.

Hefezellen gefundene Enzyme wie die Invertase, Maltase u. a. m. wandeln andere Zuckerarten 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, die ohne die Pflege des Menschen in der Natur nicht mehr fortkommen. Man unterscheidet Oberhefen, die 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 (Abb. 266) 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.

Ein aus untergäriger Bierhefe hergestelltes Pulver ist als *Faex medicinalis* = Medizinische Hefe officinell.

### Vierte Reihe: Stielpilze (Basidiomycetes).

Der Vegetationskörper ist ein aus Hyphen gebildetes Mycel. Sporangien, die 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, Basidien, abgegliedert, die wie der Ascus der Schlauchpilze das Endprodukt eines karyogamen Befruchtungsvorganges sind. Die Basidien stehen sehr selten einzeln, meist sind sie an der Oberfläche von pseudoparenchymatischen Fruchtkörpern

oder im Innern derselben zu einem dichten Lager, Hymenium, vereinigt. Die von ihnen gebildeten Conidien werden als Basidiosporen bezeichnet. Bei manchen Basidiomyceten finden sich konidienbildende Nebenfruchtformen.

Wir unterscheiden vier Ordnungen:

Ordnung 1: Brandpilzartige, Hemibasidii. Sie sind ohne Fruchtkörper und haben an Gestalt und Sporenzahl unvollkommene Basidien.

Ordnung 2: Rostpilzartige, Protobasidii. Ohne oder mit Fruchtkörperbildung, die viersporigen Basidien sind quer oder längs geteilt.

Ordnung 3: Hautpilze, Hymenomyces. Fruchtkörperbildende Formen mit keulenförmigen, ungeteilten meist 4sporigen Basidien, die äußerlich am Fruchtkörper zu einer Hymenialschicht vereinigt sind.

Ordnung 4: Bauchpilze, Gastromycetes. Die aus typischen Basidien gebildeten Hymenien sind in dem Fruchtkörper eingeschlossen und werden erst nachträglich durch Öffnung der Peridie frei.

### Erste Ordnung: Brandpilzartige (Hemibasidii).

Die brandpilzartigen Stielpilze leben parasitisch in höheren Pflanzen, in deren Organen sie Dauersporen erzeugen, aus denen direkt die Basidien hervorkeimen.

Familie: Ustilaginaceae.

Die **Ustilaginaceen** oder Brandpilze erzeugen auf höheren Pflanzen, vorzugsweise auf den Getreidearten und anderen Gräsern, die als Brand bezeichneten Krankheiten. Ihre Dauersporen, die in der Regel als schwarze Staubmassen einzelne deformierte Organe der befallenen Pflanze erfüllen, werden Brandsporen genannt.



A



B

Abb. 267. **A** keimende Dauerspore von *Ustilago*, welche eine Basidie gebildet hat. **B** keimende Dauerspore von *Tilletia* mit Basidie.

Die als *Ustilago Carbo* bezeichnete Artengruppe erzeugt den Staub-, Flug- oder Rußbrand des Hafers, des Weizens und der Gerste (Abb. 268, 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 (Abb. 268, 4), und *Urocystis occulta*, der Verursacher des Roggenstengelbrandes. Wo die Infektion der Getreidepflanzen durch die Brandsporen erfolgt, welche dem Saatkorn anhaften, 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.

### Zweite Ordnung: Rostpilzartige (Protobasidii).

Die rostpilzartigen Stielpilze sind größtenteils ebenfalls Parasiten höherer Pflanzen. Ihre Basidien sind entweder quer oder längs geteilt, jede Teilzelle der Basidie bildet eine Basidiospore. Bei manchen Arten sind Nebenfruchtformen bekannt.

Familien: Uredinaceae, Auriculariaceae, Pilacraceae, Tremellinaceae, Exobasidiaceae.

Die **Uredinaceen** oder Rostpilze haben freie, quergeteilte Basidien, die sich direkt aus keimenden Dauersporen entwickeln. Bei den meisten Rostpilzen sind verschiedene Nebenfruchtformen bekannt, die 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 (Abb. 269). Im Frühjahr erscheinen auf den Blättern des Sauerdorns, *Berberis vulgaris*, orangefarbene Flecken, aus denen bald kleine, urnenförmige Pilzfrüchte hervorbrechen, in denen von kurzen Hyphenästen zahlreiche Conidien abgeschmürt werden. Diese Fruchtform wird als das *Aecidium* des Pilzes bezeichnet. Neben den *Aecidien* kommt auf denselben Blattflecken noch eine andere Conidien bildende Fruchtform vor, die Spermogonien, über deren Bedeutung für die Fortpflanzung des Pilzes nichts bekannt ist. Die *Aecidien*sporen 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

Fruchtform heißt *Uredo*, die hier gebildeten Conidien werden als *Uredosporen* bezeichnet. 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, *Teleutosporen*. 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 Stielchen, *Sterigmen*, die Basidiosporen entstehen. Die letzteren rufen wieder an *Berberis*blättern die Blattflecken mit *Aecidien* hervor. Die merkwürdige Erscheinung, daß die verschiedenen Entwicklungsformen des Pilzes verschiedene Pflanzen bewohnen, wird als *Wirtswechsel* bezeichnet; sie findet sich bei verschiedenen *Uredineen*, kommt aber auch in anderen Pilzgruppen vor.



Abb. 268. Brandkranke Getreide: 1 Staubbrand des Hafers. 2 Staubbrand der Gerste. 3 Staubbrand des Weizens. 4 Steinbrand des Weizens.

Diese Fruchtform heißt *Uredo*, die hier gebildeten Conidien werden als *Uredosporen* bezeichnet. 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, *Teleutosporen*. 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 Stielchen, *Sterigmen*, die Basidiosporen entstehen. Die letzteren rufen wieder an *Berberis*blättern die Blattflecken mit *Aecidien* hervor. Die merkwürdige Erscheinung, daß die verschiedenen Entwicklungsformen des Pilzes verschiedene Pflanzen bewohnen, wird als *Wirtswechsel* bezeichnet; 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 Boretschgewächse. *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 überwinterte 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 Teleutosporien sind walzenförmig, 5—10zellig. Die Gattung *Uromyces* mit einzelligen Teleutosporien liefert gleichfalls manche Schmarotzer auf Kulturpflanzen, z. B. *Uromyces pisi*, *U. betae*, *U. phaseolorum*, *U. viciae fabae* u. a. m.

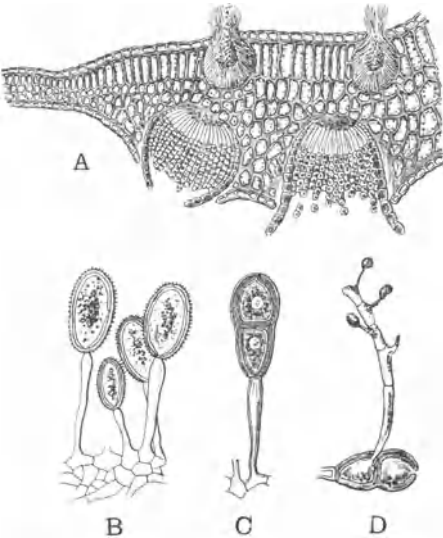


Abb. 269. *Puccinia graminis*. A Teil vom Querschnitt eines vom Pilz befallenen Blattes von *Berberis vulgaris*. An der Unterseite sind zwei Aecidien, oben sind zwei Spermogonien getroffen. B Uredosporen. C eine Teleutospore. D gekeimte Teleutospore; der Keimschlauch bildet eine quergliederte Basidie 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 Basidiospore entwickelt (Abb. 270). Bei den von einigen Autoren als besondere Familie der *Dacryomycetaceen* abgetrennten Arten unterbleibt jedoch die Ausbildung der Teilungswand in der Basidie, deren äußere Erscheinung aber mit derjenigen der übrigen Tremellinaceen durchaus übereinstimmt. Die

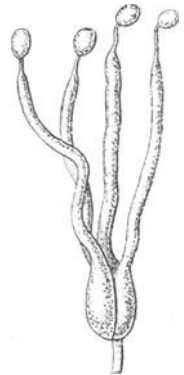


Abb. 270. Längsgeteilte Basidie von *Tremella* (<sup>450</sup>/<sub>1</sub> nach Brefeld).

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.

### Dritte Ordnung: Hautpilze (Hymenomycetes).

Bei den Hautpilzen, mit Ausnahme der Tomentellaceen, sind die Basidien zu einer Hautschicht, Hymenium, vereinigt, welche die freie Oberfläche verschiedenen gestalteter Fruchtkörper überzieht. Die Basidien sind einzellig und meist mit vier oder zwei Sterigmen mit je einer Basidiospore versehen.

Familien: Tomentellaceae, Telephoraceae, Clavariaceae, Hydniaceae, Polyporaceae, Agaricaceae.

Die **Telephoraceen** besitzen ein glattes Hymenium, das 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 Hasenörhchen oder Schweinsohr als Speiseshwamm bekannt.

Die Familie der **Clavariaceen** ist durch aufrechte, einfache oder ästig verzweigte Fruchtkörper ausgezeichnet, die an ihrer Oberfläche mit dem Hymenium überzogen sind. Die Arten der Gattungen *Clavaria* und *Sparassis*, 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, die 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 *Fomes fomentarius*. Er lebt als Parasit besonders in Rotbuchen, aus deren Stämmen die konsolartigen, großen Fruchträger hervorzunehmen. Eßbar sind mehrere Arten der Gattung *Boletus*, vor allem wird der Steinpilz, *Boletus edulis*, als schmackhaft geschätzt, auch *B. scaber*, Birkenpilz, *B. versipellis* Rotkappe, *B. bovinus*, Kuhpilz, *B. granulatus* und *luteus*, 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 Hausschwamm sehr gefürchtet. Ganz ähnliche Beschädigungen am Bauholz der Häuser vermögen auch *Merulius silvester*, *M. minor*, *Polyporus vaporarius* und andere hervorzurufen.

Die **Agaricaceen** oder Blätterschwämme tragen an der Unterseite des schirmartigen Fruchtkörpers radial angeordnete, blattartige Lamellen, die mit dem Hymenium überzogen sind. Unter den zahlreichen Arten der Familie ist der Champignon, *Agaricus campestris*, als Speiseschwamm am bekanntesten (Abb. 271 F). Der Champignon wird an vielen Orten in Europa, besonders in Paris, im großen angebaut. *Agaricus melleus*, der Hallimasch, ist ein Schmarotzer auf Waldbäumen, 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, die als *Rhizomorpha* bezeichnet werden und früher für eine eigene Pilzgattung gehalten wurden. Die Fruchtkörper dieses Schädlings sind eßbar. Zu den häufigsten auf den Markt gebrachten Speiseschwämmen gehören auch *Cantharellus cibarius*, der Pfifferling, bei dem die schmalen Lamellen weit am Stiel herablaufen, ferner der durch lebhaft gelbrot Milchsaft 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 gabelten 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.

#### Vierte Ordnung: Bauchpilze (Gastromycetes).

Das Hymenium der Bauchpilze liegt im Innern der verschieden gestalteten, meist großen, fleischigen Fruchtkörper. Das äußere Hyphengewebe der Fruchtkörper bildet eine festere, oft aus mehreren Schichten zusammengesetzte Peridie. Sie umschließt ein weiches Hyphengewebe, die Gleba, dessen Höhlungen mit der Hymenialschicht ausgekleidet sind. Bei der Sporenreife öffnet sich die Peridie in verschiedener Weise, die Gleba löst sich auf und entläßt die Basidien sporen. Bisweilen bleiben Reste der Gleba zwischen den Sporen erhalten und bilden ein als *Capillitium* bezeichnetes wolliges Netzwerk.

Familien: Phallaceae, Nidulariaceae, Lycoperdaceae, Hymenogastraceae, Sclerodermaceae.

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. *Phallus impudicus*, der Gichtschwamm (die Stinkmorchel) unserer Wälder (Abb. 272 a—c) hat kugelförmige, weiße Fruchtkörper von der Größe



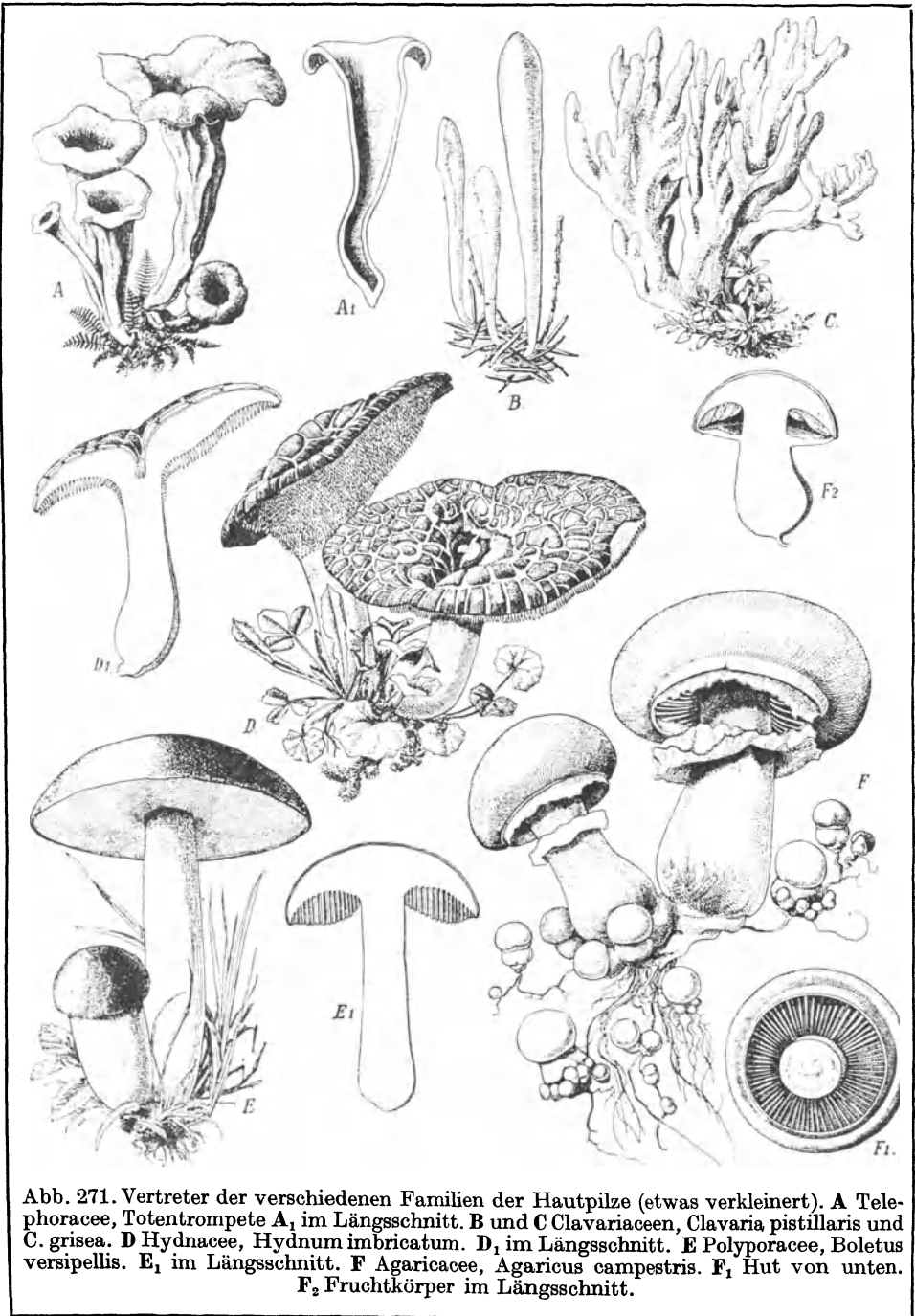


Abb. 271. Vertreter der verschiedenen Familien der Hautpilze (etwas verkleinert). **A** Telephoraceae, Totentrompete **A<sub>1</sub>** im Längsschnitt. **B** und **C** Clavariaceen, *Clavaria pistillaris* und *C. grisea*. **D** Hydnaceae, *Hydnum imbricatum*. **D<sub>1</sub>** im Längsschnitt. **E** Polyporaceae, *Boletus versipellis*. **E<sub>1</sub>** im Längsschnitt. **F** Agaricaceae, *Agaricus campestris*. **F<sub>1</sub>** Hut von unten. **F<sub>2</sub>** Fruchtkörper im Längsschnitt.

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 Aasfliegen 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 Gewebes isoliert, so daß sie als linsenförmige Körperchen, Peridiolen, im Grunde des von

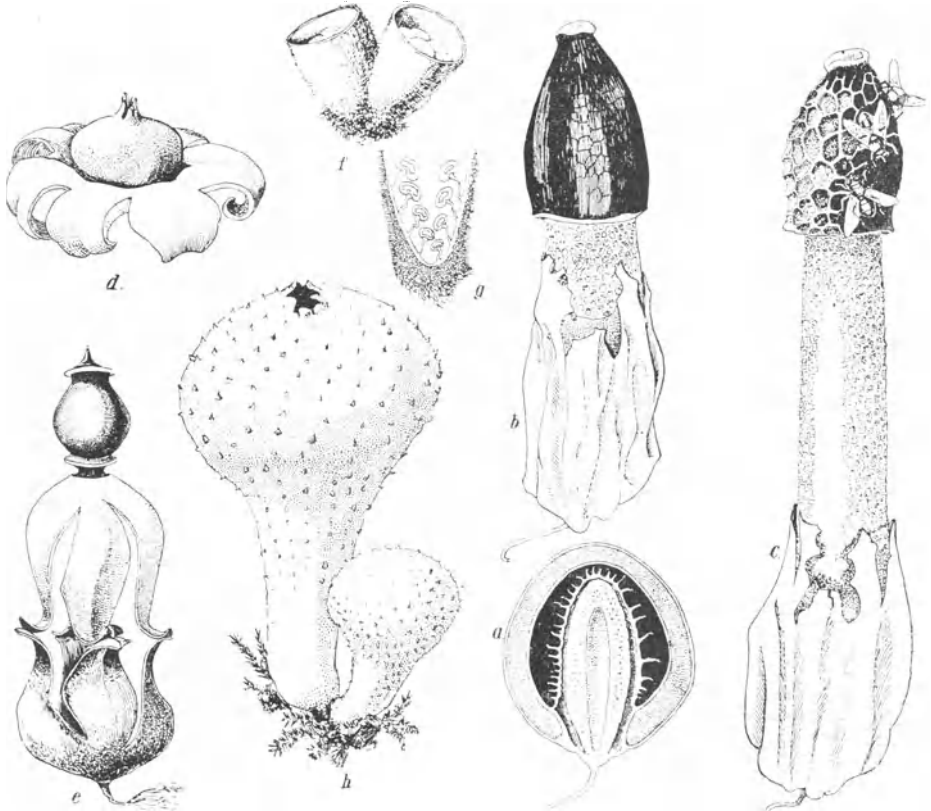


Abb. 272. *a, b, c* *Phallus impudicus* in drei verschiedenen Entwicklungszuständen. *a* im Längsschnitt. *d* *Geaster fimbriatus*, *e* *G. coronatus*. *f* *Crucibulum*. *g* dasselbe im Längsschnitt die Peridiolen zeigend. *h* *Lycoperdon*.

der sich öffnenden Peridie gebildeten Bechers liegen. Als Beispiel möge *Crucibulum vulgare*, eine häufiger vorkommende Art, genannt sein (Abb. 272 *f*).

Bei den **Lycoperdaceen**, zu denen die überall vertretenen Gattungen *Bovista* und *Lycoperdon* (Abb. 272 *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 Hygroskopizität bei trockenem Wetter zurückschlagen, bei feuchtem Wetter aber zusammenschließen. Die innere Schicht, die das Capillitium und die Sporen einschließt, öffnet sich am Gipfel. (Abb. 272 *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 Gymnocyeten 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, der bisweilen mit der Trüffel verwechselt wird, soll giftig sein.

### Vierte Klasse: Die Flechten (Lichenes).

Die Flechten oder Lichenen sind keine einheitlichen Organismen, sie werden gebildet durch die Vergesellschaftung eines Pilzes und einer Alge, die miteinander in Symbiose leben. Dementsprechend besteht ihr verschieden geformter Vegetationskörper aus einem Geflecht von Pilzhyphen, in welches Algen eingestreut sind (Abb. 180). Die Algenzellen werden als Gonidien der Flechte bezeichnet. Die in Betracht kommenden Pilze gehören meist zur Abteilung der Schlauchpilze, seltener zu den Stielpilzen; 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, die als Komponenten am Aufbau des Flechtenkörpers teilnehmen können, gehören zu den Spaltalgen und Grünalgen.

Wenn Pilzfäden und Gonidien durch den Flechtenkörper ziemlich gleichmäßig verteilt sind, so bezeichnet man den Thallus als homöomer. Häufiger 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, das 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 denen zahlreiche stabförmige Conidien 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.

Man kann nach der Gattung der beteiligten Pilze, nach dem Bau und der Wuchsform des Thallus die Klasse der Flechten in Reihen und Ordnungen zerlegen. Wir beschränken uns bei der untergeordneten Bedeutung der Klasse auf die Erwähnung einiger häufigerer Formen.

Wichtigste Familien: Cladoniaceae, Usneaceae, Ramalinaceae, Parmeliaceae, Lecanoraceae, Graphidaceae, Pertusariaceae, Collemaceae.

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 Heiden. Überall häufig ist *Cladonia rangiferina*, die Rentierflechte.

Zu den **Usneaceen** gehört die Bartflechte, *Usnea barbata* (Abb. 273), 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



Abb. 273. *Usnea barbata*.

Thallus auf der Oberseite blaßgraugrün oder kastanienbraun, unterseits weißlich gefärbt ist (Abb. 274), 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. *Roccella*-Arten liefern Lakmus.



Abb. 274. Thallusast von *Cetraria islandica*. Offizinell.

Die Laubflechten bilden ein laubartiges Lager, das 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 gelbe 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, das 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 schüsselförmige 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. *Ochrolechia*-Arten liefern Lakmus.

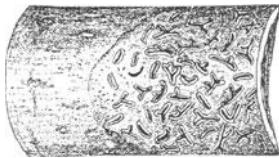


Abb. 275. Rindenstück mit *Graphis scripta*.

Die **Graphidaceen** haben länglich strichförmige Apothecien, die in den krustenförmigen Thallus eingesenkt sind, wie z. B. die

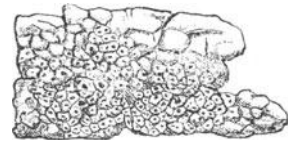


Abb. 276. Buchenrinde mit *Pertusaria communis*.

Schriftflechte, *Graphis scripta*, deren Thallus an Baumrinden grauweiße Flecken bildet, auf denen die schwarzen Apothecien wie hebräische Schriftzeichen hervortreten (Abb. 275).

Die **Pertusariaceen**, ebenfalls Krustenflechten, sind Pyrenolichenen. Ihre Perithechien sind in warzenförmigen Erhebungen des Thallusgewebes eingeschlossen. *Pertusaria communis*, die gewöhnlichste Art, bildet knorpelige Krusten von teegrüner Farbe mit warziger Oberfläche (Abb. 276).

Als ein Beispiel aus der Gruppe der homöomeren Flechten mag endlich die Familie der **Collemaaceen** erwähnt werden. Die hierher gehörige Gattung *Collema* bildet laubartige, von Pilzhypen durchzogene Gallertplatten, welche nostocartige Gonidien enthalten.

## Zweite Gruppe: Moospflanzen (Bryophyta).

Der Vegetationskörper der Moospflanzen bildet einen bewurzelten Sproß, der mittels einer Scheitelzelle wächst. Die Wurzeln sind Zellfäden; der Sproß bildet in den weniger häufigen Fällen eine thallose Laubausbreitung, meist ist er ein einfaches oder verzweigtes Stämmchen, das 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 an grüne Fadenalgen erinnernder Vorkeim, das Protonema, an dem sich die geschlechtliche Generation, die eigentliche, mit Scheitelzellwachstum ausgestattete Moospflanze, entwickelt, die 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 bildet eine Klasse mit zwei Reihen:

Moospflanzen.

Reihe 1: Lebermoose, Hepaticae.

Das Protonema ist unbedeutend, der 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 Längsrissen sich öffnet. Neben den Sporen sind häufig Elateren vorhanden.

Reihe 2: Laubmoose, Musci.

Das Protonema ist fadenalgenähnlich entwickelt; der an ihm als Seitensproß auftretende Sproß ist radiär beblättert, Blättchen meist mit Mittelnerv. Das Sporogonium ist mit einer Haube bedeckt und öffnet sich in der Regel durch Abwerfen eines Deckels urnenförmig und enthält neben den Sporen meist eine Columella aber keine Elateren.

### Erste Reihe: Lebermoose (Hepaticae).

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 bewurzeltes Stämmchen mit zwei- oder dreizeiliger 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 spiralförmigen Wandverdickungen, die bei manchen Arten durch ihre Hygroskopizität bei der Ausbreitung der Sporen eine Rolle spielen. Hierher gehören drei Ordnungen.

Ordnung 1: Marchantien, Marchantiinae. Die rundlichen Sporenkapseln ohne Mittelsäulchen öffnen sich unregelmäßig vom Gipfel aus.

Ordnung 2: Anthoceroten, Anthocerotinae. Die langgestreckten Sporogone mit Mittelsäulchen öffnen sich durch Längsrisse schotenartig mit zwei Klappen.

Ordnung 3: Jüngermannien, Jungermanniinae. Die kugeligen Sporenkapseln öffnen sich durch Längsrisse vom Gipfel her mit vier Klappen.

### Erste Ordnung: Marchantien (Marchantiinae).

Der Vegetationskörper der Marchantien ist ein dorsiventraler, thalloser Sproß mit Haarwurzeln an der Unterseite. Die Sporogonien öffnen sich unregelmäßig mit Zähnen, eine Columella ist nicht vorhanden.

Familien: Ricciaceae, Marchantiaceae.

Die **Ricciaceen** haben keine Atemporen an dem Laube. Die Antheridien und Archegonien sind in offenen Höhlungen der Sproßoberfläche eingesenkt. Das Sporogonium 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 (Abb. 232).

Die **Marchantiaceen** entwickeln verhältnismäßig große, krautige Laubflächen, deren Oberfläche eine eigentümliche, regelmäßige Felerdung zeigt, welche der Verteilung der Lufthöhlen unterhalb der Epidermis entspricht. In der Mitte jedes Feldes ist ein weiter Atemporus mit bloßem Auge wahrnehmbar (Abb. 160 B). Die Geschlechtsorgane werden von umgebildeten Laubsprossen, Receptacula, getragen. Die Sporogonien öffnen sich unregelmäßig. Im Innern sind neben den Sporen zahlreiche Elateren vorhanden. Bei *Marchantia polymorpha* (Abb. 277), die überall an feuchten Stellen wächst, sind die weiblichen Receptacula langgestielt, 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. 197 besprochen worden. Bei *Fegatella conica* ist die Scheibe des langgestielten weiblichen Receptaculum kegelförmig und ganzrandig oder doch nur schwach gelappt. Bei *Preissia* ist die Scheibe halbkugelförmig, *Lunularia vulgaris*, die 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.



Abb. 277. *Marchantia polymorpha*. A mit männlichem, B mit weiblichem Receptaculum, b Brutbecherchen.

### Zweite Ordnung: Anthoceroten (Anthocerotinae).

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, die von Sporen und Elateren umgeben ist.

Familie: Anthocerotatae.

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 laevis*, der bisweilen nach der Ernte die Oberfläche feuchter Ackerstellen zwischen den Stoppeln überkleidet (Abb. 278).

### Dritte Ordnung: Jungermannien (Jungermanniinae).

Die Jungermannien 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 unter den Familien:

- a) anakrogyne mit rückenständigen und
- b) akrogyne mit gipfelständigen Sporogonien.

a) Die anakrogynen Jungermannien haben fast ausnahmslos thallose Sprosse, die Archegonien und dementsprechend die Sporogonien stehen auf dem Rücken des Sprosses. Bisweilen sind die Archegonien von dem umgeschlagenen Rande des Laubes



Abb. 278. *Anthoceros laevis*. ( $\frac{2}{1}$  nach Luerssen.)

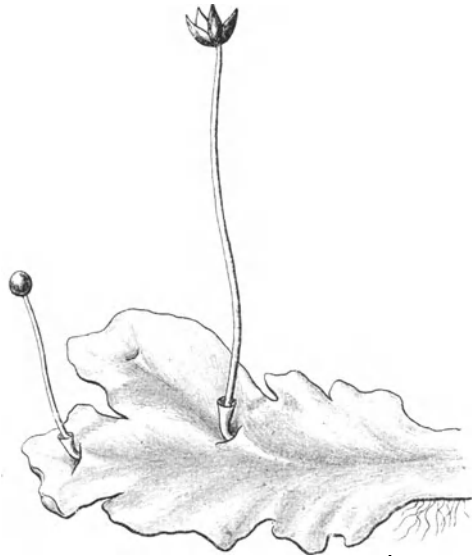


Abb. 279. Sproßstück von *Pellia epiphylla* mit einem geöffneten Sporogonium. (Vergrößert.)

schützend umhüllt, in anderen Fällen entsteht als Wucherung des benachbarten Sproßgewebes eine scheidenartige Schutzhülle, die 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 (Abb. 279). Die Archegonien stehen zu mehreren in einer nach dem vorderen Laubrande hin geöffneten taschenförmigen Hülle.

b) Die akrogynen Jungermannien 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, Amphigastrien, die gewöhnlich viel kleiner sind als die Oberblätter. Die Sprosse sind unregelmäßig monopodial verzweigt. Die Zweige, welche Archegonien tragen, schließen ihr Scheitelwachstum mit der Ausbildung der Geschlechtsorgane ab. Die Archegonien sind meist von einer schlauch- oder becherförmigen Hülle, Perianth, umgeben, die 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, Geocalycaeeae, Jungermanniaceae, Gymnomitriaceae.

Die **Jubuleen** haben ober-schläch-tige 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.



Abb. 280. Sproßstück von *Scapania undulata* mit einem geöffneten Sporogonium. (Vergrößert.)

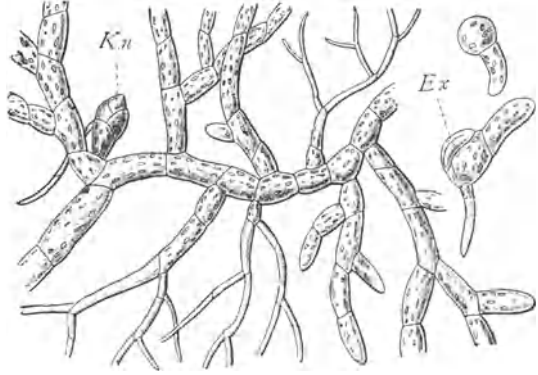


Abb. 281. Teil eines Moosprotonemas. (Vergrößert.)  
*Rh* Rhizoiden. *Kn* erste Anlage eines Moosstämmchens.  
 Rechts neben der Hauptfigur zwei keimende Moossporen.  
*Ex* Rest des Exosporiums.

Bei der hierher gehörenden *Frullania dilatata*, die überall an Baumstämmen oder Felsen kupferbraune oder grünschwäzliche 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 ober-schläch-tige 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 unter-schläch-tig, 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* (Abb. 280) und *Plagiochila* haben ein platt-



gedrücktes 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.

### Zweite Reihe: Laubmoose (Musci).

Die Laubmoose haben ein großes, meist einer verzweigten Fadenalge ähnliches Protonema (Abb. 281). Der Sproß der am Protonema entstehenden geschlechtlichen Pflanze (Gametophyt), ist radiär gebaut und trägt spiralingestellte Blätter. Die letzteren haben oft mehrschichtige Mittel- und Randrippen aus gestreckten Zellen. Das Sporogonium (Sporophyt) ist in der Jugend von dem mitwachsenden Archegonium umhüllt, dessen endlich abreißenber oberer Teil als Haube die Kapsel bedeckt. Die Kapsel öffnet sich in der Regel durch

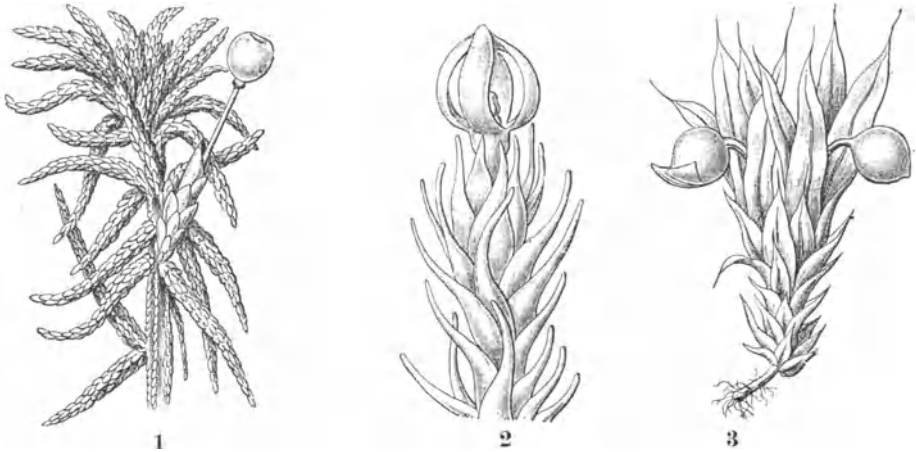


Abb. 282. 1 *Sphagnum cymbifolium*, 2 *Andreaea rupestris*, 3 *Phascum cuspidatum*. ( $10/1$  n. Schimper.)

Abwerfen eines Deckels, unter dem meist ein Peristom am Rande der Kapsel stehen bleibt. Die Kapsel des Sporogoniums besitzt fast immer eine Columella, Elateren fehlen. Man unterscheidet drei Ordnungen:

Ordnung 1: Torfmoose, Sphagna. Das ungestielte Sporogonium öffnet sich mit abspringendem Deckel. Die im Grunde entspringende Columella reicht nicht bis zum Deckel empor.

Ordnung 2: Spaltfrüchtler, Schizocarpae. Das ungestielte Sporogonium öffnet sich durch Längsspalten in der Kapselwand. Die Columella reicht nicht bis zum Scheitel empor.

Ordnung 3: Bryineen, Bryineae. Das meist langgestielte Sporogonium öffnet sich mit einem sich ablösenden Deckel. Die Columella durchsetzt den Sporenraum von unten bis oben. Am Urnenrand steht ein regelmäßiges Peristom.

### Erste Ordnung: Torfmoose (Sphagna).

Im Gegensatz zum Vorkeim aller übrigen Laubmoose ist das Protonema der Torfmoose 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 (Abb. 159). Gleiche Zellen, die als kapillare Leitbahnen und Reservoir für Wasser dienen, sind auch in

der Stengelrinde vorhanden. Die Sporogonien, die 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, der Sporenraum ist also glockenförmig. Die Reihe enthält nur eine Familie: Sphagnaceae.

Die einzige Gattung der Sphagnaceen 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 (Abb. 282, 1) und Sphagnum acutifolium genannt werden.

### Zweite Ordnung: Spaltfrüchtler (Schizocarpae).

Die Spaltfrüchtler sind kleine ausdauernde Moose mit dichotom verzweigten beblätterten Stengeln. Die gipfelständigen Sporogonien sind ungestielt und von einem stielartigen Sproßabschnitt getragen. Sie sind bis zur Reife von dem zuletzt haubenartig abreißen Archegonium umhüllt. Die Wand der eiförmigen Kapsel spaltet sich bei der Reife durch Längsrisse in vier oben und unten zusammenhängende Klappen. Die zapfenförmige Columella erreicht den Scheitel der Kapsel nicht. Familie: 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 häufigsten (Abb. 282, 2).

### Dritte Ordnung: Die Bryineen (Bryineae).

Die Reihe der Bryineen umfaßt die Mehrzahl aller Laubmoosarten. Die Stämmchen, welche sich an dem fadenalgenartigen Protonema entwickeln, sind hinsichtlich ihrer Verzweigung und Beblätterung sehr verschieden. Sehr übereinstimmend und charakteristisch ist dagegen die Ausbildung des Sporogoniums (Abb. 283). Die kürzer oder länger gestielte Kapsel trägt die abgerissene Archegonienwand als Haube und ist mit einem genabelten Deckel versehen, der bei der Reife abspringt. In der Regel ist an der Grenze zwischen dem Deckel und der Kapselwand ein Ring eigentümlich ausgebildeter, meist stark verdickter Zellen, **Annulus**, vorhanden, durch den 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 und Spaltöffnungen versehen. Am Rand der geöffneten Kapsel steht ein einfacher oder doppelter

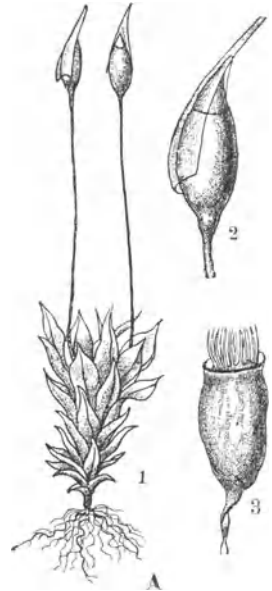


Abb. 283. A *Anacalypta*. 1 ein Moospflänzchen, welches zwei Sporogonien trägt, 2 die Kapsel eines Sporogoniums mit Deckel und Haube, stärker vergrößert, 3 dieselbenach dem Aufspringen. An dem Rande der Kapsel ist das Peristom sichtbar.

Kranz von zierlichen Zähnen, Peristom, die meist aus den verdickten Wandstellen zerrissener Zellen bestehen. Im Innern der Kapsel ist eine durchgehende Columella vorhanden, welche von einem hohlzylindrischen Sporenraume umgeben ist.

Man unterscheidet unter den Familien

a) Acrocarpe, die die Sporogone am Gipfel des Hauptsprosses tragen und

b) Pleurocarpe, bei denen sie an kurzen Seitenästen entspringen.

a) Akrokarpe Bryineen.

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 Sporogonien meist regelmäßig, glatt und mit verschmälerter Apophyse versehen und daher birn- oder keulenförmig. Gewöhnlich nicken sie auf den Stielen oder hängen gänzlich nach abwärts. Das doppelte Peristom hat im äußeren Kreise sechzehn enggliederte Zähne. Das innere Peristom wird von einer faltigen Membran gebildet, die 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 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 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



Abb. 284. *Polytrichum commune*.



Abb. 285. *Hylocomium triquetrum*.

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 letzte 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, ungliederten Zacken, von deren Gipfel aus ein als Paukenhaut bezeichneter Rest des Kapselgewebes die Mündung des entdeckelten Sporogoniums überzieht. *Polytrichum commune*, das überall in dunkelgrünen Rasen weite Strecken des Wald- und Moorbodens überzieht, ist eine der größten und schönsten Formen (Abb. 284). 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 stattlich ist *Atrichum undulatum*, dessen bis zu 5 cm hohes Stämmchen langlanzettförmig, wellig verbogene Blätter trägt.

Die Kapsel ist wurstförmig gekrümmt und mit langgeschnäbeltem Deckel und einer kahlen Haube bedeckt.

#### b) Pleurokarpe 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 Blattzellennetzes und der Kapsel werden zahlreiche Gattungen unterschieden, unter denen die Gattung *Hypnum* die artenreichste ist. Die Blätter sind bei den *Hypnum*-arten 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 nicht oder nur ganz kurz geschnäbelt. Bei dem verbreiteten, auf Erde, an Mauern, Felsen und Baumstämmen wachsenden *Hypnum cupressiforme* ist der Deckel der zylindrischen, meist schwach geneigten Kapsel lang zugespitzt. An dem unregelmäßig fiederförmig verästelten Sproß stehen sichelförmig einseitswendige, 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 er. Zu den gemeinsten Waldmoosen gehört *Hylocomium triquetrum*, dessen robuste, spärlich fiederästige Stengel mit allseitswendigen, sparrig abstehenden Blättern zur Verfertigung von Mooskränzen verwendet werden (Fig. 285).

### Dritte Gruppe: Farnpflanzen (Pteridophyta).

Für die Farnpflanzen ist auch der Name Gefäßkryptogamen in Gebrauch. Die aus der Spore erwachsende geschlechtliche Generation (Gametophyt), ist ein unscheinbares Prothallium (Abb. 234 E). Als Geschlechtsorgane treten Antheridien (G) und Archegonien (J) auf. Die befruchtete Eizelle wird zur ungeschlechtlichen Pflanze (Sporophyt), welche wieder Sporen erzeugt. Der Vegetationskörper des Sporophyten ist eine in Wurzel, Stamm und Blätter gegliederte Gefäßpflanze. Die Farnpflanzen werden deswegen auch als Gefäßkryptogamen bezeichnet. Wie die Moospflanzen können auch die Farnpflanzen in eine Klasse zusammengefaßt werden, die sich in drei Reihen gliedert.

Reihe 1: Farne, Filicinae. Der Sproß ist wenig verzweigt, die Blätter sind ansehnlich, meist reich gegliedert. Die Sporangien stehen am Rande oder an der Unterseite der Laubblätter oder abweichend gestalteter Sporophylle.

Reihe 2: Schachtelhalme, Equisetinae. Der Sproß ist gegliedert und reich verzweigt, die kleinen einfachen Blätter sind in Quirlen verwachsen, die schildförmigen Sporophylle in endständigen Sporangienähren vereinigt.

Reihe 3: Bärlappgewächse, Lycopodinae. Der verzweigte Sproß ist ungegliedert und trägt kleine, nicht scheidig verwachsene Blätter. Die Sporophylle stehen zwischen den Laubblättern oder an besonderen Sproßabschnitten. Sie sind den Laubblättern ähnlich und tragen je ein Sporangium.

#### Erste Reihe: Farne (Filicinae).

Der nur spärlich verzweigte Sproß trägt kräftig entwickelte Blätter. Die letzteren sind oft reich verzweigt und besitzen eine komplizierte Nervatur. Die Sporangien entstehen meist zahlreich auf unveränderten oder auf metamorphosierten Blättern, die nicht auf eine bestimmte Region des Sprosses beschränkt sind.

Wir unterscheiden drei Ordnungen:

Ordnung 1: Eusporangiaten, Eusporangiatae. Die Sporangienwand ist mehrschichtig. Alle Sporen sind von gleicher Größe.

Ordnung 2: Leptosporangiaten, Leptosporangiatae. Die Sporangienwand ist einschichtig. Alle Sporen sind gleich.

Ordnung 3: Wasserfarne, Hydropterides. Die Sporangien enthalten zweierlei Sporen, Mikrosporen und Makrosporen.

### Erste Ordnung: Eusporangiate Farne (Eusporangiatae).

Die eusporangiaten Farne sind dadurch ausgezeichnet, daß bei ihnen das Sporangium aus einem Komplex von Blattzellen hervorgeht, während bei den leptosporangiaten Farnen und den Wasserfarnen 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 Sporangien einzeln oder zu mehreren in einem Sorus vereinigt auf der Unterseite der Blätter (Abb. 235 C—M). 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 herzförmige, grüne Laublappen, die 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, der 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 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 Blattstiel eiförmig und ungeteilt, der fertile Teil einfach ährenförmig (Abb. 286), bei *Botrychium Lunaria* ist der sterile Teil einfach fiederschnittig mit halbmondförmigen Abschnitten, der fertile Blatteil ähnelt einer gedrungenen Rispe.

### Zweite Ordnung: Leptosporangiate Farne (Leptosporangiatae).

Die leptosporangiaten Farne tragen die Sporangien an unveränderten oder wenig veränderten Blättern. Die am Rande oder an der Unterseite der Blätter stehenden Sporangien sind meistens zu Gruppen (Sori) zusammengestellt, die häufig von besonders gebildeten Indusien (Abb. 234 A u. 235 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 (Abb. 234 B). Es werden nur einerlei Sporen gebildet. Die Prothallien tragen beiderlei Geschlechtsorgane (Abb. 234), 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 erfolgt durch einen Längsriß. Die Sporangien sind zu Sori vereinigt, welche direkt am Blattrande auf



### Dritte Ordnung: Wasserfarne (Hydropterides).

Die Wasserfarne, so genannt, weil sie im Wasser oder doch auf sumpfigem Boden wachsen, haben wie die Farne der vorhergehenden Ordnung eine einschichtige Sporangienwand, die aber ohne Annulus ist. Sie unterscheiden sich von den letzteren wesentlich dadurch, daß zweierlei Sporen, Mikrosporen und Makrosporen erzeugt werden. Die Mikro- und Makrosporangien sind entweder für sich oder untermischt zu Sori vereinigt, die in bohnenförmige oder kugelige, aus umgewandelten Blattzipfeln hervorgegangene Sporokarprien eingeschlossen sind. Aus den Mikrosporen gehen männliche, aus den Makrosporen weibliche Prothallien hervor. Beide sind rudimentär und bleiben ganz oder teilweise von der Sporenwand umhüllt.

Familien: Salviniaceae, Marsiliaceae.



Abb. 288. *Polypodium vulgare*.

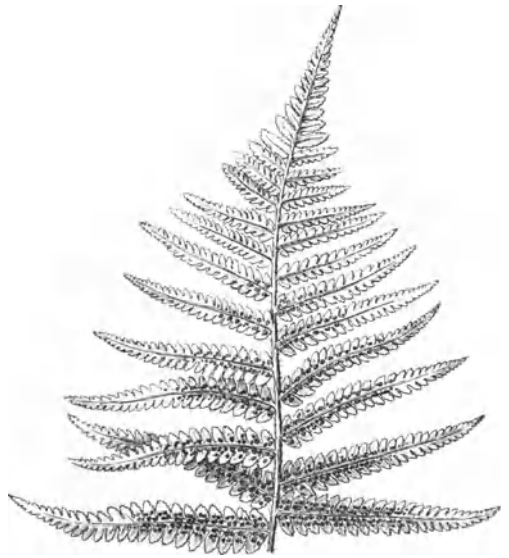


Abb. 289. *Aspidium Filix mas*. Offizinell.  
Spitze eines fertilen Wedels von der Unterseite ( $\frac{1}{2}$ ).

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, die in dichtem Büschel ins Wasser hinabhängen (Abb. 290). Die kugeligen Sporokarprien, die 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, der die aufrechten Blätter in zwei alternierenden Reihen trägt. Die Sporocarpien entspringen einzeln oder zu mehreren aus dem unteren Teil des Blattes. Sie enthalten stets

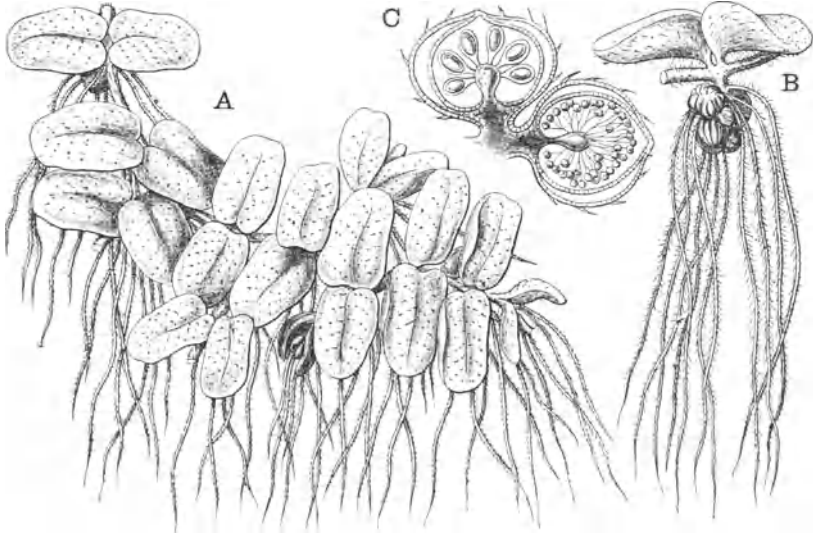


Abb. 290. *Salvinia natans*. **A** schwimmende Pflanze, **B** ein Blattquirl mit Sporocarprien, **C** zwei Sporocarprien im Längsschnitt; das obere mit Makrosporangien, das untere mit Mikrosporangien. (Nach Luerssen.)

mehrere Sori, in denen Mikrosporangien und Makrosporangien nebeneinander stehen. *Pilularia globulifera* mit fadenförmigen Blättern und kugeligen, vierfächerigen Sporocarprien wächst in Seen und Gräben, besonders auf Torfgrund (Abb. 291). *Marsilia quadrifolia* hat langgestielte Blätter, deren kleeblattähnliche Spreite aus zwei Paaren breitkeilförmiger Fiederblättchen zusammengesetzt ist. Die bohnenförmigen Sporocarprien entspringen zu zwei oder drei oberhalb der Blattstielbasis.

### Zweite Reihe: Schachtelhalme (*Equisetinae*).

Die Sprosse der Schachtelhalme sind reich verzweigt und knotig gegliedert. An den mit hohlen Internodien abwechselnden Knoten stehen Wirtel von kleinen Blättern, die zu gezähnten Scheiden verbunden sind. Die Sporangien entstehen an schildförmigen Sporophyllen, die am Sproßgipfel zu ährenartigen Sporangienständen vereinigt sind.

Die Equisetinen bilden eine einzige Familie: *Equisetaceae*.

Die **Equisetaceen** oder Schachtelhalme, sind eusporangiat. Die Sporangien enthalten nur einerlei Sporen, die von je zwei bandartigen Elateren umhüllt sind (Abb. 292G). Die Prothallien sind 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 Orte zur Aussaat gelangen. Indem auf diese Weise männliche und weibliche Prothallien nebeneinander zur Entwicklung

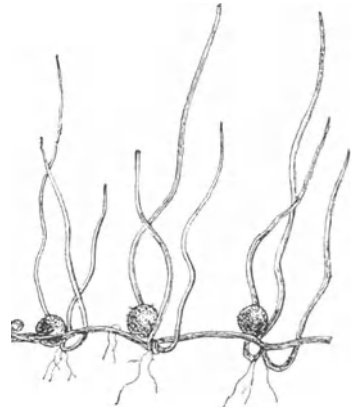


Abb. 291. *Pilularia globulifera*.



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 der einzigen Gattung ist *Equisetum arvense*, ein lästiges Unkraut, bei uns überall gemein. Die zuerst erscheinenden fertilen Sprosse sind rötlich gefärbt und unverzweigt, sie vertrocknen nach der Ausstreuung der Sporen. Später treten reichverzweigte, grüne,

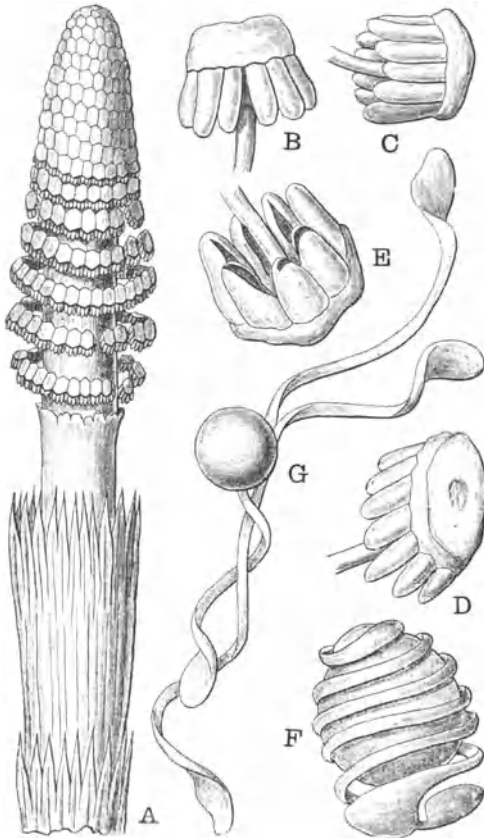


Abb. 292. *Equisetum Telmateja*. A Sporangienähre, B, C, D, E ein Sporophyll in verschiedenen Lagen, bei E sind die Sporangien bereits geöffnet und entleert, F und G Sporen mit Elateren (Nach Luerssen).

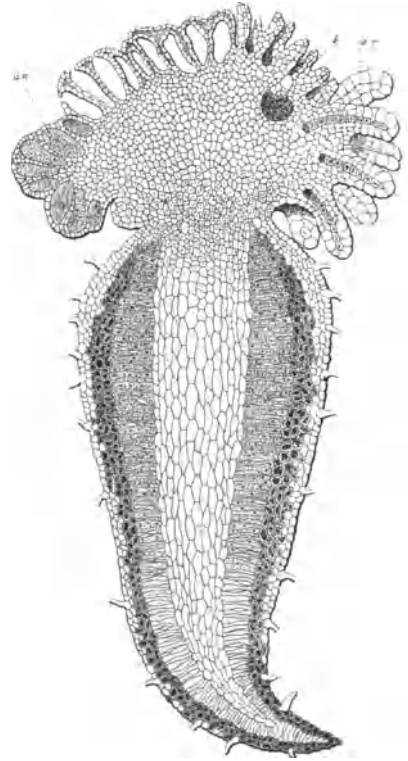


Abb. 293. Längsschnitt eines Prothalliums von *Lycopodium complanatum* (<sup>25/1</sup>). ar Archegonien, k Embryo. an Antheridien (nach Bruchmann).

sterile Sprosse auf. 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: Bärlappgewächse (*Lycopodinae*).

Die oft reichverzweigte, selten einfache Sproßachse ist mit zahlreichen kleinen Blättern besetzt, die von einem unverzweigten Mittelnerven durchzogen sind. Die Sporangien stehen einzeln am Grunde von wenig oder nicht verän-

derten Laubblättern. Häufig sind die fertilen Blätter zu endständigen Sporangienähren vereinigt.

Wir unterscheiden zwei Ordnungen:

Ordnung 1: Gleichsporige, Isosporeae. Es werden nur einerlei Sporen gebildet.

Ordnung 2: Verschiedensporige, Heterosporeae. Sie haben Mikro- und Makrosporen.

### Erste Ordnung: Gleichsporige (Isosporeae).

Die Prothallien der gleichsporigen Bärlappgewächse leben ganz oder teilweise unterirdisch. Sie sind knollen- oder rübenförmig oder unregelmäßig gestaltet (Abb. 293) und 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.

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 Fruchständen vereinigt. Jedes derselben trägt auf seiner Basis ein einziges nierenförmiges Sporangium, das sich bei der Reife durch einen Querriß öffnet. *Lycopodium clavatum*, der gemeine Bärlapp (Abb. 294), hat einen weithin kriechenden, monopodial verzweigten, wurzelnden Stengel, der ringsherum dicht mit kleinen Blättern besetzt ist. Die fertilen Äste sind aufrecht und tragen an ihrem Gipfel zwei oder mehr Sporangienähren. Die tetraedrischen Sporen werden eingesammelt und sind unter dem Namen Bärlappsporen — *Lycopodium* — officinell.



Abb. 294. *Lycopodium clavatum*.

Die tetraedrischen Sporen werden eingesammelt und sind unter dem Namen Bärlappsporen — *Lycopodium* — officinell.

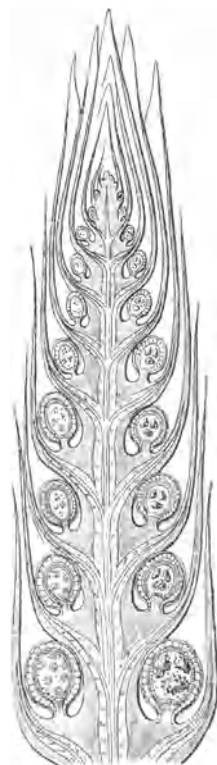


Abb. 295. Längsschnitt eines Sporangienstandes von *Selaginella* (nach Sachs).

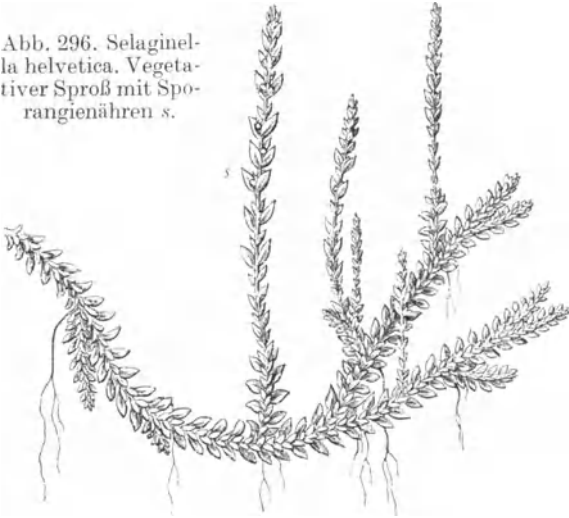
### Zweite Ordnung: Verschiedensporige (Heterosporeae).

Auch bei den verschiedensporigen Bärlappgewächsen trägt jedes Sporophyll nur 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.

Der Sproß der **Selaginellaceen** ist dünn und schlank, meist dorsiventral, reichlich monopodial oder dichotomisch verzweigt und mit kleinen flachen Blättern besetzt, die zwei

Abb. 296. Selaginella helvetica. Vegetativer Sproß mit Sporangienähren s.



Sie besitzen einen kurzen, normal unverzweigten, aufrechtstehenden Sproß ohne Internodien. Die gewöhnlich bis 15 cm langen, binsenartigen Blätter stehen dicht gedrängt in spiraliger Anordnung. Die Sporangien sind in eine grubige Vertiefung der scheidenförmig erweiterten Blattbasis eingesenkt und von dem häutigen Rand der Grube teilweise überdeckt (Abb. 297 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,

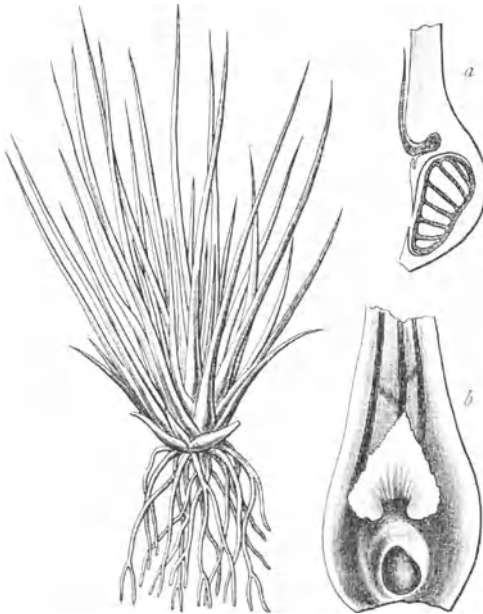


Abb. 297. *Isoetes lacustris*. a fertile Blattbasis im Längsschnitt, b von oben.

Zeilen größerer flankenständiger Unterblätter und zwei Zeilen kleinerer rückenständiger Oberblätter bilden. Die Sporophylle bilden endständige, meist prismatisch vierkantige, seltener zylindrische Ähren (Abb. 295). Die kugeligen Mikrosporangien enthalten zahlreiche Mikrosporen; in den etwas größeren Makrosporangien werden nur je vier kugeltetraedrische Makrosporen gebildet. Die einheimischen Arten *Selaginella helvetica* (Abb. 296) 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* (Abb. 297) und *I. echinospora*, vertreten.

indem der Sporenraum von vorne nach hinten von Zellplatten oder Balken, Trabeculae, durchzogen wird (Abb. 297 a).

Die als Versteinerungen in den Schichten der Erdrinde erhaltenen Überreste der Pflanzen aus früheren Erdperioden lehren uns, daß die Farnpflanzen in der paläozoischen 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 Schachtelhalmen und Bärlappgewächsen, 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 Farnen jener Erdperioden fanden sich

die ihnen in der Form nahestehenden, heute gänzlich ausgestorbenen Cycadofilices oder Pteridospermae, die vermittelnde Zwischenglieder zwischen den Farnpflanzen und den nacktsamigen Blütenpflanzen bilden.

### Vierte Gruppe: Nacktsamige (Gymnospermae).

Die nacktsamigen Blütenpflanzen 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 (Abb. 77). Die Samenanlagen der weiblichen Blüten sitzen frei auf der Oberfläche nicht verwachsener Fruchtblätter (Abb. 77 A). Aus den Samenanlagen werden nach der vermittelst eines Pollenschlauches erfolgten Befruchtung Samen, in denen der aus einer befruchteten Eizelle hervorgegangene, vom Endosperm umhüllte Embryo eine Ruhezeit durchmacht.

Wir können die Gruppe der nacktsamigen Blütenpflanzen ihrem Umfange nach als eine einzige Klasse betrachten, die sich in drei Reihen gliedert.

Reihe 1: Farnpalmen, Cycadeae. Die meist unverzweigte holzige Sproßachse trägt große, derbe, fiederförmig verzweigte Blätter. Das Holz des Stammes wird hauptsächlich aus Tracheiden gebildet. Echte Gefäße fehlen.

Reihe 2: Nadelholzgewächse, Coniferae. Der holzige Sproß ist reich verzweigt. Die Blätter sind klein, einfach, und meist nadelförmig. Das Stammholz besteht der Hauptsache nach aus Tracheiden. Echte Gefäße fehlen.

Reihe 3: Gnetaceen. Gnetaceae. Stamm einfach oder verzweigt. Blätter flächenförmig verschieden gestaltet. Das Stammholz führt echte Gefäße.

#### Erste Reihe: Farnpalmen (Cycadeae).

Die Sproßachse der Farnpalmen ist knollen- oder kurz säulenförmig und meist unverzweigt. Die großen derben fiederförmig verzweigten Blätter sind spiraling angeordnet.

Die Blüten sind stattliche Zapfen, deren spiraling angeordneten Schuppen entweder Pollensäcke oder Samenanlagen tragen.

Einzigste Familie: Cycadaceae.

Die wenigen zur Familie der Cycadaceen 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 Bezeichnung als Palmwedel von den Gärtnern zu Trauerkränzen verwendet.

#### Zweite Reihe: Nadelholzgewächse (Coniferae).

Die nadel- oder schuppenförmigen Blätter stehen spiraling oder in alternierenden Quirlen.

Die Nadelholzgewächse sind meist stattliche, reichverzweigte Bäume, die erst nach Jahren blühreif werden und ein hohes Alter erreichen können. Die kleinen meist zapfenförmigen Blüten sind eingeschlechtig. Die Samen reifen langsam und keimen nach einer Ruhezeit.

Die Familien gruppieren sich in drei Ordnungen:

Ordnung 1: Eibenartige, Taxinae. Die reduzierten weiblichen Blüten enthalten nur 1 oder 2 Samenanlagen. Die reifen Samen sind von fleischiger Hülle umgeben.

Ordnung 2: Zypresenartige, Cupressinae. Die Blätter und die Zapfenschuppen stehen in Quirlen. Aus der weiblichen Blüte wird bei der Samenreife ein holziger Zapfen, seltener ein Beerenzapfen.

Ordnung 3: Tannenbaumartige, Abietinae. Blätter und Blütenschuppen stehen in spiraliger Anordnung.

### Erste Ordnung: Eibenartige (Taxinae).

Bei den eibenartigen Nadelholzgewächsen stehen die Samenanlagen frei in der Achsel der Deckblätter oder auf kurzen Stielchen. Fruchtzapfen werden

nicht gebildet. Die mit einer fleischigen Umhüllung versehenen Samen werden durch Vögel verbreitet.

Familien: Podocarpaceae, Taxaceae, Ginkyoaceae.

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.

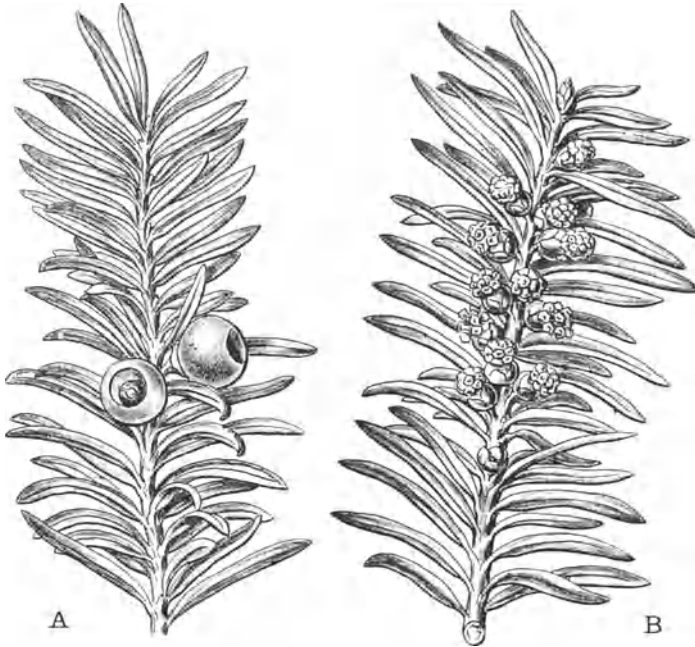


Abb. 298. Blütenzweige der Eibe. **A** weiblich mit Samen, **B** mit männlichen Blüten.

Die weibliche Blüte besteht nur aus einer Samenanlage, die auf der Spitze eines kurzen Seitenzweiges steht. Der reife Samen ist von einem fleischigen, leuchtend rot gefärbten, schleimig süßen Arillus umgeben (Abb. 298). Der Samen und die Triebspitzen sind giftig.

Die Familie der **Ginkyoaceen** besaß in früheren Epochen der Erdgeschichte zahlreiche Vertreter; gegenwärtig wird sie nur noch von *Ginkyo biloba*, einem in China und Japan kultivierten winterkahlen Baum mit verzweigtem Stamm und flachen Blättern repräsentiert. Die Ginkyoaceen nehmen in verschiedenen Beziehungen eine vermittelnde Stellung zwischen Nadelhölzern und Farnpalmen ein. In ihren Pollenschläuchen werden wie bei einigen Farnpalmen noch begeißelte Spermatozoiden gebildet.

### Zweite Ordnung: Zypresenartige (Cupressinae).

Neben stattlichen Bäumen kommen auch strauchförmig wachsende Arten vor. Die quirlständigen Blätter sind nadel- oder schuppenförmig gestaltet. Die geraden Samenanlagen sitzen meist zu zweien am Grunde der Fruchtblätter.

Familien: Cupressaceae.

Ein einheimischer, überall verbreiteter Vertreter der Familie der **Cupressaceen** ist der Wacholder, *Juniperus communis* (Abb. 299). Die Pflanze wächst strauchartig. 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 einem



Abb. 299. Zweig von *Juniperus communis* mit weiblichen Blüten und Früchten. Offizinell.

wenig saftigen, schwärzlichen, blaubereiften Beerenzapfen. Wacholderbeeren — *Fructus Juniperi* und Wacholderöl — *Oleum Juniperi* sind officinell. Der Sadebaum, *Juniperus Sabina*, hat schuppenförmige Blätter in vorherrschend zweizähligen Quirlen. Männliche und weibliche Blüten stehen auf demselben Strauch. Die Zapfen haben zwei oder drei Fruchtblattquirle. Manche ausländische Arten der Gattungen *Cupressus*, *Thuja*, *Biota* u. a. werden als beliebte Zierbäume bei uns gezogen. Der durch Destillation aus dem Holz von *Juniperus oxycedrus* gewonnene Wacholderteer — *Pix juniperi* ist officinell.

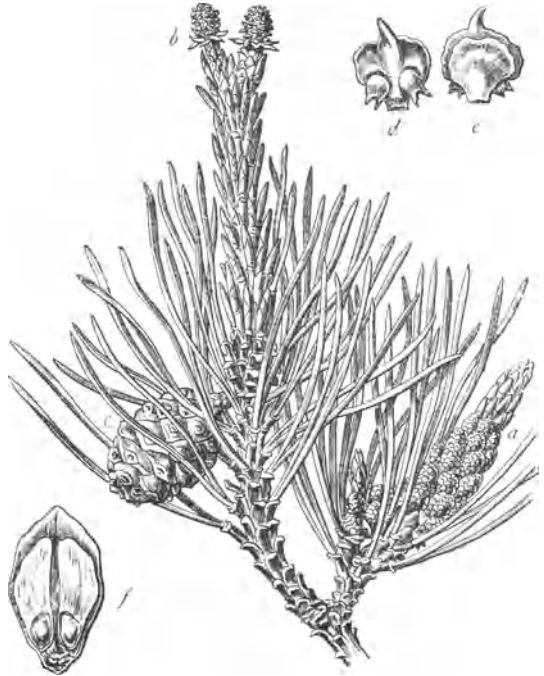


Abb. 300. Zweig von *Pinus silvestris* mit zahlreichen zweinadeligen Kurztrieben; *a* männliche, *b* weibliche Blüten, *c* ein unreifer Fruchtzapfen, *d* Schuppe des weiblichen Zapfens von oben gesehen, die beiden Samenanlagen zeigend, *e* eine Schuppe von unten gesehen, *f* Schuppe des Fruchtzapfens mit zwei reifen geflügelten Samen.

### Dritte Ordnung: Tannenbaumartige (Abietinae).

Die tannenbaumartigen Nadelholzgewächse sind waldbildende Bäume, die besonders in der gemäßigten Zone ausgedehnte Gebiete besiedeln. Die zapfenförmigen weiblichen Blüten tragen meist zwei umgewendete Samenanlagen an jeder Zapfenschuppe und werden zu holzigen Zapfen mit geflügelten Samen.

Familien: *Araucariaceae*, *Abietaceae*, *Taxodiaceae*.

Bei den **Araucariaceen** ist jedes Fruchtblatt 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 nadel-förmigen Blättern Kiefern, Lärchen, Fichten und Tannen, die den Gattungen *Pinus*, *Larix*, *Picea* und *Abies* angehören. Allen gemeinsam ist, daß die spiralig gestellten Fruchtblätter aus zwei nur an der Basis verbundenen Teilen bestehen. Der zur Basis des Zapfens hingewendete 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 2—5 wintergrüne Nadeln (Abb. 300). Bei *Larix* sind ebenfalls Lang- und Kurztriebe vorhanden (Abb. 301). Die Nadeln stehen in großer Zahl büschelig beieinander, sie sind weich und fallen im Herbst ab. Die Gattung *Picea* (Abb. 302) 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 (Abb. 303). Bei der Samenreife lösen sich die Zapfenschuppen einzeln von der Spindel ab.

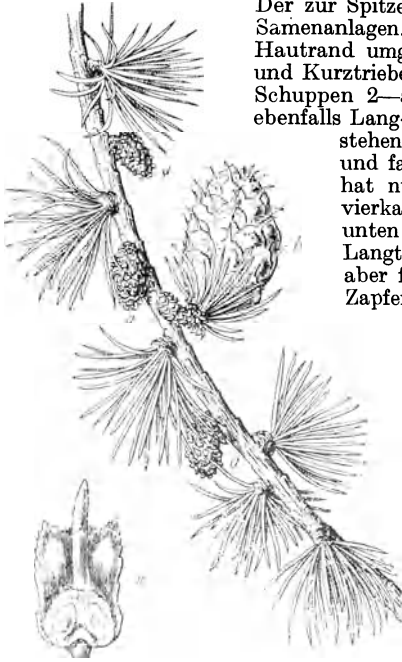


Abb. 301. Zweig von *Larix europaea* mit mehreren büschelig benadelten Kurztrieben, *a* männliche Blüte, *b* weibliche Blüte, *c* Schuppe des Fruchtzapfens mit zwei Samen.

Die Kiefer, *Pinus silvestris*, erreicht als Waldbaum eine Höhe von etwa vierzig Metern und bildet, anfänglich pyramidenartig wachsend, im Alter eine unregelmäßig schirmförmige Krone aus knorrigen Ästen. Sie trägt zwei Nadeln an jedem Kurztrieb (Abb. 300). Das an Kernholz reiche Holz alter Kieferstämme wird als Brennholz und auch als Werkholz, besonders auch für Schiffsmasten, geschätzt. Die Legföhre oder Latsche, *Pinus montana*, bildet an der Baumgrenze der mitteleuropäischen Gebirge oft ausgedehnte Bestände von urwaldartiger Ursprünglichkeit. Die Zirbe, *Pinus Cembra*, ein schöner Baum der Gebirge, trägt drei oder fünf Nadeln an jedem Kurztrieb. Manche *Pinus*-arten 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 fünfadeligen Kurztrieben, wird vielfach bei uns als Zierbaum angepflanzt. Die Lärche, *Larix europaea* (Abb. 301), kommt bei uns meist nur in kleinen Beständen als Waldbaum vor. *Larix sibirica*, ein der vorigen Art nahestehender Baum Nordrusslands und Sibiriens, findet, wie *Pinus silvestris*, zur Gewinnung von Holzteer Verwendung. Die Fichte, *Picea vulgaris* (Abb. 302), ist der häufigste Waldbaum unserer deutschen Gebirge. Seine Krone ist regelmäßig kegelförmig aus quirlig gestellten Ästen 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, die ebenfalls einen kegelförmigen Wuchs der Krone und quirlige Stellung der horizontalen Äste 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 Weiß-

tannen werden als Weihnachtsbäume verwendet. Als Vertreter ausländischer Gattungen der Abietaceen mögen genannt werden die Zeder des Libanon, *Cedrus Libani*, die im Altertum das Bauholz zum Tempel Salomonis und zu anderen Bauwerken geliefert haben soll, und *Tsuga Douglasii*, 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 und ein mehrtausendjähriges Alter erreicht hat.

**Dritte Reihe: Gneta-  
ceen (Gnetaceae).**

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 drei Gattungen, die zu einer Familie zusammengefaßt werden können.

Familie: Gnetaceae.

Die Familie der **Gnetaceen** wird von drei Gattungen: *Gnetum*, *Ephedra* und *Welwitschia*, gebildet, von denen in Europa nur eine, *Ephedra*, vertreten ist. *Ephedra distachya* erinnert im Habitus an die Equiseten. Die langen, dünnen, reichverzweigten Stengel sind gegliedert, die kleinen Blätter

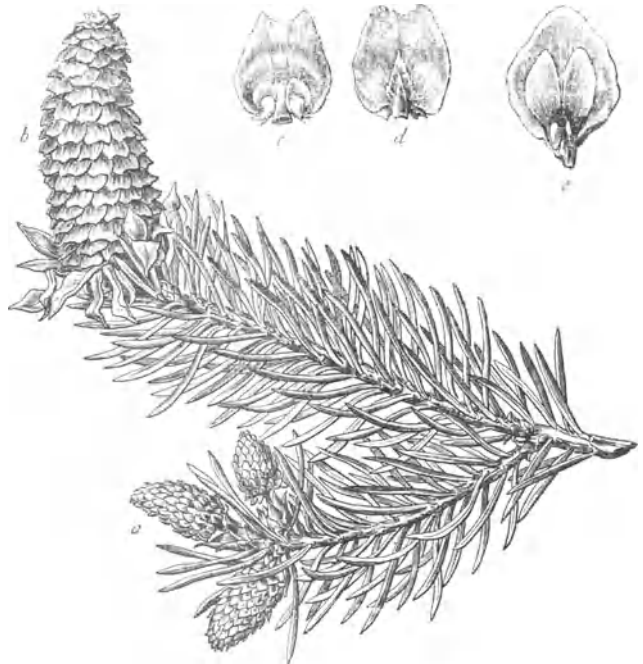


Abb. 302. Blütenzweige der Fichte. *a* männliche, *b* weibliche Blüte; *c* Schuppe der letzteren, von oben die beiden Samenanlagen zeigend. *d* dieselbe von unten gesehen; *e* Schuppe des Fruchtzapfens mit zwei geflügelten Samen.

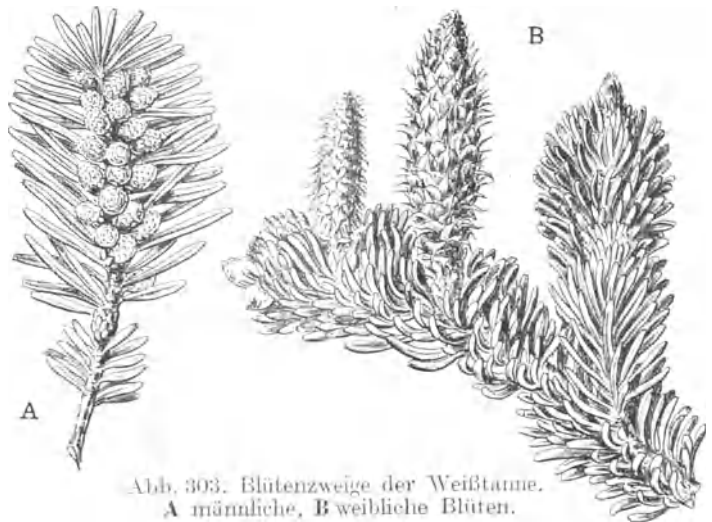


Abb. 303. Blütenzweige der Weißtanne. *A* männliche, *B* weibliche Blüten.



bilden an den Stengelknoten zweizählige Scheiden. Die männlichen Blüten bestehen aus zwei bis acht zu einer Säule verbundenen Staubblättern, die 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* (Abb. 304) 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 Gnemon* wird wegen der genießbaren Blätter und Früchte von den Eingeborenen der ostindischen Inseln angebaut.

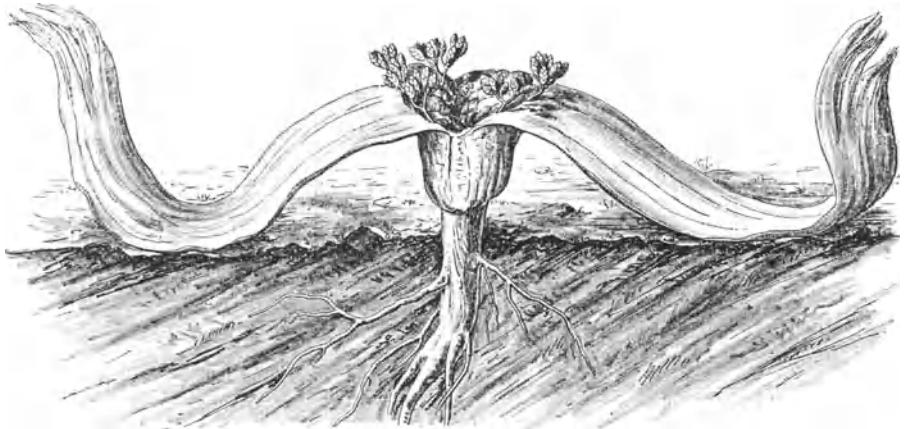


Abb. 304. *Welwitschia mirabilis* (verkleinert).

### Fünfte Gruppe: Bedecktsamige (Angiospermae).

Unter den bedecktsamigen Blütenpflanzen sind alle Wuchsformen vertreten. Sprosse und Wurzeln sind mit Spitzenwachstum und mit typischen Leitbündeln ausgestattet. Sekundäres Dickenwachstum ist weit verbreitet. Das Holz führt echte Gefäße. Die Sporophylle treten zu zwitterigen oder eingeschlechtigen Blüten zusammen, die in der Regel eine besondere Blütenhülle besitzen. Die Samenanlagen sind in einen aus 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 Plasma 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, die der jungen Pflanze bei der Keimung zunutze kommt. Die Organisationshöhe der Bedecktsamigen kommt besonders in den Bauplänen der Blüten zum Ausdruck. Von einfachsten Formen ausgehend steigert sich die Kompliziertheit der Baupläne durch Vermehrung der Gliederzahl in spiraler Anordnung und fortschreitende Gliederung der Blütenhülle zu großer Mannigfaltigkeit, aus der sich durch Fixierung der Zahl und Stellungsverhältnisse und

quirliche Anordnung der Blütenteile wenige euzyklische Bautypen herausentwickeln, in denen ein Fortschritt zu reduzierten Bauplänen mit Einsparung von Baumaterial erkennbar wird. Man kann die ungeheure Mannigfaltigkeit der Familienreihen nach der Organisationshöhe in vier Klassen ordnen.

Klasse 1: Einfachblütige, Monochlamydeae. Blütenhülle fehlt oder ist einfach schuppenartig grün oder braun, seltener blumenblattartig. Zahl und Stellung der Blütenteile lassen noch keinen regelmäßigen Bauplan erkennen. Der Keimling hat zwei Keimblätter.

Klasse 2: Freikronblättrige, Choripetalae. Die Blütenhülle besteht aus mehreren Kreisen von Hüllenblättern, die oft in Kelch und Krone gesondert sind. Die Kronblätter stehen frei auf der Blütenachse. Die Zahlverhältnisse in den Organgruppen schwanken innerhalb weiter Grenzen. Neben azyklischen und hemizyklischen kommen auch euzyklische Blüten vor. Der Keimling hat zwei Keimblätter.

Klasse 3: Verwachsenkronblättrige, Sympetalae. Blüten mit Kelch und Krone. Die Kronblätter sind miteinander verwachsen. Blütenbau euzyklisch nach der Formel  $K_n C_n A_n + n$  (oder  $A_n$ )  $G_n \cdot n = 4$  oder  $5$ . Der Keimling hat 2 Keimblätter.

Klasse 4: Einkeimblättrige, Monocotyledones. Die Blütenhülle ist ein zweikreisiges Perigon. Der Blütenbau ist euzyklisch nach der Formel  $P 3 + 3 A 3 + 3 G 3$ . Der Keimling hat nur ein Keimblatt.

### Erste Klasse: Einfachblütige (Monochlamydeae).

Die ursprüngliche Einfachheit der Blütenbaupläne kommt hauptsächlich in der Unvollkommenheit der Blütenhülle zum Ausdruck. In einzelnen Reihen wird aber schon ein zyklischer Blütenbau mit doppelter Blütenhülle und regelmäßig alternierenden Organkreisen erreicht. Wir unterscheiden vier Reihen.

Reihe 1: Kätzchenträger, Juliflorae. Die eingeschlechtigen oder selten zwittrigen Blüten sind nackt oder mit schuppiger, kelchartiger Hülle umgeben, bei gleicher Gliederzahl sind die Staubblätter den Hüllblättern superponiert. Die männlichen Blüten stehen meist in Kätzchen oder Knäueln, die nach dem Verblühen als Ganzes abfallen.

Reihe 2: Zentralsamige, Centrospermae. Blütenhülle unscheinbar, in Zwitterblüten bisweilen kronartig gefärbt. Samenanlagen im einfächerigen Fruchtknoten einzeln zentralgestellt oder zu mehreren auf einer zentralen Plazentarwucherung.

Reihe 3: Dreibeerige, Tricoccae. Die eingeschlechtigen Blüten sind nackt oder mit einfacher, selten doppelter Blütenhülle versehen, das aus drei Fruchtblättern bestehende Gynäceum bildet einen dreibeerigen oberständigen Fruchtknoten mit 1 oder 2 hängenden Samenanlagen in jedem Fach.

Reihe 4: Hysterophyten, Hysterophyta. Die Blütenhülle ist einfach, seltener doppelt, nicht in Kelch und Krone geschieden. Der Fruchtknoten ist unterständig.

#### Erste Reihe: Kätzchenträger (Juliflorae).

Die meist eingeschlechtigen Blüten 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 Infloreszenzen vereinigt.

Hierher gehören drei Ordnungen:

Ordnung 1: Kätzchenbäume, Amentaceae. Bäume oder Sträucher meist mit einfachen Laubblättern. Blüten eingeschlechtig, nackt oder mit unscheinbarer Hülle, die männlichen in meist hängenden Kätzchen.

Ordnung 2: Pfefferstrauchgewächse, Piperinae. Ausländische Pflanzen mit nackten Zwitterblüten an kolbenartigen Blütenständen.

Ordnung 3: Nesselartige, Urticinae. Holzgewächse und Kräuter mit Nebenblättern, einfacher 4—6zähliger Blütenhülle, der ebensoviel Staubblätter superponiert stehen und 1—2blättrigem, einfächerigem oberständigem Fruchtknoten.

**Erste Ordnung: Kätzchenbäume (Amentaceae).**

Zu den Kätzchenbäumen gehören die bekanntesten einheimischen Laubbäume und Sträucher, die im ersten Frühling ihre männlichen Kätzchen entwickeln, welche nach dem Verstäuben als Ganzes abfallen. Die reifen, meist nußartigen Samen enthalten einen geraden Keimling und kein Endosperm.

Familien: Salicaceae, Betulaceae, Corylaceae, Cupuliferae, Myricaceae, Juglandaceae, Casuarinaceae.



Abb. 305. *Salix Caprea*. *a* Zweig mit männlichen Kätzchen, *b* weiblicher Blütenstand, *c* beblätterter Zweig, *d* einzelne weibliche, *e* einzelne männliche Blüte. (Nach Willkomm.)

Die **Salicaceen** sind Holzpflanzen mit einfachen Blättern und Nebenblättern. Sie haben eingeschlechtige Kätzchen, die 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* (Abb. 305), die Silberweide, *S. alba*, die Bruchweide, *S. fragilis* u. a. haben baumartigen 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 Pappeln sind Bäume mit langgestielten Blättern. *Populus tremula*, Zitterpappel oder Espe, wächst überall in feuchten Laubwäldern. *Populus*

nigra, 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 einheimischer Waldbaum auf Mooren und Heiden tritt 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* (Abb. 306), und die Lambertnuß,



Abb. 306. *Corylus Avellana*. *a* winterkahler Zweig mit aufrechtem, weiblichem Blütenstand und zwei hängenden männlichen Kätzchen, *b* ein Laubblatt.



Abb. 307. *Quercus Robur*. Offizinell. *a* weibliche Blüte, *b* zwei männliche Blüten, *c* Frucht in der Cupula.

*Corylus tubulosa*, aus Südeuropa, deren Nüsse als Obst und zur Ölgewinnung geschätzt sind, werden bei uns vielfach angebaut. Die ebenfalls hierher gehörige Hain- oder Weißbuche, *Carpinus Betulus*, ist ein bei uns überall verbreiteter und häufiger Waldbaum, dessen weißes Holz als Werkholz geschätzt wird.

Die **Cupuliferen** sind stattliche Bäume mit einfachen oder mehr oder weniger stark gelappten Blättern und Nebenblättern. Die an derselben Pflanze in gesonderten Infloreszenzen stehenden männlichen und weiblichen Blüten haben ein unansehnliches verwachsenblättriges Perianth aus vier bis sieben Blättern (Abb. 308A), welche in der männlichen Blüte ebensoviel oder doppelt soviel Staubblätter einschließen. Der Fruchtknoten ist unterständig, dreifächerig (Abb. 308B) 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* (Abb. 307), mit den

beiden Unterarten Stein- oder Wintereiche, *Q. sessiliflora*, und Stiel- oder Sommerliche, *Q. pedunculata*, die 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 Gerbmateriale. 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 lusitanica* (*Q. infectoria*) hervorgerufenen Auswüchse sind die Galläpfel — *Gallae* — der Pharmakopöe. *Castanea vesca*, Edelkastanie oder eßbare Kastanie, welche in Griechenland und Italien ganze Wälder bildet, hat süße, eßbare Nüsse, die bei uns in den Handel gebracht werden.

Die **Juglandaceen** sind Bäume mit Fiederblättern ohne Nebenblätter. Ihre Blüten sind diklin und monözisch. Die männlichen Blüten stehen in hängenden Kätzchen, die weiblichen in wenigblütigen, ähren-

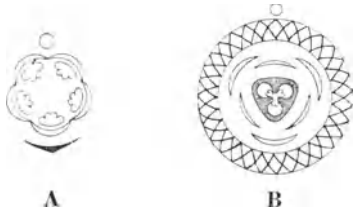


Abb. 308. Blütendiagramm von *Quercus*. **A** männliche Blüte, **B** weibliche Blüte.

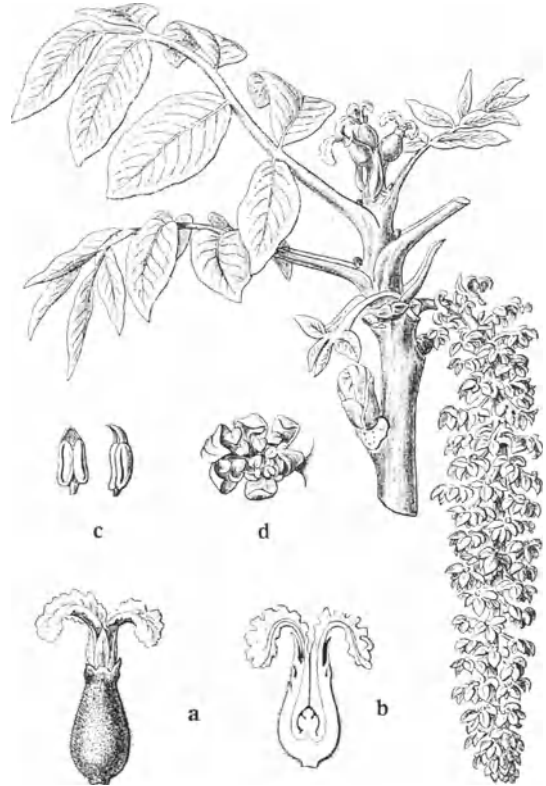


Abb. 309. *Juglans regia*. Offizinell. (Nach Wosidlo.) **a** weibliche Blüte, **b** Längsschnitt durch die weibliche Blüte, **c** Staubblätter, **d** männliche Blüte.

artigen Blütenständen. Der unterständige, aus zwei Fruchtblättern gebildete Fruchtknoten ist durch falsche Scheidewände unvollständig gefächert und enthält eine grundständige, atrophe Samenanlage. Die Frucht ist eine Steinfrucht mit grünem, faserfleischigem Mesokarp, der Same enthält kein Endosperm. *Juglans regia* (Abb. 309), Walnußbaum, stammt aus dem Orient und wird wegen seiner eßbaren Samen überall im wärmeren Europa kultiviert. Sein Holz wird als Werkholz besonders in der Möbelschreinerei sehr geschätzt. Die Walnußblätter — *Folia Juglandis* — sind officinell.

### Zweite Ordnung: Pfefferstrauchgewächse (Piperinae).

Sie sind ausländische 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 Zwitterblüten sind

meist. völlig nackt. Der Fruchtknoten ist einfächerig und enthält eine einzige gerade aufrechte Samenanlage. Im Samen 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 stehen in einer Ähre oder Traube mit fleischig kolbenartiger Achse.



Abb. 310. *Piper nigrum*. Offizinell.

Die Blüten stehen in einer Ähre oder Traube mit fleischig kolbenartiger Achse. Staub- und Fruchtblätter sind meist in Dreizahl vorhanden. Der Fruchtknoten ist einfächerig und enthält eine grundständige orthotrope Samenanlage. Die Frucht ist eine Steinfrucht. Hierher gehört die exotische Gattung *Piper*, Pfeffer. *Piper nigrum* (Abb. 310) liefert in seinen Beeren den als Speisegewürz wichtigen Pfeffer. Die unreif getrockneten Steinfrüchte liefern schwarzen, die ihres Fleisches beraubten reifen Früchte weißen Pfeffer. Schwarzer Pfeffer — *Fructus Piperis nigri* — ist officinell. Die nahe verwandte Art *Piper Cubeba* liefert die officinellen Kubeben — *Fructus Cubebae* (Abb. 310).

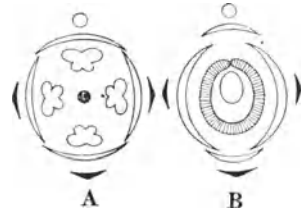


Abb. 311. Blütendiagramme von *Urtica dioica*. **A** männliche, **B** weibliche Blüte.

### Dritte Ordnung: Nesselartige (Urticinae).

Ihre Blüten sind meist eingeschlechtig; die männlichen haben ein vier- oder fünfteiliges Perianth und wenige Staubblätter, welche den Perianthblättern superponiert sind (Abb. 311 A). Der oberständige Fruchtknoten der weiblichen Blüte besteht aus einem Fruchtblatt, seltener aus zweien, und enthält eine einzige Samenanlage (Abb. 311 B).

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 4–6teiliger Hülle, geraden superponierten Staubblättern und einem einfächerigen Fruchtknoten mit einer hängenden, gekrümmten Samenanlage. Die Rüster oder Ulme, *Ulmus campestris* (Abb. 312), 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 Mittelmeerländern heimischen Zürgelbaumes, *Celtis australis*, wird zu Schnitzarbeiten und zu Blasinstrumenten verwendet.

Die **Moraceen** sind Bäume oder Sträucher mit Milchsaft. Ihre eingeschlechtigen Blüten sind in kätzchen- oder köpfchenartigen Blütenständen zusammengedrängt oder auf der fleischigen Achse zu einem Blütenkuchen vereinigt. Man unterscheidet als Unterfamilien die *Moreae*, deren Staubblätter in der Knospe einwärts gekrümmt und deren Blätter in der Knospe gefaltet sind, und die *Artocarpeae* mit geraden Staubfäden und in der Knospe gerollten, mit Cystolithen versehenen Blättern. Zu den ersteren gehört der Maulbeerbaum.



Abb. 312. *Ulmus campestris*. a blühender Zweig, b Zweig mit Laubblättern und Fruchtstand, c Einzelblüte.

*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 *Castilloa 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 *Cecropia adenopus* ist ein bekanntes Beispiel einer Ameisenpflanze, sie wird angeblich durch die in den leicht zugänglichen Stamminter nodien wohnenden Ameisen gegen die sie bedrohenden Blattschneiderameisen geschützt und liefert ihren Beschützern in kleinen drüsenartigen, eiweißreichen Körpern (Müller-

sche Körperchen), welche im Haarfilz 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 zweiteiligen 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* (Abb. 313), und der Hopfen, *Humulus Lupulus* (Abb. 314) 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. Wegen des aromatischen bitteren Stoffes werden die Hopfenzapfen als Gewürz beim Bierbrauen verwendet. Der Hanf wird als Gespinstpflanze angebaut. Die Bastfasern des Stengels werden zu Seilen und zu groben Geweben verarbeitet. Der fette Same dient als Vogelfutter und wird auch zur Ölgewinnung benutzt. Im Orient wird aus der weiblichen Hanfpflanze eine berausende Substanz, der Haschisch, gewonnen.



Abb. 313. *Cannabis sativa*. *a* weibliche, *b* männliche Pflanze. (Nach Calwer.)

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 grünlichen Perianthblättchen (Abb. 311). 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.



### Zweite Reihe: Zentralsamige (Centrospermae).

Neben kronlosen Blüten kommen auch solche mit Kelch und Krone vor. Das Androeceum besteht aus einem oder zwei Kreisen. Das Gynaeceum wird aus zwei oder mehr Fruchtblättern gebildet, die zu einem einfächerigen Fruchtknoten verwachsen sind. Die Samenanlagen stehen entweder einzeln im Grunde des einfächerigen Fruchtknotens oder zu vielen an einer Zentralplazenta oder zentralwinkelständig in mehrfächerigen Fruchtknoten.

Wir unterscheiden drei Ordnungen:

Erste Ordnung: Knöterichartige, Polygoninae. Sie haben eine einfache Blütenhülle. Der einfächerige oberständige Fruchtknoten enthält eine zentrale, gerade Samenanlage.

Zweite Ordnung: Gänsefußartige, Chenopodinae. Die Blütenhülle ist einfach und oft unscheinbar, bisweilen aber schon mehrkreisig und blumenblattartig gefärbt. Der Fruchtknoten ist ein- oder mehrsamig mit zentraler Plazentation und gekrümmten Samenanlagen.

Dritte Ordnung: Nelkenartige, Caryophyllinae. Kräuter und Stauden, selten Sträucher mit einfachen ganzrandigen, bisweilen fleischigen Blättern und blattlose Stammsukkulente. Neben einfachen Blütenbauplänen stehen Blüten mit Kelch und Krone und zwei alternierenden Staubblattkreisen. Der Fruchtknoten ist oberständig einfächerig mit Zentralplazenta oder mehrfächerig mit zentralwinkelständiger Plazentation.



Abb. 314. *Humulus Lupulus*. a Blütenzweig der weiblichen Pflanze, b Blütenzweig der männlichen Pflanze, c ein Fruchtzapfen.

#### Erste Ordnung: Knöterichartige (Polygoninae).

Die Knöterichartigen sind Kräuter und Stauden oft von stattlicher Größe. 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 (Abb. 315). Die Zahl der Staubblätter wechselt zwischen fünf bis neun. Der Fruchtknoten wird von zwei oder drei Fruchtblättern gebildet und ist

stets einfächerig. Die Gattung *Rheum* hat eine sechsblättrige Blütenhülle (Abb. 315 und 316). 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 palmatum* var. *tanguticum*, sind officinell unter dem Namen Rhabarber — *Rhizoma Rhei*. Der Gattung *Rumex*, Ampfer, fehlt der innere Perigonkreis, der äußere ist wie bei *Rheum* durch Spaltung sechszipfelig. Der innere Perigonkreis verwächst mit der Frucht und hüllt dieselbe vollkommen ein. *Rumex Acetosella*, der Sauer-Ampfer,

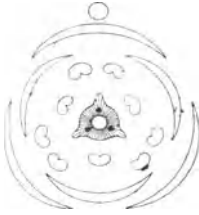


Abb. 315.

Blütendiagramm von *Rheum*.

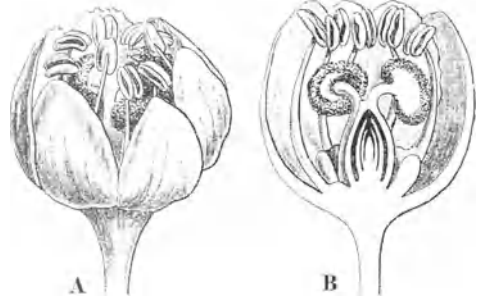


Abb. 316.

*Rheum officinale*. Offizinell. A Einzelblüte, B Blütenlängsschnitt. (Nach Luerssen.)

*R. Acetosella*, *R. crispus* u. a. m. sind bei uns überall häufig; *Rumex Acetosella*, *scutatus* und *Patientia* 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. Hydropiper*, sind bei uns überall gemein. *Polygonum Fagopyrum*, Buchweizen oder Heidekorn, wird in sandigen Gegenden und Alpentälern häufig als Getreide angebaut.

## Zweite Ordnung: Gänsefußartige (Chenopodiinae).

Sie 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 campylotrop.

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*, Reismelde, eine alte Kulturpflanze aus den südamerikanischen Anden, wird auch in Europa in südlichen Ländern mit Erfolg wegen seiner mehltreichen 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 und in Fabriken auf Rohzucker 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*, 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. Offizinell ist *Oleum Chenopodii anthelmintici* — Wurmsamenöl von *Chenopodium ambrosioides* var. *anthelminticum*.

### Dritte Ordnung: Nelkenartige (Caryophyllinae).

Die Nelkenartigen haben zum Teil typisch euzyklische, mit Kelch und Krone ausgestattete Blüten. Am Anfang der Reihen aber stehen immer einfache Formen mit 5 unscheinbaren Blütenhüllblättern und 5 superponierten Staubblättern. Die hierher gehörigen Familien können deshalb nicht wohl von den Urblütigen abgetrennt werden.

Familien: Caryophyllaceae, Aizoaceae, Portulaccaceae, Cactaceae.

Die **Cariophyllaceen** 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) campylotrope Samenanlagen an einer freien Zentralplazenta.

Die Gattung *Stellaria*, die Sternmiere, deren Blüten fünf zweispaltige oder zweiteilige Kronblätter und drei Griffel besitzen (Abb. 317), 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. *Spergularia arvensis*, Ackerspark 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



Abb. 317. Blütendiagramm von *Stellaria media*.

Arten, wie *Dianthus deltoides*, *Silene nutans*, sind an Waldrändern unter Gebüsch und auf trockenen Wiesen häufig, *Lychnis flos-cuculi*, Kuckucks-Lichtnelke, und *Melandryum rubrum*, rote Lichtnelke, sind auf feuchten Wiesen gemein. *Agrostemma Githago* (Abb. 318), Kornrade, ist ein lästiges Unkraut unter Wintergetreide, seine Samen



Abb. 318. *Agrostemma Githago*. a Blütenzweig, b Einzelblüte, c ein langgenageltes Blumenblatt mit drei Staubgefäßen, d Fruchtknoten.

sind giftig. Offizinell ist Seifenwurzel — *Radix Saponariae* von *Saponaria officinalis*.

In der exotischen Familie der *Aizoaceae* finden sich neben einfachen Blütenformen mit einfacher 4—5 blättriger Hülle auch solche mit Kelch und vielblättriger Blumenkrone. Die ebenfalls ausländische Familie der *Cactaceae*, besteht aus Stammsukkulente. Die Blüten sind von zahlreichen Blütenhüllblättern umgeben, von denen die äußeren oft als Kelchblätter erscheinen. Vertreter ihrer Gattungen *Opuntia*, *Cereus*, *Melocactus*, *Mamillaria* u. a. m. sind wegen ihrer bizarren Formen und schönen Blüten als Zimmerpflanzen beliebt.

**Dritte Reihe: Dreibeerige (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 nach auswärts gewendet sind. Am endospermhaltigen Samen ist häufig eine Samenschwiele ausgebildet.

Familien: Euphorbiaceae, Buxaceae.

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 ungegliederten Milchröhren. Die nackten Blüten stehen in eigentümlichen Blütenständen (Abb. 323), die 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 *Euphorbia canariensis* (Abb. 42) und von der in Afrika heimischen officinellen *Euphorbia resinifera* (Abb. 320), welche ein Gummiharz, das Euphorbium der Pharmakopöe, liefert. Von den übrigen Gattungen der Familie ist als einheimisch nur noch *Mercurialis*, Bingelkraut, zu nennen.

Abb. 319. *Saponaria officinalis*. Offizinell. Blütenlängsschnitt. (Nach Berg u. Schmidt.)

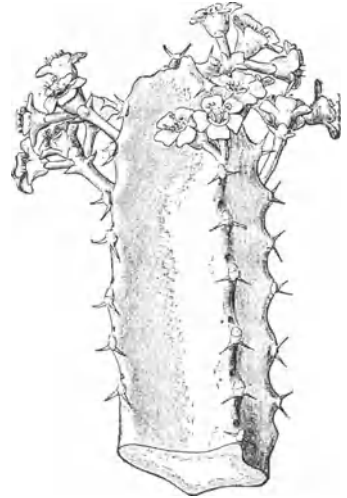


Abb. 320. *Euphorbia resinifera*. Offizinell. (Nach Berg u. Schmidt.)

Unter den ausländischen Vertretern der Familie 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. utilisissima*, 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* (Abb. 321), dessen Samen das Ricinusöl — *Oleum Ricini* — liefern; ferner *Mallotus philippinensis*, dessen Früchte einen eigenartigen Haarbesatz haben, der durch Abbürsten gewonnen, die als Kamala

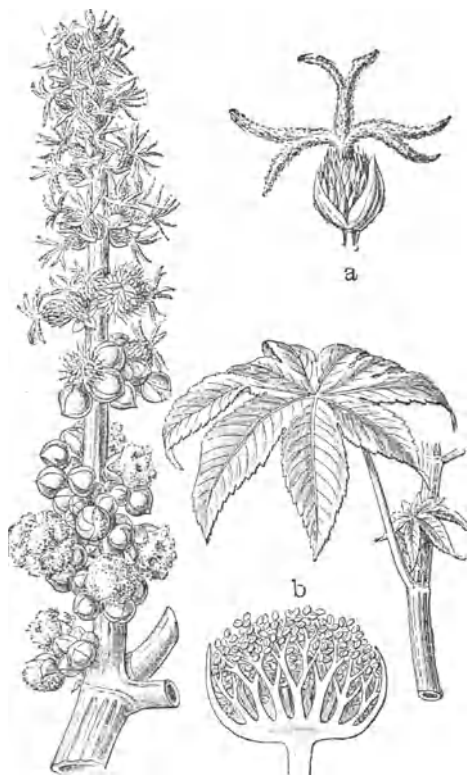


Abb. 321. *Ricinus communis*. Offizinell. *a* weibliche Blüte, *b* Längsschnitt durch die männliche Blüte. (Nach Berg u. Schmidt.)



Abb. 322. *Croton Tiglium*. Offizinell. (Nach Baillon.)

bezeichnete Droge liefert; aus den Samenkernen von *Croton Tiglium* (Abb. 322) wird Krotonöl. — *Oleum Crotonis* — gewonnen.

Die Familie der **Buxaceen** umfaßt in Süd- und Westeuropa heimische Bäume und Sträucher mit nebenblattlosen, ganzrandigen, immergrünen Blättern und unscheinbaren eingeschlechtigen Blüten. *Buxus sempervirens*, Buchsbaum, wird bei uns in Wintergärten und in einer Zwergform als Beeteinfassung in Blumengärten gezogen. Sein Holz ist für Holzschnitzereien und Drechslerarbeiten sehr geschätzt. Kleinasiatishes und persisches Buchsbaumholz wird als Material zur Herstellung von Holz-

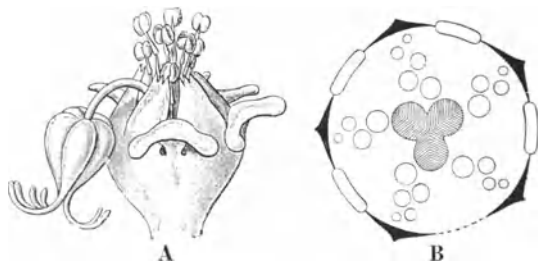


Abb. 323. **A** Cyathium von *Euphorbia*, **B** Diagramm desselben. Die männlichen Blüten sind durch Kreise angedeutet, die weibliche Blüte ist schraffiert.

schnitten alljährlich in großen Mengen über England in Europa eingeführt.

#### **Vierte Reihe: Hysterophyten (Hysterophyta).**

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 unsicher. Am nächsten schließen sie sich wohl an die erste Ordnung der nächstfolgenden Reihe der Unregelmäßigen an. 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.

Familien: Santalaceae, Loranthaceae, Balanophoraceae, Aristolochiaceae, Rafflesiaceae.

Die **Santalaceen** haben aktinomorphe, meist zwittrige Blüten. Auf ein kelchartiges vier- bis fünfzähliges Perigon folgt ein gleichzähliger Kreis superponierter Staubblätter. Der einfächerige Fruchtknoten besteht aus drei Fruchtblättern und enthält drei hängende Samenanlagen an freier Zentralplazenta. 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 officinelle Sandelöl — *Oleum Santali* — destilliert.

Die **Loranthaceen** sind grüne, strauchartige Schmarotzer auf Baumstäben. Die Blüten sind meist diklin und aus zwei bis sechszähligen Kreisen aufgebaut. Die Staubblätter sind den Perianthblättern superponiert. Die Frucht ist eine Beere. *Viscum album*, die Mistel, ein dichter, immergrüner Strauch, schmarotzt bei uns auf verschiedenen Bäumen (Abb. 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 sechsfächerig und enthält mehrere Samenanlagen in jedem Fach (Abb. 324).

*Aristolochia* hat ein röhriges, am Grunde bauchig erweitertes Perianth (Abb. 100). Die sechs Staubgefäße sind mit der Griffelsäule verwachsen. Einheimisch ist *Aristolochia Clematidis* (Abb. 325), Osterluzei, deren eigenartige Blütenbiologie auf S. 68 besprochen worden ist. *Aristolochia Siphon*, 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*, Haselwurz, mit breitnierenförmigen, lederigen Blättern. Die Blüten haben ein grünliches, innen rotbraunes, glockiges Perigon und freie Staubblätter.

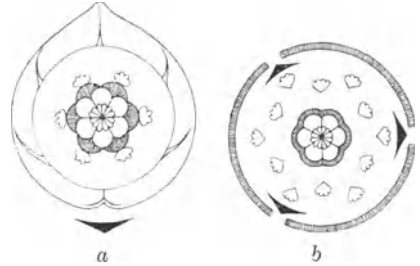


Abb. 324. Blütendiagramme. *a* *Aristolochia Clematidis*, *b* *Asarum europaeum*.



Abb. 325. *Aristolochia Clematidis*.

## Zweite Klasse: Freikronblättrige (Choripetalae).

Unter den Freikronblättrigen sind alle Wuchsformen vertreten. Die Blüten haben meist Kelch und Krone, die Organisationshöhe der Baupläne schreitet von azyklischen und hemizyklischen Blüten mit mannigfachen Unregelmäßigkeiten der Zahl- und Stellungsverhältnisse fort zu euzyklischen Blüten.

Sie lassen sich in drei Reihen ordnen.

Reihe 1: Unregelmäßige, Aphanocyclicae. Spiralige Anordnung der Blütenorgane. Vermehrung der Organkreise oder ihrer Glieder beeinträchtigen die Regelmäßigkeit des Blütenbaues.

Reihe 2: Regelmäßige, Eucyclicae. Die Blüten entsprechen den Formeln  $\text{Kn Cn An} + n \text{ Gn}$  oder  $\text{Kn Cn An Gn}$ , wobei  $n = 5$  oder 4. Der Fruchtknoten ist oberständig.

Reihe 3: Kelchblütige, Calyciflorae. Der Blütenboden bildet ein Hypanthium, der Fruchtknoten steht halb unterständig oder unterständig.

### Erste Reihe: Unregelmäßige (Aphanocyclicae).

Die Blütenteile sind entweder spiralig angeordnet oder, wo sie in



Abb. 326. Diagramm der männlichen Blüte von *Laurus nobilis*.

Quirlen 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 einzel-

nen Kreisen, besonders durch Vielzahl der Staubblätter, die Regelmäßigkeit des Zahlenverhältnisses in der Blüte verwischt.

Wir unterscheiden vier Ordnungen.

Ordnung 1: Vielfrüchtige, Polycarpicae. Blütenhülle vorwiegend spiralig. Staubblätter viele, Gynaeceum vielteilig und apokarp.

Ordnung 2: Mohntartige, Rhoeadinae. Blütenhülle dreikreisig. Staubblätter durch Spaltung vermehrt. Gynaeceum nicht apokarp.

Ordnung 3: Cistrosenartige, Cistiflorae. Blütenhülle regelmäßig, Kelchblätter dachig, Staubblätter vermehrt und frei.

Ordnung 4: Säulcenträger, Columniferae. Blütenhülle regelmäßig, Kelch klappig, Staubblätter viele, in Gruppen oder zu Säulchen verwachsen.

### Erste Ordnung: Vielfrüchtige (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



Abb. 327. *Sassafras officinalis*. Offizinell. a männliche, b weibliche Blüte (nach Berg u. Schmidt).

sind meist schon in der Anlage, nicht durch Spaltung, zahlreich. Das Gynaeceum besteht meist aus vielen apokarpen Fruchtblättern.

Familien: Lauraceae, Berberidaceae, Hernandiaceae, Menispermaceae, Monimiaceae, Myristicaceae, Annonaceae, Magnoliaceae, Calycanthaceae, Ranunculaceae, Lardizabalaceae, Ceratophyllaceae, Nymphaeaceae.

Die Blüten der **Lauraceen** haben keine Krone. Die Blüten sind meist aus 2- oder 3zähligen Quirlen aufgebaut, von denen 2 auf die Blütenhülle, 2—5 auf das Androeceum entfallen (Abb. 326).

Die Antheren springen mit 2 oder 4 Klappen auf. Der einfächerige Fruchtknoten enthält nur eine Samenanlage. Die Rinde des auf Ceylon heimischen Strauches *Cinnamomum ceylanicum* ist als Ceylonzimt — *Cortex Cinnamomi* —, das darin enthaltene ätherische Öl als Zimtöl — *Oleum Cinnamomi* — officinell (Abb. 328). Der chinesische Zimt des Handels stammt von *Cinnamomum Cassia* in Südchina. *Cinnamomum Camphora* liefert den officinellen Kampfer — *Camphora*. Das zerkleinerte Wurzelholz von *Sassafras officinalis* (Abb. 327), Sassafrasholz — *Lignum Sassafras* — ist officinell. Der in allen Mittelmeerländern kultivierte Lorbeerbaum, *Laurus nobilis* (Abb. 329), hat länglichrunde oder kugelige Steinfrüchte, die als Lorbeeren — *Fructus Lauri* — officinell sind. Aus ihnen wird Lorbeeröl — *Oleum Lauri* — gewonnen. 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 (Abb. 330). Das Gynaeceum ist einblättrig. *Berberis vulgaris* (Abb. 331), Sauerdorn, ein Strauch mit drei- bis fünfteiligen Dornen, wächst bei uns in Hecken und an Waldrändern. Als Wirt für das *Aecidium* des Getreiderostes, *Puccinia graminis* (vgl. S. 251), kann der Strauch für die Landwirtschaft schädigend wirken. Aus der Wurzel von *Podophyllum peltatum* (Abb. 332) wird das Podophyllin — *Podophyllum* — der Pharmakopöe gewonnen.

Die **Menispermaceen** sind meist schlingende Sträucher der warmen Zone mit diözischen Blüten. Die in Ostafrika einheimische *Jatrochiza palmata* (Abb. 333) liefert die Kolombowurzel — *Radix Colombo* — der Pharmakopöe.

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. Der Samenkern von *Myristica fragrans* (Abb. 334)



Abb. 328. *Cinnamomum ceylanicum*. Offizinell. a Blütenlängsschnitt. (Nach Berg u. Schmidt.)



Muskatnuß und der als *Macis* bezeichnete Samenmantel finden als Gewürz Verwendung. Aus den Samen wird officinelles Muskatnußöl — *Oleum Nucistae* gepreßt. Das ätherische Muskatöl aus dem Samen und Samenmantel ist gleichfalls officinell.

Die **Ranunculaceen** sind meist Kräuter, seltener Sträucher oder Lianen mit holzigem Sproß. Ihre Blüten sind spiralig oder hemizyklisch, seltener zyklisch gebaut. Die Blütenhülle ist nicht immer in Kelch und Krone gesondert. Die Staubblätter sind zahlreich. Die meist zahlreichen Karpelle sind fast immer apokarp (Abb. 335).



Abb. 329. *Laurus nobilis*. Offizinell. (Nach Wossidlo.)  
a weibliche, b männliche Blüte im Längsschnitt.

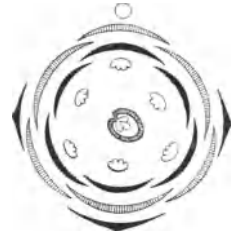


Abb. 330. Blütendiagramm von *Berberis*.



Abb. 331. *Berberis vulgaris*.

Die meisten Ranunculaceen sind giftig. *Ranunculus Ficaria*, Feigwurz; *Anemone nemorosa*, Buschwindröschen, und *Hepatica triloba*, Leberblümchen, sind überall in Wäldern und Hecken vorkommende Frühlingsblumen. Auf sonnigen Hügeln blüht schon im April die großblumige *Anemone Pulsatilla*, Küchenschelle (Abb. 336). Von der Gattung *Ranunculus*, Hahnenfuß, sind viele Arten bei uns einheimisch; häufiger werden angetroffen: *Ranunculus arvensis*, *R. repens*, *R. acer* (Abb. 337), *R. sceleratus* und der im Wasser lebende *R. divaricatus* u. a. *Caltha palustris*, Sumpfdotterblume (Abb. 338), ist in Gräben und auf feuchten Wiesen, *Delphinium consolida*, Rittersporn, als Unkraut unter dem Getreide bei uns weit verbreitet. *Helleborus niger*, Christrose oder schwarze Nieswurz (Abb. 339), die fußförmige Blätter besitzt, und ihre großen, rötlich-weißen Blüten schon unter dem Schnee erschließt, wird bei uns vielfach in Gärten als Zierpflanze kultiviert. Ihr 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 (Abb. 340). *Aquilegia*, Akelei, *Delphinium*, Rittersporn, *Aconitum*, Eisenhut, und *Paeonia*, Pfingstrose, sind beliebte Gartenzierpflanzen. Das bewurzelte Rhizom der in Nordamerika einheimischen *Hydrastis canadensis* (Abb. 341) ist das *Hydrastisrhizom* — *Rhizoma Hydrastis* — der Pharmakopöe.



Abb. 332. *Podophyllum peltatum*. Offizinell. (Nach Baillon.)

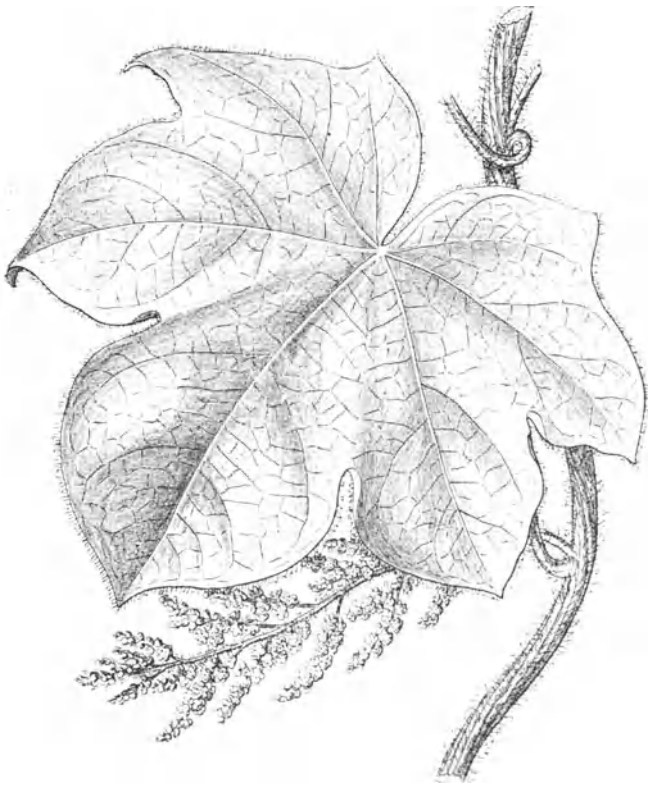


Abb. 333. *Jatropha palmata*. Offizinell. (Nach Berg u. Schmidt.)



Abb. 334. Frucht von *Myristica fragrans*. Offizinell. (Nach Baillon.)



Abb. 335. Blüten-  
diagramm von *Ranunculus acer*.

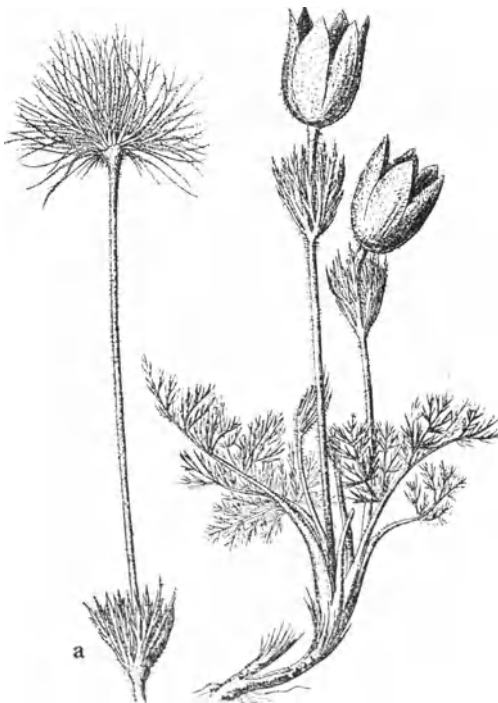


Abb. 336. *Anemone pulsatilla*. Giftig. a Fruchtstand.



Abb. 337. a *Ranunculus acer*.  
Giftig, b Frucht.

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 Übergangsformen ausgebildet. Die Fruchtblätter sind gleichfalls zahlreich und zu einem vielfächerigen Fruchtknoten verwachsen. Bei uns einheimisch sind *Nymphaea alba*, weiße Seerose (Abb. 342), und *Nuphar luteum*, gelbe Seerose. Hierher gehört auch die südamerikanische Wasserpflanze *Victoria regia* mit bis zu zwei Meter breiten kreisrunden Schwimmblättern, die fast in allen botanischen Gärten im Warmwasserbassin kultiviert wird.

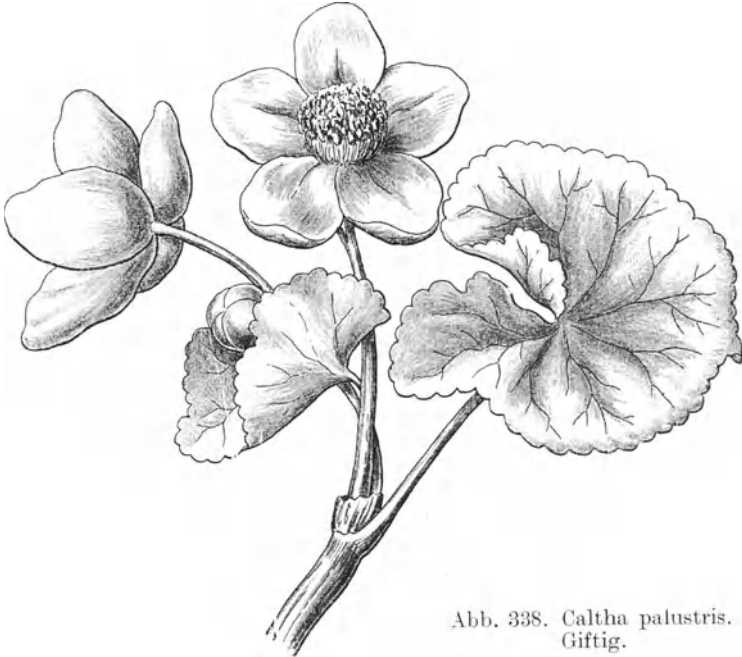


Abb. 338. *Caltha palustris*.  
Giftig.

### Zweite Ordnung: Mohnartige (Rhoeadinae).

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 Plazentation.

Familien: Papaveraceae, Fumariaceae, Cruciferae, Capparidaceae.

Die **Papaveraceen** sind Kräuter mit Milchsaft und wechselständigen Blättern ohne Nebenblätter. Die meist ansehnlichen Blüten (Abb. 343) 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* (Abb. 344), das bei uns an Hecken und auf Schutt überall gemeine Schöllkraut mit gelbem Milchsaft, hat 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



Abb. 339. *Helleborus niger*. Giftig.

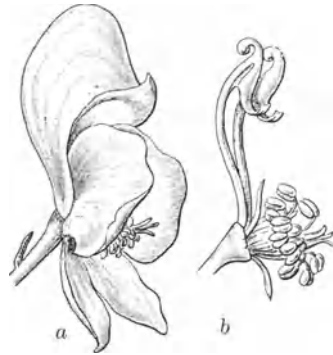


Abb. 340. *Aconitum napellus*, giftig. *a* Blüte von außen. *b* Blüte nach Entfernung der Kelchblätter. Oben die zwei gestielten Nektarien. (Nach Wossidlo.)



Abb. 341. *Hydrastis canadensis*. Offizinell. *a* Blüte.

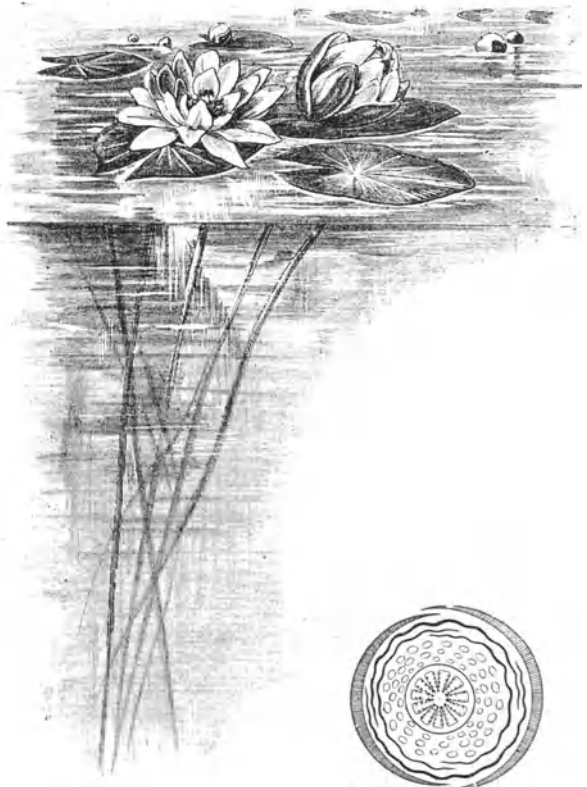


Abb. 342. *Nymphaea alba*. (Nach Cohn.)

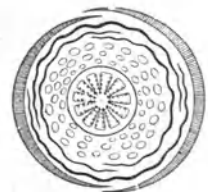


Abb. 343. Blütendiagramm von *Papaver somniferum*.

unter der Saat und an Wegrändern überall gemein. *Papaver somniferum* (Abb. 345), der Schlaf-Mohn, wird bei uns kultiviert. Mohnsamen — *Semen Papaveris* — ist officinell. Aus den Samen wird Mohnöl gepreßt. Der Preßrückstand, Mohnkuchen, ist als Futtermittel in Gebrauch.



Abb. 344. *Chelidonium majus*. (Nach Berg u. Schmidt.)



Abb. 345. *Papaver somniferum*. Offizinell und giftig. a Frucht. (Nach Calwer.)

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 (Abb. 346). 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*, Erdrauch, ist ein häufiges Unkraut auf Äckern und in Gärten.

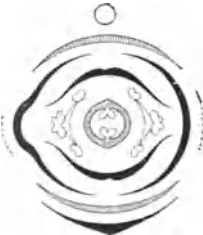


Abb. 346. Blütendiagramm von *Corydalis cava*.

Die **Cruciferen** sind Kräuter ohne Milchsaft, mit wechselständigen Blättern ohne Nebenblätter. Die Blüten stehen in Trauben, die sich während des von unten her erfolgenden Aufblühens durch Streckung verlängern. Deck- und Vorblätter fehlen. Die Blüten (Abb. 347) haben einen aus zwei zweizähligen Quirlen gebildeten

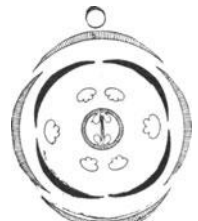


Abb. 347. Diagramm der Cruciferenblüte.

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:  $K_2 + 2C_4 A_2 + 4G(2)$ .

Die Familie umfaßt zahlreiche einjährige und ausdauernde Kräuter, die meist der nördlichen, gemäßigten und kalten Zone angehören, besonders häufig sind bei uns *Cardamine pratensis*, Wiesenschaumkraut; *Nasturtium silvestre*, Wald-Brunnenkresse; *Sisymbrium officinale*, Rauken-Senf; *Erysimum cheiranthoides*, Schotendotter; *Sinapis arvensis*, Acker-Senf; *Draba verna*, Hungerblümchen; *Alyssum calycinum*, Schildkraut; *Capsella Bursa pastoris*, Hirten-Täschel (Abb. 348). Als Gemüse- und Küchenpflanzen werden angebaut *Brassica oleracea* (Abb. 349), als dessen

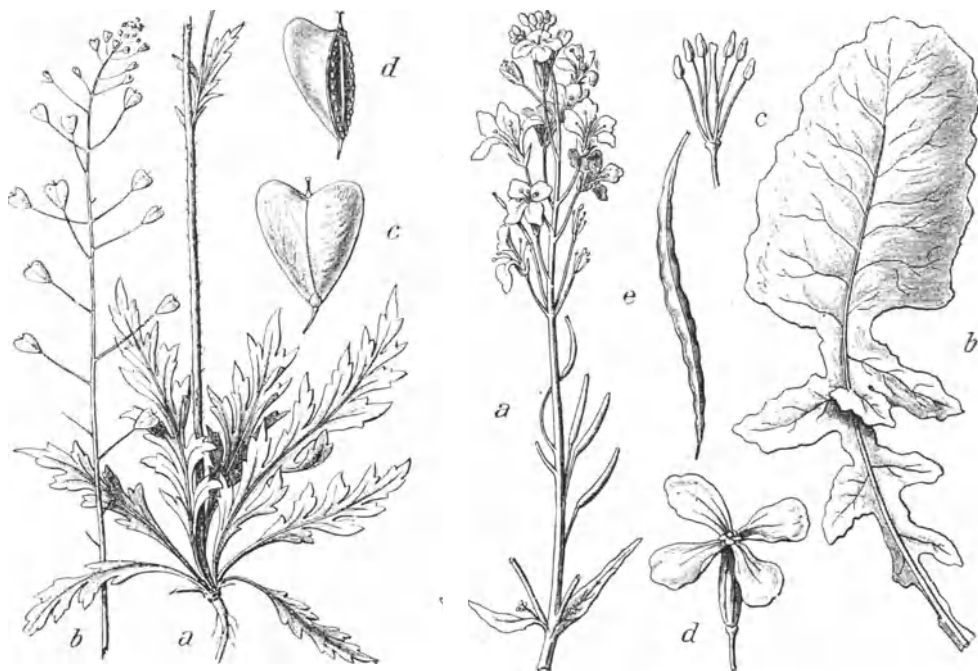


Abb. 348. *Capsella Bursa pastoris*. c Schötchen, d Schötchen nach Entfernung einer Klappe.

Abb. 349. *Brassica oleracea*, b unteres Stengelblatt, c Androeceum und Gynaeceum, d Einzelblüte, e Schote.

wichtigste Varietäten genannt sein mögen var. *acephala*, Braun- oder Grünkohl; var. *capitata*, Kopfkohl, Weiß- und Rotkraut; var. *sabauda*, Wirsing; var. *gemmifera*, Rosenkohl; var. *Botrytis*, Blumenkohl; var. *Gongyloides*, Kohlrabi; ferner *Brassica Rapa* var. *rapifera*, weiße Rübe; *Brassica Napus* var. *rapifera*, Kohlrabi oder Turnips; *Lepidium sativum*, Garten Kresse; *Armoracia rusticana*, Meerrettich; *Raphanus sativus*, Rettich. Wegen der ölhaltigen Samen werden angebaut *Brassica Rapa* var. *oleifera*, Rübsen; *Brassica Napus* var. *oleifera*, Raps und *Camelina sativa*, Leindotter. *Cheiranthus Cheiri*, Goldlack, und *Matthiola annua*, Levkoje, sind Zierpflanzen. Offizinell ist schwarzer Senf — Samen *Sinapis* — von *Brassica nigra* (Abb. 350) und das aus Samen angebaute *Brassica*-Arten gepreßte Rüböl — *Oleum Rapae*. Die Samen von *Sinapis alba* (Abb. 351), weißer Senf, werden als Küchengewürz und wie der schwarze Senf zur Bereitung von Mostrich verwendet.

Die exotische Familie der **Capparidaceen** steht den **Cruziferen** 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 inneren oder in beiden Staubblattkreisen alle Übergänge zur Polyandrie. *Capparis spinosa*, Kappernstrauch (Abb. 352), 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.



Abb. 350. *Brassica nigra*. Offizinell. *a* geöffnete Schote, *b* Blatt von der Stengelbasis. (Nach Calwer.)



Abb. 351. *Sinapis alba*. *a* blühender Sproß, *b* geschlossene, *c* geöffnete Schote.

### Dritte Ordnung: Cistrosenartige (Cistiflorae).

Sie haben vorherrschend zyklischen 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 Staubblätter zu Gruppen verwachsen. Das Gynaeceum besteht aus drei bis fünf synkarpen Fruchtblättern. Der Fruchtknoten ist ein- oder mehrfächerig.

Familien: Resedaceae, Violaceae, Droseraceae, Sarraceniaceae, Nepenthaceae, Cistaceae, Bixaceae, Hypericaceae, Clusiaceae, Tamaricaceae, Ternströmiaceae, Dilleniaceae, Ochnaceae, Dipterocarpaceae.

Die einheimischen Vertreter der Familie der **Violaceen** sind niedere Kräuter, in den Tropen kommen aber auch strauchartige Violaceen vor. Die wechselständigen Blätter, haben



Nebenblätter. Die Blüten sind meist medianzygomorph und haplostemon. Die äußeren Kreise der Blüte sind fünfzählig, das Gynaeceum ist aus drei Fruchtblättern gebildet (Abb. 353). 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* (Abb. 354) sind bei uns einheimisch.

Einige von ihnen bilden neben großen offenen, für Insektenbestäubung eingerichteten Blüten auch kleistogame Blüten aus, die durch Selbstbestäubung befruchtet werden und keimfähige Samen bringen. *Viola altaica*, Pensée; *V. odorata*, März-Veilchen, und *V. tricolor*, 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- und Wasserpflanzen mit Einrichtungen zum Fangen und Verdauen tierischer Nahrung. Ihre aktinomorphen Blüten entsprechen der Formel

$$K\ 5\ C\ 5\ A\ 5\ \text{---}\ \infty\ G\ (3).$$

Von einheimischen Gewächsen gehören hierher die auf Sphagnummooren



Abb. 352. *Capparis spinosa*.



Abb. 353. Blütendiagramm von *Viola*.

häufig anzutreffende *Drosera rotundifolia*, Sonnentau (Abb. 355) und einige andere Arten der Gattung, und ferner die seltene Schwimmpflanze *Aldrovandia vesiculosa*. Von ausländischen Droseraceen mag die nordamerikanische *Dionaea muscipula* erwähnt werden, deren Einrichtung zum Insektenfang wie diejenige des Sonnentau früher auf S. 146 besprochen worden ist.

Auch die Vertreter der 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 (Abb. 70c), welche für die durch abgesonderten Honig angelockten Insekten als Fallgruben wirken (vgl. S. 45). Ganz ähnlich funktionieren die zum Teil in eine gedeckelte Kanne umgewandelten Blätter bei der die Familie der Nepenthaceen bildenden Gattung *Nepenthes* (Abb. 356), die mit vielen Arten in den Tropen des indomalaischen 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  $K\ 5\ C\ 5\ A\ \infty\ G\ (3-5)$ . 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 Ziströschen, *Helianthemum vulgare*, ist bei uns auf Heiden und sonnigen Grasplätzen verbreitet.

Die **Hypericaceen** haben gegen- und quirlständige einfache, ganzrandige Blätter, die meist durchscheinend punktiert sind, und radiäre Blüten (Abb. 357). Kelch und Krone sind fünfzählig, die zahlreichen Staubblätter sind zu drei oder fünf Bündeln verwachsen (Abb. 358), der oberständige Fruchtknoten wird von drei oder fünf Fruchtblättern gebildet und trägt ebenso viele freie Griffel. Die Frucht ist eine septicide Kapsel, seltener eine Beere. Von der Gattung *Hypericum*, Hartheu oder Johanniskraut, sind einige Arten bei uns einheimisch. *Hypericum perforatum* ist an Wegerändern 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



Abb. 354. *Viola tricolor*. Offizinell. (Nach Wossido.) a geöffnete Kapsel.



Abb. 355. *Drosera rotundifolia*. ( $\frac{1}{2}$ ; nach Cohn.)

als Topfpflanze gezogen. *Thea chinensis* (Abb. 359), 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 offizinellen Alkaloids verwendet.

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 zehnbliättrig, die Staubblätter sind zahlreich. Die Frucht bildet eine Kapsel, Beere oder Steinfrucht. *Garcinia Hanburyi* (Abb. 360) ist ein Baum des südlichen Asiens. Das aus Verletzungen der Rinde ausfließende gelbe Gummiharz ist als Gummigutt — Gutti — offizinell.

Die zu den **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 das unter dem Namen Dammar offizinelle Harz. Die auf Sumatra heimische *Dryobalanops camphora* liefert den Baroskampher.

### Vierte Ordnung: Säulenträger (Columniferae).

Die Säulenträger haben radiäre, zyklische Blüten mit meist fünfgliedrigen Kreisen. Die Blütenhülle hat Kelch und Krone, die Kelchblätter haben klappige



Abb. 356. *Nepenthes Dominiana* (verkleinert). (Nach Cohn.)



Abb. 357. Blütendiagramm von *Hypericum*.

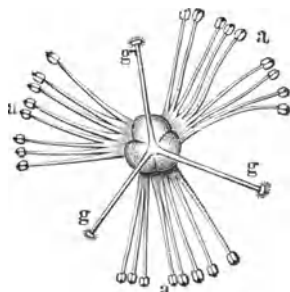


Abb. 358. Androeceum und Gynaecium von *Hypericum*. *a* Staubgefäße zu drei Bündeln verwachsen, *g* Griffel.

Knospenlage. Das Androeceum ist durch Spaltung vielgliedrig. Das Gynaecium aus zwei bis vielen synkarpen Fruchtblättern ist mehrfächerig.

Familien: Tiliaceae, Sterculiaceae, Malvaceae.

Die **Tiliaceen** sind größtenteils Holzpflanzen mit wechselständigen einfachen, am Rande gezähnten oder gelappten Blättern und kleinen Nebenblättern. Kelch und Krone der Zwitterblüten (Abb. 361) sind freiblättrig, das Androeceum ist typisch diplostemon, die Zahl der Staubblätter wird aber durch Spaltung sehr vergrößert. 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* (Abb. 362), Winterlinde, und *T. platyphyllos*, Sommerlinde, sind bei uns vielfach in Anlagen, an Straßen und auf Plätzen eingepflanzt, einige ausländische

Arten werden als Zierbäume gezogen: Der Bast der einheimischen Arten wird technisch verwertet. 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. *Chorchorus olitorius* und *capsularis*, werden in den Tropen kultiviert zur Gewinnung der Bastfasern, die als „Jute“ in den Handel kommen und vielfach zu größeren 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 und stets extrors. Der Fruchtknoten ist gewöhnlich fünfächerig mit mehreren Samen in jedem Fach. Hierher gehört der Kakaobaum, *Theobroma cacao* (Abb. 363), eine uralte Kultur-



Abb. 359. *Thea chinensis*.



Abb. 360. *Garcinia Hanburyi*. Offizinell. (Nach Baillon.)

Giesenhagen, Botanik. 10. Aufl.

pflanze des tropischen Amerika, die gegenwärtig im ganzen Tropengürtel der Erde kultiviert wird. Ihre Samen dienen zur Herstellung des Kakaos und werden 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, die 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 dem häufig ein von Hochblättern gebildeter Außenkelch steht. Auch die Kronblätter sind am Grunde unter sich und mit den Staubblättern ver-

wachsen. Die letzteren bilden unterwärts eine lange, enge, die Griffel umhüllende Röhre, die oben zahlreiche Fäden mit einfächerigen Antheren trägt (Abb. 364). Die drei bis vielen Fruchtblätter sind synkarp und tragen einen einfachen Griffel, der sich oberwärts nach der Zahl der Fruchtblätter in Narbenschengel 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. 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* (Abb. 365). Nahe verwandt ist die Gattung *Althaea* mit sechs- bis neunspaltigem Außenkelch. *Althaea rosea*, Stockrose aus dem Orient, wird bei uns in Gärten als Zierpflanze kultiviert. Die Blätter von *Althaea officinalis* (Abb. 366) sind als Eibischblätter — *Folia Althaeae* — offizinell; die Äste von der Wurzel derselben Pflanze bilden die Eibischwurzel — *Radix Althaeae* der Pharmakopöe. Die Arten der Gattung



Abb. 361. Blütendiagramm von *Tilia*.



Abb. 362. *Tilia cordata*. Offizinell. (Nach Berg und Schmidt.)

*Gossypium*, die 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, der besonders in den Tropen und Subtropen Amerikas in hoher Blüte steht, werden hauptsächlich verwendet *Gossypium barbadense*, *G. peruvianum*, *G. hirsutum* und *G. herbaceum* (Abb. 367), von denen zahlreiche Varietäten und Kulturpflanzen existieren. Aus den durch Maschinen von ihrer Samenwolle befreiten Baumwollsamensamen wird ein fettes Öl gepreßt, das als Brenn- und Speiseöl, besonders auch bei der Herstellung von Kunstbutter, verwendet wird. Die als Preßrückstand verbleibenden Baumwollsamensamenkuchen 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.

### Zweite Reihe: Regelmäßige (*Eucyclieae*).

Die Blüten sind rein zyklisch, die typischen Zahlenverhältnisse sind nicht durch Spaltungen verwischt. Der Fruchtknoten ist oberständig.

Die Reihe umfaßt vier Ordnungen.

Ordnung 1: Storchschnabelartige, *Gruinales*. Blüten regelmäßig, obdiplostemon, ohne Diskus.

Ordnung 2: Terebinthenartige, *Terebinthinae*. Blüten regelmäßig, obdiplostemon mit intrastaminalem Diskus.

Ordnung 3: Roßkastanienartige, *Aesculinae*. Blüten regelmäßig, obdiplostemon, Fruchtknoten nur zwei- bis dreizählig. Diskus extrastaminal.

Ordnung 4: Faulbaumartige, *Frangulinae*. Blüten regelmäßig, haplostemon.



Abb. 363. *Theobroma Cacao*. Offizinell. (Nach Baillon.)

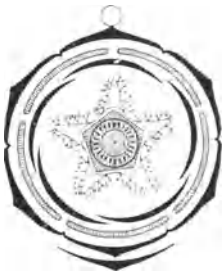


Abb. 364. Blütendiagramm von *Althaea rosea*.



Abb. 365. *Malva silvestris*. Offizinell.

### Erste Ordnung: Storchschnabelartige (*Gruinales*).

Die **Gruinalen** besitzen fast durchgehends fünfzählige Blüten mit Kelch und Krone. Die Kronstamina sind bisweilen rudimentär oder fehlen ganz. Der Fruchtknoten ist gefächert. Die anatropen Samenanlagen sind hängend mit aufwärts gewendeter Mikropyle.

Familien: *Geraniaceae*, *Tropaeolaceae*, *Limnanthaceae*, *Oxalidaceae*, *Linaceae*, *Balsaminaceae*.

Abb. 366.  
Althaea officinalis. Offizinell.  
(Nach Berg u.  
Schmidt.)



stielen der einfachen, bisweilen schildförmigen Blätter klettern. Sie haben zygomorphe Blüten, ein Kelchblatt ist gespornt. Der Fruchtknoten ist dreifächerig. Tropaeolum



Abb. 367. Baumwolle, *Gossypium herbaceum*. Offizinell. a eröffnete Fruchtkapsel.

Die **Geraniaceen** sind Kräuter mit gelappten oder geteilten Blättern. Sie haben einen fünffächerigen, tief fünffurchigen Fruchtknoten mit kräftigem Griffel, der an der Frucht zu einem langen Schnabel auswächst. Bei der Reife lösen sich die fünf Fruchtknotenblätter unten von einer stehbleibenden Mittelsäule ab und ihr Griffelteil rollt sich ein. Gewöhnlichste Art ist bei uns *Geranium pratense* (Abb. 368 u. 369); *G. palustre* und *G. pusillum* kommen häufig vor. Bei der Gattung *Erodium* sind von den zehn Staubblättern nur fünf fruchtbar (Abb. 93 D). *Erodium cicutarium*, Reiherschnabel, ist als gemeines Ackerunkraut in ganz Deutschland verbreitet. *Pelargonium*-Arten, die 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, die zum Teil mit den rankenden Blattstielen der einfachen, bisweilen schildförmigen Blätter klettern. Sie haben zygomorphe Blüten, ein Kelchblatt ist gespornt. Der Fruchtknoten ist dreifächerig. *Tropaeolum majus*, die Kapuzinerkresse, mit schildförmigen Blättern (Abb. 63 B) und großen orangegelben Blüten ist eine beliebte Gartenzierpflanze.

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 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. *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 vier-



Abb. 368. Blüten-  
diagramm von *Geranium pratense*.

gliedrigen Kreisen (Abb. 370). 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*, Lein, hat fünfzählige Blüten, die Kronblätter sind in der Knospe gedreht und fallen leicht ab. Die Staubgefäße sind am Grunde verwachsen. Die Kronstamina sind nur durch kurze Zähnchen angedeutet. Die Frucht ist eine zehnsamige Kapsel. Einige Arten, z. B. *Linum catharticum*, kommen



Abb. 370. Blüten-  
diagramm von *Linum*.

bei uns wildwachsend vor, *Linum usitatissimum* (Abb. 371), der Flachs, wird seit den ältesten Zeiten als wertvolle Gespinnstpflanze überall angebaut. Leinsamen — *Semen Lini* und das aus ihnen gepresste Leinöl — *Oleum Lini*, sowie die dabei gewonnenen Preßrückstände, Leinkuchen — *Placenta Seminis Lini* sind officinell.

Die **Balsaminaceen** sind Kräuter mit dorsiventralen Blüten. Von den drei Kelchblättern ist das



Abb. 369. *Geranium pratense*. a Frucht nach dem Aufspringen. (Nach Wossidlo.)



Abb. 371. Lein, *Linum usitatissimum*. Offizinell. (Nach Berg und Schmidt.) a die inneren Blütenteile, b querdurchschnittene Fruchtkapsel.

hintere, größere 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





Abb. 372. *Guajacum sanctum*. (Nach Baillon.)

Die **Zygophyllaceen** sind zum größten Teil Holzgewächse der wärmeren Länder mit meist gegenständigen, oft paarig gefiederten Blättern. Die Blüten sind aktinomorph und zwittrig und in allen Kreisen fünfzählig. Der Diskus ist wenig entwickelt. Die amerikanische Gattung *Guajacum* zeichnet sich durch septizide Kapseln aus. *Guajacum sanctum* (Abb. 372) ist ein immergrüner Baum West-Indiens. Offizinell ist das Guajakholz — *Lignum Guajaci* — von *Guajacum officinale*.



Abb. 373. Blütendiagramm von *Ruta*.

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.

### Zweite Ordnung: Terebinthenartige (*Terebinthinae*).

Die Terebinthenartigen sind meist ausländische Holzgewächse. Sie stimmen im Blütenbau mit der vorhergehenden Ordnung überein, nur ist zwischen dem Androeceum und dem Gynaeceum ein deutlicher Diskus vorhanden.

Familien: *Zygophyllaceae*, *Rutaceae*, *Connaraceae*, *Meliaceae*, *Simarubaceae*, *Bursaraceae*, *Anacardiaceae*.



Abb. 374. *Ruta graveolens*. (Nach Berg u. Schmidt.)  
a Einzelblüte.

Die **Rutaceen** sind meistens Holzgewächse, seltener Kräuter mit nebenblattlosen Blättern. Die Blüten, die gewöhnlich aktinomorph und zwittrig sind, haben fünf- oder vierzählige Organkreise (Abb. 373). Die Kronstamina sind häufig unterdrückt. Der Diskus ist wohl entwickelt. Der Fruchtknoten besteht meistens aus fünf oder vier Fruchtblättern. Alle Arten enthalten lysigene Öllücken in der Rinde und in den Blättern. *Ruta graveolens* (Abb. 374), Raute, und *Dicamnus fraxinella*, Diptam, werden bei uns in den Gärten gezogen. Die Gattung *Citrus* (Abb. 375), 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 Zelhöckernachträglich mit einem großzelligen, saftreichen Fruchtbrei, so daß die Frucht beerenartig erscheint. *Citrus medica*



75. *Citrus Aurantium*. (Nach Wossidlo).  
a) Blütenlängsschnitt, b) halbierte Frucht.



Abb. 376. *Quassia amara*. Offizinell.  
(Nach Baillon.)

limonum) liefert Zitronen. *C. Aurantium* liefert Orangen (Apfelsinen). *C. Aurantium* subsp. *amara* (= *C. vulgaris*) liefert 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 immaturi* — und Pomeranzenschale — *Pericarpium Aurantii* —, die Schale der ausgewachsenen Früchte von *Citrus Aurantium* subspecies *amara*; ferner Zitronenschale — *Pericarpium Citri* —, Zitronenöl — *Oleum citri* von *Citrus medica*.

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 Öllücken und durch den reichen Gehalt an Bitterstoffen in Holz und Rinde. Als ein Vertreter der Familie mag der bei uns als Zierbaum in Anlagen angepflanzte, aus China stammende Götterbaum

*Ailanthus glandulosa* genannt sein. Offizinell ist Quassiaholz — *Lignum Quassiae* —, das Holz von *Picrasma excelsa* und von *Quassia amara* (Abb. 376).

Die **Burseraceen** sind meist tropische Bäume und Sträucher mit abwechselnd gestellten, unpaarig gefiederten, seltener einfachen Blättern und kleinen, meist eingeschlechtigen Blüten. Sie sind durch den Besitz längsverlaufender Balsamgänge ausgezeichnet. *Commiphora molmol* und andere (Abb. 377) liefern das unter dem Namen Myrrhe — *Myrrha* — offizinelle Gummiharz.

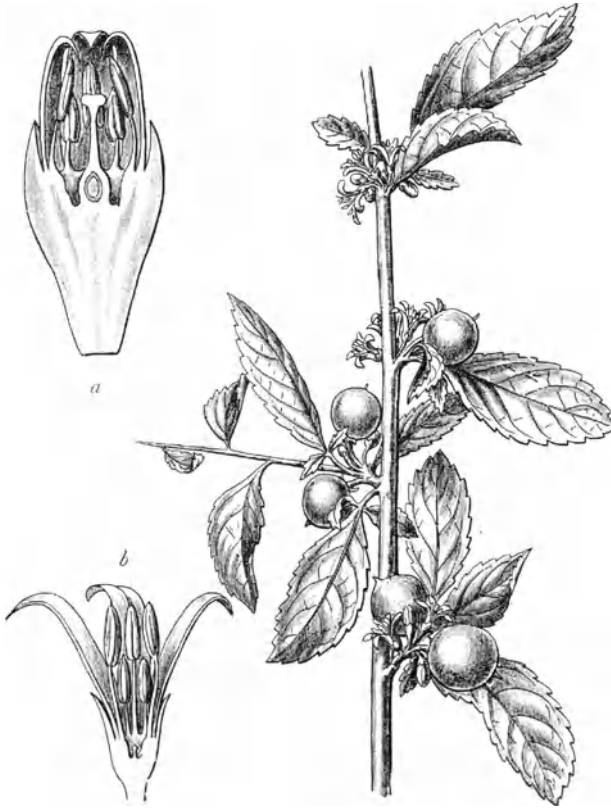


Abb. 377. *Commiphora abyssinica*. Offizinell. *a* weibliche, *b* männliche Blüten im Längsschnitt.

Die **Anacardiaceen**, exotische Holzpflanzen mit einfachen oder unpaarig gefiederten Blättern haben gleichfalls Harzgänge. Bei der tropischen Gattung *Anacardium* werden von den zehn Staubblättern neun unterdrückt. Der Fruchts蒂el wird unterhalb der nußartigen Frucht (der früher offizinellen Elefantenaus) 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 officinelle *Mastix*. Einige Arten der Gattung *Rhus*, Sumach, werden bei uns als Ziersträucher angepflanzt; unter ihnen ist der aus Nordamerika stammende Gift-Sumach, *Rhus Toxicodendron* (Abb. 378), als Giftpflanze bemerkenswert. *Rhus Coriaria*, Gerber-Sumach der Mittelmeerländer, und andere liefern in ihren Rinden ein geschätztes Gerbmateriale.

**Dritte Ordnung: Roßkastanienartige (Aesculinae).**

Sie sind durch einen bisweilen nur schwach entwickelten, außerhalb des Staubblattkreises liegenden Diskus gekennzeichnet. Die Blüten sind im Grundplan zyklisch und obdiplostemon wie die der vorhergehenden Reihen; von diesen



Abb. 378. *Rhus Toxicodendron*. Giftig.

unterscheidet sich aber die Reihe dadurch, daß das Gynaeceum nur aus zwei oder drei synkarpen Fruchtblättern besteht. Die Blüten sind häufig schräg zygomorph und durch das Fehlschlagen einzelner Staubblätter unvollständig.

Familien: Malpighiaceae, Erythroxylaceae, Sapindaceae, Hippocastanaceae, Staphyleaceae, Aceraceae, Polygalaceae, Vochysiaceae.

Die **Sapindaceen** sind Holzgewächse der wärmeren Länder [mit wechselständigen, ungeteilten oder gefiederten Blättern. Ihre bisweilen eingeschlechtigen Blüten sind häufig schrägzygomorph mit ungleichseitigem, extrastaminalem Diskus. 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, die den südamerikanischen Indianern als anregendes Genußmittel dient.



Abb. 379. Blütendiagramm von *Aesculus Hippocastanum*.

Die **Hippocastanaceen** sind Bäume mit gegenständigen, handförmig zusammengesetzten Blättern. Sie schließen sich im Bau ihrer schrägzygomorphen Blüten (Abb. 379) den Sapindaceen nahe an. Die Blüten stehen in stattlichen rispenförmigen Infloreszenzen. Die Kapsel Frucht enthält meist nur einen Samen. Bei uns eingebürgert und als Alleebaum überall verwendet ist *Aesculus Hippocastanum*, 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



Abb. 380.  
*Acer platanoides*

fünf Kelchblättern, vier bis neun Kronblättern, meist acht Staubblättern und einem zweifächerigen Fruchtknoten. Der hypogyne Diskus ist oft stark entwickelt. Die reife Frucht zerfällt meist in zwei einsamige Flügelfrüchte. Einige Arten der Gattung *Acer*, besonders *Acer campestre*, Feld-Ahorn, *A. platanoides*, Spitz-Ahorn (Abb. 380), *A. Pseudoplatanus*, Berg-Ahorn, zieren mit ihrem schönen Laube die schattigen Wälder des Gebirges und der Ebene. Ihr Holz ist als Werkholz gesucht. *Acer sacharinum* in Nordamerika liefert zuckerhaltigen Saft.

Die **Polygalaceen** sind Kräuter oder zum Teil lianenartige Holzpflanzen mit einfachen ganzrandigen und nebenblattlosen Blättern. Die Blüten der Polygalaceen sind dorsiventral (Abb. 381). Von den fünf Kelchblättern sind die beiden inneren kronblattartig und flügelartig. 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. *Polygala amara* und *P. chamaebuxus*, die Kreuzblume sind bei uns überall verbreitet. Offizinell ist die Senegawurzel — *Radix Senegae* — von der nordamerikanischen *Polygala Senega* (Abb. 382).

### Vierte Ordnung: Faulbaumartige (Frangulinae).

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 Fruchtknoten ist meist mehrfächerig nach der Zahl der Fruchtblätter. Bei der Mehrzahl der Familien ist ein intrastaminaler oder extrastaminaler Diskus 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 aktinomorphen Blüten nach der Formel:  $K_4 C_4 A_4 G_{(4)}$ . Daneben kommen bisweilen fünfzählige Blüten vor. Die Kronblätter greifen in der Knospe dachig übereinander, die Staubfäden alternieren mit den Kronblättern. Jedes Fach des Fruchtknotens enthält zwei oder mehr aufrechte anatrophe Samenanlagen. *Evonymus europaeus*, Spindelbaum oder Pfaffenhütlein, wächst bei uns in Gebüsch und Hecken und ist durch die rosenroten, stumpf vierkantigen Früchte auffällig, die 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, nur enthält jedes Fach des Fruchtknotens eine einzige, hängende Samenanlage. *Ilex Aquifolium*, in Norddeutschland Stecheiche oder Stechpalme, im Süden Hülsen genannt, ein Strauch mit ledrigen, winterharten, dornig gezähnten, elliptischen Blättern, findet sich hin und wieder in den Wäldern Deutschlands.



Abb. 381. Blüten-  
diagramm von  
Polygala.

Die **Rhamnaceen** sind aufrechte Sträucher mit einfachen Blättern und vier oder fünfzähligen Blütenkreisen (Abb. 383) und meist perigynen Hülle. Die kleinen Kronblätter berühren sich in der Knospe nicht oder nur mit den Rändern. Die Staubblätter sind den Kronblättern superponiert. Der oberständige, zwei- bis fünfzählige Fruchtknoten wird zur Kapsel-

oder Steinfrucht. *Rhamnus cathartica*, Kreuzdorn, mit vierzähligen, und *Rh. Frangula*, Faulbaum (Abb. 384), mit fünfzähligen Organkreisen in der Blüte sind einheimische Sträucher. Sie sind die Wirte der Aecidienform des Hafer befallenden Kronenrostes, *Puccinia coronifera*. Aus den Kreuzdornbeeren wird der officinelle Kreuzdornbeersirup — Sirupus *Rhamni catharticae* — bereitet. *Rhamnus Frangula* liefert die officinelle Faulbaumrinde — *Cortex Frangulae*.

Die **Ampelidaceen** oder **Vitaceen** sind kletternde Sträucher mit den Blättern gegenüberstehenden, verzweigten Ranken, die metamorphosierte Blütenprosse sind. Sie stimmen im Bau der äußeren Organkreise der Blüte mit den Rhamnaceen überein (Abb. 385), der Fruchtknoten ist aber zwei- oder seltener vierfächerig und wird zur Beere. *Ampelopsis hederacea*, wilder Wein, aus Nordamerika stammend, wird bei uns zur Bekleidung von Hauswänden und Lauben angepflanzt. *Vitis vinifera* (Abb. 386), der Weinstock, ist



Abb. 382. *Polygala Senega*.  
Offizinell. (Nach Berg und  
Schmidt.)

eine-uralt 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

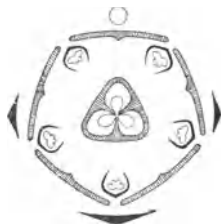


Abb. 383. Blütendiagramm von *Rhamnus Frangula*.

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 rankentragende Sproßknoten ein dritter rankenloser folgt. Statt der untersten Ranken der Lotte können sich Blütenrispen entwickeln. Aus den Achselknospen der Laubblätter gehen die Geizen hervor, die 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 Winzersprache werden die Blütenrispen „Gescheine“,



Abb. 385. Blütendiagramm von *Ampelopsis*.

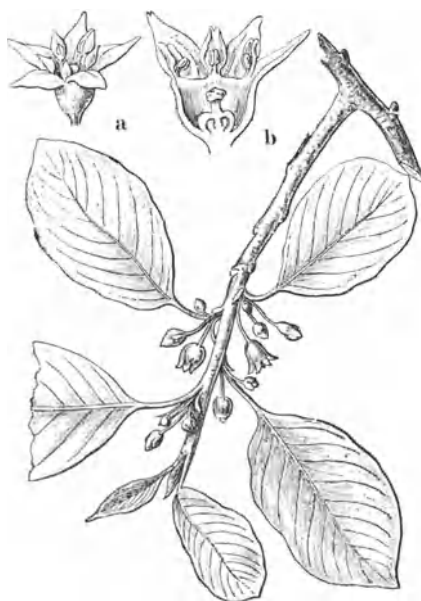


Abb. 384. Faulbaum, *Rhamnus Frangula*. Offizinell. (Nach Wossidlo.)  
a Einzelblüte, b Blütenlängsschnitt.

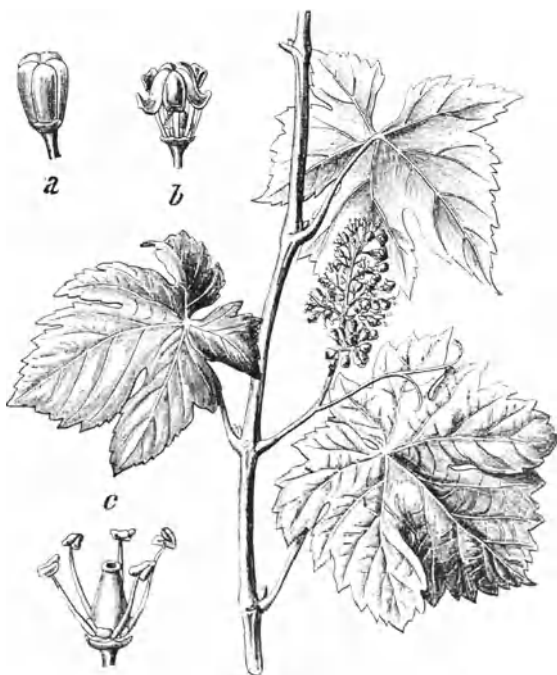


Abb. 386. *Vitis vinifera*. (Nach Koehler.)  
a, b, c Einzelblüte in verschiedenen Stadien des Aufblühens.

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 Betracht, eine aus Amerika bei uns eingewanderte Blattlaus, die in einer Reihe von verschieden gestalteten Generationen auf dem Rebstock lebt und ihn hauptsächlich durch Beschädigung der Wurzel zum Absterben bringt.

**Dritte Reihe: Kelchblütige (Calyciflorae).**

Die Blütenachse bildet ein Hypanthium, an dessen Rande Kelch-, Kron- und Staubblätter eingefügt sind. Je nachdem das Hypanthium scheiben- oder urnen förmig, frei oder mit den umhüllten Fruchtknoten verwachsen ist, entstehen hypogyne, perigyne oder epigyne Blütenformen. Die Blüten sind meist zyklisch 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 vier Ordnungen.

Ordnung 1: Rosenartige, Rosiflorae. Blüten peri- oder epigyn, Kelch und Krone meist fünfzählig und alternierend. Viele Staubblätter und mehrere apokarpe Fruchtblätter.

Ordnung 2: Myrtenartige, Myrtiflorae. Blüten zyklisch, epigyn häufig mit viergliedrigen Kreisen, Fruchtblattquirl vollzählig, synkarp mit einfachem Griffel.

Ordnung 3: Hülsenfrüchtler, Leguminosae. Blüten perigyn, meist dorsiventral mit fünfzähligen Kreisen. Nur ein Fruchtblatt, das zur Hülse wird.

Ordnung 4: Doldenträger, Umbelliflorae. Blüten euzyklisch, mit einem Staubblattkreis und zwei Fruchtblättern, die einen unterständigen, zweifächerigen Fruchtknoten bilden, mit einer hängenden Samenanlage in jedem Fach. Blütenstand eine Dolde.



Abb. 387. Blütendiagramm von Pirus communis.



Abb. 388. Himbeere, Rubus Idaeus. Offizinell. (Nach Berg u. Schmidt.) a Blütenlängsschnitt

**Erste Ordnung: Rosenartige (Rosiflorae).**

Bei verschiedener Gestaltung des Hypanthium sind die Blüten peri- oder epigyn. Kelch und Krone sind meist fünfzählig und alternierend. Das Androeceum enthält 5 bis 30 Staubblätter. Die Fruchtblätter sind zahlreich, doch



kommen auch niedere Zahlen bis zu 1 vor. Die Griffel sind frei. Der Fruchtknoten ist apokarp oder synkarp.

Familien: Rosaceae, Crassulaceae, Saxifragaceae, Hamamelidaceae, Platanaceae.

Die **Rosaceen** sind Bäume, Sträucher oder Kräuter. Charakteristisches Merkmal des Blütenbaues ist die Polyandrie. Sie stehen auch in anderen Merkmalen den Ranunculaceen nahe (Abb. 387).

Die meisten Gattungen sind in der einheimischen Flora vertreten; als häufigste Arten mögen genannt sein: *Crataegus oxyacantha*, Weißdorn; *Sorbus aucuparia*, Vogelbeere; *Rosa canina*, Hundsrose; *Alchemilla vulgaris*, Frauenmantel; *Potentilla anserina*, Fingerkraut; *P. silvestris*, *P. reptans*, *P. argentea*, *P. verna*, *Fragaria vesca*, Erdbeere; *Rubus caesius*, Brombeere; *Spiraea ulmaria*, Spierstaude; *Prunus spinosa*, Schlehdorn. — *Pirus communis*, Birnbaum; *P. malus*, Apfelbaum; *Cydonia vulgaris*, Quitte; Arten von *Fragaria*, Erdbeere; *Rubus Idaeus* (Abb. 388), Himbeere; *Prunus domestica*, Zwetsche; *P. insititia*, Pflaume; *P. Armeniaca*, Aprikose; *P. cerasus* (Abb. 391), Weichsel; *P. avium*, Kirsche, und *Persica vulgaris*, Pfirsich, werden in zahlreichen Varietäten angebaut und liefern in ihren Früchten die geschätztesten Obstsorten. Viele Arten der Gattungen *Rosa* (Abb. 392) und *Spiraea* sind beliebte Zierpflanzen.

Offizinell sind Rosenöl — *Oleum Rosae* von verschiedenen Rosenarten, Kosoblüten — *Flores Koso* — weibliche Blüten oder Blütenstände von *Hagenia abyssinica* (Abb. 390); süße Mandel — *Amygdalae dulces* — die Samen der süßsamigen Kulturform von *Prunus Amygdalus* (Abb. 393), Mandelöl — *Oleum Amygdalarum*; Seifenrinde — *Cortex Quillaiiae* — von *Quilliaia Saponaria* (Abb. 394). *Rhizoma Tormentillae* von *Potentilla tormentilla*. Ferner ist Himbeersyrup — *Sirupus Rubi Idaei* — Kirschsyrop — *Sirupus Cerasi*, Pfirsichkernöl — *Oleum Persicarum* in der Pharmakopöe vorgeschrieben.

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.



Abb. 389. *Potentilla tormentilla*.  
Offizinell.

Die **Saxifragaceen** sind der größten Zahl nach Kräuter mit wechselständigen Blättern, die 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 (Abb. 395). Die Krone ist zum Schwinden geneigt. Das Androeceum 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*, Johannisbeere, und *R. Grossularia*, Stachelbeere, werden überall als Beerenobst angebaut. *Philadelphus coronarius* und *Deutzia scabra* sind beliebte bei uns eingeführte Ziersträucher.

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* in Kleinasien, der den officinellen *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 Fruchtlis eine Nuß. Platanen, *Platanus orientalis* aus dem Orient und *P. occidentalis* aus Nordamerika, werden bei uns als Allee- und Zierbäume in Anlagen vielfach verwendet.



Abb. 390. Blütenstand von *Hagenia abyssinica*. Offizinell. a Längsschnitt durch eine weibliche Blüte.

### Zweite Ordnung; Myrtenartige (Myrtiflorae).

Die Myrtenartigen sind Bäume, Sträucher oder Kräuter mit epi- oder perigynen 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.



Abb. 391. Blütenzweig von *Prunus Cerasus*. Offizinell. (Nach Wossidlo.) a Einzelblüte im Längsschnitt.



Abb. 392. *Rosa centifolia*. (Nach Berg u. Schmidt.)



Abb. 393. *Prunus Amygdalus*. Offizinell. (Nach Berg u. Schmidt.) a Blütenlängsschnitt.



Abb. 394. *Quillaia Saponaria*. Offizinell. (Nach Baillon.)

Familien: Onagraceae, Halorrhagidaceae, Combretaceae, Lecythidaceae, Rhizophoraceae, Lythraceae, Melastomaceae, Myrtaceae, Thymelaeaceae, Elacagnaceae.

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  $K_4 C_4 A_8$  oder  $4 G(4)$  (Abb. 396). Daneben kommen auch zwei-, drei- und fünfzählige Blüten vor. In der Knospe sind die Kelchblätter klappig, die Kronblätter sind rechts gedreht oder fehlen bisweilen. Die Griffel sind verwachsen, die Fächer

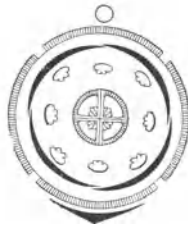
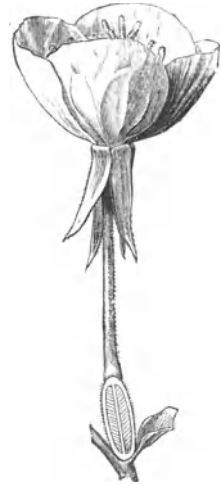


Abb. 395. Blütendiagramm von *Saxifraga granulata*.

Abb. 396. Blütendiagramm von *Epilobium*.

Abb. 397. Blüte von *Oenothera biennis*. Der Fruchtknoten ist der Länge nach aufgeschnitten.

des 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*, Hexenkraut, kommen häufiger vor. *Trapa natans*, Wassernuß, eine Wasserpflanze mit schwimmenden Blattrosetten, ist bei uns im Aussterben begriffen und kommt nur noch an wenigen, weitverstreuten Standorten in stehenden Gewässern vor. Die *Nachtkerze*, *Oenothera biennis* (Abb. 397) 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. 20).



Abb. 398. *Jambosa caryophyllus*. Offizinell. a Blütenlängsschnitt, b Frucht. (Nach Wossidlo)

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 kronenlos 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*, Blutweiderich 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 meisten Arten sind an aromatischen Stoffen reiche Holzpflanzen, einige liefern officinelle Stoffe: Gewürznelken — *Caryophylli* — sind die nicht geöffneten Blüten von *Jambosa caryophyllus* (Abb. 398), aus ihnen wird Nelkenöl — *Oleum Caryophylli* gewonnen; die Granatrinde — *Cortex Granati* — stammt



Abb. 399. *Punica Granatum*. Offizinell.  
(Nach Baillon.)



Abb. 400. *Daphne Mezereum*. Giftig.

von *Punica Granatum* (Abb. 399). 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. Aus den Blättern wird das officinelle Eukalyptusöl — *Oleum Eucalypti* gewonnen.

Zu der kleinen Familie der **Lecythidaceen** gehört die *Bertholletia excelsa* der südamerikanischen Tropen, welche die Paranüsse des Handels liefert.

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* (Abb. 400), 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 Samenknope im Fruchtknoten. Die Frucht ist eine Nuß, die vom bleibenden Grund des Perianths eingeschlossen ist. Die Epidermis der

hierher gehörenden Bäume und Sträucher ist mit silberweißen und bräunlichen Sternhaaren bedeckt — *Elaeagnus angustifolia*, Ölweide, und *Hippophaë rhamnoides* 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.

**Dritte Ordnung: Hülsenfrüchtler (Leguminosae).**

Die meist dorsiventralen Blüten der Hülsenfrüchtler 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 10. Das Gynaeceum besteht aus einem einzigen Fruchtblatt, welches zur Hülse wird.

Familien: Papilionaceae, Caesalpinaceae, Mimosaceae.

Die **Papilionaceen** sind besonders in den Tropenländern, aber auch in den gemäßigten Zonen reichlich vertreten. Sie sind Holzpflanze oder Kräuter. Die Blätter sind fast durchgehend gefiedert und haben am Grund große laubige, seltener zu Dornen umgebildete Nebenblätter. Manche Arten klettern mit Blattranken. In den

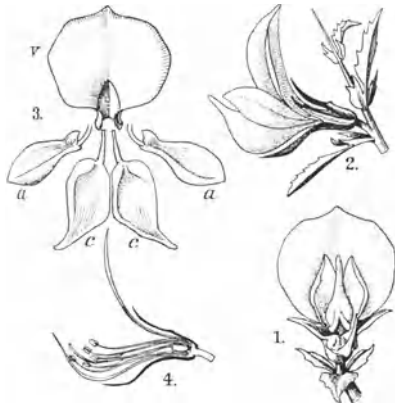


Abb. 401. Schmetterlingsblüte. 1 von vorne, 2 von der Seite gesehen; 3 die einzelnen Kronblätter; v Fahne, a die Flügel, c die das Schiffchen bildenden beiden vorderen Kronblätter.

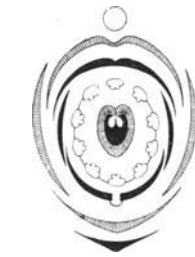


Abb. 402. Blüten-diagramm von *Vicia Faba*.



Abb. 403. *Ononis spinosa*. Offizinell. a Blütenlängsschnitt. (Nach Berg und Schmidt.)

Tropen treten selbst Formen mit Holzstämmen, wie *Bauhinia*, als Kletterpflanzen auf. Die Blüten, welche in seitlichen Blütenständen ohne Gipfelblüte stehen, sind typische Schmetterlingsblüten (Abb. 401) 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 (Abb. 402). Die Frucht ist eine Hülse.

Man unterscheidet zwei Sektionen: die *Phylloboeae* mit laubblattartigen Kotyledonen und die *Sarcolobeae* mit dickfleischigen Kotyledonen.

Als häufigste einheimische Arten mögen genannt sein: *Ononis spinosa*, Hauhechel (Abb. 403); *Medicago lupulina*, Hopfenklee; *Melilotus officinalis*, Steinklee; *Trifolium repens*, Weißklee; *T. pratense*, Rotklee; *T. arvense*; *T. procumbens*; *Anthyllis vulneraria*, Wundklee; *Lotus corniculatus*, Hornklee; *Genista germanica*, Ginster; *Vicia Cracca*, Vogelwicke; *V. sepium*, Zaunwicke; *V. angustifolia*, Saatwicke; *Lathyrus vernus*, 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. an-*

gustifolius 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 der Atmosphäre zu assimilieren, so werden sie als Stickstoffsammler in landwirtschaftlichen Betrieben mit anderen Feldfrüchten in regelmäßiger Fruchtfolge abwechselnd gebaut und zum Teil auch zur Grunddüngung verwendet.

*Arachis hypogaea*, 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.



Abb. 404. *Trigonella foenum-graecum*. Offizinell.



Abb. 405. *Melilotus officinalis*. Offizinell. (Nach Bokorny.) a Einzelblüte, b Hülse.

Als Zierpflanzen werden verwendet: *Cytisus Laburnum*, Goldregen, *Robinia Pseudacacia*, Colutea arborescens, *Caragana arborescens*, *Glycine chinensis*.

Offizinell sind Hauhechelwurzel — *Radix Ononidis* — von *Ononis spinosa* (Abb. 403); Bockshornsamensamen — *Semen Foenugraeci* — von *Trigonella foenum-graecum* (Abb. 404); Steinklee — *Herba Meliloti* — von *Melilotus officinalis* (Abb. 405) und *M. altissimus*; Süßholz — *Radix Liquiritiae* — von *Glycyrrhiza glabra* (Abb. 406); Tragant — *Tragacantha* —, erhärteter Schleim der Stämme verschiedener strauhciger *Astragalus*-Arten Kleinasien (Abb. 407); Chrysarobin — *Chrysarobinum* —, kristallinisches Pulver, welches durch Reinigung der in den Höhlungen der Stämme von *Andira Araroba* ausgeschiedenen Masse erhalten wird; Tolubalsam — *Balsamum toltutanum* —, das erhärtete Harz von *Myroxylon balsamum* var. *genuinum* (Abb. 408), Perubalsam — *Balsamum peruvianum* —, der Harzsaft der Rinde von *Myroxylon balsamum* var. *Pereirae*. Aus den Samen von *Arachis hypogaea* wird das offizinelle Erdnußöl — *Oleum Arachidis* —,



Abb. 406. *Glycyrrhiza glabra*. Offizinell.  
(Nach Baillon.)

aus den Samen von *Physostigma venenosum* wird das officinelle *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* (Abb. 409) und *C. acutifolia*; Tamarindenmus — *Pulpa Tamarindorum cruda* —, das schwarzbraune Mus der Hülsen von *Tamarindus indica* (Abb. 410), Kopaivabalsam — *Balsamum*



Abb. 407.  
*Astragalus tragacantha*.  
Offizinell.



Abb. 408. *Myroxylon balsamum*. Offizinell.  
(Nach Baillon.)





Abb. 409.  
*Cassia angustifolia*  
Offizinell. (Nach  
Berg u. Schmidt.)



Abb. 410. *Tamarindus*  
*indica*. Offizinell.  
(Nach Berg u.  
Schmidt.)

Copaivae —, der aus Stämmen verschiedener *Copaifera*-Arten, vorzüglich der *Copaifera Iacquinii*, *C. Langsdorffii* (Abb. 411), *C. guyanensis* und *C. coriacea* ausfließende Balsam; Ratanhiawurzel — *Radix Ratanhiae* — Wurzeläste von *Krameria triandra* (Abb. 412).

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 Androeceum erscheint durch Fehlschlagen der Kronstamina haplostemon oder es wird 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 Un-

krautpflanze *Mimosa pudica*, welche durch die hohe Reizbarkeit ihrer Blätter vor anderen Arten ausgezeichnet ist (s. S. 180), wird bei uns vielfach in Gewächshäusern gezogen. Manche Arten der Gattung *Acacia* sind, wie die in Abb. 61 abgebildete, durch Phylloidienbildung ausgezeichnet.

Offizinell sind: *Katechu* — *Catechu* —, ein Extrakt aus dem Holze von *Acacia Catechu* und *A. suma*, und arabisches Gummi — *Gummi arabicum* — von *Acacia senegal* und anderen Arten der Gattung (Abb. 413).



Abb. 411.  
*Copaifera Langsdorffii*,  
Offizinell. a Einzelblüte.  
(Nach Berg u. Schmidt.)

**Vierte Ordnung: Doldenträger (Umbelliferae).**

Die Blüten der Doldenträger sind rein epigyn, meist fünf-, selten 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 hängende Samenanlage. Der Blütenstand ist eine Dolde.

Familien: Umbelliferae, Araliaceae, Cornaceae.

Die **Umbelliferen** haben fast ausnahmslos krautige, knotig gegliederte Stengel mit hohlen Internodien und interzellularen



Abb. 412. *Krameria triandra*. Offizinell.  
(Nach Berg u. Schmidt.)

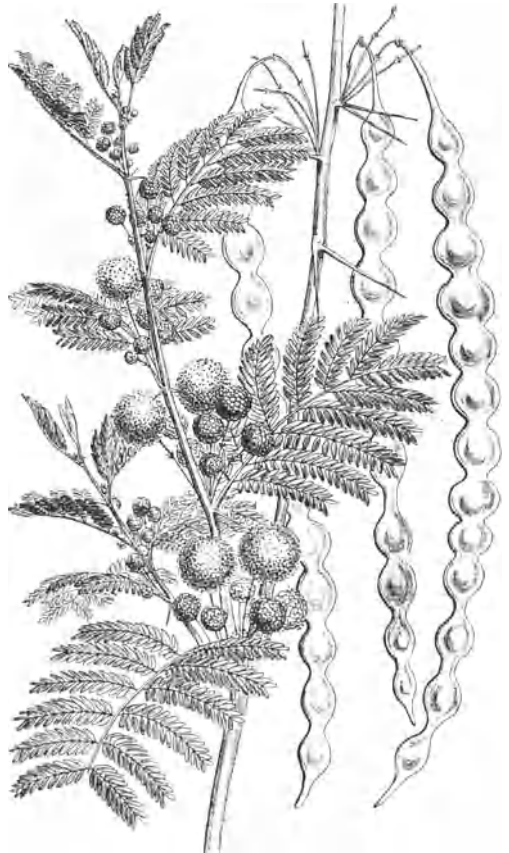


Abb. 413. *Acacia arabica*. Offizinell.  
(Nach Baillon.)

Ölgängen. 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 (Involucellum) ausgebildet. Die Blüten der Umbelliferen (Abb. 414) entsprechen durchweg der Formel:  $K5C5A5G(2)$ . 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

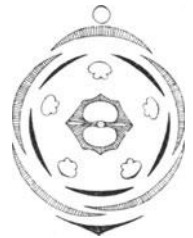


Abb. 414. Blüten-  
diagramm der  
Umbelliferen.

Diskus, aus dem die kurzen, meist auswärts gekrümmten Griffelschenkel entspringen. In jedem Fach des zweiteiligen, unterständigen Fruchtknotens hängt eine anatrophe Samenanlage mit auswärts gewendeter Mikropyle. Die Früchte der Umbelliferen sind Doppelachänen, die bei der Reife sich in der Regel in ihre beiden Teilfrüchte zerspalten. 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

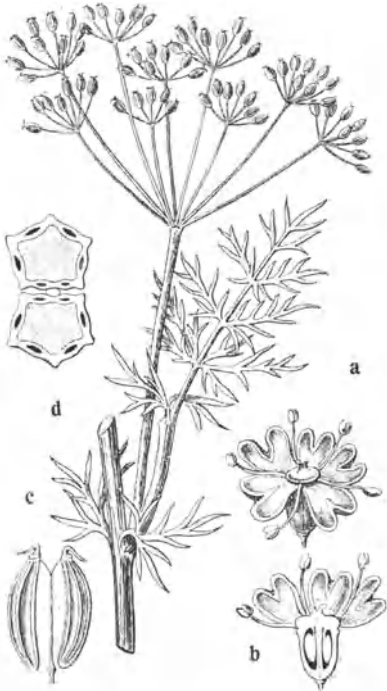


Abb. 415. *Carum Carvi*. Offizinell. (Nach Wossidlo.) a Einzelblüte, b Blütenlängsschnitt, c reife Spaltfrucht, d Querschnitt durch die Frucht.



Abb. 416. *Conium maculatum*. Giftig. a Einzelblüte, b Frucht, c Querschnitt durch die Frucht.

Hauptrippen jeder Teilfrucht werden als Tälchen bezeichnet. Bisweilen treten in den Tälchen noch wieder Längsrippen hervor, die gegenüber den fünf Hauptrippen als Nebenrippen bezeichnet werden. In den Tälchen und an der als Fugenfläche bezeichneten Berührungsfäche der Teilfrüchte verlaufen häufig längsgerichtete ölhaltige Kanäle (Ölstriemen) in der Fruchtknotenwand. 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. *Campylopermae*: 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*, Giersch; *Carum Carvi*, Kümmel (Abb. 415); *Pastinaca sativa*, Pastinak; *Heracleum Sphondylium*, Bärenklau; *Daucus Carota*, Möhre; *Anthriscus silvestris*, Kälberkopf; *Chaerophyllum hirsutum*, rauher Kerbel. Als Küchenge-

wächse respektive als Gemüsepflanzen werden häufiger angebaut: *Apium graveolens*, Sellerie; *Petroselinum sativum*, Petersilie; *Carum Carvi*, Kümmel; *Anethum graveolens*, Dill; *Anthriscus Cerefolium*, Kerbel; *Daucus Carota*, Mohrrübe. Stark giftig wirkende Stoffe enthalten: *Cicuta virosa* (Abb. 417), Wasserschierling, und *Conium maculatum*, Fleckenschierling (Abb. 416).

Offizinell sind: Kümmel — *Fructus Carvi* und Kümmelöl — *Oleum Carvi* von *Carum Carvi*; Anis — *Fructus Anisi* und Anisöl — *Oleum Anisi* von *Pimpinella Anisum*



Abb. 417. *Cicuta virosa*. Giftig. *a* reife Frucht, *b* Querschnitt durch die Frucht, *c* Längsschnitt des gekammerten Wurzelstocks (verkleinert).



Abb. 418. *Pimpinella Anisum*. Offizinell. (Nach Berg u. Schmidt.)

(Abb. 418); Fenchel — *Fructus Foeniculi* und Fenchelöl — *Oleum Foeniculi* von *Foeniculum vulgare* (Abb. 419); Angelikawurzel — *Radix Angelicae* und Angelikaöl — *Oleum Angelicae* von *Archangelica officinalis* (Abb. 420); Liebstöckelwurzel — *Radix Levistici* — von *Levisticum officinale* (Abb. 421); Bibernellwurzel — *Radix Pimpinellae* — von *Pimpinella Saxifraga* (Abb. 422) und *P. magna*; ferner Galbanum — Gummiharz von *Ferula galbaniflua* u. a.; Asant — *Asa foetida* — Gummiharz von *Ferula asa foetida* (Abb. 423), *F. narthex* und *F. foetida* u. a.; Ammoniakgummi — *Ammoniacum* — Gummiharz von *Dorema ammoniacum* u. a.

Die **Araliaceen** sind meist Holzgewächse. Die Achsen besitzen Ölgänge, aber keine Markhöhlen. Die kleinen, wenig auffälligen Blüten stehen in Köpfchen oder einfachen Dolden, die nicht selten in Trauben oder Rispen zusammengelagert sind. Die Blüten sind meist aus fünfzähligen Kreisen aufgebaut. Das Gynaeceum besteht aus zwei oder mehr Fruchtblättern und wird zur Beere oder Steinfrucht. Einheimisch ist nur *Hedera Helix*, der Efeu, der als Wurzelkletterer (vgl. Abb. 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

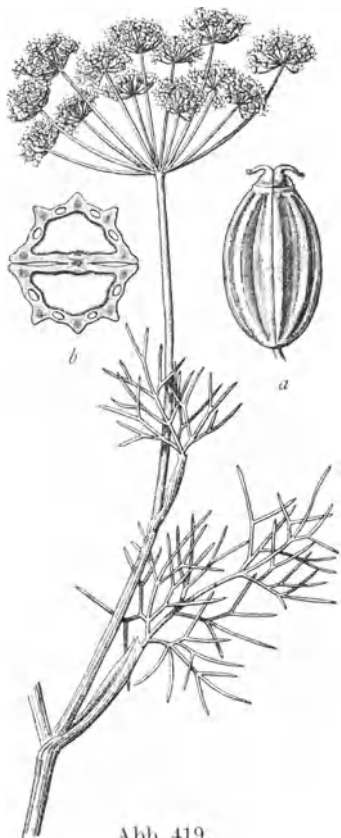


Abb. 419.  
Abb. 419.

*Foeniculum vulgare*. Offizinell.  
(Nach Berg und Schmidt.) *a* Frucht,  
*b* Querschnitt durch die Frucht.



Abb. 420. *Archangelica officinalis*. Offizinell.  
(Nach Berg und Schmidt.)

anatropen Samenanlagen sind mit der Mikropyle einwärts gekehrt. *Cornus mas*, Kornelkirsche, und *C. sanguinea*, Hartriegel, sind einheimische Sträucher, die häufig in Gebüsch und Hecken angepflanzt werden. *Aucuba japonica* ist ein aus Ostasien bei uns eingeführter Zierstrauch.

### Dritte Klasse: Verwachsenkronblättrige (Sympetalae):

Die Blüten der Verwachsenkronblättrigen sind euzyklisch nach den Blütenformeln  $K_n C(n) A_n + n G_n$  oder  $K_n C(n) A_n G_n$ .  $n$  ist = 4 oder 5. Der Fruchtknoten ist ober- oder unterständig bei den fünfkreisigen meist gleichzählig, bei den Vierkreisigen auf drei oder zwei Fruchtblätter reduziert, von denen bisweilen nur eins eine Stammanlage trägt.

Wir unterscheiden zwei Reihen.

Reihe 1: Fünfkreisige. Pentacylicae. Im Bauplan der Blüte treten zwei Staubblattkreise auf. Der Fruchtblattquirl hat die gleiche Gliederzahl wie die übrigen Kreise.

Reihe 2: Vierkreisig hypogyne. Es ist nur ein Staubblattkreis vorhanden. Die Zahl der Fruchtblätter ist geringer als die der übrigen Quirle, meist zwei oder drei. Der Fruchtknoten ist oberständig oder unterständig.

### Erste Reihe: Fünfkreisige (Pentacylicae).

Die Fünfkreisigen haben acyklische Blüten mit Kelch und Krone. Das Androeceum besteht der Regel nach aus zwei Kreisen, die in der Zahl der Glieder mit den Kreisen der



Abb. 421. *Levisticum officinale*. (Nach Berg u. Schmidt.)



Abb. 422. *Pimpinella Saxifraga*. Offizinell. (Nach Berg u. Schmidt.)

Blütenhülle übereinstimmen. Auch die Fruchtblätter sind in gleicher Zahl vorhanden und bilden einen meist oberständigen Fruchtknoten.

Man unterscheidet drei Ordnungen:

Ordnung 1: Heidekrautartige, Ericinae. Die Kronstamine bilden den äußeren Staubblattkreis.

Ordnung 2: Himmelschlüsselartige, Primulinae. Die Kronstermine stehen innen. Der äußere Staubblattkreis ist häufig nicht entwickelt. Der Fruchtknoten ist einfächerig mit Zentralplazenta.

Ordnung 3: Ebenholzartige, Diospyrinae. Der Bauplan der Blüten gleicht dem der 2. Ordnung. Der Fruchtknoten ist aber in der Regel mehrfächerig.

### Erste Ordnung: Heidekrautartige (Ericinae).

Sie sind meist Sträucher und Halbsträucher mit einfachen, oft nadelförmigen Rollblättern. Die Blütenkreise sind vier- oder fünfzählig. Die Staubbeutel haben zwei hornförmige Anhängsel und enthalten zu Tetraden vereinigte Pollenkörner.

Familien: Ericaceae, Eperidaceae.

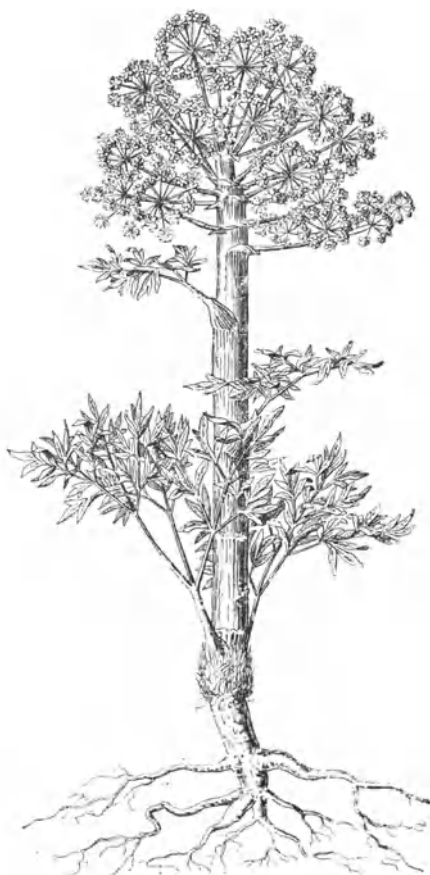


Abb. 423. *Ferula asa foetida*. Offizinell. (Nach Berg u. Schmidt.)

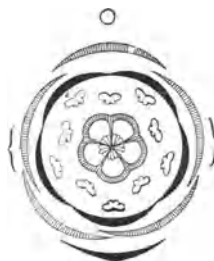


Abb. 424. Blütendiagramm von *Vaccinium vitis-idaea*.



Abb. 425. *Vaccinium myrtillus*.  
a Staubblatt, b Beere.

Die **Ericaceen** sind Kräuter oder Holzgewächse mit einfachen Blättern. In den meist radiären Blüten sind gewöhnlich beide Staminalkreise entwickelt (Abb. 424), die Antheren sind meist zweihörnig (Abb. 425 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* (Abb. 425) und *V. vitis-idaea*, deren Beerenfrüchte als Heidelbeeren und Preiselbeeren auf den Markt gebracht werden; ferner *Calluna vulgaris*, Heide; *Pirola rotundifolia*, Birkkraut; die Alpenrosen, *Rhododendron ferugineum* und *Rh. hirsutum* schmücken die Hänge des Hochgebirges; *Monotropa hypopitys*, Fichtenspargel, ist ein chlorophyllfreier Humusbewohner unserer Fichtenwälder. Einige ausländische Arten von *Azalea* und *Rhododendron* werden bei uns als Zierpflanzen gezogen. Offizinell sind Bärentraubenblätter —

*Folia Uvae Ursi* — von *Arctostaphylos Uva Ursi* (Abb. 426). 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.

### Zweite Ordnung: Himmelschlüsselartige (Primulinae).

Die Blüten sind in der Anlage diplostemon, häufig ist aber der äußere Staubblattkreis unterdrückt (Abb. 427). Die Kronstamina sind den Kronblättern angewachsen. Der Fruchtknoten ist einfächerig und enthält eine Zentralplazenta mit meist vielen Samenanlagen.

Familien: Primulaceae, Myrsinaceae, Plumbaginaceae.



Abb. 426. *Arctostaphylos Uva Ursi*. Offizinell. (Nach Berg u. Schmidt.) a Blütenlängsschnitt.

Die Familie der **Primulaceen** ist charakterisiert durch die Kapsel- frucht mit vielsamiger Zentralplazenta; 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*, faules Lieschen (Abb. 428); *Lysimachia Nummularia*, Pfennigkraut, und *L. vulgaris*; *Primula elatior*, Schlüsselblume und *P. officinalis* (Abb. 429). 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, die vom bleibenden Kelch umgeben sind. *Armeria vulgaris*, Graselke, ist ein häufiger vorkommender einheimischer Vertreter.



Abb. 427. Blüten- diagramm von *Primulus*.



Abb. 428. *Anagallis arvensis*. Giftig.

### Dritte Ordnung: Ebenholzartige (Diospyrinae).

Die Ordnung enthält ausländische Bäume. 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* —, der eingetrocknete Milchsaft verschiedener Arten der Gattungen *Palaquium* (Abb. 430).



Die **Ebenaceen** haben oberständige Fruchtknoten mit zwei Samenanlagen in jedem Fach. Das schwarze Kernholz von *Diospyros Ebenum* wird als Ebenholz in der Kunsttischlerei verwendet.

Die **Styraceen** haben meist röhrig verwachsene Staubblätter, die Krone ist tief geteilt, oft fast freiblättrig. Offizinell ist Benzoë — das aus Siam kommende Harz einer *Styrax*art (Abb. 431).



Abb. 429. *Primula officinalis*.



Abb. 430. *Palaquium Gutta*. Offizinell. ( $\frac{1}{2}$ ).  
a Einzelblüte. (Nach Berg u. Schmidt.)

### Zweite Reihe: Vierkreisige (Tetracyclaeae).

Die regelmäßigen zyklischen 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 oberständig oder unterständig.

Wir unterscheiden fünf Ordnungen:

Ordnung 1: Maskiertblütige, Personatae. Die euzyklischen Blüten neigen zur Dorsiventralität, die oft mit Reduktion von Gliedern im Androeceum und selbst in der Blütenhülle verbunden ist und zu maskierten Blüten führt. Der oberständige synkarpe Fruchtknoten ist zweifächerig und enthält in jedem Fach viele Samenanlagen.

Ordnung 2: Drehblütige, Contortae. Die Blütenhülle ist in der Knospe gedreht. Der zweiteilige Fruchtknoten ist einfächerig oder apokarp mit verwachsenem Griffelteil und vielsamig.

Ordnung 3: Röhrenblütige, Tabiflorae. Die Blüten sind aus fünfzähligen, seltener vierzähligen Kreisen aufgebaut, radiär oder dorsiventral, der Staubblattkreis meist minderzählig. Der oberständige Fruchtknoten zweiteilig, mit zwei Samenanlagen an jedem Fruchtblatt, oft in vier einsamige Klausen zerklüftet.

Ordnung 4: Vollsamige, Pleiospermae. Blüten aus fünf oder vierzähligen Kreisen aufgebaut, meist radiär, seltener dorsiventral mit verarmtem Androeceum. Fruchtknoten unterständig, zwei- bis fünfteilig, gefächert. Alle Fächer fertil, meist mit mehreren Samenanlagen in jedem Fach.

Ordnung 5: Einsamige, Monospermae. Blütenkreise vier- oder fünfzählig.<sup>5</sup> Fruchtknoten unterständig, zwei- oder dreiteilig mit nur einer Samenanlage in dem mehrteiligen Fruchtknoten.

### Erste Ordnung: Maskiertblütige (Personatae).



Abb. 431. *Styryx Benzoin*. (Nach Berg u. Schmidt.)  
a Längsschnitt durch eine Blüte.

Die Ordnung umfaßt, von einigen exotischen Baum- und Strauchformen abgesehen, fast nur Kräuter und Stauden. Der Blütenbauplan entspricht der Formel

$$K\ 5\ C(5)\ A\ 5\ G(2).$$

Dieser Bau tritt aber nur bei den Familien mit radiären Blüten rein hervor. Oft ist die Krone dorsiventral zweilippig und das Androeceum



Abb. 432. Blütendiagramm von *Datura Stramonium*.

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 (Abb. 432) sind in der Regel radiär gebaut, zeigen aber bisweilen durch ungleiche Länge der Staubfäden oder auch durch die Ausgestaltung der Krone eine Hineigung zur Dorsiventralität. Der Fruchtknoten, dessen beide Fruchtblätter diagonal gestellt sind, ist zweifächerig mit vielen Samen an der stark entwickelten zentralen Plazenta. Die Frucht wird zur Kapsel oder Beere. Der Same schließt einen von 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 *A tropa* 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. wird der Blüten sproß durch Verwachsung mit dem Hauptsproß aus der Achsel seines Tragblattes emporgehoben, so daß er oberhalb derselben ohne Tragblatt aus dem Hauptsproß zu entspringen scheint.

*Solanum nigrum*, Nachtschatten, und *S. dulcamara*, Bittersüß, kommen häufiger bei uns wildwachsend vor. *Solanum tuberosum* (Abb. 433), 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* (Abb. 434), *N. macrophylla* und *N. rustica*, die in den verschiedensten Ländern der heißen und der gemäßigten Zone kultiviert werden.



Abb. 433. *Solanum tuberosum*.  
(Nach Bokorny.) a Blütenlängsschnitt.



Abb. 434. *Nicotiana Tabacum*.  
(Nach Berg u. Schmidt.)

Offizinell sind der auch als Gewürz verwendete spanische Pfeffer — *Fructus Capsici* — von *Capsicum annum* (Abb. 435); ferner Tollkirschenblätter — *Folia Belladonnae* — von *Atropa Belladonna* (Abb. 436); Stechapfelblätter — *Folia Stramonii* — von *Datura Stramonium* (Abb. 437); Bilsenkrautblätter — *Folia Hyoscyami* — von *Hyoscyamus niger* (Abb. 438).

Die *Scrophulariaceen* sind meist Kräuter oder krautartige Stauden mit zerstreuter oder dekussierter Blattstellung. Die Blüten gehen durch alle Abstufungen von scheinbar



Abb. 435.  
*Capsicum*  
*annuum*.  
Offizinell.



Abb. 436. *Atropa*  
*Belladonna*. Offizinell  
und giftig.



Abb. 437. *Datura*  
*Stramonium*. Offizinell  
und giftig.



Abb. 438. *Hyoscyamus*  
*niger*. Offizinell und  
giftig. (Nach Berg u. Schmidt.)

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. (Abb. 439) 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 Wurzel-schmarotzer und richten als Unkräuter auf Äckern und Weiden Schaden an.

Häufiger sind *Verbascum nigrum*, Königskerze; *Scrophularia nodosa*, Braunwurz; *Linaria vulgaris*, Leinkraut; *Veronica chamaedrys*, Ehrenpreis; *V. Beccabunga* (Abb. 23); *V. officinalis*; *V. serpyllifolia*; *V. arvensis*; *V. hederaefolia*; *Melampyrum nemorosum*, Wachtelweizen; *M. pratense*; *Pedicularis palustris*, Läusekraut; *P. silvatica*; *Alectorolophus major*, Klappertopf; *A. minor*; *Euphrasia officinalis*, Augentrost. Die Gattung *Pedicularis* entwickelt besonders in der Hochgebirgsflora einen überraschenden Formenreichtum. — Offizinell sind Wollblumen — Flores *Verbasci* — von *Verbascum phlomoides* und *V. thapsiforme* (Abb. 440) und ferner Fingerhutblätter — *Folia Digitalis* — von *Digitalis purpurea* (Abb. 441).

Die kleine Familie der *Utriculariaceen* ist durch einfächerige Kapseln mit viel-samiger Zentralplazenta ausgezeichnet. In der heimischen Flora ist sie durch die Gattungen *Pinguicula*, Fettkraut (Abb. 442), und *Utricularia*, Wasserhelm, vertreten. Die Arten beider Gattungen sind Insektivoren. Häufiger ist *Utricularia vulgaris*, ein untergetaucht schwimmendes Kraut (vgl. Abb. 178).

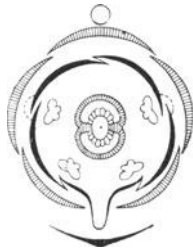


Abb. 439. Blütendiagramm v. *Linaria vulgaris*.

Die *Orobanchaceen* sind chlorophyllose

Schmarotzerpflanzen von gelber, brauner, rötlicher oder violetter Färbung, die 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 Plazenten. Einzige Gattung ist *Orobanche*, Sommerwurz. Keine der zahlreichen Arten ist besonders häufig; *Orobanche ramosa* kommt hier und da als Schädling auf Hanf- und Tabaksfeldern vor, *Orobanche epithimum* schmarotzt auf *Thymus Serpyllum*, *Orobanche 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 Sesamol — *Oleum Sesami*, das aus dem Samen des in Ostindien angebauten *Sesamum indicum* gewonnen wird.



Abb. 440. *Verbascum thapsiforme*. Offizinell. (Nach Berg u. Schmidt.)

Die kleine Familie der **Globulariaceen** umfaßt niedere Sträuchlein 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*, Kugelblume, ist in Mittel- und Süddeutschland weit verbreitet.



Abb. 441. *Digitalis purpurea*. Offizinell.



Abb. 442. *Pinguicula vulgaris*.

Die **Plantaginaceen** sind Kräuter mit einfachen Blättern und kleinen Blüten in dichten Ähren. 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.

### Zweite Ordnung: Drehblütige (Contortae).

Die Ordnung der Drehblütigen wird bei uns fast nur von Stauden und Kräutern repräsentiert. Im Auslande kommen auch Holzpflanzen vor. Die Blüten sind streng aktinomorph, die Krone ist in der Knospe meist eingedreht. Die



Abb. 443. Blütendiagramm von *Menyanthes trifoliata*.

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, Asplepiadaceae, Loganiaceae, Oleaceae, Jasminaceae.



Abb. 444. Blütenstand von *Gentiana lutea*. Offiziell. (Nach Berg u. Schmidt.)



Abb. 445. *Erythraea Centaurium*. (Nach Berg u. Schmidt.)

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 (Abb. 443). Die Blumenkrone ist in der Knospe rechts gedreht, seltener eingefaltet klappig. Der Fruchtknoten ist einfächerig mit zwei vielsamigen, wandständigen Plazenten.

Verschiedene Arten von Enzian, wie *Gentiana cruciata*, *G. germanica*, *G. ciliata*, kommen in Deutschland 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*, Tausendgüldenkraut, und *Menyanthes trifoliata*, Fieberklee, sind überall in Deutschland vertreten.

Offizinell sind Enzianwurzel — *Radix Gentianae* — von *Gentiana lutea* (Abb. 444), *G. pannonica*, *G. purpurea* und *G. punctata*; Tausendgüldenkraut — *Herba Centaurii* — von *Erythraea Centaurium* (Abb. 445); Bitterklee — *Folia Trifolii fibrini* — von *Menyanthes trifoliata* (Abb. 446). Aus der officinellen Enzianwurzel wird der in den Gebirgsländern beliebte Enzianschnaps gebraut.

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 Fruchtknotenfächer, welche oben einen gemeinsamen Griffel mit knopfförmiger Narbe tragen. Einheimisch ist nur die Gattung *Vinca*, Sinngrün. *Vinca minor*, ein niederliegendes Sträuchlein mit winterharten Blättern und großen blauen Blüten, wird als Zierpflanze in Gärten und als



Abb. 446. *Menyanthes trifoliata*.  
Offizinell. a Blütenlängsschnitt,  
b Frucht. (Nach Wossidlo.)



Abb. 447. *Strophantus gratus*. 1 Habitus,  
2 Frucht, 3, 4 Samen.

immergrüne Bekleidung von Gräbern häufig angepflanzt. Als Giftgewächs ist der im Mittelmeergebiet heimische, bei uns seiner schönen Blüten wegen vielfach als Zimmerpflanze kultivierte Oleander, *Nerium Oleander*, zu erwähnen. — Offizinell ist Strophantussamen — *Semen Strophanti* —, von *Strophantus gratus* (Abb. 447). Früher wurde *St. hispidus* als Stammpflanze angegeben. Die aus Argentinien bei uns als Gerbmateriale 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 Fruchtknotenfächer sind auch hier in ihrem unteren Teil frei und oben zu einem gemeinsamen schildförmigen Kopf verwachsen, der die Narbenflächen trägt. Die Pollen-





Abb. 448. *Vincetoxicum officinale*.

massen der einzelnen Pollenfächer bleiben zu Pollinien vereinigt, die bei der Pollenreife zunächst mit Klebmassen paarweise an dem Narbenkopf befestigt und von dort durch Insekten auf andere Blüten übertragen werden. *Vincetoxicum officinale*, Schwalbenwurz (Abb. 448), ist bei uns in Wäldern und Gebüschern nicht selten. Die südamerikanische *Marsdenia cundurango* (Abb. 449) ist die Stammpflanze der officinellen Kondurangorinde — *Cortex Condurango*. Biologisch interessant sind einige Arten der im indomalaiischen Gebiete heimischen Gattung *Dischidia*, die neben flachen Laubblättern sackförmige Kannenblätter tragen, in welchen die hineinwachsenden Adventivwurzeln des Sprosses gegen Austrocknung geschützt sind.



Abb. 449. *Marsdenia cundurango*. Offizinell.  
a Einzelblüte.

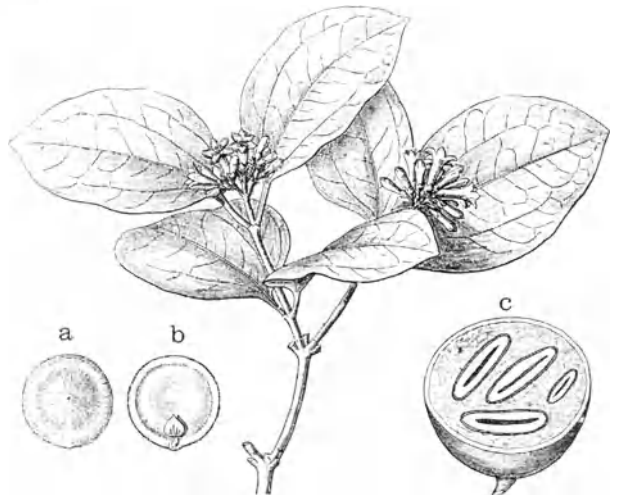


Abb. 450. *Strychnos nux vomica*. Offizinell und giftig.  
a Same, b Same halbiert, um den kleinen Embryo zu zeigen, c Frucht halbiert. (Nach Berg u. Schmidt.)

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 — Semen Strychni — von *Strychnos nux vomica* (Abb. 450).

### Dritte Ordnung: Röhrenblütige (Tubiflorae).

Die Röhrenblütigen sind vorwiegend Stauden und Kräuter, seltener Holzpflanzen. Die Blüten sind radiär oder zweilippig dorsiventral. Die Kronblätter sind oft 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, Oleaceae, Boraginaceae, Labiatae.

Die **Convolvulaceen** sind meist linkswindende Kräuter mit wechselständigen, langgestielten, nebenblattlosen Blättern, die einfach und an der Basis herzförmig ausgeschnitten sind. Manche Arten besitzen Milchsaftschläuche. Die ansehnlichen, rasch welkenden Blüten haben eine gewöhnlich rechtsgedrehte Krone, die 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

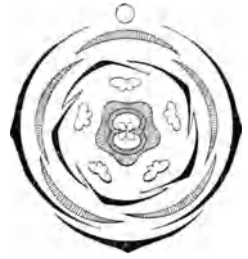


Abb. 451. Blütendiagramm von *Convolvulus Sepium*.



Abb. 452. *Exogonium Purga*. Offizinell. (Nach Berg u. Schmidt.)



Abb. 453. *Cuscuta Trifolii*. Die Klee-seide.

zweisamigen Fächern (Abb. 451). Verbreitete einheimische Vertreter der Familie sind: *Convolvulus arvensis*, Ackerwinde, und *C. Sepium*, Zaunwinde. Offizinell ist Jalapenwurzel *Tubera Jalapae* — von *Exogonium Purga* (Abb. 452).

Als gefährliche Schmarotzerpflanzen verdienen einige Arten der Gattung *Cuscuta* besondere Erwähnung. Sie sind chlorophyllfrei und unwinden 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*, Kleeseide (Abb. 453), die auf Kleefeldern oft quadratmetergroße, schließlich zusammenschließende Flächen überspinnt, und *Cuscuta Epilinum*, Flachsseide, die auf Flachs-feldern, indem sie die Pflanzen im Wuchs schädigt und durcheinander wirrt, oft große Fehlstellen hervorruft.

Die **Oleaceen** sind Bäume oder Sträucher mit gegenständigen einfachen oder gefiederten Blättern ohne Nebenblätter. Die Blüten sind aus zweibis sechszähligen Kreisen aufgebaut (Abb. 454), die Blumenkrone ist in einigen Fällen freiblättrig oder fehlt gänzlich. Neben zwittrigen kommen auch eingeschlechtige Blüten vor (Abb. 455). Das Androeceum wird stets nur von zwei Staubblättern gebildet. Der zweifächerige Fruchtknoten enthält zwei Samenanlagen in jedem Fach. Einheimische Vertreter der Familie sind *Ligustrum vulgare*, Liguster, und *Fraxinus ex-*



Abb. 454.  
Blütendiagramm von  
*Olea europaea*.

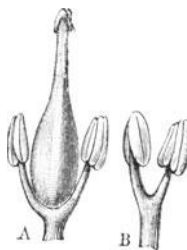


Abb. 455. Nackte  
Blüten von *Fraxi-*  
*nus excelsior*.  
A Zwitterblüte.  
B männliche Blüte.



Abb. 456. *Olea europaea*. Offizinell.  
a Blütenlängsschnitt, b Beere im Längs-  
schnitt.

*celsius*, Esche. Das zähe, weiße Holz der auch im

Forstbetriebe angebauten Esche wird als Werkholz sehr geschätzt. *Syringa vulgaris*, spanischer Flieder, und verwandte Arten sind unsere häufigsten Ziersträucher. Der Ölbaum, *Olea europaea* (Abb. 456), 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* (Abb. 457), und Olivenöl — *Oleum Olivarum* — von *Olea europaea*.

Die **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 eingewickelt. Die Blüten (Abb. 458) sind meist radiär. Der Schlund der Kronröhre ist bisweilen durch Ausstülpungen der Kronblätter, sogen. Schlundklappen, verschlossen. Der zweiteilige Fruchtknoten ist in vier

Klausen zerklüftet. Jede Klausen enthält eine hängende anatrophe Samenanlage. Wichtigste einheimische Gattungen sind: *Cynoglossum*, *Anchusa*, *Lycopsis*, *Symphytum*, *Pulmonaria*, *Myosotis*, *Lithospermum*, *Cerinth* und *Echium*. Häufiger vorkommende Arten sind: *Lycopsis arvensis*, Ackerkrummhals; *Symphytum officinale*, Schwarzwurze; *Pulmonaria officinalis*, Lungenkraut; *Myosotis palustris*, Vergißmeinnicht; *M. stricta* und *M. intermedia*; *Lithospermum arvense*, Steinsame; *Echium vulgare*, Natterkopf. *Borago officinalis*, 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.



Abb. 457. *Fraxinus Ornus*. Offizinell. a Einzelblüte. (Nach Berg u. Schmidt.)



Abb. 458. Blütendiagramm von *Anchusa officinalis*.



Abb. 459. Blütendiagramm der meisten Labiaten.

Die **Labiaten** sind Kräuter und Sträucher mit vierkantigem Stengel und gegenständigen Blättern. Die Blüten stehen in Scheinquirlen, die von zwei Doppelwickeln gebildet werden. Die Blüten (Abb. 459) sind dorsiventral, mehr oder minder deutlich zweilippig. Das Androeceum wird von vier, seltener von zwei Staubblättern gebildet. Der zweiteilige Fruchtknoten ist in vier Klausen zerklüftet. In jeder Klausen steht eine aufrechte, anatrophe Samenanlage. Die Familie enthält zahlreiche aromatische Gewächse, die in kopfigen Drüsenhaaren ätherisches Öl absondern.

Die Familie umfaßt gegen 3000 über die ganze Erde verbreitete Arten. Bei uns häufiger vorkommende Arten sind: *Mentha aquatica*, Minze; *M. arvensis*; *Origanum vulgare*, roter Dost; *Thymus Serpyllum*, Quendel; *Glechoma hederacea*, Gandelrebe; *Lamium album*, Taubnessel; *L. purpureum*; *L. amplexicaule*; *Galeopsis versicolor*, Hohlzahn; *Stachys palustris*, Ziest; *St. silvatica*; *St. arvensis*; *Ballota nigra*, schwarze Gottvergeß; *Brunella vulgaris*, Brunelle; *Ajuga reptans*, Günsel. Die japanische *Stachys tuberifera* wird hin und wieder als Wurzelgemüse in Gärten angebaut. — Offizinell sind Lavendelblüten — *Flores Lavandulae* und Lavendelöl



Abb. 460. *Lavandula spica*. Offizinell.  
(Nach Berg und Schmidt.)



Abb. 461. *Melissa officinalis*. Offizinell.  
(Nach Berg u. Schmidt.)



Abb. 462.  
*Mentha piperita*.  
Offizinell.  
(Nach Wossidlo.)  
*a* Einzelblüte, *b* Blütenlängsschnitt.



Abb. 463.  
*Thymus Serpyllum*. Offizinell.  
*a* Einzelblüte vergrößert. (Nach  
Wossidlo.)

— *Oleum Lavandulae* von *Lavandula spica* (Abb. 460); Melissenblätter — *Folia Melissa* — von *Melissa officinalis* (Abb. 461); Pfefferminzblätter — *Folia Menthae piperitae* und Pfefferminzöl — *Oleum Menthae piperitae* — von *Mentha piperita* (Abb. 462), einem Bastard zwischen *M. viridis* und *M. aquatica*; Salbeiblätter — *Folia Salviae* — von *Salvia officinalis* (Abb. 464); Quendel — *Herba Serpylli* — von *Thymus Serpyllum* (Abb. 463); Thymian — *Herba Thymi* — und Thymianöl — *Oleum Thymi* von *Thymus vulgaris* (Abb. 465); Rosmarinöl — *Oleum Rosmarini* — aus den Blättern von *Rosmarinus officinalis* (Abb. 466).



Abb. 464. *Salvia officinalis*.  
Offizinell. **a** Krone im Längsschnitt, **b** Längsschnitt durch Kelch und Fruchtknoten.  
(Nach Wossidlo.)



Abb. 465. *Thymus vulgaris*.  
Offizinell. (Nach Berg und Schmidt.)



Abb. 466. *Rosmarinus officinalis*.  
Offizinell. (Nach Berg u. Schmidt.)

#### Vierte Ordnung: Vollsamige (Pleiospermae).

In den Kreisen der Blüte herrscht die Fünfzahl vor. Das Gynaeceum besteht oft aus drei Fruchtblättern. Daneben kommen zwei mediane Fruchtblätter vor; viel seltener sind ein oder mehr als drei Fruchtblätter.

Familien: Campanulaceae, Lobeliaceae, Stylidiaceae, Gardeniaceae, Cucurbitaceae, Rubiaceae, Caprifoliaceae.

Die **Campanulaceen** sind meist Kräuter mit Milchsaft in gegliederten Schläuchen, mit spiralig gestellten Blättern und ansehnlichen radiären Blüten. Die Perianthkreise und das Androeceum sind meist fünfzählig (Abb. 467). 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*, Glockenblume, *Specularia*, Frauenspiegel, *Phyteuma*, Rapunzel, und

Jasione, Monke, sind bei uns vertreten; *Campanula rotundifolia* und *C. patula* sind überall häufig.

Die fast durchweg exotischen **Lobeliaceen** schließen sich im Blüten-

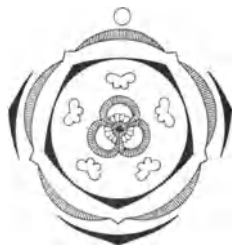


Abb. 467. Blütendiagramm von *Campanula*.



Abb. 469. *Citrullus Colocynthis*. Offizinell. (Nach Berg u. Schmidt.)



Abb. 468. *Lobelia inflata*. Offizinell. *a* Einzelblüte.

bau 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* (Abb. 468) liefert das offizinelle Lobelienkraut — *Herba Lobeliae*.

Die **Cucurbitaceen** sind kletternde Kräuter mit bikollateralen Gefäßbündeln. Die im Umriß rundlichen, meist gelappten Blätter sind spiralgestellt, neben ihnen entspringen Ranken, die im einfachsten Falle als ein metamorphosiertes Vorblatt des Achselsprosses angesehen werden können, in anderen Fällen aber infolge einer Komplikation der Sproßverkeftung durch Verwachsungen eine metamorphosierte Sproßanlage in sich aufnehmen. Die Cucurbitaceen haben

meist eingeschlechtige, aktinomorphe Blüten. Die Kreise sind fünfzählig, die Staubblätter sind meist zu drei Filamenten verwachsen, die zusammen fünf gekrümmte Antheren tragen. Die Früchte sind hartschalige Beeren oft von beträchtlicher Größe. Einheimisch ist nur die Gattung *Bryonia*, Zaunrübe, mit zwei nicht gerade häufigen Arten. *Cucurbita Pepo*, Kürbis; *Cucumis sativa*, Gurke, *C. Melo*, Melone, und *C. Citrullus*, Arbose,

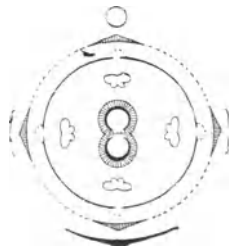


Abb. 470. Blütendiagramm von *Asperula arvensis*.

werden ihrer Früchte wegen in Gärten kultiviert. Offizinell sind die Koloquinthen — *Fructus Colocynthis* — von *Citrullus Colocynthis* (Abb. 469).

Die **Rubiaceen** sind Kräuter, Sträucher oder Bäume mit einfachen, dekussierten Blättern und Nebenblättern, die bisweilen laubblattartig entwickelt sind. Sie haben meist aktinomorphen Blüten mit vier- oder fünfzähligen Kreisen (Abb. 470) und mit zwei verwachsenen Fruchtblättern, die je eine bis viele Samenanlagen einschließen. Die Mehrzahl der Arten gehört der warmen Zone an.

Häufiger bei uns vorkommende Arten sind *Galium Mollugo*, Labkraut; *G. verum*; *Asperula odorata*, Waldmeister, und *Sherardia arvensis*, Nolde. Als Vertreter exotischer Gattungen mögen genannt sein der Kaffeebaum, *Coffea arabica* (Abb. 471), und *C. liberica*, deren Kultur im ganzen Tropengürtel verbreitet ist, und *Uragoga ipecacuanha* (Abb. 472), deren Wurzel als Brechwurzel — *Radix Ipecacuanhae* — offizinell ist. Die in den Tropen angebaute *Cinchona succirubra* (Abb. 473) liefert die als Heilmittel wichtige Chinarinde — *Cortex Chinae*.

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 hierher gehörigen Arten wachsen meist in der nördlichen gemäßigten Zone.

Häufiger vorkommende einheimische Arten sind Geißblatt, *Lonicera Periclymenum*; Schneeball, *Viburnum Opulus*; Holunder, *Sambucus nigra* (Abb. 474). — Als Ziersträucher werden angepflanzt verschiedene Arten von *Lonicera*, ferner *Diervillea rosea*, *Symphoricarpos racemosus*, *Viburnum Opulus*, *Sambucus nigra*. — Offizinell sind Holunderblüten — *Flores Sambuci* — von *Sambucus nigra*.



Abb. 471. *Coffea arabica*. (Nach Wossidlo.)  
a Frucht, b halbierte Frucht.

### Fünfte Ordnung: Einsamige (Monospermae).

Die Familien der Ordnung haben regelmäßig vier- oder fünfzählige Blütenkreise. Der Kelch ist zum Schwinden geneigt und wird in manchen Fällen bei der Samenreife zum Pappus. Das Gynäceum ist zwei- bis dreiteilig. Der unterständige Fruchtknoten enthält aber nur eine einzige Samenanlage und wird zur einsamigen Achäne.

Familien: Valerianaceae, Dipsaceae, Compositae.

Die **Valerianaceen** sind Kräuter mit gegenständigen, oft fiederförmig geteilten Blättern ohne Nebenblätter. Die zwittrigen oder eingeschlechtigen Blüten sind asymmetrisch (Abb. 475); 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, die von dem bleibenden Kelche gekrönt ist. Meist stehen zahlreiche Blüten in einem rispig cymösen Blütenstande. Einheimische Vertreter sind unter anderen *Valeriana officinalis*, Baldrian (Abb. 476), *V. dioica*, *Valerianella olitoria* und *V. dentata*. Der Wurzelstock von *Valeriana officinalis* ist der offizinelle Baldrian — *Radix Valerianae*. Das ätherische Öl der Wurzeln von *Valeriana officinalis* var. *angustifolia* ist als



Baldrianöl — *Oleum Valerianae* officinell. Die jungen Pflanzen von *Valerianella olitoria* liefern im Vorfrühling auf Feldern eingesammelt das als Nisselsalat oder Rapünzchen bekannte Blattgemüse.

Die **Dipsacaceen** 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

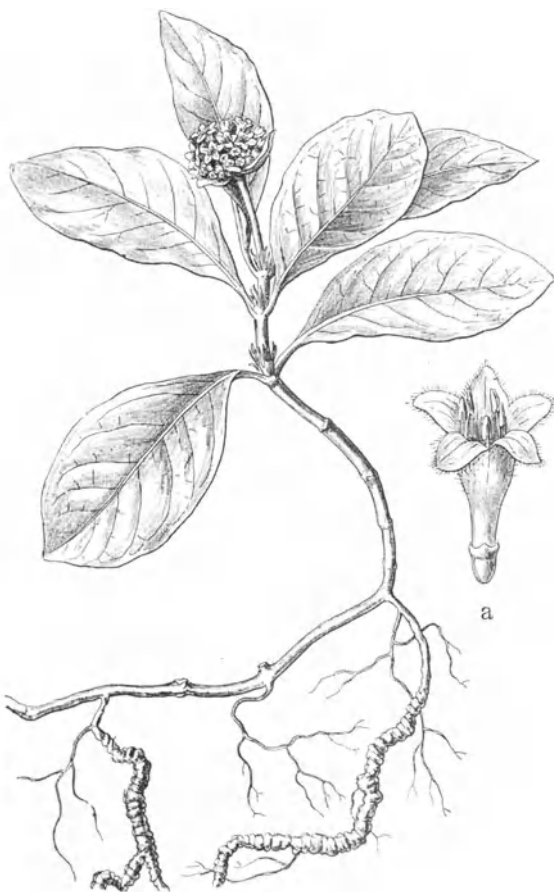


Abb. 472. *Uragoga ipecacuanha*. Offizinell. a Einzelblüte. (Nach Berg u. Schmidt.)

hinteren Staubblattes ist das Androeum 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*, Kleppel; *Succisa pratensis*, Teufels-Abbiß, und *Scabiosa columbaria*, Grinde, kommen häufiger vor. *Dipsacus Fullonum*, die Weberkarde, wird hier und da angebaut und bei der Tuchmacherei technisch verwendet. *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 Leitbündel auf. Die Blüten stehen in Köpfchen, die 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 (Abb. 477). 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, die bisweilen am Rande des Köpfchens von Zungenblüten umgeben sind.

**Liguliflorae**, ausschließlich mit Zungenblüten.

**Labiatiflorae**, mit Lippenblüten am Rande des Köpfchens.

Die große Zahl der Gattungen, auf welche sich die mehr als 10000 Arten der Kompositen verteilen, macht eine Zerlegung der Familie in Unterfamilien nötig, die 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: *Eupatorioideae*.

B. Griffelschenkel linealisch, nicht stielrund oder keulenförmig.

1. Griffelschenkel spitz, außen fast flach.

Unterfamilie: *Asteroidae*.

2. Griffelschenkel an der Spitze pinselförmig und gestutzt oder mit einem kleinen kegelförmigen Anhängsel. Unterfamilie: *Sencioideae*.

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*.

Unterfamilie *Eupatorioideae*. Die hierher gehörigen Arten haben ein weich-krautartiges Involucrum an ihren Köpfchen, die meist zu mehreren in Trauben oder Rispen vereinigt, seltener einzeln auf einem mit schuppigen Hochblättern besetzten Schaft emporgehoben sind. Spreublättchen auf dem Blütenboden fehlen.

Huflattich, *Tussilago Farfara* (Abb. 478), erscheint bei uns im ersten Frühling mit einzelstehenden Köpfchen vor Entfaltung der Blätter blühend. Seine Blätter sind als *Folia Farfarae* — Huflattichblätter — officinell. *Eupatorium cannabinum*, Wasserdost, ist an feuchten Standorten überall häufig. *Adenostyles*, *Homogyne* und Arten von *Petasites*, Pestwurz, sind Alpenpflanzen.

Unterfamilie *Asteroidae*. 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 meistens vorhanden, bisweilen sind die zungenförmigen Kronlappen fädlich zusammengezogen. Der Pappus der Achäne fehlt bei einigen Arten gänzlich, oder er ist nur als häutiges Krönchen entwickelt, während er bei anderen als haarförmiger Federkelch auftritt.



Abb. 473. *Cinchona succirubra*. Offizinell.  
(Nach Baillon.)

Auch diese Unterfamilie umfaßt eine Anzahl bekannter Alpenpflanzen, wie Edelweiß, *Leontopodium alpinum*; *Bellidiastrum Michellii*; *Aster alpinus*; Arten von *Erigeron*, Berufskraut, und andere. Die an Inulin reiche 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*, MaBliechen, 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*, Schafgarbe; *Tanacetum vulgare*, Rainfarn; *Anthemis Cotula*, Hundskamille; *Chrysanthemum Leucanthemum*, Wucherblume;



Abb. 474. *Sambucus nigra*. Offizinell. a Einzelblüte, b Fruchtknoten. (Nach Wossidlo.)

*Artemisia vulgaris*, Beifuß; *Senecio Jacobaea*, Jakobskreuzkraut, mögen als die häufigsten genannt sein. Die aus Peru bei uns eingewanderte Unkrautpflanze *Galinsoga parviflora*, Knopfkraut, hat sich fast überall in Deutschland eingebürgert. *Senecio vernalis*, Frühlingkreuzkraut, ein von Osten her in Deutschland eindringendes, wucherndes Ackerunkraut, tritt in manchen Gegenden Norddeutschlands so massenhaft auf, daß gesetzliche Maßnahmen zu seiner Bekämpfung getroffen werden mußten. Zahllose Varietäten und Formen von *Dahlia variabilis* und *D. coccinea* und von *Chrysanthemum indicum* und *Ch. sinense* werden als Zierpflanzen gezogen. *Helianthus tuberosus*, Topinambur, wird wegen seiner nahrhaften Knollen (Abb. 44) als Futterpflanze angebaut; *Helianthus annuus*, Sonnenrose, die bei uns als Zierpflanze in Bauergärten auftritt, liefert öleiche Samen. Als Gewürzpflanze wird der aus Rußland stammende Esdragon, *Artemisia Dracuncululus*, in Küchengärten gezogen. Offizinell sind Flores Chamomillae — Kamillen —, die Blüten von *Matricaria Chamomilla* (Abb. 479); Herba Absinthii — Wermut —, das Kraut von *Artemisia Absinthium* (Abb. 480); Flores Arnicae — Arnikablüten — von *Arnica montana* (Abb. 481).

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 häutig 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. 181).



Abb. 476. *Valeriana officinalis*.  
Offizinell. *a* Einzelblüte, *b* Blüten-  
längsschnitt.



Abb. 475. Blütendiagramm von *Valeriana officinalis*.



Abb. 478. *Tussilago Farfara*. Offizinell.



Abb. 477. Diagramm einer Röhren-  
blüte der Kompositen.

Überall häufig sind Kratzdistel, *Cirsium lanceolatum*, *C. oleraceum* und *C. arvense*; Klette, *Lappa major* und *L. tomentosa*; Flockenblume, *Centaurea Jacea*, und Kornblume, *Centaurea Cyanus* (Abb. 482). Als Gemüsepflanzen werden in südlichen Ländern Europas angebaut die Artis:hoke, *Cynara Scolymus* und *C. Cardunculus*. Der Saflor, *Carthamus tinctorius*, liefert in seinen Blüten einen Farbstoff.



Abb. 479. *a* *Matricaria Chamomilla*. Offizinell. *b* Längsschnitt durch ein Köpfchen.

Als Droge ist in der Pharmakopöe angeführt Kardobenediktenkraut — *Herba Cardui benedicti* — von *Cnicus benedictus* (Abb. 483).

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 Narbenschkel.

*Taraxacum officinale*, Löwenzahn (Abb. 484), ist eine fast über die ganze Erde verbreitete, überall gemeine Unkrautpflanze; *Cichorium Intybus* wird stellenweise angebaut, seine Wurzel liefert das bekannte, als Zichorie oder deutscher Kaffee bezeichnete,

Kaffeesurrogat. *Cichorium Endivia*, *Endivie*, und *Lactuca sativa var. capitata*, Kopfsalat, werden als Blattgemüse, *Scorzonera hispanica*, Schwarzwurzel, wird als Wurzelgemüse in Gärten angebaut. *Lactuca virosa*, Gift-Lattich (Abb. 485), ist eine einheimische, besonders im südwestlichen Deutschland auf lichten Waldstellen nicht seltene Gift-pflanze.

Unterfamilie *Mutisieae*. Die Vertreter dieser Abteilung, die sich durch die zweilippigen Rand-



Abb. 480. *Artemisia Absinthium*.  
Offizinell. (Nach Wossidlo.)



Abb. 481. *Arnica montana*. Offizinell.

blüten 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.

### Vierte Klasse: Einkeimblättrige (Monocotyledones).

Die Einkeimblättrigen, kurz auch Monokotylen genannt, sind meist Kräuter und Stauden, seltener Bäume oder Sträucher, deren Bewurzelung von Adventivwurzeln gebildet wird. Die Blätter sind gewöhnlich breit sitzend, oft mit scheidigem Grunde, ungestielt, einfach und ganzrandig mit parallelen oder bogenförmiger Nervatur. Nebenblätter sind nicht vorhanden. Die Leitbündel, 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



Abb. 482. *Centaurea Cyanus*. *a* blühende Pflanze in natürlicher Größe, *b* Schuppe der Hülle, *c*, *d* Scheibenblüte, *e* Randblüte.

Reihe 1: Sumpflilien, Helobiae. Sumpf- und Wasserpflanzen mit eingeschlechtigen oder zwittrigen Blüten. Die Zahl der Organe in den Blattkreisen der Blüten ist bald größer, bald geringer als die für die Monokotylenblüter typische Dreizahl. Die Blütenhülle ist bisweilen deutlich in Kelch und Krone geschieden, der Fruchtknoten drei- oder mehrteilig und meist apokarp.

Reihe 2: Großblütige, Macranthae. Krautige Zwiebel- oder Rhizomgewächse mit großen Blüten, die im Bauplan der Formel  $G_3 + 3A_3 + 3G_3$  entsprechen.

Reihe 3: Kolbenblütige, Spadiciflorae. Die kleinen unscheinbaren, meist eingeschlechtigen Blüten sind in großer Zahl an kolben- oder rispenartigen Blütenständen vereinigt, die von einem oft blumenblattartigen Hochblatt umhüllt werden.

Leitbündel im Grundgewebe liegendes Kambium vermittelt, welches nicht Holz und Rinde, sondern Grundgewebe mit geschlossenen Leitbündeln produziert. Unter den seitlichen Blüten steht gewöhnlich ein einziges Vorblatt. Zahl- und Stellungsverhältnisse der Blüten lassen sich meistens auf die Formel

$$P_3 + 3A_3 + 3G_3$$

zurückführen. Der Keimling hat einen Kotyledon, meist ist im Samen reichliches Endosperm vorhanden.

Die Monokotylen gruppieren sich in vier Reihen.



Abb. 483. *Cnicus benedictus*. Offizinell. *a* einzelnes Blütenköpfchen. (Nach Berg u. Schmidt.)

Reihe 4: Spelzenblütige, Glumiflorae. Die kleinen, unscheinbaren, unvollständigen Blüten haben trockenhäutige, spreublattartige Hüllblätter und sind zu vielen in zusammengesetzten Ähren oder Rispen vereinigt.

### Erste Reihe: Sumpflilien (Helobiae).

Die Sumpflilien sind Kräuter oder Stauden. Sie erinnern durch ihren Blütenbau an die Polycarpicae unter den Dikotylen. Regelmäßige Blüten haben gewöhnlich Kelch und Krone und vermehrte Gliederzahl im Staubblatt- wie im Fruchtblattkreis. Das mehrzählige Gynaeceum ist apokarp oder synkarp mit freien Griffeln. Daneben kommen reduzierte Blüten vor. Im reifen Samen ist kein Endosperm vorhanden.

Die Sumpflilien bilden eine Ordnung.

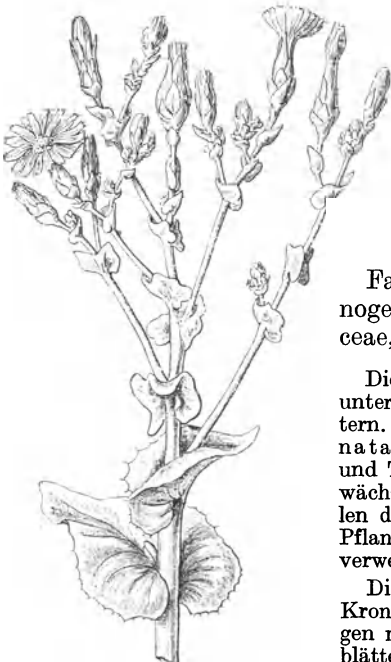


Abb. 485. *Lactuca virosa*. Giftig. (Nach Wossidlo.)



Abb. 484. *Taraxacum officinale*.

Familien: Potamogetonaceae, Najadaceae, Apogonaceae, Iuncaginaceae, Alismaceae, Butomaceae, Triuridaceae, Hydrocharitaceae.

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*, Seegras, wächst überall an den deutschen Küsten im Meer. Die Pollen dieser Pflanze sind langfadenförmig. 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* (Abb. 486 und 487), der bei uns überall an Gräben und Teichen wächst, ist nur ein Kreis von sechs Staubblättern vorhanden.



Die **Hydrocharitaceen** haben eingeschlechtige Blüten. Der Fruchtknoten ist unterständig, einfächerig, mit parietaler Plazentation. Zu dieser Familie gehört *Elodea canadensis*, 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*, Froschbiß, als Beispiel genannt sein.

### Zweite Reihe: Großblütige (*Macranthae*).

Der weitaus größte Teil der Reihe wird von Zwiebel- und Rhizomgewächsen gebildet, vereinzelt treten Baumformen mit einem extrafaszikularen Dickenwachstum des Stammes auf. Die regelmäßigen Blüten haben eine zweikreisige blumenblattartige Blütenhülle. Alle Organkreise sind dreizählig und alternierend gestellt. Neben radiären treten dorsiventrale und unsymmetrische Blütenformen auf, in denen weitgehende Reduktion im Staubblattkreis die Regel bildet.

Wir unterscheiden danach drei Ordnungen.

Ordnung 1: Liliengewächse, Liliiflorae. Stauden mit ausdauernden Rhizomen oder Zwiebeln, seltener Bäume. Die Blüten sind radiär und vollständig, bisweilen fehlt ein Staubblattkreis. Der dreiteilige Fruchtknoten ist synkarp.



Abb. 486. Blüten-diagramm von *Alisma Plantago*.

Ordnung 2: Gewürzlilien, Seitamineae. Tropische Rhizompflanzen mit Krautstämmen. Die Blüten sind dorsiventral oder unsymmetrisch, die Staubblätter zum Teil in blumenblattartige Staminodien umgewandelt. Der unterständige Fruchtknoten ist meist dreifächerig. Die Samen mit Arillus und Nährgewebe.



Abb. 487. *Alisma Plantago*.  
a Einzelblüte.

Ordnung 3: Kleinsamige, Microspermae. Krautige Pflanzen, teils im Erdboden wurzelnd, teils in den Tropen epiphytisch lebend. Die dorsiventralen Blüten mit sechs Perigonblättern haben nur ein (seltener zwei) fertiles Staubblatt, dessen Filament mit dem Griffelteil des unterständigen, einfächerigen Fruchtknotens zu einer Säule verwachsen ist. Die Samen sind winzig, ohne Nährgewebe mit rudimentärem Keimling.

Ordnung 3: Kleinsamige, Microspermae. Krautige Pflanzen, teils im Erdboden wurzelnd, teils in den Tropen epiphytisch lebend. Die dorsiventralen Blüten mit sechs Perigonblättern haben nur ein (seltener zwei) fertiles Staubblatt, dessen Filament mit dem Griffelteil des unterständigen, einfächerigen Fruchtknotens zu einer Säule verwachsen ist. Die Samen sind winzig, ohne Nährgewebe mit rudimentärem Keimling.

### Erste Ordnung: Liliengewächse (*Liliiflorae*).

Die Liliengewächse 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 kronblattartig gefärbten Blättern in zwei alternierenden Kreisen. Das Androeceum ist gleichfalls aus zwei dreizähligen, alternierenden Blattkreisen gebildet; bisweilen fehlt ein Staubblattkreis. Das Gynaeceum besteht aus drei miteinander verwachsenen Fruchtblättern, die einen dreifächerigen ober- oder unterständigen Fruchtknoten bilden. Der Keim ist im Samen von Endosperm umhüllt.

Man ordnet die zahlreichen Familien in zwei Unterabteilungen: a) Carnosae mit fleischigem, b) Farinosae mit mehligem Endosperm.



Abb. 489. *Urginea maritima*. Offizinell. (Nach Berg u. Schmidt.)



Abb. 488. Blüten-  
diagramm von *Ornithogalum umbellatum*.



Abb. 490. *Aloë socotrina* (verkleinert.) Offizinell. (Nach Wossidlo.)

#### a) Carnosae.

Familien: Liliaceae, Colchicaceae, Smilacaceae, Amaryllidaceae, Taccaceae, Dioscoreaceae, Iridaceae.

Die Familie der **Liliaceen** ist durch ihre durchaus regelmäßigen Blüten mit introrsen Antheren und mit oberständigen, zu lokuliziden Kapseln werdenden Fruchtknoten ausgezeichnet. Die Blüten entsprechen der Formel  $P_3 + 3A_3 + 3G(3)$  mit oberständigem Fruchtknoten (Abb. 488). 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. Küchenzwiebel *A. Cepa* und *A. Fistulosum*, Schalotte *A. ascalonicum*, Porree *A. Porrum*, Schnittlauch *A. schoenoprasum* und Knoblauch *A. sativum* werden als Küchengewächse kultiviert. Die im Mittelmeergebiet, auf den Kanarischen Inseln und am Kap der Guten Hoffnung einheimische Meerzwiebel, *Urginea maritima* (Abb. 489), liefert die als *Bulbus Scillae* — Meerzwiebel — bezeichnete



Abb. 491. Blütendiagramm von *Colchicum autumnale*.



Abb. 492. Weißer Germer, *Veratrum album*. Giftig und officinell.  
a Einzelblüte, b septicid geöffnete Kapsel.  
(Nach Berg u. Schmidt.)

Drage. Der eingekochte Saft der Blätter von verschiedenen südafrikanischen Aloëarten, besonders von *Aloë ferox*, *A. socotrina* (Abb. 490), 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 (Abb. 491), 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 Gebirgswiesen vorkommende ebenfalls giftige *Veratrum album*. Beide sind officinell. *Colchicum autumnale* (Abb. 493) liefert Zeitlosensamen — Samen Colchici;

der Wurzelstock von *Veratrum album* (Abb. 492) ist die weiße Nieswurz — *Rhizoma Veratri*. Die Samen von *Schoenocaulon officinale*, einer zentralamerikanischen Zwiebelpflanze, sind als Sabadillsamen — *Semen Sabadillae* — officinell.

Die Familie der **Smilacaceen** unterscheidet sich von den Liliaceen hauptsächlich dadurch, daß die Frucht eine Beere ist. Häufiger vorkommende einheimische Arten sind *Convallaria majalis*, Maiglöckchen, und die stark giftige Einbeere, *Paris quadrifolia*, bei welcher die Blütenkreise durchweg viergliedrig sind (Abb. 494). *Asparagus officinalis*, Spargel, wird als Küchengewächs angebaut. Offizinell sind verschiedene mittelamerikanische *Smilax*arten, z. B. *Smilax medica* (Abb. 495), von denen die Sarsaparille — *Radix Sarsaparillae* — gewonnen wird. Verschiedene Arten der tropischen *Sansevieria* liefern Gespinstfasern. *Dracaena* und *Aspidistra* werden vielfach als Blattgewächs in Zimmern gepflegt.

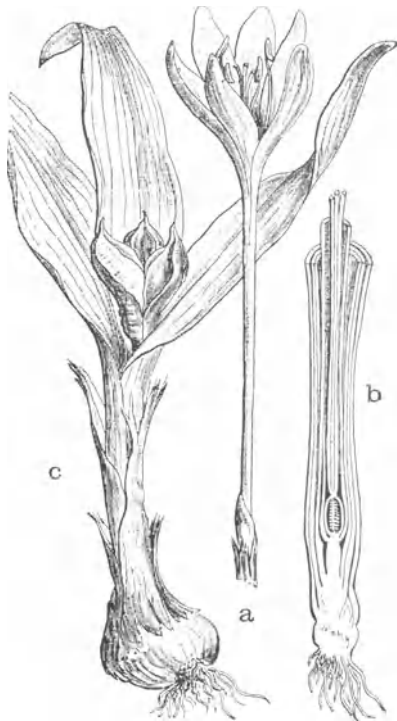


Abb. 493. Herbstzeitlose, *Colchicum autumnale*. Giftig und officinell.



Abb. 494. Einbeere, *Paris quadrifolia*. Giftig. a Beere.

In der Familie der **Amaryllidaceen** sind die Blüten ebenso regelmäßig gebaut wie bei den Liliaceen, der Fruchtknoten ist aber stets unterständig. Als Beispiel mögen das allbekannte Schneeglöckchen, *Galanthus nivalis*, und die Frühlingsknotenblume, *Leucojum vernum* (Abb. 71), genannt sein und die bei uns als Gartenzierpflanzen kultivierten Narzissen, *Narcissus poeticus* und *N. Pseudonarcissus*, Märzenbecher.

Die Familie der **Dioscoreaceen** umfaßt krautartige Kletterpflanzen und Schlinggewächse. Der einzige einheimische Vertreter, *Tamus communis*, die Schmerzwurz, findet sich gelegentlich in der subalpinen Region. *Dioscorea Batatas*, die Yamswurzel ist für wärmere Länder wegen ihrer stärkereichen Knollen als Kulturpflanze von Bedeutung. Die süd-afrikanische *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 (Abb. 496). Ihre Formel lautet also:  $P_3 + 3A_3 + 0G(\bar{3})$ .

Die Gattung *Iris* hat ein fleischiges, verzweigtes, horizontal kriechendes Rhizom; die oberirdischen Sprosse tragen zwei Zeilen von schwertförmigen, reitenden Blättern. Die drei Lappen des Griffeln sind kronblattartig ausgebildet und über die drei Staubblätter hergeneigt. *Iris Pseudacorus*, Schwertlilie, ist bei uns in Sümpfen, an Teichen und Gräben häufig. Manche Arten von *Iris* und *Gladiolus* werden bei uns als Zierpflanzen gezogen. *Iris germanica* (Abb. 497), *I. pallida* und *I. florentina* liefern die Veilchen-

wurzel — *Rhizoma Iridis*. 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* (Abb. 498) sind officinell. Die Droge wird als Safran — *Crocus* — bezeichnet.



Abb. 495. *Smilax medica*. Offizinell. (Nach Koehler.)



Abb. 496. Blütendiagramm von *Iris*.

#### b) **Farinosae.**

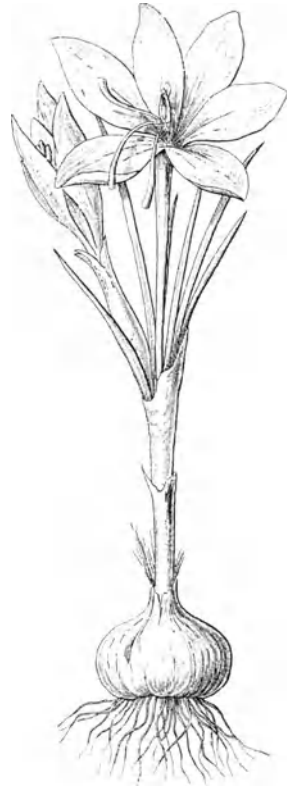
Familien: *Restionaceae*, *Eriocaulaceae*, *Commelinaceae*, *Bromeliaceae*, *Pontederiaceae*, *Philydraeae*, *Centrolepidaceae*, *Xyridaceae*.

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 (Abb. 104 A) 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.

**Zweite Ordnung: Gewürzlilien (Scitamineae).**

Die Blüten der in den Tropen heimischen Gewürzlilien sind zwittrig und meist zygomorph, seltener unsymmetrisch. Die Blütenhülle besteht aus einem oder zwei dreigliedrigen Blattkreisen. Das typisch diplostemone Androeceum ist reduziert, im äußersten Falle ist nur ein Staubblatt mit

Abb. 497. Schwertlilie, *Iris germanica*. Offizinell.Abb. 498. *Crocus sativus*. Offizinell.

halber Anthere ausgebildet. Der unterständige Fruchtknoten ist meist dreifächerig. Die Samen sind mit Arillus versehen und enthalten Perisperm.

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*, Pisang (Abb. 499) werden wegen ihrer als Paradiesfeigen oder Bananen bezeichneten Früchte in den Tropen kultiviert.

Die **Zingiberaceen** haben median zygomorphe Blüten (Abb. 500), die 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 dem aufrechte Sprosse mit Laubblättern und Blüten hervorragen. Die Heimat der meisten Zingiberaceen sind die Urwälder des tropischen Asiens. Einige

Arten sind officinell. *Zingiber officinale* (Abb. 501) liefert den Ingwer — *Rhizoma Zingiberis*. Die Zitwerwurzel — *Rhizoma Zedoariae* — ist der Wurzelstock von *Curcuma Zedoaria* (Abb. 502). Galgant — *Rhizoma Galangae* — ist der Wurzelstock von *Alpinia officinarum* (Abb. 503). Die gerundet dreikantigen, kahlen Fruchtkapseln von *Elettaria Cardamomum* (Abb. 504) sind die Malabar-Kardamomen — *Fructus Cardamomi* der Pharmakopöe.



Abb. 499. Banane, *Musa paradisiaca*.

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 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* vorschneilt. Die drei Fächer des Fruchtknotens enthalten nur je eine Samenanlage. Bei einigen Arten sind zwei Fruchtknotenfächer unvollständig entwickelt. Die hierher gehörende *Maranta arundinacea* und andere werden ihrer stärke-reichen Rhizome wegen in den Tropen angebaut. Die Stärke kommt als *Arrow-root* in den Handel.

### Dritte Ordnung: Kleinsamige (Microspermae).

Die Blüten sind zwittrig und meist dorsiventral, die Perigonblätter stehen in zwei dreigliedrigen Kreisen. Das Androeceum ist typisch diplostemon, meist schlagen die Glieder desselben fehl bis auf ein oder zwei Staubblätter. Das Gynaeceum besteht aus drei Fruchtblättern, die zu einem unterständigen, einfächerigen Knoten verwachsen sind.

Familien: Burmanniaceae, Orchidaceae.

Die Blüten der **Orchidaceen** sind median zygomorph und drehen sich während des Aufblühens so, daß die hinteren Blütenteile nach vorn zu liegen kommen. Das Perigon besteht regelmäßig aus zwei dreigliedrigen Kreisen (Abb. 505). 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 vor-

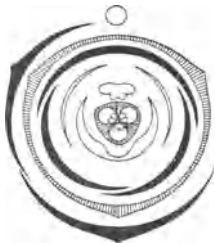


Abb. 500. Diagramm einer Zingiberaceenblüte.



Abb. 501. Ingwer, *Zingiber officinale*. Offizinell. (Nach Berg u. Schmidt.)

deren 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. Die Keimung der Samen ist von der Mitwirkung gewisser Mykorrhizapilze bedingt.

In der einheimischen Flora sind die Gattungen *Orchis*, Knabenkraut; *Gynadenia*, Höswurz; *Platanthera*, Kuckucksblume; *Ophrys*, Frauenträne; *Cephalanthera*, Zimbelkraut; *Epipactis*, Sumpfwurz; *Listera*, Zweiblatt; *Neottia*, Vogelnest, vertreten. 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, die in den tropischen Ländern heimisch sind, werden viele wegen ihrer schönen und absonderlichen Blüten bei uns in Orchideenhäusern kultiviert. Die jungen, kugeligen oder handförmigen Knollen verschiedener Ophrydeen des Orients und Mitteleuropas, z. B. *Orchis mascula* (Abb. 506), *O. militaris* (Abb. 507), *O. Morio*, *O. ustulata*, *Anacamptis pyramidalis*, *Platanthera bifolia* (Abb. 508) 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* (Abb. 509) werden als Gewürz verwendet. Einige einheimische Orchideen, z. B. *Neottia Nidus avis*, *Coralliorrhiza innata* sind chlorophyllfreie Humusbewohner mit endotrophen Mykorrhizen.

Abb. 502. *Curcuma Zedoaria*. Offizinell.Abb. 503. *Alpinia officinarum*. Offizinell.

### Dritte Reihe: Kolbenblütige (*Spadiciflorae*).

Die Reihe umfaßt neben Kräutern und Stauden auch Sträucher und stattliche Baumgestalten. Ihr eigenartiger Blütenstand ist der von einem scheidenförmigen Hochblatt, *Spatha*, umhüllte einfache oder rispenartig verzweigte Kolben, *Spadix*. Die meist eingeschlechtigen Einzelblüten haben ein unscheinbares Perigon aus grünen Schüppchen. Die Zahl der Staubblätter schwankt in weiten Grenzen. Der mehrteilige Fruchtknoten wird oft zur einsamigen Frucht. Der Same ist meist groß und endospermreich und enthält einen geraden Embryo. Die mannigfaltigen Gestaltungsverhältnisse der vegetativen Organe lassen drei Ordnungen unterscheiden.

Ordnung 1: Aroideen, *Spathiflorae*, großblättrige Stauden mit kriechenden Rhizomen oder Knollen, zum Teil als Wurzelkletterer lianenartig emporsteigend oder Ezi-



Abb. 504. *Elettaria Cardamomum*. Offizinell.



Abb. 506. *Orchis mascula*. Offizinell.

phyten, ausnahmsweise freischwimmende Massenpflanze mit stark reduziertem Vegetationsapparat.

Ordnung 2: Schraubenpalmen, Pandaneales, tropische Bäume und Sträucher und einheimische Kräuter mit linealischen Blättern und reduzierten Blüten.

Ordnung 3: Palmen, Principes. Schopfbäume und Lianen mit unverzweigten Stämmen und geraden, gestielten, fächerförmig oder fiederförmig zerteilten Blättern.

### Erste Ordnung: Aroideen (Spathiflorae).

Die Aroideen haben ihr Verbreitungsgebiet hauptsächlich in den Tropen; Blüten sind häufig eingeschlechtig. 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.

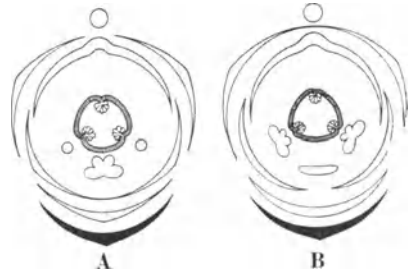


Abb. 505. Diagramm der Orchideenblüte. A *Orchis*, B *Cypripedium*.

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 (Abb. 510), mit glänzend grünen, oft braungefleckten, spieß-pfeilförmigen, grundständigen Blättern, wächst bei uns in schattigen Laubwäldern. *Colocasia esculenta* wird unter dem Namen Taro wegen ihrer genießbaren Knollen fast in allen Tropenländern angebaut. 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 Nutz-



Abb. 507. *Orchis militaris*. Offizinell.



Abb. 508. *Platanthera bifolia*. Offizinell.  
(Nach Koehler.)

pflanze eingeführt worden und wächst jetzt überall in Sümpfen und Gräben wild (Abb. 511 und 512). An dem wagerecht kriechenden, schwammig fleischigen Wurzelstock erheben sich über einen Meter hohe Laubblattbüschel von schmal linealen, schwertförmigen Blättern. Der Blütensproß 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, Kalmus — *Rhizoma Calami* — und Kalmusöl — *Oleum Calami* — sind offizinell. *Calla palustris*, Schlangenzwurz, 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 unter dem Namen Kalla im Zimmer als Topfpflanze gezogen. Die mexikanische Mon-

*stera deliciosa* (Abb. 24) hat durchlöchernte Blätter und lange Luftwurzeln. Sie ist gleichfalls als Zierblattpflanze beliebt.

Die **Lemnaceen** sind sehr kleine, frei schwimmende Wasserpflanzen mit thallusartigem Sproß und monözischen Blüten ohne Perigon, deren Geschlechtsorgane auf ein einziges Staubblatt oder Fruchtblatt reduziert sind. *Lemna polyrrhiza* und *L. minor*, bei uns als Wasserlinsen oder Entengrütze bezeichnet, überziehen häufig in dichter Lage die ganze Oberfläche von Teichen und Gräben.

### Zweite Ordnung: Schraubenpalmen (Pandanales).

Die Ordnung unterscheidet sich durch die langen, schmallinealischen Blätter von der vorhergehenden und folgenden. Sie umfaßt neben tropischen Bäumen einige einheimische krautige Sumpfpflanzen.

Familien: Pandanaceae, Typhaceae.

Die **Pandanaceen** sind tropische Bäume und Sträucher. Der wenig verzweigte Stamm steht auf Stelzwurzeln oder klimmt mit Kletterwurzeln und trägt an jedem Zweige einen Schopf von dicht schraubig gestellten, linealischen dornigberandeten Blättern. Größte Gattung ist *Pandanus*.

Die **Typhaceen** sind in der einheimischen Flora durch den überall in Sümpfen und Teichen wachsenden Rohrkolben, *Typhalatifolia*, und durch den Igelkolben, *Sparganium*, vertreten. Die weiblichen und die männlichen Blüten des ersteren bilden walzenförmige Kolben. Der gelbe männliche Kolben steht über dem schwarzbraunen, daumendicken, weiblichen Kolben an einer halmartigen, ungegliederten Achse, welche lange, linealische Blätter trägt.

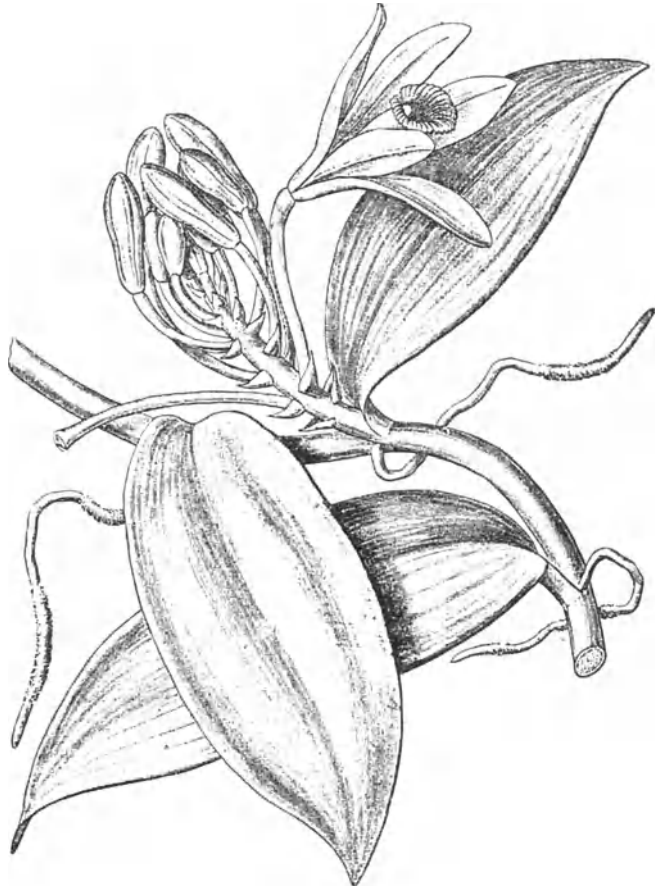


Abb. 509. *Vanilla planifolia*. Offizinell. (Nach Berg u. Schmidt.)

### Dritte Ordnung: Palmen (Principes).

Die Palmen sind Bewohner der wärmeren Länder. Sie haben meist einen unverzweigten Säulenstamm, der einen Schopf sehr großer, fächerförmig oder fiederförmig zerteilter Blätter trägt. Die Blüten sind meist eingeschlechtigt. 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.



Abb. 510. *Arum maculatum*. Giftig.  
(Nach Wossidlo.)

Die **Palmen** sind zum Teil mehr oder minder hochstämmige Bäume mit schlank zylindrischem 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

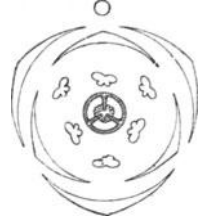


Abb. 511. Blüten-  
diagramm von *Acorus Calamus*.

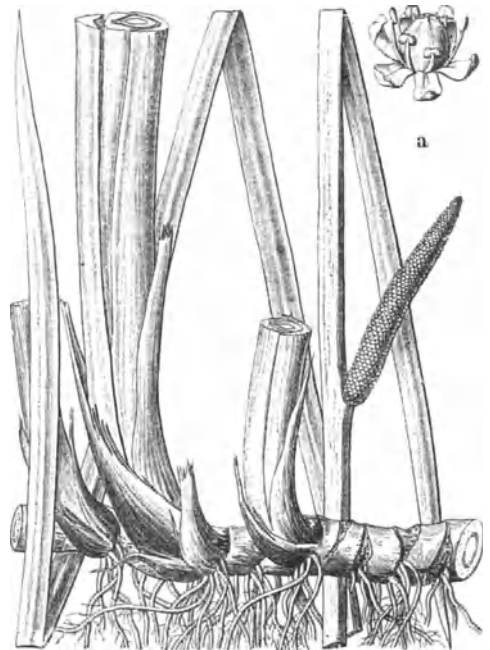


Abb. 512. *Acorus Calamus*. Offizinell. **a** Einzel-  
blüte.

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, die in kossolalen Mengen zur Ölgewinnung nach Europa gebracht wird. Die Preßrückstände werden als landwirtschaftliches Futtermittel verwendet. Die nahe verwandte afrikanische Ölpalme, *Elaeis guineensis*, liefert gleichfalls wertvolles Palmöl und den als Palmkernkuchen bezeichneten Futterstoff. *Phoenix dactylifera*, die Dattelpalme, ist in Nordafrika einheimisch. Sie hat für manche Wüsten-

länder 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 beiharte 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 spanisch 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* (Abb. 513) 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.

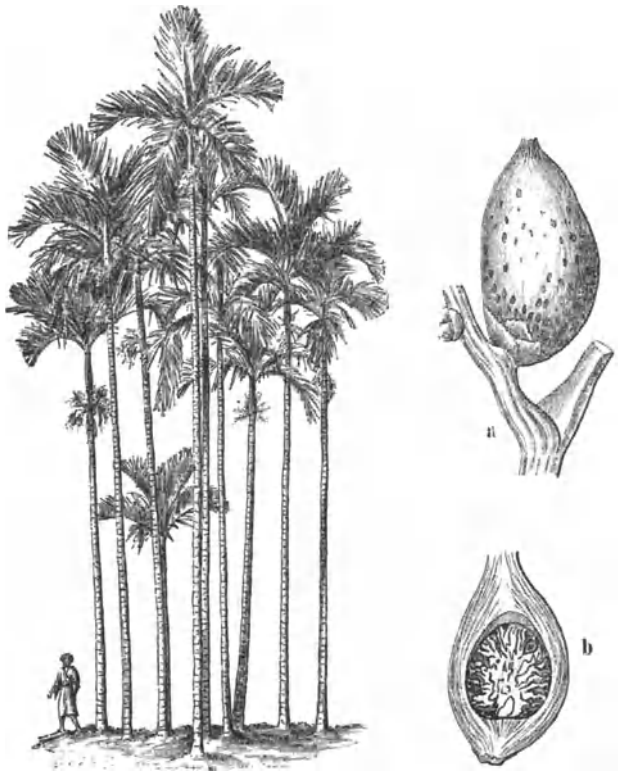


Abb. 513. *Areca Catechu* (verkleinert). Offizinell. **a** Teil des Fruchtstandes mit einer Frucht. **b** halbierte Frucht.

#### Vierte Reihe: Spelzenblütige (*Glumiflorae*).

Die Spelzenblütigen 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 regelmäÙig gebaut und meist vollständig (Abb. 514). Sie entsprechen dem typischen Monokotylenendiagramm, seltener fehlt der innere Staubblattkreis. Der Fruchtknoten ist dreifächerig oder einfächerig mit mehreren Samenanlagen und trägt einen oben in drei gewundene Narbenlappen ausgehenden Griffel. Die Gattung *Juncus*, Binse, von der 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* (Abb. 515) und *L. pilosa*, Marbel, sind bei uns überall häufig.



Abb. 514. Blütendiagramm von *Luzula campestris*.

eine geschlossene Scheide.

Die Gattungen *Scirpus* und besonders *Carex* (Abb. 519) sind mit vielen, oft schwer zu unterscheidenden Arten bei uns einheimisch. Sie wachsen meist an feuchten Standorten und beeinträchtigen auf Weiden und

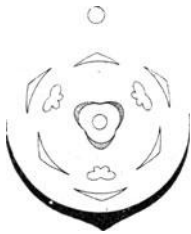


Abb. 516. Blütendiagramm von *Scirpus silvaticus*.

Wiesen durch Unterdrückung des Graswuchses den Wert des Futters. Die in Nordafrika heimische Papyrusstaude, *Cyperus Papyrus*, wurde im Altertum zur Herstellung eines dauerhaften Schreibpapiers benützt.

Die Familie der **Gramineen** oder Gräser ist sowohl durch die Gestalt der vegetativen Teile als auch durch den Bau der Blüten gut charakterisiert. Die meisten Gräser sind mehrjährige Kräuter mit unterirdischen Rhizomen und faserigem Wurzelsystem. Die oberirdischen Sprosse sind stielrunde, knotig gegliederte Halme, meist mit hohlen Internodien, die entweder gänzlich unverzweigt sind oder nur Laubblätter tragen oder oberhalb der Laubblattregion einen mehr oder minder reich verzweigten Blütenstand entwickeln. Die linealen Blätter mit meist offener, den Sproß röhrenförmig umfassender Scheide und mit einer häutigen Ligula (Abb. 63C) 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 zwittrigen kommen auch eingeschlechtige Blüten vor. Die Blütenhülle ist auf zwei winzige Schüppchen, die *Lodiculae* reduziert. Manche Morphologen halten auch die Vorspelze für einen Teil der Blütenhülle (Abb. 518B). Das Androeceum besteht gewöhnlich aus drei, seltener aus zwei Staubblättern in einem Kreise (Abb. 518A); ausnahmsweise treten bei einigen tropischen Gräsern zwei dreigliedrige Kreise auf. Der Fruchtknoten, der nur eine Samenanlage enthält, hat zwei federförmige Narben (Abb. 522a). Statt der fehlenden Blütenhülle



Abb. 515. *Luzula campestris*.

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 Ährchen (Abb. 520). Unter der Deckspelze der untersten Blüte des Ährchens stehen noch mehrere

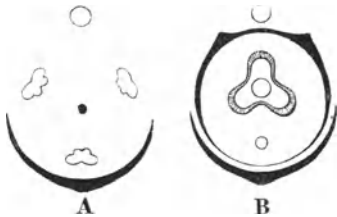


Abb. 517. Blütendiagramme von *Carex*. **A** männliche, **B** weibliche Blüte.

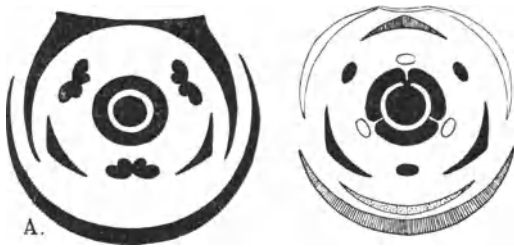


Abb. 518. **A** empirisches, **B** theoretisches Diagramm der Grasblüte.

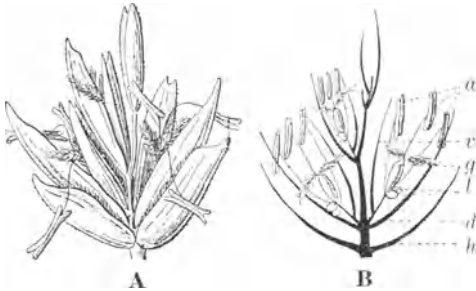


Abb. 520. **A** ein Weizenährchen (nach Müller). **B** schematische Darstellung der Organanordnung in dem Ährchen: *h* Hüllspelze, *d* Deckspelze, *v* Vorspelze, *l* Lodiculae, *a* Staubblätter, *g* Fruchtknoten.

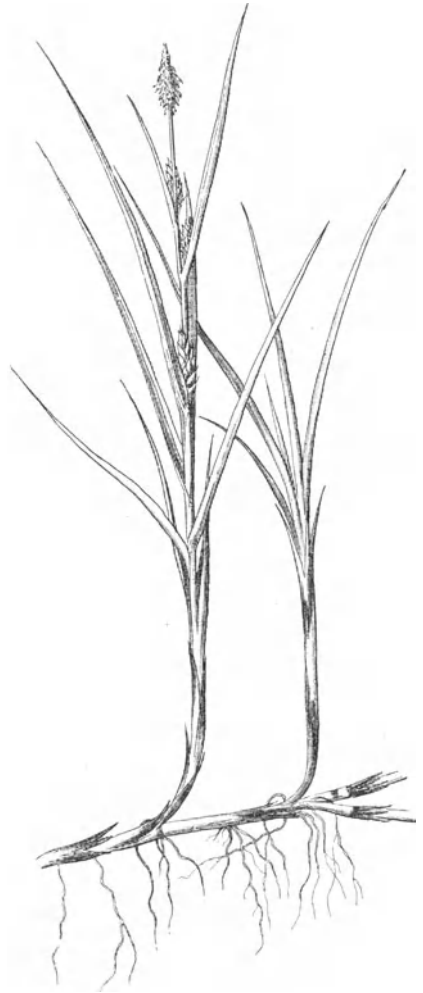


Abb. 519. *Carex hirta* (1/2).

Spelzen, in deren Achseln keine Blüten entwickelt werden. Diese als Hüllspelzen bezeichneten Organe bilden oft eine schützende Hülle für das ganze Ährchen. Die einzelnen Ährchen sind entweder stiellos an einer Hauptspindel angeordnet oder sie sind langgestielt und zu rispenartigen Blütenständen zusammengestellt.

Die Frucht der Gräser ist eine Karyopse, die bei der Reife meist von den Spelzen umhüllt bleibt, seltener, wie z. B. beim Roggen und Weizen, frei aus den Spelzen herausfällt. Der Same (Abb. 521) umschließt ein reichliches Endosperm, dem der Embryo seitlich anliegt. Der Kotyledon 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 Wurzelscheide (Coleorrhiza) umhüllt und ebenso ist auch die Stammknospe von einem scheidenartigen Organ, der Keimscheide (Coleoptile), umschlossen, das 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, auf Wiesen und Weiden bilden die Gräser das vorherrschende und den landschaftlichen Charakter bedingende Element. Viele Gräser sind weitverbreitete Kulturpflanzen. Als die wichtigsten

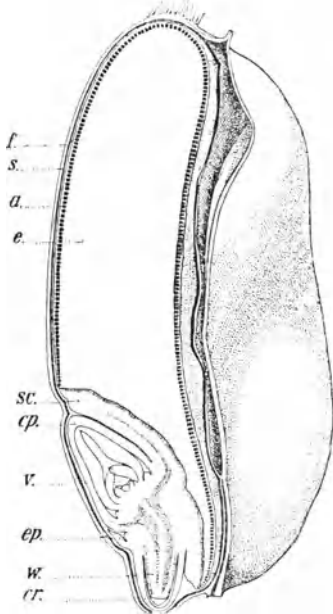


Abb. 521. Längshalbierte Frucht des Weizens. *f* Fruchtschale, *s* Samenschale, *a* Aleuronschicht und *e* Mehlkörper des Endosperms, *sc* Scutellum des Embryo, *cp* Keimscheide, *v* Stammknospe, *ep* Epiblast, *w* Wurzel, *cr* Wurzelscheide.



Abb. 522. *Triticum vulgare*. Halmbasis und Ähre. **a** Einzelblüte. **b** Ährchen.

einheimischen Kulturpflanzen können die Getreidegräser bezeichnet werden. Der Weizen, *Triticum vulgare* (Abb. 522) besitzt mehrblütige, mit großen balgartig aufgeblasenen Hüllspelzen versehene Ährchen, die einzeln an den Abschnitten einer im Zickzack gebogenen Spindel stehen. Die Ähre des Roggens, *Secale cereale* (Abb. 523), ist in gleicher Weise aus einzelstehenden Ährchen zusammengesetzt, die aber schmale, scharf gekielte Hüllspelzen besitzen. Die Gerste, *Hordeum vulgare* (Abb. 524), trägt an jedem Abschnitt der Ährenspindel drei Ährchen, die entweder alle drei mit einer Zwitterblüte versehen sind, oder von denen nur das Mittelährchen fruchtbar ist. Am Grunde des Ährchendrillings stehen sechs schmale pfriemliche Hüllspelzen. Der Blütenstand des Hafers, *Avena sativa* (Abb. 525), ist eine aus mehrblütigen Ährchen zusammengesetzte Rispe. Die Getreide sind uralte Kulturpflanzen, die 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 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*; Emmer, *Triticum dicocum*; Einkorn, *Triticum monococum*, und Hirse, *Panicum*

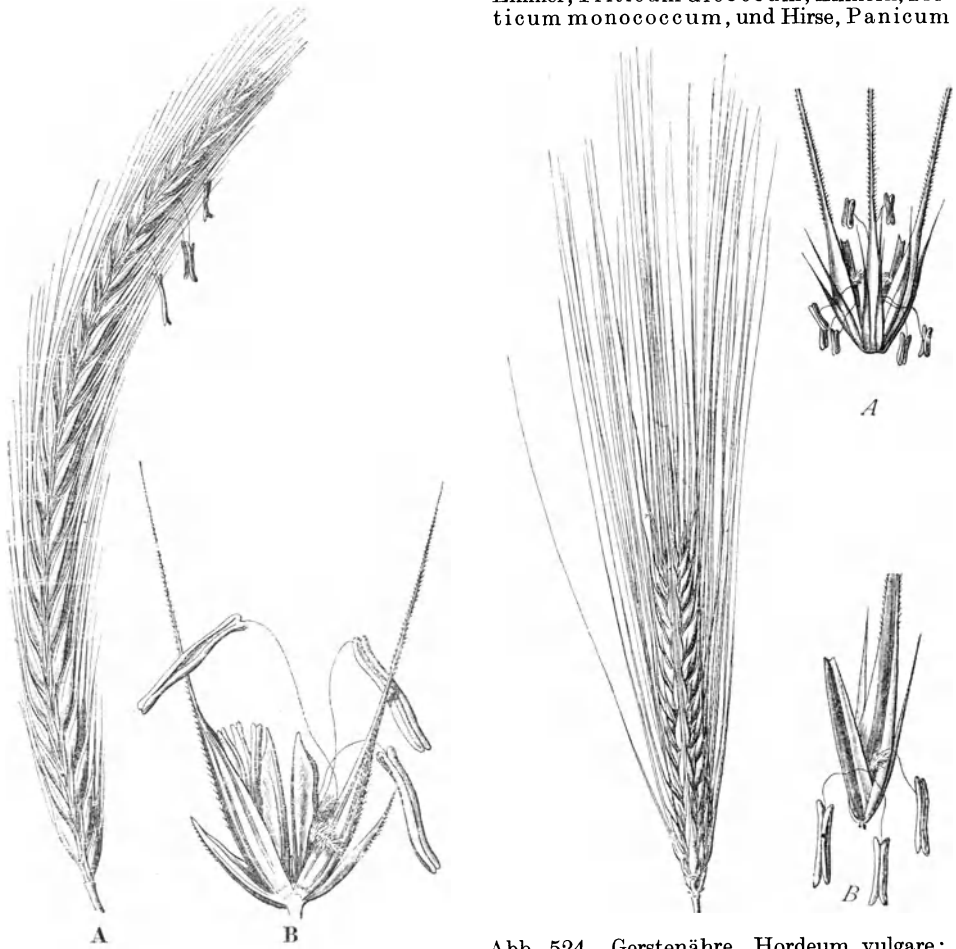


Abb. 523. A Roggenähre. B Einzelnes Ährchen.

Abb. 524. Gerstenähre, *Hordeum vulgare*; A ein Ährchendrilling; B ein einzelnes einblütiges Ährchen.

miliaceum. Als Futterpflanzen werden auf Wiesen zahlreiche Grasarten angebaut, unter denen als die wichtigsten genannt sein mögen: Thimoteegras, *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 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 benutzt. Offizinell ist *Amylum Oryzae* — Reisstärke —, das Stärkemehl von *Oryza sativa*, *Amylum Triticum* — Weizenstärke —, das Stärkemehl von *Triticum sativum* und *Oleum Citronellae* — Zitronellöl — von *Cymbopogon Winterianus*. Als Schädlinge treten in landwirtschaftlichen Betrieben



Abb. 525: Hafer, *Avena sativa*. A Rispe, B einzelnes Ährchen. C und D Deckspeilze, G Fruchtknoten und Schwellkörperchen einer einzelnen Blüte.



Abb. 526. *Lolium temulentum*. Giftig.

einige Unkrautgräser auf, besonders die Quecke, *Triticum repens*, die mit ihren weitkriechenden unterirdischen Rhizomen den Ackerboden durchwuchert. Die Samen des Taumelloch, *Lolium temulentum* (Abb. 526), die mitunter als Verunreinigung im Getreide vorkommen, enthalten ein Pilzmyzel und werden für giftig gehalten.

## Register.

Abies 276  
Abietaceen 276  
Abietinae 275  
Abstammungsachse 7, 53  
Abstammungslehre 233  
abwechselnd gestellt 8  
Acacia 326  
Acanthaceae 335  
Acer 314  
Aceraceen 314  
Achaene 70  
Achillea 352  
Achlya 245  
Achse 6. 24  
Achselknospe 8  
Achselproß 8  
Achsenzylinder 105  
Ackelei 294  
Ackerkrummhals 345  
Acker-Senf 300  
Acker-Spark 288  
Ackerwinde 344  
Aconitum 294  
Acorus 368  
Acrasieen 242  
acrocarpe Bryineen 264  
Acrogynae 260  
Actinomyces 230  
Actinotrichia 241  
acyklisch 53  
Adenostyles 351  
adossiertes Vorblatt 52  
Adventivprosse 8  
Adventivwurzeln 17  
Aecidium 251  
Aegopodium 328  
Äroben 228  
Aesculinae 313  
Aesculus 314  
Aethalium 244  
äußere Lebensbedingungen  
124  
Agar-Agar 241  
Agaricaceen 253  
Agaricus 253  
Agathis 276  
Agave 362  
Aggregatplasmodium 242  
Agrostemma 288  
Ahorn 314  
Ährchen 373  
Ähre 66  
Ailanthus 312  
Aizoaceae 288  
Ajuga 345

Akelei 294  
akrokarpe 264  
aktinomorph 54  
Alae 323  
Alant 352  
Albugo 245  
albumosefreies Tuberkulin  
231  
Alchemilla 318  
Aldrovandia 302  
Alectorolophus 338  
Aleuronkörner 80  
Algen 226. 231  
Algenpilze 244  
Alisma 357  
Alismaceen 357  
Alkanna 345  
Allium 360  
Alnus 281  
Aloë 360  
Alopecurus 375  
Alpenrosen 332  
Alpha-Vorblatt 52  
Alpinia 364  
Alsophila 267  
alternierend 8. 53  
Althaea 306  
Altingia 318  
Alt-Tuberkulin 231  
Alyssum 300  
Amanita 253  
Amarantaceae 287  
Amaryllidaceen 361  
Ameisenpflanzen 284  
Amentaceae 280  
amitotische Kernteilung 77  
Ammoniacum 329  
Ammoniakgummi 329  
amöboide Plasmabewegung  
75  
Ampelidaceen 315  
Ampelopsis 315  
Ampfer 287  
Amphigastrien 261  
Amygdalae 318  
Amylum 376  
Amylum Oryzae 376  
Amylum Triticum 376  
Anabaena 228  
Anacamptis 366  
Anacardiaceen 312  
Anacardium 312  
Anacrogynae 260  
Anaëroben 228  
Anagallis 333

Ananas 362  
Anatomie 3  
anatrop 64  
Anchusa 345  
Andira 324  
Andreaea 263  
Andreaeaceen 263  
Androeceum 59  
Androsace 333  
Anemone 294  
Anethum 328  
Aneuraceae 260  
Angelikawurzel 329  
Angiopteris 266  
Angiospermen 225. 278  
Angiospermenblüte 51  
Anis 328  
Anisophyllie 38  
Annoneaceae 293  
Annuelle 191  
Annulus 209. 263. 266  
Anpassungsmerkmale 223  
Anthemis 352  
Anthere 59  
Antheridien 265  
Antheridienast 201  
Anthoceros 259  
Anthoceroten 259  
Anthocerotinen 259  
Anthriscus 328  
Anthyllis 323  
Antiaris 285  
Antipoden 215  
Apfelbaum 318  
Apfelsinen 311  
Aphanizomenon 228  
Aphanocyclicae 292  
Apium 328  
Aplanosporen 194  
Apocynaceen 341  
Apogamie 222  
apokarp 63  
Aponogetonaceae 357  
Apophyse 263  
Apothecien 247. 256  
Apportion 81. 158  
Aprikose 318  
Aquifoliaceen 315  
Aquilegia 294  
arabisches Gummi 326  
Araceen 368  
Arachis 324  
Araliaceen 329  
Araucaria 276  
Araucariaceen 275

- Arbuse 348  
 Archangelica 328  
 Archangiopteris 266  
 Archegoniaten 205  
 Archegonium 205. 258. 265  
 Archespor 210  
 Archiphyta 226  
 Arctostaphylos 333  
 Arcyria 244  
 Areca 371  
 Areka-Nüsse 371  
 Arillus 72  
 Aristolochia 291  
 Aristolochiaceen 291  
 Armeria 333  
 Armleuchteralgen 234. 238  
 Armoracia 300  
 Arnica 352  
 Arnikablüten 352  
 Aroideen 367  
 Aronstab 368  
 Arrhenatherum 375  
 Arrow-root 364  
 Artbildung 222  
 Artemisia 352  
 Artischoke 354  
 Artocarpeae 284  
 Artocarpus 284  
 Arum 368  
 Asa foetida 328  
 Asant 328  
 Asarum 291  
 Asclepiadaceen 341  
 Ascolichenen 256  
 Ascomyceten 246  
 Askogon 205  
 Askosporen 205  
 Askus 205. 246  
 Asparagus 361  
 Asperula 349  
 Asphyxie 130  
 Aspidistra 361  
 Aspidospora 341  
 Assimilation 139. 140  
 Assimilationsgewebe 105  
 Assimilationsparenchym 106  
 Assimilationsstärke 140  
 assimilierende Wurzeln 20  
 Aster 352  
 Asteroideae 351  
 Astragalus 324  
 Atemhöhle 97  
 Atemwurzeln 19  
 Athyrium 267  
 Atmung 153  
 Atrichum 264  
 Atriplex 287  
 atrop 64  
 Atropa 335  
 Attalea 371  
 atypische Kernteilungen 77  
 Aucuba 330  
 Aufnahme der Nährstoffe 132  
 Augentrost 338  
 Augpunkt 194  
 Auricularia 252  
 Auriculariaceen 252  
 Ausläufer 30  
 Außenkelch 65  
 Außenrinde 105  
 autonome Bewegungen 175  
 Auxanometer 162  
 Auxiliarzelle 241  
 Avena 374  
 Azalea 332  
 Azygosporen 244  
 Bacillus 229  
 Bacteriaceen 229  
 Bacterium 229  
 Bärenklau 329  
 Bärentraubenblätter 332  
 Bärlapp 271  
 Bärlappgewächse 270  
 Bärlappsporen 271  
 Bäume 26  
 Bakterien 228  
 Balanophoraceae 291  
 Baldrian 349  
 Balgfrucht 70  
 Ballota 345  
 Balsaminaceen 309  
 Balsamine 310  
 Balsamum Copaivae 325  
 Balsamum peruvianum 324  
 Balsamum toltanum 324  
 Bambusa 375  
 Bambusgras 375  
 Bananen 363  
 Bangiaceae 241  
 Baroskampfer 303  
 Bartflechte 256  
 Barymorphosen 170  
 Basidien 253  
 Basidiolichenen 256  
 Basidiomyceten 249  
 Basidiosporen 253  
 Bastard 222  
 Bastardierung 222  
 Bastfasern 110  
 Bastparenchym 110  
 Batrachospermum 241  
 Bauchpilze 253  
 Bauhinia 323  
 Baum 26  
 Baumwolle 306  
 Baumwollsamenkuchen 306  
 Bazillen 229  
 Bedecktsamige 225. 278  
 Beere 70  
 Beerenfrüchte 70  
 Beggiatoa 230  
 Beifuß 352  
 Bellidiastrum 352  
 Bellis 352  
 Benzoë 334  
 Berberidaceen 293  
 Berberis 293  
 Berberitze 293  
 Berg-Ahorn 314  
 Bergformen 167  
 Bertholletia 322  
 Berufskraut 352  
 Beta 287  
 Beta-Vorblatt 52  
 Betelpalme 371  
 Betula 281  
 Betulaceen 281  
 Bewegung des Zellenplasmas 173  
 Bewegungserscheinungen 172  
 Bibernelnwurzel 329  
 bicollateral 110  
 Biennen 191  
 Bierhefepilze 249  
 bifacial 106  
 Bignoniaceae 338  
 bilateral 12  
 Bildung der Eiweißstoffe 141  
 Bildung der Fette 141  
 Bildungsgewebe 87  
 Bilsenkrautblätter 336  
 Binglekraut 289  
 Binse 372  
 Biota 275  
 Birke 281  
 Birkenpilz 253  
 Birnbaum 318  
 Birnkraut 332  
 Bitterklee 341  
 Bittersüß 336  
 Bixaceae 304  
 Blättchen 34  
 Blätterschwämme 253  
 Blattanlagen 7  
 blattbürtige Knospen 8  
 Blattdornen 42  
 Blattgestalt 34  
 Blattgrund 32  
 Blattlappen 34  
 Blattnerven 33  
 Blattranken 42  
 Blattscheide 32. 40  
 Blattspreite 32  
 Blattspuren 109  
 Blattspurstränge 109  
 Blattstellung 8  
 Blattstiefel 42  
 Blattstiel 32  
 Blattsukkulente 318  
 Blatttute 42  
 Blaugrüne Algen 227

- Blüte 48  
 Blüte der Angiospermen 51  
 Blüte der Gymnospermen 49  
 Blütenachse 55  
 Blütenbestäubung 67  
 Blütenbiologie 67  
 Blütenboden 55  
 Blütenformel 54  
 Blütenhülle 51  
 Blütenlose Pflanzen 225  
 Blütenpflanzen 225. 278  
 Blütenstände 65  
 Blütenteile 52  
 Blumenkohl 300  
 Blutwurz 318  
 Bockshornsamen 324  
 Boehmeria 285  
 bogennervig 33  
 Boletus 253  
 Boraginaceen 344  
 Borago 345  
 Boretsch 345  
 Borke 104  
 Botrychium 266  
 Botrydiaceen 237  
 Botrydium 238  
 Botrytis 248  
 Bovista 255  
 Bräune der Runkelrüben-  
 blätter 247  
 Brandkrankheit 250  
 Brandpilzartige 250  
 Brandpilze 250  
 Brandsporen 250  
 Brassica 300  
 Braunalgen 231. 240  
 Braunkohl 300  
 Braunwurz 338  
 Brechnuß 343  
 Brechwurzel 349  
 Brefeldiaceae 244  
 Brennhaare 285  
 Brennessel 285  
 Briza 375  
 Brombeere 318  
 Bromeliaceae 362  
 Brotfruchtbaum 284  
 Bruchweide 280  
 Brunchhorstia 247  
 Brunella 345  
 Brunnenkresse 300  
 Brutbecherchen 196  
 Brutknöllchen 197  
 Brutknospen 30. 196  
 Bryaceen 264  
 Bryineae 264  
 Bryineen 264  
 Bryonia 348  
 Bryophyta 225. 258  
 Bryophyten 258  
 Bryopsidaceen 238  
 Bryum 264  
 Buche 282  
 Buchsbaum 290  
 Buchweizen 287  
 Bündelstrang der Wurzel 111  
 Bündelverlauf 108  
 Büschelhaare 99  
 Bulbochaete 237  
 Bulbus Scillae 360  
 Burmanniaceae 365  
 Burseraceen 312  
 Buschwindröschen 294  
 Butomaceae 357  
 Butterpilz 253  
 Buxaceen 289. 315  
 Buxbaumiaceen 264  
 Buxus 290  
 Cacao 305  
 Cactaceen 288  
 Caesalpiniaceen 325  
 Caladium 368  
 Calamarien 272  
 Calamites 218  
 Calamus 371  
 Calciumoxalat 81  
 Calla 368  
 Callitriche 321  
 Calluna 332  
 Callus 92  
 Calocera 252  
 Caltha 294  
 Calycanthaceae 293  
 Calycifloren 317  
 calycinisch 59  
 Calyx 51  
 Cambium 112  
 Cambiumring 113  
 Camelina 300  
 Camellia 303  
 Campanula 347  
 Campanulaceen 347  
 Camphora 293  
 Campylosperrae 328  
 campylotrop 64  
 Canna 364  
 Cannabinaceen 285  
 Cannabis 285  
 Cannaceen 364  
 Cantharellus 253  
 Capillitium 242  
 Capparidaceen 300  
 Capparis 301  
 Caprifoliaceen 349  
 Capsella 300  
 Capsicum 336  
 Caragana 324  
 Cardamine 300  
 Carex 372  
 Carina 58  
 Carnosae 359  
 Carpinus 281  
 Carpoasci 246  
 Carragen 241  
 Carthamus 354  
 Carum 328  
 Caruncula 71  
 Caryophyllaceen 288  
 Caryophylli 322  
 Caryophyllinae 288  
 Cassia 325  
 Castanea 282  
 Castilloa 284  
 Casuarinaceae 280  
 Catechu 326  
 Caulerpa 238  
 Caulerpacene 238  
 Cautschuc 289  
 Cecropia 284  
 Cedrus 277  
 Celastraceen 315  
 celluläre Pflanzen 74  
 Cellulose 82  
 Celtis 284  
 Centaurea 254  
 Centricae 232  
 Centrolepidaceae 362  
 Centrospermae 286  
 Cephalanthera 365  
 Ceratium 231  
 Ceratomyxaceae 244  
 Ceratophyllaceae 293  
 Ceratozamia 273  
 Cereus 288  
 Cerinthe 345  
 Cetraria 257  
 Ceylonzimt 293  
 Chaerophyllum 328  
 Chaetocladiaceen 244  
 Chaetophora 237  
 Chaetophoraceen 237  
 Chalaza 64  
 Chamaerops 371  
 Chamaesiphonaceen 227  
 Champignon 253  
 Chara 239  
 Charales 234. 238  
 Characeae 239  
 Characeen 239  
 chasmogam 69  
 Cheiranthus 300  
 Chelidonium 297  
 Chemomorphosen 170  
 Chemotaxis 173  
 Chemotropismus 179  
 Chenopodiaceen 287  
 Chenopodinae 287  
 Chenopodium 287  
 Chimären 171  
 Chinagrass 285  
 Chinarinde 349  
 Chlamydomonaceae 234

Chlorophyceae 233  
 Chlorophyceen 231  
 Chlorophyll 77  
 Chlorophyllkörper 77  
 Chloroplasten 77  
 Chlorose 142  
 Chondrus 241  
 choripetal 57  
 Choripetalae 279, 292  
 Christrose 294  
 chromatische Elemente 76  
 Chromatophoren 77  
 Chromoplasten 78  
 Chromosomen 76  
 Chromosomenkombination  
   220  
 Chromosomenreduktion 198  
 Chroococcaceen 227  
 Chroococcus 227  
 Chroolepidaceen 237  
 Chroolepus 237  
 Chrysanthemum 352  
 Chrysarobin 324  
 Chrysarobinum 324  
 Chrysosplenium 318  
 Chytridiaceae 245  
 Cibotium 267  
 Cichorioideen 351  
 Cichorium 355  
 Cicuta 329  
 Ciliatae 234  
 Cilien 228  
 Cinchona 349  
 Cinnamomum 293  
 Circaea 321  
 Circumnutation 174  
 Cirsium 354  
 Cistaceen 302  
 Cistiflorae 301  
 Cistrosenartige 301  
 Citrullus 349  
 Citrus 311  
 Cladonia 256  
 Cladoniaceen 256  
 Cladophora 238  
 Cladophoraceen 238  
 Cladosporium 247  
 Cladotrix 230  
 Cladotrichaceen 229  
 Clatropichiaceae 244  
 Clavaria 253  
 Clavariaceen 253  
 Claviceps 247  
 Closterium 234  
 Clusiaceen 303  
 Cnicus 354  
 Coccaceen 229  
 Cocconeidae 233  
 Cocos 370  
 Codiaceen 238  
 Codoniaceae 260

Coelococcus 371  
 Coelospermae 328  
 Coenobien 235  
 Coffea 349  
 Coffeinum 303  
 Cola 305  
 Colchicaceen 360  
 Colchicum 360  
 Coleochaetaceen 237  
 Coleochaete 237  
 Coleoptile 374  
 Coleorrhiza 374  
 collateral 110  
 Collema 257  
 Collemaceen 257  
 Collenchym 90  
 Colocasia 368  
 Colophonium 276  
 Columella 207  
 Columniferae 304  
 Colutea 324  
 Combretaceae 321  
 Commelinaceen 362  
 Commiphora 312  
 Compositen 350  
 Conceptaculum 202  
 Conidien 194  
 Coniferae 273  
 Conium 329  
 Connaraceen 310  
 Connectiv 59  
 Contortae 339  
 Convallaria 361  
 Convolvulaceen 343  
 Convolvulus 344  
 Copaifera 326  
 Copaivabalsam 326  
 Corallineen 241  
 Coralliorrhiza 366  
 Corchorus 305  
 Cordaites 218  
 Cordyceps 247  
 Cormophyta 226  
 Cornaceen 330  
 Cornus 330  
 Corolla 51  
 corollinisch 59  
 Corpusculum 212  
 Cortex Chinae 349  
   — Cinnamomi 293  
   — Condurango 342  
   — Frangulae 315  
   — Granati 322  
   — Quercus 282  
   — Quillaiiae 318  
 Corydalis 299  
 Corylaceen 281  
 Corylus 281  
 Cosmarium 234  
 Crassulaceen 318  
 Crataegus 318

Craterellus 252  
 Crenothrix 230  
 Cribariaceae 244  
 Crocus 362  
 Croton 290  
 Crucibulum 255  
 Cruciferen 299  
 Cryptonemiaceen 241  
 Cubebae 283  
 Cucumis 348  
 Cucurbita 348  
 Cucurbitaceen 348  
 Cupressaceen 275  
 Cupressinae 274  
 Cupressus 275  
 Cupula 281  
 Cupuliferen 281  
 Curcuma 364  
 Cuscuta 344  
 Cuticula 96  
 Cutleria 240  
 Cutleriaceen 240  
 Cyanophyceen 227  
 Cyathea 267  
 Cyatheaceen 267  
 Cyathium 289  
 Cycadeen 273  
 Cycadofilices 273  
 Cycas 273  
 Cyclamen 333  
 Cyclotella 233  
 Cydonia 318  
 zyklisch 52  
 Cyndrospermum 228  
 Cybellaceen 233  
 Cymbobogon 376  
 cymös 66  
 Cynara 354  
 Cynareae 351  
 Cynoglossum 345  
 Cyperaceen 372  
 Cyperus 372  
 Cypridium 365  
 Cystocarp 241  
 Cystolithen 83  
 Cystopus 245  
 Cytisus 324  
  
**Dacryomycetaceen 252**  
 Dactylis 375  
 Dahlia 352  
 Dammar 303  
 Dammara 276  
 Danaea 266  
 Daphne 322  
 Dasycladaceen 238  
 Dattelpalme 370  
 Datura 335  
 Daucus 329  
 Deckblatt 8, 52  
 Deckelkapsel 70

- Deckschuppe 276  
 Deckspelze 373  
 dekussierte Blattstellung 8  
 Delphinium 294  
 Dematophora 247  
 Dermatogen 89  
 Descendenztheorie 218  
 Desmidiaceen 234  
 deutscher Kaffee 354  
 Deutzia 318  
 Diageotropismus 176  
 Diagonalebene 54  
 Diagramm 54  
 Dianthus 288  
 diarch 111  
 Diastase 143  
 Diatoma 233  
 Diatomeae 231  
 Diatomin 232  
 Dichasium 67  
 Dichogamie 68  
 Dichotomie 7  
 Dickenwachstum der Monocotylen 121  
 Dickenwachstum der Pteridophyten 121  
 Dicksonia 267  
 Dicranaceae 264  
 Dictamnus 311  
 Dictyosteliaceae 243  
 Didymiaceae 244  
 Diervillea 349  
 Digitalis 338  
 diklin 68  
 Diklinie 68  
 Dill 329  
 Dilleniaceae 301  
 dimer 53  
 Dinoflagellata 231  
 Dioecie 68  
 dioecisch 68  
 Dionaea 302  
 Dioscorea 361  
 Dioscoreaceen 361  
 Diosmose 150  
 Diospyros 334  
 Diphtherie-Serum 230  
 diploid 198  
 Diplomitriaceae 260  
 Diplophase 198  
 diplostemon 61  
 Dipsaceen 350  
 Dipsacus 350  
 Diptam 311  
 Dipterocarpaceen 303  
 direkte Kernteilung 77  
 Dischidia 342  
 Discolichenen 256  
 Discomyceten 247  
 Diskus 56  
 Distichiaceae 264  
 Divergenz 9  
 Divergenzwinkel 10  
 Dolde 327  
 Doldenträger 327  
 dominierend 219  
 Doppelchaenium 328  
 Doppelbefruchtung 216  
 Dorema 329  
 Dornen 20, 31, 42  
 dorsiventral 13, 54  
 Dost 345  
 Dotterblume 294  
 Douglasfichte 277  
 Draba 300  
 Dracaena 361  
 Draparnaldia 237  
 Drehblütige 339  
 dreiahsig 25  
 Dreibeerige 289  
 dreimächtig 111  
 Drosera 302  
 Droseraceen 302  
 Drüsenflächen 100  
 Drüsenhaare 100  
 Dryobalanops 303  
 Dryopteris 267  
 Durchlaßzellen 112  
 Durchlüftungssystem 94  
 durchwachsen 42  
 Ebenaceen 334  
 Ebenholz 334  
 Ebenholzartige 333  
 Echium 345  
 Ectocarpaceen 240  
 Ectocarpus 240  
 Edelfäule der Weinbeeren 248  
 Edelkastanie 282  
 Edeltanne 276  
 Edelweiß 352  
 Efeu 329  
 Ehrenpreis 338  
 Eibenartige 274  
 Eibenbaum 274  
 Eibischblätter 306  
 Eibischwurzel 306  
 Eiche 281  
 Eichenrinde 282  
 einachsige 25  
 Einbeere 361  
 Einfachblütige 279  
 einfächerig 63  
 eingeschlechtig 52  
 einhäusig 52  
 einjährig 191  
 Einkeimblättrige 279, 355  
 Einkorn 375  
 Einsamige 349  
 Eisenbakterien 230  
 Eisenhut 294  
 Eisenhutknollen 294  
 Eisporenpilze 245  
 Ektosporen 243  
 ektotroph 147  
 Elaeagnaceen 322  
 Elaeagnus 323  
 Elais 370  
 Elateren 207, 258, 269  
 Elefantenaus 312  
 Elettaria 364  
 Elodea 358  
 Elymus 375  
 Embryo 4, 71  
 Embryofuß 209  
 Embryosackkern 215  
 Embryosäcke 206  
 Emmer 375  
 Empetraceen 315  
 Empfindlichkeit 187  
 Empfindungsvermögen 183  
 Empusa 245  
 Encephalartos 273  
 Endivia 355  
 Endodermis 112  
 endogen 6  
 Endokarp 69  
 Endosperm 71, 214, 216  
 Endosporen 243  
 Endosporium 206  
 endotroph 147  
 Energide 73  
 Entengrütze 369  
 Entomophthoraceen 245  
 Entstehung der Arten 222  
 Entwicklung des Blattes 31  
 Enzian 340  
 Enzianwurzel 341  
 Enzyme 228  
 Epacridaceae 332  
 Ephedra 277  
 Epidermis 95  
 Epidermiszellen 95  
 epigäisch 4  
 epigyn 56  
 Epilobium 321  
 Epinastie 170  
 Epipactis 365  
 epiphytisch 19  
 Equisetaceen 269  
 Equisetinae 269  
 Equisetinen 269  
 Equisetum 270  
 Erbse 323  
 Erdbeere 318  
 Erdmandel 324  
 Erdnuß 324  
 Erdnußkuchen 324  
 Erdnußöl 324  
 Erdrauch 299  
 Erfrieren 126  
 Ericaceen 331



- Erigeron 352  
 Eriocaulaceae 362  
 Erle 281  
 Ernährung 130  
 Erodium 308  
 Ersatzfasern 115  
 Erysimum 300  
 Erysiphe 247  
 Erythraea 340  
 Erythroxyloaceen 313  
 Esche 344  
 Esdragon 352  
 Esparsette 324  
 Espartogras 375  
 Espe 280  
 Essigmutter 230  
 Etiollement 128  
 etiolieren 128  
 Euastrum 234  
 Eucalyptus 322  
 Eucyclicae 306  
 Eukalyptusöl 322  
 Eupatorioideae 351  
 Eupatorium 351  
 Euphorbia 289  
 Euphorbiaceae 289  
 Euphorbiaceen 289  
 Euphorbium 289  
 Euphrasia 338  
 Eurotium 247  
 eusporangiate 266  
 Evernia 257  
 Evonymus 315  
 Exine 211  
 Exoasci 248  
 Exobasidiaceae 251  
 exogen 6  
 Exogonium 344  
 Exokarp 69  
 Exosporium 206  
 extrastaminal 56  
 extrors 60  
  
**Fabroniaceae** 265  
 Fächer 67  
 Fäulnisbewohner 130  
 Faex medicinalis 249  
 Fagopyrum 287  
 Fagus 282  
 Fahne 323  
 Fangbewegungen 181  
 Fangorgane der Insekten  
   voren 145  
 Farinosae 362  
 Farne 265  
 Farnpalmen 273  
 Farnpflanzen 225  
 Fascicularkambium 113  
 Faserwurzel 17  
 Faulbaum 315  
 Faulbaumartige 315  
  
**Faulbaumrinde** 315  
 Fegatella 259  
 Fehsen 375  
 Feigenbaum 284  
 Feigwurz 294  
 Feld-Ahorn 314  
 Felderbse 324  
 Fenchel 329  
 Ferula 329  
 Festigungsgewebe 107  
 Festuca 375  
 Fettkraut 338  
 Feuerzunder 253  
 Fichte 276  
 Fichtenspargel 332  
 Ficus 284  
 Fieberbaum 322  
 Fieberklee 340  
 fiedernervig 33  
 Filament 59  
 Filicinae 265  
 Fingerhutblätter 338  
 Fingerkraut 318  
 Fissidentaceae 264  
 Flachs 308  
 Flachsprosse 28  
 Flachsseide 344  
 Flaschenkork 282  
 Flechten 226, 256  
 Flechtengonidien 256  
 Fleckenschierling 329  
 Fleischfressende Pflanzen 43  
 Flieder 344  
 Fliegenpilz 253  
 Fliegenschimmel 245  
 Flimmleralgen 234  
 Flockenblume 354  
 Flores Arnicae 352  
 — Chamomillae 352  
 — Koso 318  
 — Lavandulae 347  
 — Malvae 306  
 — Rosae 318  
 — Sambuci 349  
 — Tiliae 305  
 — Verbasci 338  
 Florideen 240  
 Flügel 323  
 Flugbrand 284  
 Foeniculum 329  
 Folia Althaeae 306  
 — Belladonnae 336  
 — Digitalis 338  
 — Farfarae 351  
 — Hyoscyami 336  
 — Juglandis 282  
 — Lauri 293  
 — Malvae 306  
 — Melissae 347  
 — Menthae piperitae 347  
 — Salviae 347  
  
**Folia Sennae** 325  
 — Stramonii 336  
 — Trifolii fibrini 341  
 — Uvae Ursi 333  
**Fomes** 253  
**Fontinalaceae** 265  
 Fortpflanzung 191  
 Fragaria 318  
 Fragillariaceen 233  
 Frangulinae 315  
 Frauenmantel 318  
 Frauenschuh 365  
 Frauenspiegel 347  
 Frauenträne 365  
 Fraxinus 344  
 freie Ortsbewegung 185  
 — Zellbildung 85  
 Freifruchtende 248  
 Freikronblättrige 278, 292  
 Fremdbestäubung 67  
 Frittilaria 360  
 Froschbiß 358  
 Froschlaichbakterie 229  
 Froschlöffel 357  
 Frucht 69  
 Fruchtblätter 51, 211  
 Fruchthülle 65  
 Fruchtknoten 51, 63  
 Fruchtkörperbildende 246  
 Fruchtwand 69  
 Fructus Anisi 329  
 — Aurantii immaturi 311  
 — Capsici 336  
 — Cardamomi 364  
 — Carvi 329  
 — Colocynthis 349  
 — Cubebae 283  
 — Foeniculi 329  
 — Juniperi 275  
 — Lauri 293  
 — Piperis nigri 283  
 Frühlingsknotenblume 361  
 Frühlingskreuzkraut 352  
 Frullania 261  
 Fucaceen 240  
 Fuchsia 321  
 Fuchsschwanz 375  
 Fucus 240  
 Fugenfläche 328  
 Fühlborsten 101, 188  
 Fühlpapillen 101, 188  
 Fühltüpfel 101, 188  
 Füllzellen 103  
 Fünfkreisige 331  
 Fuligo 244  
 Fumaria 299  
 Fumariaceen 299  
 Fumariaceae 264  
 Funiculus 64  
 Furchengeißler 231  
 Fusicladium 247

- Fusionsplasmodium 242  
 Futterrübe 287  
  
 Gabeln 316  
 Gänsefuß 287  
 Gänsefußartige 287  
 Gagea 360  
 Galanthus 361  
 Galaxaura 241  
 Galbanum 329  
 Galeopsis 345  
 Galgant 364  
 Galinsoga 352  
 Galium 349  
 Gallae 282  
 Galläpfel 282  
 Gallenbildungen 171  
 Gametangien 199  
 Gameten 197  
 Gametenkopulation 198  
 Gametophyt 262, 265  
 Gamopetal 57  
 Ganzrandig 36  
 Garcinia 303  
 Garciniaceen 303  
 Gardeniaceae 347  
 Gartenbohne 323  
 Gartenkresse 300  
 Gastromyceten 253  
 Geaster 255  
 Gefäße 91  
 Gefäßkryptogamen 265  
 Gefäßbündel 108  
 Gefäßteile 110  
 Geflügelcholera-Serum 231  
 Geflügelt 39  
 Gefrieren 126  
 Gefüllte Blüten 222  
 Gehilfinnen 215  
 gehöfter Tüpfel 82  
 Geißblatt 349  
 Geißelfäden 172  
 Geitonogamie 68  
 Geizen 316  
 gekreuzte Blattstellung 8  
 Geleitzellen 92  
 Gelenkpflanzen 176  
 Gelenkpolster 180  
 Generationswechsel 198  
 generative Zelle 214  
 genetische Spirale 9  
 Genista 323  
 Gentiana 340  
 Gentianaceen 340  
 Genus 225  
 Geocalycaceae 261  
 Geotropismus 175  
 Geraniaceen 308  
 Geranium 308  
 Gerber-Sumach 312  
 Gerbstoffschläuche 93  
  
 Gerste 374  
 Gescheine 316  
 geschlechtliche Fortpflanzung 197  
 Geschlechtszellen 197  
 Gesneraceae 335  
 Getreiderost 251  
 Gewebe der Gefäßlosen 121  
 Gewebelehre 86  
 Gewebespannung 161  
 Gewebesysteme 95  
 Gewürzlilien 363  
 Gewürznelken 322  
 Gichtschwamm 253  
 Giersch 329  
 Gift-Lattich 355  
 Giftlilien 360  
 Gift-Sumach 312  
 Gigartina 241  
 Gigartinaceen 241  
 Ginkgo 274  
 Ginkgoaceen 274  
 Ginster 323  
 Gladiolus 362  
 Glasschmalz 287  
 Gleba 253  
 Glechoma 345  
 Gleichsporige 271  
 Gleitendes Wachstum 160  
 Glenodinium 231  
 Glitschbewegung 75  
 Globoide 81  
 Globularia 339  
 Globulariaceen 339  
 Glockenblume 347  
 Gloeocapsa 227  
 Gloeosporium 247  
 Glumiflorae 371  
 Glycine 324  
 Glycyrrhiza 324  
 Gnetaceen 277  
 Gnetum 277  
 Gnomonia 247  
 Götterbaum 312  
 Goldlack 300  
 Goldregen 324  
 Golfkraut 240  
 Gomphonema 233  
 Gonidien 147, 256  
 Gonimoblasten 241  
 Gonium 235  
 Gossypium 306  
 Gottvergeß 345  
 Gräser 372  
 Gramineen 372  
 Granatrinde 322  
 Graphidaceen 257  
 Graphis 257  
 Graslilien 372  
 Grasnelke 333  
 Gratiola 338  
  
 Grenzzellen 227  
 Griffel 63  
 Grimmiaceae 265  
 Grinde 350  
 Großblütige 358  
 Große Periode 157  
 Grünalgen 231  
 Grünkohl 300  
 Gruinalen 307  
 Gruinales 307  
 Grundgewebe 95, 104  
 Grundspirale 9  
 Grundstamm 26  
 Guajacum 310  
 Guajakholz 310  
 Günsel 345  
 Gummi arabicum 326  
 Gummibaum 284  
 Gummigutt 303  
 Gundelrebe 345  
 Gurke 348  
 Guttapercha 333  
 Guttation 136  
 Gutti 303  
 Guttulinaceae 243  
 Gymnadenia 365  
 Gymnoasci 248  
 Gymnomitriaceae 261  
 Gymnospermen 225, 273  
 Gynaecium 51  
 Gynostemium 62, 365  
  
**Haarbildungen** 98  
 Haarwurzeln 22  
 Haematococcus 235  
 Hafer 374  
 Haftorgane 23  
 Haftwurzeln 19  
 Hagenia 318  
 Hahnenfuß 294  
 Hainbuche 281  
 Hakenklammer 27  
 Halbsträucher 26  
 halbhunterständig 56  
 Halfa 376  
 Hallimasch 253  
 Halophyten 129  
 Haloragidaceen 321  
 Hamamelidaceae 318  
 handnervig 33  
 Hanf 285  
**hapaxanthisch** 191  
 haploid 198  
 Haplolaenaceen 260  
 Haplomitriaceae 260  
 Haplophase 198  
 haplostemon 61  
 Hartheu 303  
 Hartriegel 330  
 Harzgänge 94  
 Haschisch 285

Haselstrauch 281  
 Haselwurz 291  
 Hasenöhrrchen 252  
 Hauhechel 323  
 Hauhechelwurz 324  
 Hauptreihe der Divergenzen 8  
 Hauptrippen 328  
 Hauptsproß 6  
 Hauptwurzel 6  
 Hausschwamm 253  
 Haustorien 21. 145  
 Hautfarbe 266  
 Hautgewebe 95  
 Hautpilze 252  
 Hedera 329  
 Hefenartige 249  
 Hefepilze 249  
 Heide 332  
 Heidekorn 287  
 Heidekrautartige 332  
 Heidelbeeren 332  
 Helianthemum 302  
 Helianthus 352  
 Heliotropismus 177  
 Helleborus 294  
 Helm 375  
 Helobiae 357  
 Helvella 248  
 Hemiasci 249  
 Hemibasidii 250  
 hemizyklisch 53  
 Hemitelia 267  
 Hepatica 294  
 Hepaticae 258  
 herablaufend 42  
 Heraclium 329  
 Herba Absinthii 352  
 — Cardui benedicti 354  
 — Centaurii 341  
 — Lobeliae 348  
 — Meliloti 324  
 — Serpylli 347  
 — Thymi 347  
 — Violae tricoloris 302  
 Herbstzeitlose 360  
 Hernandiaceae 293  
 Herzwurzel 16  
 Heterocysten 227  
 heteromer 256  
 Heterophyllie 36  
 heterospore 271  
 Heterosporeae 271  
 Heterostylie 69. 322  
 heterotypische Kernteilung 220  
 Heubacillus 229  
 Hevea 289  
 Hexenkraut 321  
 Hibernakel 46  
 Hilum 71

Himbeere 318  
 Himbeersirup 318  
 Himmelschlüsselartige 333  
 Hippocastanaceae 314  
 Hippocrateaceae 315  
 Hippophaë 323  
 Hippuris 321  
 Hirse 375  
 Hirsebrand 250  
 Hirtentäschel 300  
 Hochblätter 47. 64  
 Hoftüpfel 82  
 hohle Internodien 161  
 Hohlzahn 345  
 Holunder 349  
 Holunderblüten 349  
 Holz 114  
 Holzfasern 110  
 Holzparenchym 110  
 Holzteer 276  
 homoeomer 257  
 Homogyne 351  
 Homologienlehre 212  
 Honigtau 247  
 Hookeriaceae 265  
 Hopfen 285  
 Hopfenklee 323  
 Hordeum 374  
 Hormogonien 227  
 Hornklee 323  
 Höswurz 365  
 Hühnerdarm 288  
 Hüllspelzen 374  
 Hülsen 70. 323  
 Hülsen 315  
 Hülsenfrüchtler 323  
 Hufblatt 351  
 Hufblattblätter 351  
 Humulus 285  
 Humusbewohner 148  
 Hundskamille 352  
 Hundsrose 318  
 Hungerblümchen 300  
 Hungerzwetschgen 248  
 Hyacinthus 360  
 hyalin 194  
 Hybridation 68. 222  
 Hybriden 222  
 Hydathoden 136  
 Hydnameen 253  
 Hydnum 253  
 Hydrastis 294  
 Hydrastisrhizom 294  
 Hydrocharis 358  
 Hydrocharitaceae 358  
 Hydrodictyaceae 236  
 Hydrodictyon 236  
 Hydrophyten 129  
 Hydropterides 268  
 Hydrotropismus 179  
 Hylocomium 265

Hymenium 252  
 Hymenogastreen 255  
 Hymenomyceten 252  
 Hymenophyllaceae 266  
 Hymenophyllum 267  
 Hyoscyamus 336  
 Hypanthium 317  
 Hypericaceae 303  
 Hypericum 303  
 Hyphen 244  
 Hypnaceen 265  
 Hypnum 265  
 Hypoderm 95  
 hypogäisch 4  
 hypogyn 55  
 Hypokotyl 4  
 hypokotyles Glied 4  
 Hyponastie 170  
 Hysterophyten 290  
  
 Igelkolben 369  
 Ilex 315  
 Imbibition 149  
 Impatiens 309  
 Indusium 209  
 Infloreszenz 65  
 Ingwer 364  
 Initialen 89  
 innere Ausbildung 157  
 innere Haare 101  
 Insektivoren 43  
 Insertion 8  
 Integument 50. 64  
 Interzellularräume 93  
 Interfascicularcambium 113  
 interkalar 31  
 Internodien 8  
 Intine 211  
 intramolekulare Atmung 154  
 intrastaminal 56  
 intrors 60  
 Intussusception 81. 158  
 Inula 352  
 Inulin 352  
 Involucellum 327  
 Involucrum 65. 350  
 Iridaceae 362  
 Iris 362  
 irländisch Moos 241  
 isländisches Moos 257  
 Isoëtaeaceae 272  
 Isoëtes 272  
 isogam 198  
 isolateral 106  
 isomer 53  
 Isosporeae 271  
 Isthmus 193  
  
 Jacaranda 338  
 Jahresperiode 165  
 Jahresringe 114

Jakobskreuzkraut 352  
 Jalapenwurzel 344  
 Jambosa 322  
 Jasione 348  
 Jasminaceae 340  
 Jatrorrhiza 293  
 Jochalgen 233, 234  
 Johannisbeere 318  
 Johanniskraut 303  
 Jubuleae 261  
 Judasohr 252  
 Juglandaceen 282  
 Juglans 282  
 Juliflorae 279  
 Juncaceen 372  
 Juncaginaceae 357  
 Juncus 372  
 Jungermannia 261  
 Jungermanniaceae 261  
 Jungermanniinen 260  
 Juniperus 275  
 Jura 218  
 Jussiaea 321, 20  
 Jute 305  
  
 Kälberkropf 329  
 kaenozoische Periode 218  
 Kätzchen 66  
 Kätzchenträger 279  
 Kätzchenbäume 280  
 Kaffeebaum 349  
 Kahmhaut 228  
 Kakao 305  
 Kakaobaum 305  
 Kakaobutter 305  
 Kalkalgen 241  
 Kalla 368  
 Kalmus 368  
 Kalyptragen 89  
 Kamala 289  
 Kamellia 303  
 Kamillen 352  
 Kampfer 293  
 Kampylotrop 64  
 Kappern 301  
 Kapsel 70  
 Kapselfrüchte 70  
 Kapuzinerkresse 308  
 Kapuzinerpilz 253  
 Karbon 218  
 Kardamomen 364  
 Kardinalpunkte 125  
 Kardobenediktenkraut 354  
 Karpelle 51  
 Karpogon 203  
 Karpophor 328  
 Karposporen 204  
 Kartoffel 336  
 Kartoffelkrankheit 245  
 Karyogamie 205  
 Karyokinese 77

Karyopse 70, 373  
 Kassaestrauch 289  
 Katechu 326  
 Kaulfussia 266  
 Kauffichte 276  
 Kauri-Kopal 276  
 Kautschuk 289  
 Kautschukbaum 284  
 Keimblätter 4, 54  
 Keimwurzel 4  
 Kelch 51  
 Kelchblütige 317  
 Kelchstamina 61  
 Kerbel 329  
 Kern des Stärkekorns 78  
 Kerngerüst 76  
 Kernholz 115  
 Kernkörperchen 76  
 Kernmembran 75  
 Kernpaarung 205  
 Kernplatte 76  
 Kernsegmente 76  
 Kernspindel 76  
 Kernteilung 76  
 Kernverschmelzung 198, 205  
 Kickxia 341  
 Kiefer 276  
 Kieferholz 276  
 Kieselalgen 231  
 Kieselgur 233  
 Kirsche 318  
 Kirschsirup 318  
 Klappertopf 338  
 Klappfallen 43  
 Klassen 225  
 Klausen 345  
 Klee 323  
 Kleeseide 344  
 Kleinsamige 365  
 kleistogam 69  
 Kleppel 350  
 Klette 354  
 Kletterhaken 27  
 Kletterpflanzen 27  
 Klimmhaare 100  
 Klinostat 176  
 Knabenkraut 365  
 Knäuelgras 375  
 Knautia 350  
 Knoblauch 360  
 Knöllchenbakterien 148  
 Knöterich 287  
 Knöterichartige 286  
 Knolle 28  
 Knollenblätterschwamm 253  
 Knopfkraut 352  
 Knospenschuppen 46  
 Knoten 8  
 Kobaltprobe 135  
 Königskerze 338  
 Köpfchen 66

Körnchenplasma 74  
 Koffein 303  
 Kohl 300  
 Kohlendioxydausscheidung 153  
 Kohlhernie 243  
 Kohlrabi 300  
 Kokken 228  
 Kokosnuß 370  
 Kokospalme 370  
 Kolanußbaum 305  
 Kolben 366  
 Kolbenblütige 366  
 Kollenchym 40  
 Kolombowurzel 293  
 Kolophonium 276  
 Koloquinthen 349  
 Kompaßpflanzen 39  
 Kompositen 350  
 Kondurango 342  
 konzentrisch 111  
 Kopfkohl 300  
 Kopfsalat 355  
 Kopra 370  
 Korkeiche 282  
 Korkgewebe 102  
 Korkkambium 104  
 Korkschicht 102  
 Kornblume 354  
 Kornelkirsche 330  
 Kornrade 288  
 Korrelation 166  
 Korrelationserscheinungen 166  
 Kosoblüten 318  
 Kotyledonen 4  
 Kräuter 24  
 Kraftwechsel 75, 149  
 Krameria 326  
 Kratzdistel 354  
 Kraushaaralgen 234, 236  
 Kreide 305  
 Kreuzbefruchtung 69  
 Kreuzblume 314  
 Kreuzdorn 315  
 Kreuzdornbeeren 315  
 Kreuzkraut 314  
 Kreuzung 68  
 Kristalle 81  
 Kristalloide 81  
 Kristallschläuche 93  
 Kronblätter 57  
 Krone 51  
 Kronenrost 315  
 Kronstamina 61  
 Kropf des Kohls 243  
 Krotonöl 290  
 Krümmungsbewegungen 174  
 Krustenflechten 256  
 Kryptogamen 225  
 Kubeben 283

Kuckucksblume 365  
 Kuckuckslichtnelke 288  
 Küchenschelle 294  
 Küchenzwiebel 360  
 Kümmel 329  
 künstliche Ernährung 131  
 — Systeme 224  
 Kürbis 348  
 Kugelblume 339  
 Kuhpilz 253  
 Kurztriebe 25  
  
**Labiaten** 345  
 Labiatiflorae 351  
 Labkraut 349  
 Lactaria 253  
 Lactuca 355  
 Lärche 276  
 Läusekraut 338  
 Lagerpflanzen 225, 226  
 Laichkraut 357  
 Lakmus 257  
 Lambertnuß 281  
 Laminaria 240  
 Laminariaceae 240  
 Lamium 345  
 Landform 170  
 Landolphia 341  
 Langtriebe 25  
 Lappa 354  
 Lardizabalaceae 293  
 Larix 276  
 Lathyrus 323  
 Latsche 276  
 Laubausbruch 165  
 Laubblätter 31  
 Laubfall 165  
 Laubflechten 256  
 Laubmoose 261  
 Laubwechsel 165  
 Lauraceen 293  
 Laurus 293  
 Lavandula 345  
 Lavendelblüten 345  
 Lavendelöl 345  
 Lebensbedingungen 124  
 Lebensdauer 191  
 Leberblümchen 294  
 Lebermoose 258  
 Lecanora 257  
 Lecanoraceen 257  
 Lecythidaceen 322  
 leere Zellen 85  
 Legföhre 276  
 Leguminosae 323  
 Leimkraut 288  
 Leimzotten 100  
 Lein 308  
 Leindotter 300  
 Leinkraut 338  
 Leinkuchen 308

Leinöl 308  
 Leinsamen 308  
 Leitbündel 95, 108  
 Lemanea 241  
 Lemna 369  
 Lemnaceen 369  
 Lens 323  
 Lenticellen 103  
 Leontopodium 352  
 Lepidium 300  
 Lepidodendren 272  
 Lepidoziaceae 261  
 Lepiota 253  
 Leptomitus 245  
 Leptosphaeria 247  
 leptosporangiate 266  
 Leptotrix 230  
 Leptotrichaceen 229  
 Leskeaceae 265  
 Leuchtmoos 127  
 Leucobryaceae 264  
 Leucojum 361  
 Leucoplasten 78  
 Levisticum 329  
 Levkoje 300  
 Lianen 27  
 Liceaceae 244  
 Lichenen 226, 256  
 Lichen islandicus 257  
 Licht 127  
 Lichtbedürfnis 127  
 Lichtnelke 288  
 Lichtreize 169  
 Lichtsinnesorgane 190  
 Liebstöckelwurzel 329  
 Lignin 82  
 Lignum Guajaci 310  
 — Quassiae 312  
 — Sassafras 293  
 Ligula 41, 372  
 Liguliflorae 351  
 Liguster 344  
 Ligustrum 344  
 Liliaceen 359  
 Liliengewächse 358  
 Liliiflorae 358  
 Lilium 360  
 Limnanthaceae 307  
 Linaceen 308  
 Linaria 338  
 Linde 304  
 Lindenblüten 305  
 Lindenh Holz 305  
 Linkswinder 177  
 Linné 224  
 Linse 323  
 Linum 308  
 Lippenblüten 57  
 Liquidambar 319  
 Listera 365  
 Lithospermum 345

Lobelia 348  
 Lobeliaceen 348  
 Lobelienkraut 348  
 loculicid 70  
 Lodiculae 372  
 Löffelkraut 300  
 Löwenzahn 354  
 Loganiaceen 342  
 Lohblüte 244  
 Lolium 375  
 Lonicera 349  
 Loranthaceen 291  
 Lorbeerbaum 293  
 Lorbeerblätter 293  
 Lorbeeren 293  
 Lorbeeröl 293  
 Lotten 316  
 Lotus 323  
 Luftblätter 36  
 Luftwurzel 17  
 Luisianamoos 362  
 Lungenkraut 345  
 Lunularia 269  
 Lupine 323  
 Lupinus 323  
 Luzerne 323  
 Luzula 372  
 Lychnis 288  
 Lycogala 244  
 Lycoperdaceen 255  
 Lycoperdon 255  
 Lycopodiaceen 271  
 Lycopodinae 270  
 Lycopodinen 270  
 Lycopodium 271  
 Lycopsis 345  
 Lyngbya 227  
 lysigen 93  
 Lysimachia 333  
 Lythraceen 321  
 Lythrum 322  
  
**Macis** 294  
 Macranthae 358  
 Macrocystis 240  
 Madotheca 261  
 Märzenbecher 361  
 Märzveilchen 302  
 Magnoliaceen 293  
 Maiglöckchen 361  
 Mais 375  
 Makrokokken 228  
 Makrosporen 268  
 Malabar-Kardamomen 364  
 Mallotus 289  
 Malpighiaceen 313  
 Malva 306  
 Malvaceen 305  
 Malvenblätter 306  
 Malvenblüten 306  
 Mamillaria 288

- Mammutbaum 277  
 Mandarinen 311  
 Mandeln 318  
 Mandelöl 318  
 Mangifera 312  
 Mangold 287  
 Mangroveformation 17  
 Manihot 289  
 Manna 344  
 Maranta 364  
 Marantaceen 364  
 Marattia 266  
 Marattiaceen 266  
 Marbel 372  
 Marchantia 259  
 Marchantiaceen 259  
 Marchantiinae 259  
 Marchantien 259  
 Markstrahlen 113  
 Markverbindungen 113  
 Maronen 282  
 Marsdenia 342  
 Marsilia 269  
 Marsiliaceen 269  
 maskiert 58, 335  
 Maskiertblütige 335  
 Maßliebchen 352  
 Mastixharz 312  
 Matthiola 300  
 Matricaria 352  
 Mauerpfeffer 318  
 Maulbeerbaum 284  
 Maximum 125  
 mechanisches System 108  
 Mechanomorphose 168  
 Mediane 53  
 Medicago 323  
 Medizinische Hefe 249  
 Meerrettich 300  
 Meerzwiebel 360  
 Mehлтаupilze 247  
 mehrachsig 25  
 mehrfächerig 63  
 Melampyrum 338  
 Melandryum 288  
 Melanogaster 256  
 Melastomaceae 318  
 Melde 287  
 Meliaceae 310  
 Melilotus 323  
 Melissa 347  
 Melissenblätter 347  
 Melocactus 288  
 Melone 348  
 Melosiraceen 233  
 Mendelsche Regel 220  
 Meningokokken-Serum 230  
 Menispermaceen 293  
 Mentha 345  
 Menyanthes 340  
 Mercurialis 289  
 Mericarpium 70  
 Merismopedia 227  
 Meristem 87  
 Merkmalpaare 219  
 Merulius 253  
 Mesocarpus 234  
 Mesokarp 69  
 Mesophyten 129  
 mesozoische Periode 218  
 metamorphosierte Blätter 42  
 — Sprosse 27  
 — Wurzeln 19  
 Metroxylon 371  
 Metzgeria 260  
 Metzgeriaceen 260  
 Micelle 81, 150  
 Micrasterias 234  
 Micrococcus 229  
 Microspermae 365  
 Mikrokokken 228  
 Mikropyle 50, 64  
 Mikrosporen 268  
 Milchröhren 92  
 Milchsaft 92  
 Mimosa 326  
 Mimosaceen 326  
 Minimum 125  
 Minze 345  
 Mistel 291  
 mitotische Kernteilung 77  
 Mittellamelle 82  
 Mittelrippen 328  
 mittelständig 56  
 Mniun 264  
 Möhre 328  
 Mohn 297  
 Mohnartige 297  
 Mohnkapsel 297  
 Mohnsamen 298  
 Mohrrübe 329  
 Monimiaceae 293  
 Monke 347  
 Monoblepharidaceae 245  
 Monochasium 67  
 Monochlamydeae 279  
 Monocotyledones 279  
 monoecisch 52  
 monokarpisch 191  
 monoklin 52  
 Monokotyledones 279, 355  
 Monokotylen 279  
 monomer 53  
 monopodial 7  
 Monospermae 347  
 Monostroma 237  
 Monotropa 333  
 Monstera 368  
 Moosbärte 256  
 Moose 258  
 Moospflanzen 225, 258  
 Moraceen 284  
 Morchel 248  
 Moreae 284  
 Morphologie 3  
 Mortierellaceae 244  
 Morus 284  
 Mostrich 300  
 Mucor 244  
 Mucoraceen 244  
 Müllersche Körperchen 284  
 Mütze 207  
 Mundbesatz 208  
 Musa 363  
 Musaceen 363  
 Musci 262  
 Muskatöl 294  
 Muskatnuß 294  
 Muskatnußöl 294  
 Mutation 223  
 Mutisicae 351  
 Mutterkorn 247  
 Mycel 23  
 Mycelium 23  
 Mycetes 226, 241  
 Mycorrhiza 147  
 Myosotis 345  
 Myricaceae 280  
 Myriophyllum 321  
 Myristica 293  
 Myristicaceen 293  
 Myroxylon 324  
 Myrrha 312  
 Myrsinaceen 333  
 Myrtaceen 322  
 Myrte 322  
 Myrtenartige 319  
 Myrtiflorae 319  
 Myrtus 322  
 Myxamöben 242  
 Myxogasteres 243  
 Myxomyceten 242  
 Nabel 71  
 Nabelstrang 64  
 Nachbarbefruchtung 68  
 Nachtkerze 321  
 Nachtschatten 336  
 nackte Knospen 46  
 — Zellen 85  
 Nacktsamige 225, 273  
 Nadelholzgewächse 273  
 Nadeln 35  
 Nährlösungen 131  
 Nährsalze 131  
 Nährstoffe 130  
 Nagel 57  
 Najadaceae 357  
 Narbe 63  
 Narcissus 361  
 Narzisse 361  
 Nastieen 175  
 nastische Bewegungen 175

Nasturtium 300  
 Natterkopf 345  
 natürliche Systeme 224  
 Navicula 233  
 Naviculaceen 233  
 Nebenblätter 32. 41  
 Nebenkrone 57  
 Nebenzellen 98  
 Nebenrippen 328  
 Neckeraceae 265  
 Nectria 247  
 Nektarien 56. 62  
 Nelke 288  
 Nelkenartige 288  
 Nelkenöl 322  
 Nelkenpfeffer 322  
 Nematlionaceen 241  
 Nematlion 241  
 Neo-Lamarckismus 223  
 Neottia 365  
 neozoische Periode 218  
 Nepenthaceen 302  
 Nepenthes 302  
 Nephelium 313  
 Nerium 341  
 Nervatur 32  
 Nessel 285  
 Nesselartige 283  
 netznervig 33  
 Neugewürz 322  
 neuseeländischer Flachs 360  
 nichtcelluläre Pflanzen 74  
 Nicotiana 336  
 Nidulariaceen 255  
 Niederblätter 45  
 Nieswurz 294  
 Nisselsalat 350  
 Nitella 239  
 Nitragin 230  
 Nitrobakterien 230  
 Nolde 349  
 Nostoc 228  
 Nostocaceen 227  
 Nucellus 64  
 Nuclein 76  
 Nucleolus 76  
 Nuphar 297  
 Nuß 70  
 Nußfrüchte 69  
 Nutation 174  
 Nyctaginaceae 287  
 Nymphaea 297  
 Nymphaeaceen 297  
  
**O**bdiplostemon 61  
 Oberblatt 32  
 Oberblätter 261  
 Oberschlächtig 261  
 oberständig 55  
 obliteriert 92  
 Ochnaceae 301

Ochrea 42  
 Oedogoniaceen 237  
 Oedogonium 237  
 Ölbaum 344  
 Öllücken 94  
 Ölpalme 370  
 Ölstriemen 94. 328  
 Ölweide 323  
 Ölzellen 93  
 Oenothera 321  
 Okulieren 171  
 Oidium 247  
 Olea 344  
 Oleaceen 344  
 Oleander 341  
 Oleum Amygdalarum 318  
 — Anisi 329  
 — Arachidis 324  
 — Cacao 305  
 — Carvi 329  
 — Caryophylli 322  
 — Chenopodii anthelmin-  
 thici 287  
 — Citri 311  
 — Citronelle 376  
 — Crotonis 290  
 — Eucalypti 322  
 — Foeniculi 329  
 — Juniperi 275  
 — Lauri 293  
 — Lavandulae 347  
 — Levistici 329  
 — Lini 308  
 — Macidis 294  
 — Menthae 347  
 — Nucistae 294  
 — Olivarum 344  
 — Persicarum 318  
 — Rapae 300  
 — Ricini 289  
 — Rosae 318  
 — Rosmarini 347  
 — Santali 291  
 — Sesami 338  
 — Valerianae 350  
 Olivenöl 344  
 Onagraceen 321  
 Onobrychis 323  
 Ononis 323  
 oogam 198  
 Oogonium 199  
 Oomyceten 245  
 Oosphaere 198  
 Oospore 199. 245  
 Ophioglossaceen 266  
 Ophioglossum 266  
 Ophrys 365  
 Ophrydeen 366  
 Opium 299  
 Optimum 125  
 Opuntia 288

Orangen 311  
 Orangenbaum 311  
 Orchidaceen 365  
 Orchis 365  
 Ordnungen 225  
 Organisationsmerkmale 223  
 Organographie 3  
 Orientierungsbewegungen  
 175  
 Origanum 345  
 Ornithogalum 360  
 Ornithopus 324  
 Orobanchaceen 338  
 Orobanche 338  
 Orthospermae 328  
 Orthostichen 11  
 Oryza 375  
 Oscillaria 227  
 Oscillariaceen 227  
 Osmose 150  
 osmotische Befähigung 75  
 Osmunda 267  
 Osmundaceen 267  
 Osterluzei 291  
 Oxalidaceen 308  
 Oxalis 308  
  
**P**aeonia 294  
 paläozoische Periode 218  
 Palaquium 333  
 Palisadenparenchym 106  
 Palisanderholz 338  
 Palmen 369  
 Palmkernkuchen 370  
 Palmöl 370  
 Pandanaceen 369  
 Pandanales 369  
 Pandanus 369  
 Pandorina 235  
 Panicum 375  
 Panzerträger 231  
 Papayer 297  
 Papaveraceen 297  
 Papilionaceen 323  
 Pappeln 280  
 Pappus 350  
 Papyrusstaude 372  
 Paradiesfeigen 363  
 parallelnervig 33  
 Parantisse 322  
 Parasiten 130  
 Parastichen 11  
 paratonische Bewegungen  
 175  
 Parenchym 89  
 parietale Plazentation 64  
 Paris 361  
 Parmeliaceen 257  
 Parnassia 318  
 Parthenogenesis 221  
 Pasta Guarana 313

- Pastinaca 329  
 Pastinak 329  
 Paullinia 313  
 Pediastrum 236  
 Pedicularis 338  
 Pelargonium 308  
 Pellia 260  
 pendelartige Nutation 174  
 Penicillium 247  
 Pennatae 232  
 Pensée 302  
 Pentacycliae 331  
 Perception 187  
 Perennen 191  
 Perianth 51  
 Perianthium 261  
 Periblem 89  
 Pericambium 111  
 Pericarp 69  
 Pericarpium Aurantii 311  
 — Citri 311  
 Perichaetium 261  
 Pericykel 111  
 Periderm 104  
 Peridie 253  
 Peridiniaceen 231  
 Peridinium 231  
 Peridiolen 255  
 Perigon 51  
 perigyn 56  
 Perikambium 111  
 Perikarp 69  
 Periklinalchymären 171  
 Periklinen 160  
 periodische Bewegungen 182  
 Perisperm 71, 217  
 Perisporiaceen 247  
 Peristom 209  
 Perlsucht-Tuberkulin 231  
 Peronosporaceen 245  
 Peronospora 245  
 Persica 318  
 personat 58  
 Personatae 335  
 Pertusaria 257  
 Pertusariaceen 257  
 Perubalsam 324  
 Perzeption 187  
 Pestalozzia 247  
 Pestwurz 351  
 Petalen 57  
 Petasites 351  
 Petersilie 329  
 Petroselinum 329  
 Peziza 247  
 Pfaffenhütlein 315  
 Pfahlwurzel 16  
 Pfeffer 283  
 Pfefferstrauchgewächse 282  
 Pfefferminzblätter 347  
 Pfefferminzöl 347  
 Pfeifenstrauch 291  
 Pfennigkraut 333  
 Pferdebohne 323  
 Pfifferling 253  
 Pfingstrose 293  
 Pfirsich 318  
 Pflanzenart 225  
 Pflanzenfamilien 225  
 Pflanzengattung 225  
 Pflanzenschleim 84  
 Pflaume 318  
 Pflropfbastarde 171  
 Pflropfen 171  
 Pflropfreis 171  
 Phaeophyceae 231, 240  
 Phaeophyceen 240  
 Phallaceen 253  
 Phallus 253  
 Phanerogamen 225  
 Phasenwechsel 198  
 Phaseolus 323  
 Phelloderm 104  
 Phellogen 104  
 Philadelphus 318  
 Philydraceae 362  
 Phleum 375  
 Phoenix 370  
 Phoma 247  
 Phormium 360  
 photometrisch 185  
 Photomorphose 169  
 Phototaxis 173  
 Phototropismus 129, 177  
 Phragmidium 252  
 Phycocyan 227  
 Phycoerythrin 241  
 Phycomyces 245  
 Phycomyceten 244  
 Phycophaein 240  
 Phyllanthus 28  
 Phyllocladon 39  
 Phyllokladien 28  
 Phyllolobeae 323  
 Phylloxera 316  
 Physaraceen 244  
 Physcia 257  
 Physiologie 124  
 Physostigma 325  
 Physostigminum 325  
 Phytelephas 371  
 Phyteuma 347  
 Phytolaccaceae 287  
 Phytomyxinen 243  
 Phytophthora 245  
 Piassave 371  
 Picea 276  
 Picrosma 312  
 Pilacreae 251  
 Pilobolus 245  
 Pilularia 269  
 Pilzcellulose 84  
 Pilze 226, 241  
 Pimenta 322  
 Pimpinella 329  
 Pinguicula 338  
 Pinnularia 233  
 Pinus 276  
 Piper 283  
 Piperaceen 283  
 Piperinae 282  
 Piptocephalidaceae 244  
 Pirola 332  
 Pirus 318  
 Pisang 363  
 Pistacia 312  
 Pistaciennüsse 312  
 Pisum 323  
 Pitafaser 362  
 Pix Juniperi 275  
 Pix liquida 276  
 Placenta 63  
 Placenta Seminis Lini 309  
 Placentation 64  
 Placophora 231  
 Plagiochila 261  
 plagiotrop 170  
 Plankton 231  
 Planogameten 199  
 Plantaginaceen 339  
 Plantago 339  
 Plasma 74  
 Plasmodiesmen 74  
 Plasmodiophora 243  
 Plasmodium 242  
 Plasmokarprien 244  
 Plasmolyse 152  
 Plastik der Blütenteile 55  
 Platanaceen 319  
 Platane 319  
 Platanus 319  
 Platanthera 365  
 Platte 57  
 Platterbse 323  
 Platyphyllaceen 261  
 Pleiochasium 67  
 Pleiospermae 347  
 Pleospora 247  
 Plerom 89  
 pleurocarpe 264  
 Pleurococceaceen 236  
 Pleurococcus 236  
 Pleurosigma 233  
 Plumbaginaceen 333  
 Plumula 4  
 Poa 375  
 Podetien 256  
 Podocarpaceae 274  
 Podophyllinum 293  
 Podophyllum 293  
 Polarität 167  
 Polemoniaceae 343  
 Polkerne 215



Pollenfach 59  
 Pollenkörner 60  
 Pollensäcke 59  
 Pollenschlauch 211, 215  
 Pollinium 60  
 polyarch 111  
 Polycarpiceae 292  
 Polyembryonie 221  
 Polygala 314  
 Polygalaceen 314  
 Polyganaceen 286  
 Polygoninae 286  
 Polygonum 287  
 polykarpisch 191  
 polymer 53  
 Polypodiaceen 267  
 Polypodien 267  
 Polypodium 267  
 Polyporaceen 253  
 Polyporus 253  
 Polystigma 247  
 Polytrichaceen 264  
 Polytrichum 264  
 Pomeranzen 311  
 Pomeranzenschalen 311  
 Pompelmuse 311  
 Pompholyx 256  
 Pontederiaceae 362  
 Populus 280  
 Porenkapsel 70  
 Porre 360  
 Portulaccaceae 288  
 Potamogeton 357  
 Potamogetonaceen 357  
 Potentilla 318  
 Potometer 135  
 Preiselbeeren 332  
 Preissia 259  
 Preßhefe 249  
 primäre Rinde 105  
 Primordialblätter 32  
 Primula 333  
 Primulaceen 333  
 Primulinae 333  
 Principes 369  
 Procarp 203, 241  
 Prosenchym 89  
 protandrisch 68  
 Prothallium 265  
 Protobasidii 250  
 Protococcaceae 236  
 Protococcoideae 234, 235  
 protogyn 68  
 Protomyces 249  
 Protomyceten 249  
 Protonema 258  
 Protoplasma 74  
 Protoplasmaströmung 75  
 Protoplasmaverbindungen 74  
 Prunus 318  
 Pseudopodien 242

Psilotaceae 271  
 Pteridophyten 225, 265  
 Pteridospermae 273  
 Puccinia 251  
 Pulmonaria 345  
 Pulpa 325  
 Pulpa tamarindorum 325  
 Punica 322  
 Pyrenoide 234  
 Pyrenolichenen 256  
 Pyrenomyceten 247  
 Pythium 245  
 Pyxidium 70  
 Quassia 312  
 Quassiaholz 312  
 Quebrachorinde 341  
 Quecke 376  
 Quendel 345  
 Querabstand 10  
 Quercus 281  
 Querschnitt 117  
 Quillaia 318  
 Quirlstellung 8  
 Quitte 318  
 Racemös 66  
 radiär 12  
 radialer Längsschnitt 117  
 Radix Althaeae 306  
 — Angelicae 329  
 — Colombo 293  
 — Gentianae 341  
 — Ipecacuanhae 349  
 — Levistici 329  
 — Liquiritiae 324  
 — Ononidis 324  
 — Pimpinellae 329  
 — Ratanhiae 326  
 — Saponariae 288  
 — Sassaparillae 361  
 — Senegae 314  
 — Valerianae 349  
 Radula 261  
 Rafflesiaceae 291  
 Rainfarm 352  
 Ramalina 257  
 Ramalinaceen 257  
 Ramieh 285  
 Randnerven 34  
 Ranken 42  
 Ranunculaceen 294  
 Ranunculus 294  
 Raphanus 300  
 Raphiden 81  
 Raps 300  
 Rapünzchen 350  
 Rapunzel 347  
 Rasamala 318  
 Ratanhiawurzel 326  
 Raukensenf 300  
 Raute 311

Raygras 375  
 Reaktion 183  
 Reblaus 316  
 Receptacula 259  
 recessiv 219  
 Rechtswinder 177  
 reduzierte Wurzeln 21  
 Reduktionsteilung 198  
 Regelmäßige 306  
 Reihen 225  
 Reiherschnabel 308  
 Reis 375  
 Reisstärke 376  
 Reizaufnahme 187  
 Reizbarkeit 75, 184  
 Reizbewegungen 175  
 Reize 183  
 Reizker 253  
 Reizleitung 191  
 Reizperzeption 190  
 Reizschwelle 187  
 Reizstimung 187  
 Reizursache 183  
 Reizwirkung 183  
 Renntierflechte 256  
 Replum 70  
 Resedaceae 301  
 Reservecellulose 84  
 Reservestärke 78  
 Reservestoffbehälter 19, 45  
 Restionaceae 362  
 Reticulariaceae 244  
 Rettich 300  
 revolute Nutation 174  
 rezzisiv 219  
 Rhabarber 287  
 Rhamnaceen 315  
 Rhamnus 315  
 Rheotaxis 173  
 Rheum 287  
 rhexigen 93  
 Rhizoiden 23  
 Rhizoktonia 248  
 Rhizom 26  
 Rhizoma Calami 368  
 — Filicis 267  
 — Galangae 364  
 — Hydrastis 294  
 — Iridis 362  
 — Rhei 287  
 — Veratri 361  
 — Zedoaria 364  
 — Zingiberis 364  
 Rhizomorpha 253  
 Rhizophoraceae 321  
 Rhizopogon 255  
 Rhododendron 332  
 Rhodophyceae 231, 240  
 Rhodophyceen 240  
 Rhodymeniaceae 241  
 Rhoeadinae 297

- Rhus 312  
 Ribes 318  
 Riccia 259  
 Ricciaceen 259  
 Richardia 368  
 Richtung der Teilungswand 88  
 Ricinus 289  
 Ricinusöl 289  
 Riedgräser 372  
 Riesenformen 171  
 Rinde 114  
 Rindenporen 103  
 Ringelborke 104  
 Ringgefäße 91  
 Rispe 66. 375  
 Rispengras 375  
 Rittersporn 294  
 Rivulariaceae 227  
 Robinia 324  
 Rocella 257  
 Röhrenblütige 343  
 Roggen 374  
 Roggenstengelbrand 250  
 Rohrkolben 369  
 Rollblätter 35  
 Rosa 318  
 Rosaceen 318  
 Rosenartige 317  
 Rosenblätter 318  
 Rosenkohl 300  
 Rosenöl 318  
 Rosiflorae 317  
 Rosmarinöl 347  
 Rosmarinus 347  
 Roßkastanie 314  
 Roßkastanienartige 313  
 Rostkrankheit 251  
 Rostpilzartige 251  
 Rostpilze 251  
 Rotalgen 231  
 Rotang 371  
 Rotation 75  
 roter Schnee 235  
 Rotklee 323  
 Rotkraut 300  
 Rotkappe 253  
 Rubiaceen 349  
 Rubus 318  
 Rübe 19. 300  
 Rübenbildung 19  
 Rübenschnitzel 287  
 Rüböl 300  
 Rübsen 300  
 Rüster 283  
 Rumex 287  
 Runkelrübe 287  
 Ruscusarten 28  
 Rußbrand 250  
 Ruta 311  
 Rutaceen 311  
 Saatwicke 323  
 Sabadilla 361  
 Saccharomyces 249  
 Saccharomyceten 249  
 Saccharum 375  
 Sadebaum 275  
 Säulchenträger 304  
 Safflor 354  
 Safran 362  
 Sago 371  
 Salbeiblätter 347  
 Salep 366  
 Salicaceen 280  
 Salicornia 287  
 Salix 280  
 Salsola 287  
 Salvia 347  
 Salvinia 268  
 Salviniaceen 268  
 Salweide 280  
 Salzkraut 287  
 Sambucus 349  
 Same 71  
 Samen 69  
 Samenanlage 49. 64  
 Sameneiweiß 71  
 Samenknospenkern 64  
 Samenmantel 72  
 Samenmund 71  
 Samenpflanzen 225  
 Samenschale 71  
 Samenschuppe 276  
 Samenschwiele 71. 289  
 Sanddorn 323  
 Sandelholz 291  
 Sandelöl 291  
 Sandzellen 81  
 Sanseviera 361  
 Santalaceen 291  
 Sapindaceen 313  
 Saponaria 288  
 Sapotaceen 333  
 Saprolegnia 245  
 Saprolegniaceen 245  
 Saprophyten 130  
 Sarcinaform 228  
 Sacrolobae 323  
 Sargassowiesen 240  
 Sargassum 240  
 Sarracenia 302  
 Sarraceniaceen 302  
 Sarsaparille 361  
 Sassafras 293  
 Sassafrasholz 293  
 Saubohne 323  
 Sauer-Ampfer 287  
 Sauerdorn 293  
 Sauerklee 308  
 Sauerstoffausscheidung 139  
 Sauerstoffbedürfnis 129. 155  
 Sauerstoffverbrauch 153  
 Saugorgane 21  
 Saugwarzen 21  
 Saugwurzeln 21  
 Saururaceae 283  
 Saxifraga 318  
 Saxifragaceen 318  
 Scabiosa 350  
 Scapania 261  
 Scenedesmus 236  
 Schachtelhalme 269  
 Schafgarbe 352  
 Schalf Frucht 70  
 Schalotte 360  
 Schattenpflanzen 128  
 Scheinfrüchte 70  
 Scheitelzelle 86  
 Scheuerkraut 270  
 Schichtung der Stärke 78  
 Schichtung der Zellwand 81  
 Schiefblatt 13  
 Schierling 329  
 Schiffchen 323  
 Schildchen 58. 373  
 schildförmig 40  
 Schildkraut 300  
 Schimmelpilze 247  
 Schistostegaceae 264  
 Schizaeaceae 266  
 schizogen 93  
 Schizokarpae 263  
 Schizomyceten 228  
 Schizophyte 226  
 Schlafbewegungen 182  
 schlafende Augen 8  
 Schlafmohn 299  
 Schlafstellung 183  
 Schlangenzahn 368  
 Schlauchalgen 234. 237  
 Schlauchpilze 246  
 Schlehdorn 318  
 Schlierchen 209  
 Schleimpilze 242  
 Schließfrüchte 69  
 Schließhaut 82  
 Schließzellen 97  
 Schlingpflanzen 27  
 Schlüsselblume 333  
 Schmarotzer 130  
 Schmeerwurz 361  
 Schmetterlingsblüten 57. 323  
 Schmierbrand 250  
 Schneeball 349  
 Schneeglöckchen 361  
 Schnittlauch 360  
 Schöllkraut 297  
 Schoenocaulon 361  
 Schokolade 305  
 Schote 70. 300  
 Schotendotter 300  
 Schraubel 67  
 Schraubenpalmen 369

Schraubelsympodium 67  
 Schraubensteinstellung 8  
 Schriftflechte 257  
 Schuppenblätter 35  
 Schuppenborke 104  
 Schuppenhaare 99  
 Schusterpflaumen 248  
 Schwärmsporen 194  
 Schwärze 247  
 Schwalbenwurz 342  
 Schwammparenchym 106  
 schwarzer Brenner 247  
 Schwarzpappel 281  
 Schwarzwurz 345  
 Schwarzwurzel 355  
 Schwebeflora 231  
 Schwefelbakterien 230  
 Schweinerotlauf-Serum 231  
 schwertförmig 41  
 Schwertlilie 362  
 Schwingel 375  
 Scilla 360  
 Scirpus 372  
 Scitamineae 363  
 Scleroderma 256  
 Sclerodermaceen 256  
 Sclerotinia 248  
 Sclerotium 247  
 Scorzonera 355  
 Scrophularia 338  
 Scrophulariaceen 336  
 Scutellum 373  
 Scytonemaceen 227  
 Secale 247. 374  
 Sedum 318  
 Seegras 357  
 Seerose 297  
 Seidelbast 322  
 Seifenrinde 318  
 Seifenwurzel 288  
 Seitenrippen 328  
 Seitensprosse 6  
 Seitenwurzel 6. 15  
 Sekretgänge 94  
 Sekretion 142  
 Sekretschläuche 94  
 sekundäre Cambien 113  
 — Markstrahlen 113  
 — Rinde 113  
 sekundärer Embryosack-  
 kern 216  
 sekundäres Dickenwach-  
 stum 112  
 — Holz 113  
 Selaginella 272  
 Selaginellaceen 271  
 Selbstbefruchtung 67  
 Selbstbestäubung 67. 69  
 Selbststerilität 69  
 selbstleuchtende Pflanzen  
 127

Selektionstheorie 222  
 Seligeriaceae 264  
 Sellerie 329  
 Samen Arecae 371  
 — Colchici 360  
 — Foenugraeci 324  
 — Lini 308  
 — Papaveris 299  
 — Sabadillae 361  
 — Sinapis 300  
 — Strophanti 341  
 — Strychni 343  
 Sempervivum 318  
 Senecio 352  
 Senecioideae 351  
 Senegawurzel 314  
 Senf 300  
 Senker 21  
 Sennesblätter 325  
 Sepalen 56  
 septicid 70  
 Sequoia 277  
 Serum antidiphthericum 230  
 — anitetanicum 230  
 Serradella 324  
 Sesamöl 338  
 Sesamum 338  
 Sexualzellen 197  
 Sherardia 349  
 Shorea 303  
 Sichel 67  
 Siebplatte 92  
 Siebröhren 92  
 Siebteile 110  
 Sigillarien 272  
 Silberweide 280  
 Silene 288  
 Simarubaceae 311  
 Sinapis 300  
 Sinnesorgane 188  
 Sinngrün 341  
 Siphonales 234. 237  
 Siphonocladaceen 238  
 Sirosiphonaceen 237  
 Sirupus Cerasi 318  
 — Rhamni cath. 315  
 — Rubi idaei 318  
 Sisalhanf 362  
 Sisymbrium 300  
 Sklerenchym 90  
 Sklerenchymfasern 90  
 Sklerenchymzellen 90  
 Sklerotienkrankheit 248  
 Sklerotium 247  
 Smilaceen 361  
 Smilax 361  
 Solanaceen 335  
 Solanum 336  
 Sommereiche 282  
 Sommerlinde 304  
 Sommerwurz 338

Sonnenröschen 302  
 Sonnenrose 352  
 Sonnentau 302  
 Sorbus 318  
 Soredien 256  
 Sori 266  
 Sorus 266  
 Spadicifloren 366  
 Spadix 366  
 Spaltalgen 227  
 Spaltfrucht 70. 328  
 Spaltfrüchtler 263  
 Spaltöffnungen 96  
 Spaltpflanzen 227  
 Spaltpilze 228  
 spanischer Flieder 344  
 — Pfeffer 336  
 spanisches Rohr 371  
 Sparassis 253  
 Sparganium 369  
 Spargel 361  
 Spatha 366  
 Spathiflorae 367  
 spezielle Botanik 224  
 Species 225  
 Specularia 347  
 Speichergewebe 106  
 Spelz 375  
 Spelzenblütige 371  
 Spergel 288  
 Spergula 288  
 Spermation 204  
 Spermatozoiden 203  
 Spermazellen 211  
 Spermogonien 251. 256  
 spezielle Botanik 224  
 Sphacelaria 240  
 Sphacelariaceen 240  
 Sphaerella 235  
 Sphaeroplea 238  
 Sphaeropleaceen 238  
 Sphaerotheca 247  
 Sphagna 262  
 Sphagnum 263  
 Spierstaude 318  
 Spinacia 287  
 Spinat 287  
 Spindelbaum 315  
 Spiraea 318  
 Spiralgefäße 91  
 Spiralstellung 8  
 Spirillaceen 229  
 Spirillen 228  
 Spirillum 230  
 Spirogyra 234  
 Spitzahorn 314  
 Spitzpappel 281  
 Splachnaceen 264  
 Splintholz 115  
 spontane Nutation 174  
 Sporangien 206. 265

Sporangienähren 48  
 Sporen 194  
 Sporenfrucht 204, 241  
 Sporenpflanzen 225  
 Sporensack 206  
 Sporenschlauch 205  
 Sporogonium 207, 258  
 Sporokarpium 269  
 Sporophyll 48, 273  
 Sporophyt 265  
 Springbrunnenbewegung 75  
 Springfrüchte 69  
 Springkraut 309  
 Sproß 4  
 Sproßachse 4  
 Sproßachsen und Blätter 7  
 Sproßdornen 31  
 Sproßknollen 28  
 Sproßpflanzen 226  
 Sproßranken 27  
 Sproßsystem 6, 25  
 Sprossung 85  
 Spumariaceen 244  
 Stachelbeere 318  
 Stacheln 101  
 Stachys 345  
 Stärke 74, 78  
 Stärkebildner 78  
 Stärkekörner 78  
 Stärkescheide 112  
 Staminodien 62  
 stammeigene Bündel 109  
 Stammknospe 4  
 Stammsukkulente 28  
 Staphyleaceae 313  
 Staphylococcus 228  
 statisches Organ 188  
 Staubblätter 50, 51, 214  
 Staubbrand 250  
 Stauden 24  
 Stechapfelblätter 336  
 Stecheiche 315  
 Steckling 194  
 Steinbrand 250  
 Steineiche 282  
 Steinfrucht 70  
 Steinklee 323  
 Steinkohlenperiode 218  
 Steinpilz 253  
 Steinsame 345  
 Steinzellen 90  
 Stele 105  
 Stellaria 288  
 Stellung der Blütenteile 52  
 Stelzwurzeln 17  
 Stemonitaceen 244  
 Stemonitis 244  
 Stengelbrand 250  
 stengelumfassend 42  
 Sterculiaceen 305  
 Sternhaare 99

Sternmiere 288  
 Stiefmütterchen 302  
 Stieleiche 282  
 Stielpilze 249  
 Stinkbrand 250  
 Stipa 376  
 Stinkmorchel 253  
 Stockrose 306  
 Stoffwechsel 75  
 Stolonen 30  
 Stomium 210  
 Storax 319  
 Storchschnabel 308  
 Storchschnabelartige 307  
 Sträucher 24  
 Strahlenpilze 230  
 Strauchflechten 256  
 Streckung 157  
 Streifung der Zellwand 81  
 Streptococcus 229  
 Streptokokken 229  
 Strophantus 341  
 Strophantussamen 341  
 Struktur der Zellwand 81  
 Strychnos 343  
 Stützblatt 8  
 Stützwurzeln 18  
 Stylidiaceae 347  
 Stypocaulon 240  
 Styraceen 334  
 Styrax 334  
 Suberin 82  
 Succisa 350  
 Süßholz 324  
 sukkulente Blätter 43  
 Sumach 312  
 Sumpfdotterblume 294  
 Sumpffililien 357  
 Sumpfwurze 365  
 Sumpfyzypresse 20  
 Suppenpilz 253  
 superponiert 53  
 Surirella 233  
 Surirellaceen 233  
 Symbionten 147  
 Symbiose 147  
 Symmetrieverhältnisse 12, 54  
 sympetal 57  
 Sympetalae 279, 330  
 Symphoricarpos 349  
 Symphytum 345  
 Sympodium 67  
 syncarp 62  
 Syncarpium 70  
 Synedra 233  
 Synergiden 215  
 Synkarpium 70  
 Syringa 344

**Tabak** 336  
**Tabakblätter** 336

Taccaceae 359  
 Tälchen 328  
 Tagesperiode 164  
 Talformen 167  
 Tamaricaceae 301  
 Tamarindenmus 325  
 Tamarindus 325  
 Tamus 361  
 Tanacetum 352  
 tangentialer Längsschnitt  
   117  
 Tangwiesen 240  
 Tanne 276  
 Tannenbaumartige 275  
 Taphrina 248  
 Tapioka 289  
 Taraxacum 354  
 Taro 368  
 Taubnessel 345  
 Taumelloch 376  
 Tausendguldenkraut 340  
 Taxaceen 274  
 Taxieen 172  
 Taxinae 274  
 Taxodiaceen 277  
 Taxus 274  
 Teestrauch 303  
 Teile des Blattes 32  
 Teilfrucht 70  
 Telephoraceen 252  
 Teleutosporen 251  
 Tentakel 146  
 Terebinthina 276  
 Terebinthinae 310  
 Terebinthenartige 310  
 Ternstroemiaceen 303  
 Terpentin 276  
 Terpentinöl 276  
 Testa 71  
 Testudinaria 361  
 Tetanus-Serum 231  
 Tetracycliaee 334  
 Tetraraphidaceae 264  
 Tetrasporaceae 236  
 Tetrasporangium 204  
 Tetrasporen 204, 241  
 Teufels-Abbiß 350  
 Thaeniophyllum 20  
 Thallophten 226  
 Thallus 13  
 Thea 303  
 Theca 59  
 Theobroma 305  
 thermophile Bakterien 230  
 Thermotropismus 179  
 Thesium 291  
 Thuja 275  
 Thymelaeaceen 322  
 Thymian 345  
 Thymus 345  
 Tierfallen 43

Tierfang 145  
 Tilia 304  
 Tiliaceen 304  
 Tillandia 362  
 Tilletia 250  
 Tilletieen 250  
 Timotheegras 375  
 Tollkirschenblätter 336  
 Tolubalsam 324  
 Tomentellaceae 252  
 Topinambur 28. 352  
 Torfmoose 262  
 Torus 82  
 Totentrompete 252  
 Toxine 228  
 Trabeculae 272  
 Tracheiden 91  
 Tradescantien 362  
 Träufelspitze 37  
 Tragacantha 324  
 Traganth 324  
 Tragblatt 8  
 Transpiration 134  
 Transpirationstrom 134  
 Transport der Nährsalze 134  
 Transport des Wassers 134  
 Transversale 53  
 Transversalgeotropismus 175  
 Transversalheliotropismus 178  
 Trapa 321  
 Traube 66  
 traubig 66  
 Tremellinaceen 252  
 Treppengefäße 91  
 triarch 111  
 Trias 218  
 Trichia 244  
 Trichiaceen 244  
 Trichogyn 203  
 Trichomanes 267  
 Trichome 98  
 Tricoccae 289  
 Trifolium 323  
 Trigonella 324  
 trimer 53  
 Triticum 374  
 Triuridaceae 357  
 Trockenfäule 247  
 Trockenfrüchte 69  
 Tropaeolaceen 308  
 Tropaeolum 308  
 Tropfenabscheidung 136  
 Tropismen 175  
 Trüffelpilze 248  
 trugdoldig 66  
 Tsuga 277  
 Tuber 248  
 Tubera Aconiti 294  
 — Jalapae 344  
 — Salep 366

Tuberculinum 231  
 Tubiflorae 343  
 Tubuliflorae 351  
 Tüpfel 81  
 Tüpfelgefäße 91  
 Tüpfelkanal 81  
 Tulipa 360  
 Turgeszenz 152  
 Turgor 152  
 Turnips 300  
 Tussilago 351  
 Tyllen 116  
 Typha 369  
 Typhaceen 369  
  
 Uhrfederranken 169  
 Ulmaceen 283  
 Ulmus 283  
 Ulothrix 237  
 Ulotrichaceen 237  
 Ulotrichalen 234. 236  
 Ulva 237  
 Ulvaceen 237  
 Umbelliferae 327  
 Umbelliferen 327  
 umgebildete Blätter 42  
 — Sprosse 27  
 — Wurzeln 19  
 Uncinula 247  
 ungegliederte Milchröhren 92  
 ungeschlechtliche Fortpflanzung 193  
 Unregelmäßige 292  
 unsymmetrisch 13. 38  
 Unterkelch 56  
 unterschlächtig 261  
 unterständig 56  
 Upasbaum 285  
 Uragoga 349  
 uralte Bäume 192  
 Uredinaceen 251  
 Uredineen 251  
 Uredo 251  
 Uredosporen 251  
 Urginea 360  
 Urkornalgen 234. 235  
 Urocystis 250  
 Uromyces 252  
 Urpflanzen 226  
 Ursachen der Formbildung 165  
 Urtica 285  
 Urticaceen 285  
 Urticinae 283  
 Usnea 256  
 Usneaceen 256  
 Ustilaginaceae 250  
 Ustilaginaceen 250  
 Ustilagineen 250  
 Ustilago 250

Utricularia 338  
 Utriculariaceen 338  
  
 Vaccinium 332  
 Vakuolen 74. 79  
 Valeriana 349  
 Valerianaceen 349  
 Valerianella 349  
 Valoniaceen 238  
 Vanilla 366  
 Vaucheria 238  
 Vaucheriaceen 238  
 vegetabilisches Elfenbein 371  
 Vegetationspunkt 6  
 vegetativer Sproß 24  
 vegetatives Leben 124  
 vegetative Vermehrung 193  
 Veilchen 302  
 Veilchenstein 237  
 Veilchenwurzel 362  
 Velamen 17  
 Veratrum 360  
 Verbascum 338  
 Verbreitungsausrüstung 72  
 Vererbung 218  
 Vergißmeinnicht 345  
 Verholzung 82  
 Verkalkung 83  
 Verkernung 115  
 Verkieselung 83  
 Verkorkung 82  
 Verlauf der Blattnerven 35  
 Vermischungstheorie 223  
 Veronica 338  
 Verschiedensporige 271  
 verwachsen 42  
 Verwachsenkronblättrige 279. 330  
 Verzweigung 6  
 Vexillum 58  
 Viburnum 349  
 Vicia 323  
 Victoria 297  
 vielfrüchtige 292  
 vielmächtig 111  
 Vierkreisige 433  
 Vinca 341  
 Vincetoxicum 342  
 Viola 302  
 Violaceen 301  
 Viscum 291  
 Vitaceen 315  
 Vitis 315  
 Vochysiaceae 313  
 Vogelbeere 318  
 Vogelnest 365  
 Vogelwicke 323  
 Vollsamige 347  
 Volvocaceen 235  
 Volvocineen 235  
 Volvox 235

- Vorblätter 52  
 Vorläuferspitze 37  
 Vorspelze 373  
  
**Wacholder** 275  
 Wacholderbeeren 275  
 Wacholderteer 275  
 Wachsausscheidung 96  
 Wachstum 156  
 — der Organe 158  
 — der Zellen 157  
 — des Gesamtorganismus 161  
 Wachstumsphasen 157  
 Wachstumsrichtung 26  
 Wachtelweizen 338  
 Wärme 126  
 Wärmebedürfnis 126  
 Wärmeerzeugung durch Atmung 155  
 Waldmeister 349  
 Walnußbaum 282  
 Walnußblätter 282  
 Wanderung der organischen Stoffe 142  
 — der Stärke 143  
 Wandflechte 257  
 Wandplasma 74  
 Wasseraufnahme 133  
 Wasserbedürfnis 129  
 Wasserbewegung 134  
 Wasserblätter 36  
 Wasserdost 351  
 Wasserfarne 268  
 Wasserform 170  
 Wassergewebe 107  
 Wasserhelm 338  
 Wasserkulturen 131  
 Wasserlinsen 369  
 Wassernuß 321  
 Wasserpest 358  
 Wasserschierling 329  
 Wasserspalten 98  
 Wasserspeicher 28  
 Wasserverdunstung 134  
 Weberkarde 350  
 Wechselbeziehungen 166  
 Wegerich 339  
 Weichsel 318  
 Weide 280  
 Weidenröschen 321  
 Wein 315  
 Weinstock 316  
 Weißbuche 281  
 Weißdorn 318  
 Weißklee 323  
 Weißkraut 300  
 Weißtanne 276  
 Weizen 374  
 Weizenrost 252  
 Weizenstärke 376  
  
 Welschkorn 375  
 Welwitschia 277  
 Wermut 352  
 Weymouthskiefer 276  
 Wicke 324  
 Wickel 67  
 Wickelsympodium 67  
 Wiesenschaumkraut 300  
 Winden 177  
 Winterliche 282  
 Winterknospen 46  
 Winterlinde 304  
 Wirsing 300  
 Wirtel 8  
 Wirtswechsel 251  
 Wolfsmilch 289  
 Wollblumen 338  
 Wollblumenblätter 338  
 Wollhaare 99  
 Wucherblume 352  
 Wundklee 323  
 Wurmsamenöl 287  
 Wurzel 3  
 Wurzelbrut 8  
 Wurzeldornen 20  
 Wurzeldruck 136  
 Wurzelhaare 14. 101. 132  
 Wurzelhaube 14  
 Wurzelhülle 17  
 Wurzelknöllchen 148. 324  
 Wurzelknollen 19  
 wurzellose Gefäßpflanze 22  
 Wurzelscheide 374  
 Wurzelschimmel 247  
 Wurzelschmarotzer 134  
 Wurzelsprosse 8  
 Wurzelsystem 6  
 Wurzeltasche 21  
 Wurzeltöter 248  
 Wurzel und Sproß 3  
 Wurzelzöpfe 170  
  
**Xerophyten** 129  
**Xyridaceae** 362  
  
**Yamswurzel** 361  
**Yucca** 360  
  
**Zahl der Pflanzenarten** 218  
**Zamia** 273  
**Zanardinia** 240  
**Zaunrübe** 348  
**Zaunwicke** 323  
**Zaunwinde** 344  
**Zea** 375  
**Zeder** 277  
**Zeiger am Bogen** 162  
**Zeitlosensamen** 360  
**Zelle** 73  
**Zellenlehre** 73  
**Zellinhalt** 74  
**Zellkern** 74  
  
**Zellsaft** 74  
**Zellteilung** 85  
**Zellverjüngung** 86  
**Zellverschmelzung** 86  
**Zellwand** 81  
**Zentralcylinder** 111  
**Zentralkörper** 227  
**Zentralplacenta** 286  
**Zentralsamige** 286  
**zentralwinkelständig** 286  
**zentrisch** 106  
**Zichorie** 354  
**Ziest** 345  
**Zimbelkraut** 365  
**Zimt** 293  
**Zimtöl** 293  
**Zingiber** 364  
**Zingiberaceen** 363  
**Zinnkraut** 270  
**Zirbe** 276  
**Zirbelkiefer** 276  
**Zirkulation** 75  
**Zitronellöl** 376  
**Zitronen** 311  
**Zitronenbaum** 311  
**Zitronenschale** 311  
**Zittergras** 375  
**Zitterpappel** 280  
**Zitwerwurzel** 364  
**Zoogloen** 228  
**Zoosporen** 194  
**zostera** 357  
**Zuckerrohr** 375  
**Zuckerrübe** 287  
**Zugwurzeln** 16  
**Zungenblüten** 57  
**Zürgelbaum** 284  
**zweiachsig** 25  
**Zweiblatt** 365  
**zweihausig** 52  
**zweijährig** 191  
**zweilippig** 56  
**zweimächtig** 111  
**Zwergformen** 168  
**Zwetsche** 318  
**Zwiebel** 360  
**Zwiebelbrut** 197  
**Zwischenglieder** 8  
**Zwischenrippen** 328  
**zwitterig** 52  
**Zygnema** 234  
**Zygnemaceen** 234  
**zygomorph** 54  
**Zygomyceten** 244  
**Zygophyllaceen** 310  
**Zygophyceae** 233. 234  
**Zygospore** 198  
**Zygote** 198  
**zyklisch** 52  
**Zymase** 249  
**Zypressenartige** 275

**Pflanzenanatomie.** Von Prof. Dr. *W. J. Palladin*. Nach der 5. russ. Aufl. übersetzt und bearbeitet von Dr. *S. Tschulok*, Prof. an der Univ. Zürich. Mit 174 Abb. im Text. [IV u. 195 S.] gr. 8. 1914. Geh. *RM* 4.40

„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.)

**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. *RM* 10.—

Das Buch behandelt die Probleme der experimentellen Morphologie, die Abhängigkeit der Blattgestaltung, die Lateralität (d. h. die Arbeitsteilung zwischen Haupt- und Seitensprossen), die Regeneration, die Polarität.

**Physiologie und Ökologie.** Unter Mitarbeit hervorragender Fachgelehrter

herausgegeben von Geh. Rat Prof. Dr. *G. Haberlandt*. I. Botanischer Teil. Mit 119 Abb. [VI u. 338 S.] Lex.-8. 1917. (Die Kultur der Gegenwart, hrsg. von Prof. Dr. *P. Hinneberg*. Teil III, Abt. IV, Bd. 3.) Geh. *RM* 13.—, geb. *RM* 16.—, in Halbleder geb. *RM* 19.—

Inhalt:

Zur Einleitung in die Pflanzenphysiologie: Die Bewegungserscheinungen im Pflanzenreich: *H. v. Guttenberg*.

Die Ernährung der Pflanze: *F. Czapek*.

Wachstum und Entwicklung der Pflanze: Physiologie der Fortpflanzung im Pflanzenreich: *E. Baur*.

„Wenn Czapek, von Guttenberg und E. Baur, von Haberlandts universellem Wissen und Empfinden umrahmt, ein derartiges Buch schreiben, so genügt das jedem Eingeweihten, um ohne weiteres den Dauerwert der Arbeit zur Selbstverständlichkeit zu stempeln.“

(Pharmazeutische Zeitung.)

**Pflanzenphysiologie.** Von Prof. Dr. *H. Molisch*, Dir. des Pflanzenphysiologischen Instituts d. Univ. Wien. 2. Aufl. Mit 63 Abb. i. T. [IV u. 104 S.] 8. 1921. (ANuG Bd. 569.) Geb. *RM* 2.—

„Die feine didaktische Kunst des Verfassers weiß den Leser in leichtverständlicher Sprache in das schwierige Gebiet trefflich einzuführen. Die meisterlich durchgliederte Darstellung belehrt den Leser über die Ernährung, die Atmung, das Wachstum, das Bewegungsvermögen und die Fortpflanzung der Pflanze.“

(Bayer. Blätter für das Gymnasialschulwesen.)

**Blütengeheimnisse.** Eine Blütenbiologie in Einzelbildern. Von Dr.

*G. Worgitzky*, weil. Prof. in Frankfurt a. M. 3. Aufl. Mit 47 Textabb. u. 1 farb. Tafel von *P. Flanderky*. Mit Buchschmuck von *J. V. Cissarz*. [X u. 138 S.] 8. 1924. Geb. *RM* 4.—, in Halbleder *RM* 7.—

„Verf. gibt in anregender populärer Form einen tiefen Einblick in die vielgestaltigen Beziehungen, die das geheimnisvolle Triebwerk des organischen Lebens mit den Verhältnissen der Außenwelt verknüpfen.“

(Gaea.)

**Pilze und Flechten.** Von Dr. *W. Nienburg*, Prof. a. d. Univ. Kiel. Mit 88 Abb. i. T. [120 S.] 8. 1921. (ANuG Bd. 675.) Geb. *RM* 2.—

**Einkeimblättrige Blütenpflanzen.** Von Dr. *K. Suessenguth*, Privatdozent an der Univ. München. Mit 33 Abb. im Text. [106 S.] 8. 1923. (ANuG Bd. 676.) Geb. *RM* 2.—

**Pflanzengeographische Wandlungen der deutschen Landschaft.**

Von Geh. Hofrat Dr. *H. Hausrath*, Prof. an der Univ. Freiburg i. B. [VI u. 274 S.] 8. 1911. (Wissensch. u. Hypothese Bd. XIII.) Geb. *RM* 7.—

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.

**Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin**

**Die Pflanzen Deutschlands.** Eine Anleitung zu ihrer Kenntnis. Die höheren Pflanzen. Von Prof. Dr. *O. Wünsche*, weil. Prof. am Gymnasium in Zwickau. 11. Aufl. herausgeg. von Dr. *J. Abromeit*, Prof. a. d. Univ. Königsberg. [XXVII u. 764 S.] kl. 8. 1924. Geb. *RM* 7.20 [Best.-Nr. 8110]

„Es erübrigt sich, dem Buche des bekannten Gelehrten ein empfehlendes Wort mit auf den Weg zu geben. Ebenso wie uns der alte wird auch der neue ‚Wünsche‘ auf Wanderungen durch die Natur ein lieber und oft befragter Begleiter sein.“

(Pharmazeutische Zeitung.)

**Die verbreitetsten Pflanzen Deutschlands.** Von Dr. *O. Wünsche*, weil. Prof. am Gymnasium in Zwickau und Dr. *B. Schorler*, weil. Prof. an der Größelschen Realschule in Dresden. 9. Aufl., Neubearb. von Dr. *W. Wangerin*, Prof. an der Univ. Danzig. Mit 613 Abb. im Text. [VIII u. 299 S.] kl. 8. 1927. Geb. *RM* 4.— [Best.-Nr. 8111]

Die Neubearbeitung hat die Anlage des Buches, dessen unbestreitbare Vorzüge: übersichtliche Ausgestaltung der Bestimmungstabellen, konsequente Anordnung der Familien nach dem Englerschen System, die Art der Darstellung, die bei aller gebotenen Kürze doch alles Wesentliche klar und bestimmt zum Ausdruck bringt, bewahrt. Hinzugefügt wurde u. a. eine Übersicht über die wichtigsten pflanzengeographischen Verbreitungsgruppen, wie die Erklärung der häufiger vorkommenden lateinischen Artnamen.

**Botanisches Wörterbuch.** Von Dr. *O. Gerke*, Prof. an der Tierärztl. Hochschule in Hannover. Mit 103 Abbild. [VI und 221 S.] kl. 8. 1919. (Teubners kl. Fachwörterbücher Bd. 1.) Geb. *RM* 4.—

**Einführung in die Biologie.** Von Prof. Dr. *K. Kraepelin*, weil. Direktor des Naturhistorischen Museums in Hamburg.

**Große Ausgabe.** Zum Gebrauch an höheren Schulen und zum Selbstunterricht. 6., verb. Aufl., bearbeitet von Prof. Dr. *C. Schäffer*, Studienrat an der Oberrealschule auf der Uhlenhorst in Hamburg. Mit 466 Textbildern, 4 schwarzen Tafeln, 4 Tafeln in Buntdruck und 3 Karten. [VII u. 374 S.] gr. 8. 1926. Geb. *RM* 8.— [Best.-Nr. 8057]

„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.)

**Kleine Ausgabe.** Zum Gebrauch an höheren Schulen und zum Selbstunterricht. 4. Aufl. Mit 334 Textbildern, 5 schwarzen Tafeln sowie 2 Tafeln und 2 Karten in Buntdruck. [VI u. 246 S.] gr. 8. 1927. Geb. *RM* 5.— [Best.-Nr. 8071]

**Allgemeine Biologie.** Einführung i. d. Hauptprobleme d. organischen Natur. Von Dr. *H. Mische*, Prof. an der Landwirtsch. Hochschule in Berlin. 3., verb. Aufl. Mit 44 Abb. i. T. [129 S.] 8. 1920. (ANuG Bd. 130.) Geb. *RM* 2.—

Gibt eine umfassende Übersicht über die Erscheinungen des Lebens wie Entwicklung, Ernährung, Atmung, Sinnesleben, Fortpflanzung, Tod, Variabilität, Vererbung und behandelt die Theorien in der Entstehung und Entwicklung der Lebewelt.

**Allgemeine Biologie.** Unter Mitarbeit hervorragender Fachgelehrter herausgegeben von Geh. Hofrat Dr. *K. Chun*, weil. Prof. an der Universität Leipzig und Dr. *W. Johannsen*, Prof. an der Universität Kopenhagen. Mit 115 Abb. im Text. [XI u. 691 S.] Lex.-8. 1915. (Die Kultur der Gegenwart, herausgegeben von Prof. Dr. *P. Hinneberg*. Teil III, Abteilung IV, 1.) Geh. *RM* 26.—, geb. *RM* 29.—, in Halbd. *RM* 34.—

„Das Werk bildet eine neue, ganz unschätzbare Quelle der Belehrung und des geistigen Genusses für alle, die aus Neigung oder Pflicht sich über allgemein-biologische Fragen unterrichten wollen. Auch der Widerstreit der Meinungen, der in manchen allgemein-biologischen Fragen, namentlich auf dem Gebiet der Abstammungslehre und der diese berührenden Probleme der Vererbung und Anpassung herrscht, kommt in den Einzelabschnitten zum Ausdruck.“ (Naturwissenschaftliche Wochenschrift.)

**Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin**



**Einführung in die allgemeine Biologie.** Von Dr. *W. T. Sedgwick*, Prof. a. d. Massachusetts Institute of Technology in Boston und Dr. *E. B. Wilson*, Prof. a. d. Columbia College in New York. Autor. Übersetzung nach der 2. Aufl. von Dr. *R. Thesing*. Mit 126 Abb. im Text. [X u. 302 S.] gr. 8. 1913. Geh. *RM* 7.—, geb. *RM* 9.—

„Die Verfasser verstehen es in geradezu wunderbarer Weise, durch gutgewählte Beispiele die Lebensformen der Tier- und Pflanzenwelt einander gegenüberzustellen.“  
(*Kölnische Zeitung*.)

**Zellen- u. Gewebelehre, Morphologie u. Entwicklungsgeschichte.**

Unter Mitarbeit hervorragender Fachgelehrter herausgegeben von Geh. Reg.-Rat Dr. *E. Strasburger*, weil. Prof. a. d. Univ. Bonn, u. Geh. Medizinalrat Dr. *O. Hertwig*, Prof. a. d. Univ. Berlin. (Die Kultur der Gegenwart, hrsg. von Prof. Dr. *P. Hinneberg*. Teil III, Abt. IV, Bd. 2 I u. II.)

I: **Botanischer Teil.** Mit 135 Abb. im Text. [VII u. 388 S.] Lex.-8. 1913. Geh. *RM* 13.—, geb. *RM* 16.—

II: **Zoologischer Teil.** Mit 413 Abb. im Text. [VII u. 538 S.] Lex.-8. 1913. Geh. *RM* 20.—, geb. *RM* 23.—

„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.*)

**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. i. T. [VI u. 233 S.] gr. 8. 1921. Geh. *RM* 6.—, geb. *RM* 8.—

„Endlich wieder einmal eine Bakteriologie aus der Feder eines Botanikers, es ist dieses ein besonderer Vorzug, da wir seit Zopf, Cohn und Migula wenige botanische Werke über Bakterien in der deutschen Literatur finden. Auch die Reinkultur der niederen Grün-, Blau- und Kieselalgen ist sehr ausgiebig beschrieben. Es ist weniger die Systematik, als die Biologie dieser Organismen berücksichtigt, und dadurch stellt sich das Buch an die Seite von De Bary, dessen letzte Auflage allerdings die Reinkultur noch nicht kannte.“  
(*Zeitschrift für angew. Mikroskopie und klinische Chemie.*)

**Bau und Leben der Bakterien.** Von Dr. *W. Benecke*, Prof. an der Univ. Münster. Mit 105 Abb. im Text. [XII u. 650 S.] gr. 8. 1912. (Naturwissenschaft und Technik.) Geb. *RM* 19.—

„...Die klare Gruppierung und die anschauliche, nichts Wesentliches übergehende Behandlung des Stoffes machen die Lektüre des Buches zu einem Genuß und bieten viel des Interessanten und Lehrreichen.“  
(*Deutsche medizinische Wochenschrift.*)

**Die Schädlinge im Tier- u. Pflanzenreich u. ihre Bekämpfung.**

Von Geh. Reg.-Rat Dr. *K. Eckstein*, Prof. a. d. Forstakad. Eberswalde. 3. Aufl. Mit 36 Fig. im Text. [V u. 114 S.] kl. 8. 1917. (ANuG Bd. 18.) Geb. *RM* 2.—

**Abstammungslehre, Systematik, Paläontologie, Biogeographie.**

Unter Mitarbeit hervorragender Fachgelehrter herausgegeben von Geh. Rat Dr. *R. v. Hertwig*, Prof. an der Univ. München, und Hofrat Dr. *R. v. Wettstein*, Prof. an der Univ. Wien. Mit 112 Abb. [X u. 620 S.] Lex.-8. 1914. (Die Kultur der Gegenwart, hrsg. von Prof. Dr. *P. Hinneberg*, Teil III, Abt. IV, Bd. 4.) Geh. *RM* 23.—, geb. *RM* 26.—, in Halbleder geb. *RM* 30.—

„Unter den Bearbeitern finden wir ausnahmslos klangvolle Namen, die in den von ihnen bearbeiteten Fächern, unbedingte Autoritäten sind. Schon aus der Inhaltsübersicht läßt sich entnehmen, welche Fülle von Problemen allgemeiner Art und einzelnen Forschungsergebnissen in dem vorliegenden Bande verarbeitet ist, dessen Inhalt ausnahmslos Fragen behandelt, die im Mittelpunkt biologischer Forschung stehen und das höchste allgemeine Interesse nicht nur verdienen, sondern bereits in weitesten Kreisen gefunden haben. Ein Werk, das alle die Fragen in sachlich unanfechtbarer, darstellerisch vollendeter Art behandelt, darf daher auf eingehendste Beachtung Anspruch erheben.“ (Hamburger Nachr.)

---

**Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin**

**Mendels Vererbungstheorien.** Von *W. Bateson*, M. A., F. R. S., V. M. H. Aus dem Englischen übersetzt von *Alma Winckler*. Mit einem Begleitwort v. Hofrat Dr. *R. v. Wettstein*, Prof. a. d. Univ. Wien, sowie 41 Abb. i. T., 6 Taf. u. 3 Porträts von Mendel. [X u. 375 S.] gr. 8. 1914. Geh. *RM* 11.—, geb. *RM* 13,60

„In klaren Zügen werden die Lehren Mendels entwickelt, die Widerstände, die sich ihm entgegenstellten und sein Werk fast vernichteten, wird gezeigt wie dann die beinahe völlig in Vergessenheit geratenen Ideen später doch zu ihrem Rechte kamen und grundlegend wurden für unsere Anschauungen über die Vererbungsgesetze...“

(Münchn. Medizin. Wochenschrift.)

**Das Mikroskop, seine wissenschaftlichen Grundlagen und seine Anwendung.** Von Dr. *A. Ehringhaus*, Göttingen. Mit 75 Abb. im Text. [121 S.] 8. 1921. (ANuG Bd. 678.) Geb. *RM* 2.—

„Verfasser hat es verstanden, in vorbildlicher Kürze und trefflicher Klarheit die für den Mikroskopiker notwendigen Grundlehren aus dem Gebiet der Optik zu entwickeln und so das Verständnis für die Wirkung der Lupen bis zu den feinsten Mikroskopen vorzubereiten. Wie er uns in die Theorie geschickt einweist, so zeigt er sich auch als erfahrener Lehrer für den praktischen Gebrauch des Mikroskops mit seinen Hilfsapparaten.“

(Zeitschrift für angewandte Chemie.)

**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. *RM* 2,40, geb. *RM* 4.—

Im vorliegenden Buche werden die notwendigen physikalischen Grundlagen zur richtigen Anwendung des Mikroskops möglichst allgemeinverständlich und einfach vorge tragen. Die Beschreibung einer Reihe einfacher Experimente gibt dem Leser Gelegenheit, die Vorgänge in praxi wahrzunehmen.

**Einführung in die Mikrotechnik.** Von Dr. *V. Franz*, Prof. an der Univ. Jena und Oberstudiendir. Dr. *H. Schneider* in Stralsund. Mit 18 Abb. [120 S.] 8. 1922. (ANuG Bd. 765.) Geb. *RM* 2.—

Eine Anleitung, die den Bedürfnissen des Anfängers entsprechend die gebräuchlichsten Untersuchungsmethoden beschreibt und dabei angibt, welches Verfahren in jedem Falle das für das betreffende Material geeignetste ist.

**Anthropologie.** Unter Mitarbeit hervorragender Fachgelehrter herausgegeben von Geh. Med.-Rat Dr. *G. Schwalbe*, weil. Prof. an der Univ. Straßburg und Dr. *E. Fischer*, Prof. an der Univ. Berlin. Mit 29 Taf. u. 102 Abb. [VIII u. 684 S.] 4. 1923. (Die Kult. d. Gegenwart, von Prof. Dr. *P. Hinneberg*. Teil III, Abt. V.) Geh. *RM* 26.—, geb. *RM* 29.—, in Hldr. *RM* 34.—

In dem Werk wird erstmalig ein abgerundetes Bild der Gesamtgebiete der Anthropologie, Völkerkunde und Urgeschichte in streng wissenschaftlicher und zugleich gemeinverständlicher Darstellung aus der Feder bester Kenner geboten.

„Bearbeiter und Verleger können stolz auf den prachtvollen Band sein, an dem Laien und Wissende gleiche Freude haben müssen und der in diesem Sinne wohl das Wertvollste ist, was wir auf dem Gebiete der Anthropologie besitzen.“

(Zeitschrift für die gesamte Anatomie.)

**Forstwirtschaft.** Von Oberförster a. D. Prof. Dr. *F. v. Mammen*, Schloß Brandstein b. Hof. [74 S.] gr. 8. 1924. (Enthalten in Teubners Handbuch der Staats- u. Wirtschaftskunde, Abt. II, Bd. II, Heft 1.) Kart. *RM* 2,40

Nach einleitenden Bemerkungen über Zweck und Aufgabe der Forstwirtschaft und nach einem kurzen Abriss über die Forstgeschichte mit ihrem fortwährenden Kampfe zwischen Wald und Feld und den wechselnden Eigentumsverhältnissen am Walde werden die statistischen Grundlagen der Forstwirtschaft gegeben, die Holz- und Betriebsarten des deutschen Waldes besprochen und die Statik des forstlichen Betriebes dargestellt. Die große volkswirtschaftliche Bedeutung des Waldes für ein Land und seine Bewohner wird sowohl nach der materiellen Seite als auch hinsichtlich der sog. Wohlfahrtswirkungen des Waldes gewürdigt.

Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin