

*Strasburger, Noll, Schenck, Sessimper.*

# *Lehrbuch der Botanik*

*für Hochschulen.*

*Vierte Auflage.*

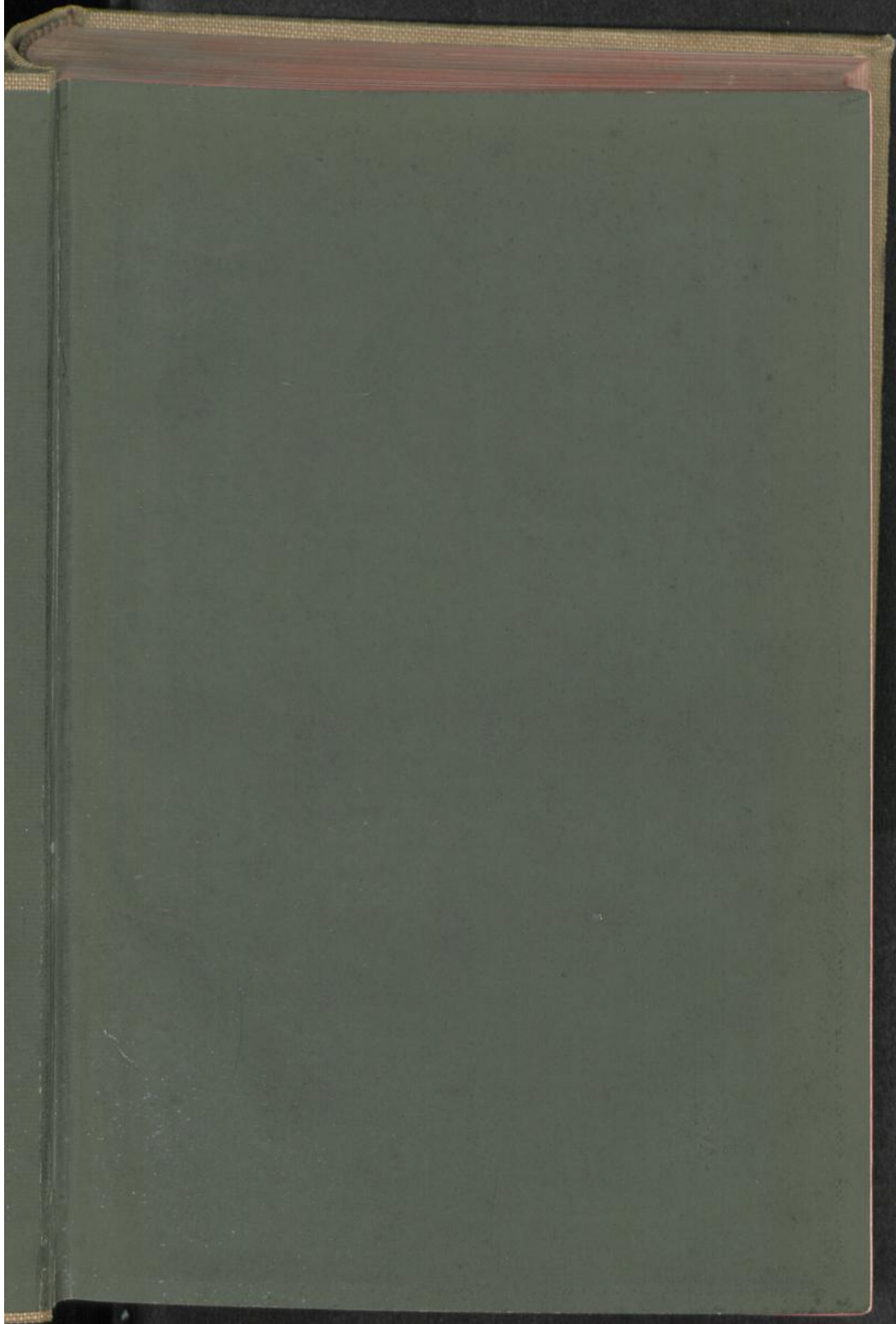


*Jena,*

*Verlag von Gustav Fischer*

*1900.*

DV 1961<sup>4</sup>



10. 29. III. S.

11. 35.

Ri

LEHRBUCH  
DER  
**BOTANIK**  
FÜR  
HOCHSCHULEN.

VON

**DR. EDUARD STRASBURGER**  
O. Ö. PROFESSOR AN DER UNIVERSITÄT BONN.

**DR. FRITZ NOLL**  
PROF. A. D. LANDW. AKAD. POPPELSDORF,  
A. O. PROF. A. D. UNIV. BONN.

**DR. HEINRICH SCHENCK**  
PROFESSOR AN DER TECHNISCHEN  
HOCHSCHULE IN DARMSTADT.

**DR. A. F. W. SCHIMPER**  
O. Ö. PROFESSOR AN DER UNIVERSITÄT BASEL.



VIERTE VERBESSERTE AUFLAGE.

MIT 667 ZUM THEIL FARBIGEN ABBILDUNGEN.

JENA  
VERLAG VON GUSTAV FISCHER  
1900.

BOUILLON  
BOTANIK  
HÖCHSTEN

Alle Rechte vorbehalten.



UNIVERSITÄTSBIBLIOTHEK  
- Medizinische Abt. -  
DÜSSELDORF  
V2044

Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.

## Vorwort zur I. Auflage.

Die Verfasser dieses Lehrbuchs wirken seit Jahren als Docenten der Botanik an der Universität Bonn zusammen. Sie haben dauernd in wissenschaftlichem Gedankenaustausch gestanden und sich in ihrer Lehraufgabe vielfach unterstützt. Sie versuchen es jetzt gemeinschaftlich, ihre im Lehren gesammelten Erfahrungen in diesem Buche niederzulegen. Den Stoff haben sie so unter einander vertheilt, dass EDUARD STRASBURGER die Einleitung und die Morphologie, FRITZ NOLL die Physiologie, HEINRICH SCHENCK die Cryptogamen, A. F. W. SCHIMPER die Phanerogamen übernahm.

Trägt auch jeder Verfasser die wissenschaftliche Verantwortung nur für den von ihm bearbeiteten Theil, so war doch das einheitliche Zusammenwirken Aller durch anhaltende Verständigung gewahrt. Es darf daher das Buch, ungeachtet es mehrere Verfasser zählt, Anspruch auf eine einheitliche Leistung erheben.

Dieses Lehrbuch ist für die Studirenden der Hochschulen bestimmt und soll vor Allem wissenschaftliches Interesse bei ihnen erwecken, wissenschaftliche Kenntniss und Erkenntniss bei ihnen fördern. Zugleich nimmt es aber auch Rücksicht auf die praktischen Anforderungen des Studiums und sucht den Bedürfnissen des Mediciners und Pharmaceuten gerecht zu werden. So wird der Mediciner aus den farbigen Bildern die Kenntniss derjenigen Giftpflanzen erlangen können, die für ihn in Betracht kommen, der Pharmaceut die nöthigen Hinweise auf officinelle Pflanzen und Drogen in dem Buche finden.

Die zahlreichen Abbildungen wurden, wo nicht andere Autoren angehen sind, von den Verfassern selbst angefertigt.

Nicht genug ist das Entgegenkommen des Herrn Verlegers zu rühmen, der die Kosten der farbigen Darstellungen im Texte nicht scheute, und der überhaupt Alles aufgeboten hat, um dem Buche eine vollendete Ausstattung zu geben.

Bonn, im Juli 1894.

Die Verfasser.

## Vorwort zur III. Auflage.

Die rasche Folge neuer Auflagen unseres Lehrbuchs beweist uns, dass es an vielen Orten wohlwollende Aufnahme und Anerkennung fand. Um so mehr fühlten wir uns verpflichtet, auch diese neue Auflage auf der Höhe der Wissenschaft zu erhalten und durch entsprechende Umarbeitung ihren didaktischen Werth noch zu steigern. Der an unserem Lehrbuch geübten Kritik suchten wir nach Möglichkeit gerecht zu werden, berücksichtigten im Besonderen auch die werthvollen Rathschläge, die uns, auf unsere Bitte, von befreundeten Collegen zu Theil wurden.

Einem wiederholt ausgesprochenem Wunsche folgend, fügen wir dieser III. Auflage unseres Lehrbuchs einen Litteraturnachweis bei. Die eingeklammerten Zahlen im Text verweisen auf denselben. Eine vollständige Litteraturübersicht war nicht beabsichtigt; sie hätte den Umfang des Buches ungebührlich vergrössert. Wir stellten uns vielmehr nur die Aufgabe, durch unseren Litteraturnachweis das Auffinden der in Betracht kommenden Werke zu erleichtern. Daher für den allgemeinen Theil unseres Lehrbuchs die Angaben sich vornehmlich auf die grundlegenden und die neueren Veröffentlichungen beschränken. Für den speciellen Theil wurde auch auf solche Werke hingewiesen, welche Abbildungen enthalten, die zu vergleichen es gegebenen Falles erwünscht sein könnte.

Die Bereitwilligkeit, mit welcher der Herr Verleger auf alle unsere Wünsche einging, ist über alles Lob erhaben. Nicht nur wurden zahlreiche ältere Holzschnitte unseres Lehrbuchs in dieser Auflage durch neue ersetzt, sondern auch die Zahl der kostspieligen farbigen Abbildungen weit mehr als verdoppelt. So enthält diese neue Auflage nicht nur die Giftpflanzen, sondern auch die wichtigsten officinellen Gewächse in kunstvoller farbiger Wiedergabe. Unser Lehrbuch ist bei seiner vorzüglichen Ausstattung schon in der I. Auflage als ein Ereigniss auf dem Gebiete des Buchdrucks gefeiert worden. Dank der Opferwilligkeit des Herrn Verlegers dürfte dieser Ruhm der III. Auflage unseres Lehrbuchs in noch erhöhterem Maasse zu Theil werden. Ueber den Werth farbiger Bilder, die sich in ihrem natürlichen Gewande weit besser dem Gedächtniss einprägen, herrscht jetzt wohl nur eine Meinung, so dass es überflüssig erscheint, für sie besonders einzutreten.

So erwarten wir zuversichtlich, dass auch diese III. Auflage unseres Lehrbuchs wohlwollende Aufnahme finden und den erhofften Nutzen stiften wird.

Bonn, im März 1898.

Die Verfasser.

## Vorwort zur IV. Auflage.

Wie bei den früheren Auflagen unseres Lehrbuchs, waren wir auch bei dieser neuen Auflage bemüht, uns auf der Höhe unserer Aufgabe zu erhalten. Wir folgten der Entwicklung der gesammten neueren botanischen Litteratur und verwertheten aus ihr Alles, was uns in wissenschaftlicher oder didaktischer Beziehung nutzbringend erschien.

Die an der III. Auflage dieses Buches geübte Kritik fand die entsprechende Berücksichtigung. Sie bestimmte im Besonderen den Einen unter uns, einzelne Abschnitte der äusseren Morphologie ausführlicher zu behandeln. Der Umfang des ganzen Buches hat eine irgendwie in Betracht kommende Aenderung dadurch nicht erfahren.

Der Herr Verleger war in dankenswerthester Weise bereit, alle unsere Wünsche zu erfüllen, liess eine Anzahl neuer Figuren anfertigen, ältere Bilder zum Theil durch neue ersetzen.

So hoffen wir, dass auch diese neue Auflage unseres Lehrbuchs Freunde in weiteren Kreisen finden wird.

Bonn, im October 1899.

Die Verfasser.



## Inhaltsübersicht.

	Seite
Vorwort zur I. Auflage . . . . .	III
Vorwort zur III. Auflage . . . . .	III
Vorwort zur IV. Auflage . . . . .	IV
Einleitung . . . . .	1

### Erster Theil. Allgemeine Botanik.

#### Erste Abtheilung.

Morphologie . . . . .	6
Erster Abschnitt. Aeussere Morphologie . . . . .	7
Die Formentwicklung im Pflanzenreich . . . . .	7
Der Thallus . . . . .	7
Uebergang vom Thallus zum Cormus . . . . .	10
Cormus . . . . .	11
Metamorphose der Grundformen . . . . .	11
Symmetrieverhältnisse . . . . .	11
Verzweigungssysteme . . . . .	13
Der Spross . . . . .	14
Entwicklung des Sprosses . . . . .	14
Anlage neuer Sprosse . . . . .	14
Weitere Ausbildung der Sprosse . . . . .	16
Ruhende Knospen . . . . .	17
Metamorphose der Knospen . . . . .	18
Metamorphose unterirdischer Sprosse . . . . .	18
Metamorphose oberirdischer Sprosse . . . . .	20
Reduction der Sprosse bei Parasiten . . . . .	21
Ranken . . . . .	21
Stammdornen . . . . .	21
Blüthen . . . . .	22
Sprossfolge . . . . .	22
Der Habitus . . . . .	23
Anlage des Blattes . . . . .	24
Verschiedene Ausgestaltung des Blattes . . . . .	25
Die Laubblätter . . . . .	25
Heterophyllie . . . . .	27
Blattgrund . . . . .	28
Niederblätter . . . . .	29
Hochblätter . . . . .	29
Blüthenblätter . . . . .	30
Blattnarben . . . . .	30
Knospenlage und Knospendeckung . . . . .	30
Die Blattstellung . . . . .	30
Metamorphose der Laubblätter . . . . .	34

	Seite
Die Wurzel . . . . .	36
Ausbildung der Wurzel . . . . .	36
Verzweigung der Wurzel . . . . .	37
Metamorphose der Wurzel . . . . .	37
Luftwurzeln . . . . .	38
Reduction der Wurzel . . . . .	39
Ontogenie der Pflanzen . . . . .	39
Zweiter Abschnitt. Innere Morphologie (Histologie und Anatomie) . . . . .	43
I. Zellenlehre . . . . .	43
A. Zelle . . . . .	43
1. Bau der Zelle . . . . .	43
Das Protoplasma . . . . .	45
Das Cytoplasma . . . . .	48
Der Zellkern . . . . .	49
Die Centrosomen . . . . .	50
Die Chromatophoren . . . . .	51
Chloroplasten . . . . .	51
Leucoplasten . . . . .	52
Chromoplasten . . . . .	53
Anlage und Bau der Zellhaut . . . . .	53
Membranstoffe . . . . .	57
Gestalt der Zelle . . . . .	59
Einschlüsse des Protoplasma . . . . .	61
Stärkekörner . . . . .	61
Aleuron . . . . .	63
Eiweisskrystalle . . . . .	64
Krystalle von Calciumoxalat . . . . .	64
Gerbstoff . . . . .	65
Fette und Oele . . . . .	65
Aetherische Oele und Harze . . . . .	65
Schleim . . . . .	65
Kautschuk und Guttapercha . . . . .	65
Leptomin . . . . .	65
Der Zellsaft . . . . .	66
2. Ontogenie der Zelle . . . . .	67
Ursprung der lebendigen Elemente des Protoplasma . . . . .	67
Indirecte Kerntheilung . . . . .	67
Directe Kerntheilung . . . . .	71
Zelltheilung . . . . .	71
Freie Kerntheilung und Vielzellbildung . . . . .	73
Freie Zellbildung . . . . .	73
Zellsprossung . . . . .	74
Copulation . . . . .	74
Vermehrung der Chromatophoren . . . . .	76
B. Zellfusionen . . . . .	76
II. Gewebelehre . . . . .	79
Ursprung und allgemeine Eigenschaften der Gewebe . . . . .	79
Gewebearten . . . . .	81
A. Primäre Gewebe . . . . .	82
Das Hautgewebesystem . . . . .	82
Das Gefässbündelsystem . . . . .	90
Gefässbündelendigungen . . . . .	94
Das Grundgewebesystem . . . . .	94
Die Vertheilung der primären Gewebe im Pflanzenkörper . . . . .	95
Im Stengel . . . . .	95
In der Wurzel . . . . .	98
In den Blättern . . . . .	99
Gefässbündelverlauf . . . . .	101
Dickenwachsthum durch andauernde Vergrößerung vorhandener Grundgewebszellen . . . . .	103
Massenzunahme durch andauernde Vermehrung des vorhandenen Grundgewebes . . . . .	103

	Seite
B. Secundäre Gewebe . . . . .	104
Dickenwachsthum der gymnospermen und dicotylen Stämme . . . . .	104
Elemente des secundären Zuwachses im Holz . . . . .	108
Elemente des secundären Zuwachses im Bast . . . . .	113
Markstrahlen . . . . .	114
Dickenwachsthum der gymnospermen und dicotylen Wurzeln . . . . .	115
Besondere Formen des Dickenwachsthums dicotyler Stämme und Wurzeln . . . . .	116
Dickenwachsthum monocotyler Stämme und Wurzeln . . . . .	117
Dickenwachsthum der Blätter . . . . .	118
Periderma . . . . .	118
Borke . . . . .	120
Lenticellen . . . . .	121
Trennungsschichten . . . . .	121
Wundheilung . . . . .	121
Maserbildung . . . . .	122
Phylogenie der inneren Gestaltung . . . . .	122
Ontogenie der inneren Gestaltung . . . . .	124
Bildungsabweichungen . . . . .	130

**Zweite Abtheilung.**

Physiologie . . . . .	133
Physikalische und vitale Eigenschaften. Allgemeine Lebensbedingungen . . . . .	134
Die Festigung des Pflanzenkörpers . . . . .	138
Turgor . . . . .	138
Gewebespannung . . . . .	141
Skeletgewebe . . . . .	142
Die Ernährung . . . . .	144
Bestandtheile der Pflanzensubstanz . . . . .	144
Eigentliche Nährstoffe . . . . .	145
Wasser und Mineralstoffe . . . . .	150
Aneignung des Kohlenstoffs (Assimilation) . . . . .	167
Verwerthung der Assimilate . . . . .	173
Wanderung der Assimilate . . . . .	174
Speicherung der Assimilate . . . . .	176
Andere Stoffwechselproducte . . . . .	177
Besondere Ernährungsweisen . . . . .	178
Die Athmung . . . . .	188
Intramoleculare Athmung . . . . .	191
Die Athmung als Energiequelle . . . . .	192
Wärmeentwicklung . . . . .	193
Bewegung der Gase in der Pflanze . . . . .	193
Leuchten . . . . .	194
Das Wachsthum . . . . .	195
Embryonale Anlage der Organe . . . . .	196
Phase der Streckung . . . . .	201
Innere Ausbildung der Organe . . . . .	209
Entwicklungsperioden und Lebensdauer. Continuität der embryonalen Substanz . . . . .	210
Die Bewegungserscheinungen . . . . .	213
Bewegungen freier Protoplasten und Einzelzellen . . . . .	214
Plasmabewegung in behäuteten Zellen . . . . .	216
Krümmungsbewegungen . . . . .	218
Inbibitions- und Cohäsionsmechanismen . . . . .	219
Wachsthumskrümmungen . . . . .	221
Bewegungen durch Turgorschwankungen (Variationsbewegungen) . . . . .	240
Die Fortpflanzung . . . . .	245
Vegetative Fortpflanzung . . . . .	248
Sexuelle Fortpflanzung . . . . .	251
Generationswechsel . . . . .	260
Verbreitung und Keimung der Samen . . . . .	260

## Zweiter Theil. Specielle Botanik.

## Erste Abtheilung.

	Seite
Cryptogamen . . . . .	267
Thallophyta . . . . .	268
Myxomycetes . . . . .	269
Bacteria . . . . .	272
Cyanophyceae . . . . .	275
Diatomeae . . . . .	278
Peridineae . . . . .	280
Conjugatae . . . . .	280
Chlorophyceae . . . . .	283
Phaeophyceae . . . . .	293
Rhodophyceae . . . . .	298
Characeae . . . . .	301
Hyphomycetes . . . . .	304
Lichenes . . . . .	336
Bryophyta . . . . .	341
Hepaticae . . . . .	345
Musci . . . . .	349
Pteridophyta . . . . .	356
Filices . . . . .	359
Hydropterides . . . . .	364
Equisetinae . . . . .	369
Lycopodinae . . . . .	372

## Zweite Abtheilung.

Phanerogamen . . . . .	379
Uebersicht der Klassen, Ordnungen und Familien . . . . .	385
Gymnospermae . . . . .	386
Cycadinae . . . . .	390
Coniferae . . . . .	391
Gnetinae . . . . .	398
Angiospermae . . . . .	399
Monocotyleae . . . . .	417
Dicotyleae . . . . .	441
Choripetalae . . . . .	442
Sympetalae . . . . .	519
Litteraturnachweis . . . . .	553
Systematisches Verzeichniss der officinellen und giftigen Gewächse . . . . .	559
Register . . . . .	564

## Einleitung.

Die lebenden Wesen, die unsere Erde bewohnen, werden als Thiere und Pflanzen unterschieden, doch ist ihre scharfe Trennung nur möglich, wenn sie einen zusammengesetzteren Bau aufweisen. Bei sehr einfachen Wesen verwischen sich die Unterschiede und es wird daher auch schwer, eine Grenze zwischen den Gebieten der Zoologie und der Botanik zu ziehen. Da die Lebensvorgänge im Thier- und Pflanzenreich an dieselbe Grundsubstanz, das Protoplasma, gebunden sind, so kann das nicht anders sein. Mit steigender Höhe der Organisation wächst die Summe der spezifischen Merkmale; die thierischen oder pflanzlichen Charaktere prägen sich aus. Es muss uns aber stets gegenwärtig bleiben, dass die übliche Unterscheidung von Thieren und Pflanzen zunächst nur auf einer Abstraction unseres Verstandes beruht. Sie stützt sich auf Begriffe, die wir auf Grund bestimmter Uebereinstimmungen unter den lebenden Wesen uns gebildet haben. Eine thatsächliche Grundlage würde die Trennung aller lebenden Wesen in Thiere und Pflanzen erst gewinnen, wenn der Nachweis erbracht wäre, dass die als Thiere bezeichneten Wesen genetisch zusammenhängen und dass ein ähnlicher Zusammenhang unter den als Pflanzen geltenden Wesen besteht. Den Weg zu einem solchen Nachweis hat die Descendenzlehre angebahnt.

Die Palaeontologie lehrt auf Grund der aufgefundenen thierischen und pflanzlichen Versteinerungen und Abdrücke, dass in früheren Erdperioden andere Wesen als jetzt unseren Erdball bewohnten. Man nimmt heute an, dass die jetzigen Wesen aus jenen älteren durch allmähliche Veränderung hervorgegangen seien. Die Annahme führt aber zu der weiteren Folgerung, dass Wesen von nahe übereinstimmendem Bau, etwa solche Wesen, die wir als Arten in einer Gattung vereinigen, wirklich unter einander verwandt sind, und sie macht es wahrscheinlich, dass auch die Vereinigung übereinstimmender Gattungen innerhalb einer Familie ihre verwandtschaftlichen Beziehungen zum Ausdruck bringt.

Die muthmaassliche Ableitung jetzt lebender Wesen von früher bestehenden, wurde von ERNST HAECKEL<sup>(1)</sup> als ihre phylogenetische Entwicklung, oder Phylogenie bezeichnet. Jedes Wesen, das aus seinesgleichen hervorgeht, macht andererseits, um den fertigen Zustand zu erreichen, eine individuelle Entwicklung durch, die HAECKEL seine ontogenetische Entwicklung, oder Ontogenie nennt. Auf Grund vergleichender Untersuchungen gelangte FRITZ MÜLLER<sup>(2)</sup> zu der Annahme, dass die Aufeinanderfolge der Zustände in der ontogenetischen Entwicklung der Aufeinanderfolge ihres Auftretens in der phylogenetischen entspricht, dass die Ontogenie somit eine mehr oder weniger vollständige Wiederholung der Phylogenie sei.

Strasburger, Lehrbuch der Botanik, 4. Aufl.

Die Vorstellung, dass die Welt der höher organisirten Wesen sich langsam aus einfacheren entwickelt habe, reicht bis auf die griechische Philosophie zurück; eine wissenschaftliche Begründung erhielt sie erst in diesem Jahrhundert. Besonders war CHARLES DARWIN<sup>(3)</sup> bemüht, sie auf eine causale Grundlage zu stellen; durch seine Werke ist endgültig der Glaube an die Unveränderlichkeit der Arten erschüttert worden.

CHARLES DARWIN ist der Urheber der sogen. Selectionstheorie. Er ging von der Variabilität der lebenden Wesen aus, von der Erscheinung, dass die Kinder eines Elternpaares weder diesem, noch einander völlig gleichen. Er verwertete für seine Theorie die bestehende Ueberproduction der Keime, die zu einer Zerstörung der meisten derselben führen muss. Denn wenn alle von jedem Elternpaar erzeugten Keime zur Entfaltung kämen, so würden sie nach einer begrenzten Anzahl von Generationen für sich schon den Erdball füllen. Da weniger Platz vorhanden ist als Bewerber um ihn, so besteht ein ununterbrochener Kampf unter den einzelnen Individuen, in welchem diejenigen siegen, die im Vortheil gegen die Andern sind: daher die Annahme eines „Kampfes um's Dasein“ unter den Organismen. Dieser Kampf sei ein züchtendes Principle, das unter den durch individuelle Variabilität neu auftretenden Eigenschaften eine Auswahl treffe und solchen die Erhaltung sichere, die sich unter den gegebenen Bedingungen als besonders vortheilhaft erweisen. So kam CHARLES DARWIN zu der Vorstellung einer „natürlichen Zuchtwahl“, welche den Kern seiner Theorie bildet. Neu auftretende Eigenschaften müssen aber erblich sein, sollen sie zu dauernden Merkmalen kommender Generationen werden. Ihre Erbllichkeit suchte CHARLES DARWIN durch die Erfahrungen der künstlichen Züchtung zu stützen. Der Züchter geht zielbewusst zu Werke und wählt solche Individuen zur Nachzucht aus, welche die ihm erwünschten Eigenschaften aufweisen. So züchtete er die Hausthiere und Culturpflanzen, welche jetzt den Menschen umgeben. Vielfach weichen solche Wesen von ihren wilden Ursprungsformen so bedeutend ab, dass es kaum mehr gelingt, diese zu ermitteln. In gleicher Weise wie die künstliche Zuchtwahl, jedoch unbewusst, soll die natürliche wirken und durch fortgesetzte Auswahl individueller Eigenschaften, welche vererbt und daher den früheren hinzugefügt werden, neue Gestalten schaffen, die von der Ursprungsform schliesslich stark abweichen. Die dauernde Auswahl der vortheilhaftesten Abweichungen müsse aber zur Ausbildung solcher Wesen führen, welche den gegebenen Bedingungen in hohem Maasse angepasst seien. So leitet die Selectionstheorie aus natürlichen Ursachen die Zweckmässigkeit ab, die uns im Bau und in den Einrichtungen der lebenden Wesen auffällt. Dass Uebergangsformen, wie sie die phylogenetische Entstehung fordert, zwischen den lebenden Wesen fehlen, sucht die Selectionstheorie aus dem Wettbewerb zu erklären, der zwischen sehr ähnlichen Wesen am stärksten ist. Denn ähnliche Wesen haben übereinstimmende Bedürfnisse, so dass besser ausgerüstete neue Formen ihrer Ursprungsform bald die Existenzbedingungen rauben und meist ihre Vernichtung veranlassen müssen.

Die grosse Bedeutung der natürlichen Zuchtwahl für die Ausbildung der organischen Welt haben die meisten Naturforscher seitdem anerkannt, andererseits aber auch hervorgehoben, dass sie nicht alle Erscheinungen der phylogenetischen Entwicklung zu erklären vermag. Im Besonderen wurde oft darauf hingewiesen, dass viele Organe erst bei weit fortgeschrittener phylogenetischer Ausbildung ihre Functionsfähigkeit erlangen konnten, ihre vorausgehende Förderung durch natürliche Zuchtwahl daher unbegreiflich sei. So kam man dahin, auch eine in bestimmten Richtungen fortschreitende

Entwicklung der organischen Welt aus inneren, der Substanz der Organismen innewohnenden Fähigkeiten anzunehmen, und in dieser im Besonderen die Veranlassung zu solchen Aehnlichkeiten zu erblicken, welche auch nicht verwandte Wesen in ihrem Bau und ihren Leistungen oft zeigen. Manche Forscher vertreten dann sogar die extreme Auffassung, dass durch Zuchtwahl nur das weniger Vortheilhafte beseitigt werde, der Kampf um's Dasein hingegen ohne Einfluss auf die Ausgestaltung des Vortheilhaften sei. Die Ursachen zur Variabilität sind im Organismus selbst gegeben und bieten unter allen Umständen der natürlichen Züchtung erst die Anknüpfungspunkte zur Auslese dar. Ein sich einstellendes Bedürfniss wirkt aber als Reiz auf den Organismus ein und kann Auslösungen in ihm bewirken, die sich in Neubildungen äussern.

Die Veränderung der Arten vollzieht sich so langsam im Laufe der Zeiten, dass ihre Wahrnehmung sich der directen Beobachtung entzieht. Bei jeder phylogenetischen Erforschung der Organismen ist man somit, wie in der Geologie, auf indirecte Schlüsse angewiesen.

Sind die höher organisirten Wesen aus niederen hervorgegangen, so schliesst dieser Ursprung auch eine scharfe Grenze zwischen Thieren und Pflanzen aus. Denn die besonderen thierischen oder pflanzlichen Merkmale fehlten am Anfang und stellten sich erst im Laufe der späteren phylogenetischen Entwicklung ein. Die einfachsten Wesen, welche jetzt existiren, sind allem Anschein nach denen ähnlich, die an den Ausgangspunkten der phylogenetischen Entwicklung standen. Demgemäss ist es auch nicht möglich, innerhalb der jetzt lebenden einfachsten Wesen eine scharfe Scheidung in Thiere und Pflanzen vorzunehmen. Für die Ausprägung der besonderen pflanzlichen Charaktere wurden mit fortschreitender Entwicklung maassgebend: die Häute, welche die Elementarorgane der Pflanze umgeben, und die grünen Farbkörper, die in diesen Elementarorganen vertreten sind. Durch das Einschliessen der lebendigen Substanz der Elementarorgane in feste Häute wurde ihr Zusammenwirken behindert und damit die Leistungsfähigkeit der Pflanze im Verhältniss zum Thier eingeschränkt. Der grüne Farbstoff befähigte andererseits die Pflanze, aus bestimmten Bestandtheilen der Luft, des Wassers und der Bodensalze Nährstoffe herzustellen und selbstständig für sich zu bestehen, während das Thier in seiner Ernährung auf die Pflanze angewiesen, in seinem Bestehen von ihr somit abhängig wurde. Aus dem Bau der Pflanze und aus der Art ihrer Ernährung lassen sich fast alle sonstigen Unterschiede ableiten, welche ausgeprägte Pflanzen und Thiere trennen. Als für die Pflanze bezeichnend kann auch ihre ontogenetische Entwicklung gelten, die nicht abgeschlossen wird, vielmehr an einzelnen Vegetationspunkten fortdauert. Dass aber kein Kriterium für sich ausreicht, um die Unterscheidung einer Pflanze von einem Thier zu ermöglichen, das lehrt uns beispielsweise die ganze Abtheilung der Pilze, die des grünen Farbstoffes entbehrt und daher in ihrer Ernährung, ebenso wie die Thiere, auf Stoffe angewiesen ist, die von grünen Pflanzen stammen. — An der Grenze der beiden Reiche, wo alle Unterschiede sich verwischen, können schliesslich nur noch phylogenetische Erwägungen als Richtschnur dienen. Ist der phylogenetische Zusammenhang bestimmter Wesen mit Pflanzen wahrscheinlicher, so werden sie dem Pflanzenreich, im entgegengesetzten Falle dem Thierreich zugesellt.

Die lebenden Wesen bilden somit ein einziges zusammenhängendes Reich, das an seinen Ursprungsstellen nur künstlich in Thiere und Pflanzen geschieden werden kann. Dagegen erscheint es zunächst wie eine leichte Aufgabe, das Reich der lebenden Wesen gegen dasjenige der leblosen Körper abzugrenzen. In der That treten uns alle lebenden Wesen mit einer be-

stimmten Eigenschaft entgegen, welche den leblosen Körpern fehlt und die wir als Reizbarkeit bezeichnen. Sie äussert sich darin, dass äussere oder innere Anstösse im lebenden Organismus als Auslösungen wirken und ihn zu Thätigkeiten veranlassen, die er mit Mitteln, über die er verfügt oder die er sich zu beschaffen vermag, in einer durch seinen Bau bedingten und seinen Bedürfnissen entsprechenden Weise, ausführt. Auch in den kleinsten und einfachsten Organismen, die wir kennen, beruhen die Lebensvorgänge auf derartigen Reizvorgängen. Doch entsteht die Frage, ob mit den kleinsten und einfachsten Wesen, die uns unsere Vergrösserungsgläser jetzt zeigen, die unterste Grenze des Lebens wirklich erreicht sei. Diese Grenze hat sich mit der steigenden Leistungsfähigkeit der optischen Instrumente seit jeher verschoben, daher die Annahme willkürlich wäre, dass sie gerade jetzt erreicht sei. NÄGELI schloss daher auf die Existenz immer einfacher werdender Wesen jenseits der jetzt sichtbar zu machenden. Er stellte sich bei ihnen eine allmähliche Abstufung der Lebensvorgänge bis zu einer solchen Vereinfachung vor, die ihre Ableitung aus leblosen Körpern erleichtern sollte. Denn für die Substanz, die am Ausgangspunkt der organischen Entwicklung stand, ist ein anorganischer Ursprung anzunehmen. Damit aber aus jener organischen Substanz die Welt der Organismen sich bildete, musste zu ihren ursprünglichen Eigenschaften schon die Entwicklungsfähigkeit gehören, d. h. die Fähigkeit sich zu verändern und die erfolgte Veränderung als neue Eigenschaft festzuhalten, auch schon die Fähigkeit des Wachstums, d. h. der Vermehrung der Körpermasse auf Kosten fremder Substanzen, endlich auch die Fähigkeit der Fortpflanzung, d. h. einer Vervielfältigung durch Trennung in gesonderte Theile. Für alle lebenden Wesen, die unmittelbar oder mittelbar unseren Sinnen zugänglich sind, steht jetzt fest, dass sie aus ihresgleichen hervorgehen. Auf allen Gebieten, über die unsere Erfahrung reicht, erscheint die „Generatio spontanea“, d. h. Urzeugung, ausgeschlossen. Im Alterthum war die Vorstellung weit verbreitet, dass selbst hochorganisirte Pflanzen und Thiere aus Schlamm und Sand entstehen könnten; diese Anschauung wurde selbst von Aristoteles getheilt. In dem Maasse, als sich die Kenntniss von der Entwicklung lebender Wesen erweiterte, wich die Grenze für die Generatio spontanea immer mehr zurück. Die Urzeugung wurde auf die Eingeweidewürmer beschränkt, deren Auftreten im Innern anderer Wesen man sich anders nicht vorzustellen wusste, und auf mikroskopisch kleine Organismen, deren Entstehung sich der Controle entzog. Doch auch für alle diese Wesen hat fortschreitende Forschung die Generatio spontanea beseitigt. Man lernte die Entwicklungsgeschichte der Eingeweidewürmer kennen, man stellte fest, dass die Keime der kleinsten Organismen in Luft und Wasser verbreitet sind und allen Gegenständen anhaften. Auf letzterem Gebiete haben SCHWANN und PASTEUR bahnbrechend gewirkt; sie zeigten, dass man das Auftreten niederer Organismen an allen Orten, an denen man sie sonst zu beobachten pflegt, durch Zerstörung der vorhandenen Keime und Abschluss gegen neue, verhindern kann. Dass man heute in entsprechender Weise Nahrungsmittel conserviren kann, dankt man jenen auf die Generatio spontanea gerichteten Versuchen. Man zerstört zunächst durch hinreichend hohe Temperaturen die den Nahrungsmitteln beigemengten Keime und sorgt dann durch entsprechenden Abschluss dafür, dass neue Keime nicht hinzutreten. Ohne solche Keime bleibt aber die Zersetzung der aufbewahrten Nahrungsmittel aus, da sie durch die Lebensvorgänge der niederen Organismen bedingt wird.

Alle lebenden Wesen, die wir kennen, gehen somit aus anderen lebenden Wesen hervor. Andererseits findet die Vorstellung, dass die lebendige Sub-



stanz aus lebloser abzuleiten sei, eine Stütze in den Erfahrungen der Chemie. Noch in den ersten Decennien dieses Jahrhunderts hat man die Gebiete der anorganischen und der organischen Chemie streng von einander geschieden und man nahm an, dass die in der organischen Chemie behandelten Substanzen nur durch die Lebensvorgänge der Organismen erzeugt werden könnten. Die Gesetze, welche die anorganische Chemie beherrschen, schienen für die Körper der organischen Chemie keine Geltung zu haben, deren Bildung vielmehr von einer besonderen Kraft, der „Lebenskraft“ abzuhängen. Da stellte im Jahre 1828 WÖHLER aus cyansaurem Ammoniak Harnstoff dar und hatte damit zum ersten Mal eine organische Verbindung aus anorganischer Substanz erzeugt. Im Jahre 1845 erfolgte durch KOLBE die vollständige Synthese der Trichloressigsäure, in den fünfziger Jahren durch BERTHELOT diejenige der Ameisensäure und des Alkohols. Letzteren hatte HENNEL schon 1828 synthetisch gewonnen, doch wies BERTHELOT erst seine Identität mit dem bei der Gährung entstehenden Weingeist nach. Damit war die Grenze endgültig verwischt, welche die anorganische Chemie von der organischen trennte. Die organische Chemie bildet seitdem, als Chemie der Kohlenstoffverbindungen, nur noch einen Theil der Gesamtchemie.

---

Die Botanik oder Wissenschaft von den Pflanzen lässt sich in einen allgemeinen oder generellen und in einen besonderen oder speciellen Theil gliedern. Im allgemeinen Theile werden die Pflanzen gemeinsam auf ihren Bau und ihre Functionen untersucht, im speciellen Theile ihr Bau und ihre Functionen in den einzelnen Abtheilungen des Pflanzenreichs gesondert behandelt.

Die Lehre von dem Bau der Gewächse ist die Morphologie, diejenige von den Functionen die Physiologie der Pflanzen. Im allgemeinen Theile sollen Morphologie und Physiologie getrennt, im speciellen vereint zur Darstellung gelangen.

## ERSTER THEIL.

## Allgemeine Botanik.

## Erste Abtheilung.

## Morphologie.

Die botanische Morphologie strebt eine wissenschaftliche Erkenntniss der Pflanzenformen an. Sie erachtet es nicht als ihr eigentliches Ziel, den Ursachen der Formbildung nachzuforschen, hält vielmehr ihre besondere Aufgabe für gelöst, wenn es ihr gelungen ist, eine Form von einer andern abzuleiten. Die einzige reale Grundlage für die Morphologie giebt somit die stammesgeschichtliche Entwicklung, oder Phylogenie (S. 1) ab. Da die phylogenetische Entstehung aber nur erschlossen, nicht direct verfolgt werden kann, so ist die Morphologie auf indirecte Methoden angewiesen. Zu wissenschaftlich begründeten Ergebnissen verhilft ihr einerseits das Studium der Entwicklung, welche die jetzt bestehenden Wesen von ihrer Anlage bis zum fertigen Zustand durchmachen, das heisst die Ontogenie (S. 1), andererseits die Vergleichung der Formen: die Ontogenie, weil sie innerhalb gewisser Grenzen die Phylogenie wiederholt; die Vergleichung, weil sie es ermöglicht, extreme Gebilde durch Zwischenglieder zu verbinden. Da nun aber die Ontogenie weder vollständig noch unverändert die Phylogenie wiederholt, auch die verbindenden Glieder zwischen extremen Formen vielfach fehlen, so bleiben die Ergebnisse der morphologischen Forschung nur zu oft unvollkommen. Gebilde, deren gemeinsamer Ursprung von einer Ausgangsform uns wahrscheinlich ist, bezeichnen wir als homolog; solche, für die wir einen Ursprung von verschiedenen Ausgangsformen annehmen, die aber die gleichen Functionen vollziehen, als analog. Die Anpassung an die gleiche Function kann unter Umständen analoge Gebilde zu sehr weitgehender Uebereinstimmung nicht nur der äusseren Gestalt, sondern auch des inneren Baues führen, wodurch ihre morphologische Deutung erschwert wird. Nur den homologen Gebilden kommt derselbe „morphologische Werth“ zu. Ueber diesen entscheiden somit nur phylogenetische Gesichtspunkte, nur der gleiche Ursprung, nicht die übereinstimmende Function. Wir werden uns somit in der morphologischen Werthbestimmung eines Gebildes durch seine Function nicht beeinflussen lassen, andererseits wollen wir aber doch, um die Beziehungen, welche zwischen Form und Function herrschen, klarzulegen, auch physiologische Gesichtspunkte in die morphologische Darstellung einschalten. Sind wir auf Grund phylogenetischer Erwägungen dahin gelangt, für eine Anzahl verschiedener Gebilde einen gemeinsamen Ursprung anzunehmen, so bezeichnen wir die hypothetische Ursprungsform, aus der wir jene Gebilde ableiten, als ihre Grundform. Die verschiedenen Abänderungen, welche diese Grundform erfahren hat, sind ihre Metamorphose. Dadurch ist die Lehre von der Metamorphose der Pflanzen, die einst nur eine ideale Abstraction war, auf reale Grundlage gestellt.

Wenig differenzirte Gebilde, die am Ausgangspunkt einer fortschreitenden Reihe stehen, bezeichnen wir als rudimentär; unvollkommene Gebilde, die sich aus vollkommeneren zurückgebildet haben, als reducirt.

Die Morphologie zerfällt in die Lehre von der äusseren Gestalt und von dem inneren Bau. Die Lehre von der äusseren Gestalt der Pflanzen hat man auch Organographie genannt, eine Bezeichnung, die wir nicht annehmen<sup>(4)</sup>, da sie ihrem Wortlaute nach auf die Leistung Rücksicht nimmt und somit einen physiologischen Begriff in sich schliesst. Die pflanzliche Morphologie kennt keine Organe, sondern nur Glieder des Pflanzenkörpers; während es andererseits eine der wichtigsten Aufgaben der Physiologie ist, die äussere Gestalt und den inneren Bau des lebendigen Körpers in Beziehung zu seinen Functionen zu bringen und den Ursachen der Formgestaltung nachzuforschen. Die Lehre von dem inneren Bau der Gewächse hat man oft in den Begriff der pflanzlichen Anatomie oder Phytotomie zusammengefasst; thatsächlich hat aber die Lehre von dem inneren Bau der Gewächse vor Allem mit jenem feineren Bau des pflanzlichen Körpers zu thun, der auf thierischem Gebiete Gegenstand der Histologie ist, und nur in weit geringerem Maasse mit der Anatomie oder gröberer Körperzergliederung. — Am einfachsten dürfte es jedenfalls sein, die Lehre von der äusseren Gestalt der Pflanzen, als äussere Morphologie, die Lehre, die sich mit der inneren Gestalt der Pflanzen befasst, als innere Morphologie zu bezeichnen.

## Erster Abschnitt.

### Äussere Morphologie. <sup>(5)</sup>

Die Gestalt und Gliederung der Pflanzen weist grosse Verschiedenheiten auf. Die Morphologie sucht das Uebereinstimmende innerhalb dieser Mannichfaltigkeit zu erkennen. Sie erreicht das durch Aufdeckung der den verschieden ausgebildeten Formen gemeinsamen Ausgangspunkte.

#### Die Formentwicklung im Pflanzenreiche.

**Der Thallus.** Als Thallus wird ein ungegliederter oder wenig gegliederter Pflanzenkörper bezeichnet, dem vor Allem diejenige Sonderung abgeht, welche die höher organisirten Pflanzen kennzeichnet. Die einfachste Gestalt, in der wir uns einen Organismus denken können, ist die einer Kugel. Diese Form kommt bei den niederen Pflanzen auch thatsächlich vor. Aus so kleinen grünen Kugeln, dass sie nur bei stärkerer Vergrösserung unterschieden werden können, bestehen beispielsweise gewisse grüne Ueberzölge, die häufig an feuchten Mauern auftreten. Sie werden von einer zu den niedersten Abtheilungen der Pflanzen gehörenden Alge, der *Gloeocapsa polydermatica* (Fig. 1), gebildet. — Von ellipsoider Gestalt sind die Individuen der Bierhefe (*Saccharomyces cerevisiae*). Die Fig. 2

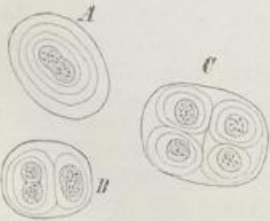


Fig. 1. *Gloeocapsa polydermatica*. A Beginn der Theilung. B links, kurz nach der Theilung. Vergr. 540.



Fig. 2. *Saccharomyces cerevisiae*. 1 nicht sprossende. 2 und 3 sprossende Zellen. Vergr. 540.

den von einer zu den niedersten Abtheilungen der Pflanzen gehörenden Alge, der *Gloeocapsa polydermatica* (Fig. 1), gebildet. — Von ellipsoider Gestalt sind die Individuen der Bierhefe (*Saccharomyces cerevisiae*). Die Fig. 2

zeigt sie zum Theil mit seitlichen Auswüchsen versehen, in sogen. Sprossung begriffen. — Scheibenförmige Gestalten, ganzrandig oder mit mannichfaltig eingeschnittenem Rande, treten uns bei verschiedenen Algen entgegen, bei diesen auch cylindrische Formen. Elliptische Gestalt weisen verschiedene Diatomeen auf, die auch zu den Algen gezählt werden, so die in Fig. 3 dargestellte *Pinnularia viridis*. Ausserdem kommen dort die

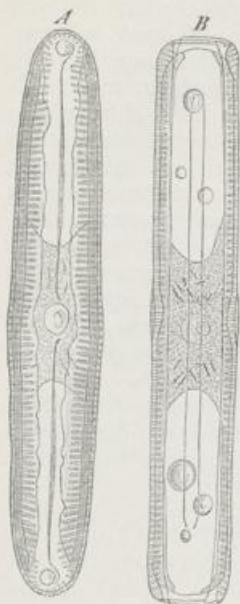


Fig. 3. *Pinnularia viridis* in zwei Ansichten. A die sogen. Schalenansicht, B die sogen. Gürtelbandansicht. Vergr. 540.



Fig. 5. Keimling von *Ulva Lactuca*. Oben der Scheitel, unten die Basis. Vergr. 220.

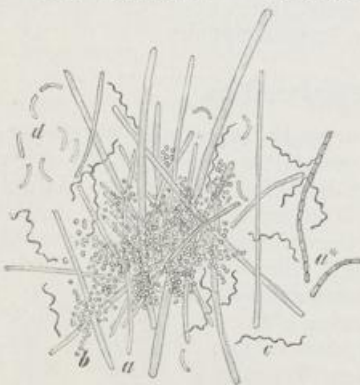


Fig. 4. Bakterien des Zahnschleims. a *Leptothrix buccalis*, bei a\* nach Jodbehandlung, b *Micrococci*, c *Spirochaete dentium* nach Jodbehandlung, d *Spirillum sputigenum*. Vergr. 800.

auch in strauch- und bartförmigen Gestalten entgegnetreten, kommen durch Verflechtung und Vereinigung verzweigter, akropetal wachsender Fäden zu Stande. Diese Art der Formbildung bleibt aber auf die genannten Orga-

mannichfaltigsten spindel-, schiff-, helm- und fächerförmigen Gestalten vor, die sich aus einfacheren kugelförmigen, scheibenförmigen und cylindrischen Formen ableiten lassen. Ebenso treten uns kugel-, stäbchen-, faden- und schraubenförmige Gestalten bei den kleinsten Organismen, die wir kennen, jenen Bakterien entgegen, die als Träger der Infektionskrankheiten und Erreger von Zersetzungserscheinungen ein Gegenstand so eingehender Forschung geworden sind (Fig. 4). — Als nächsthöhere Stufe fortschreitender Differenzierung kann diejenige gelten, bei welcher ein Gegensatz von Scheitel- und Basis sich ausbildet. Die Basis dient dann meist der Anheftung, während das Wachstum sich auf den Scheitel localisirt. So bildet sich dieser Scheitel zu einem Vegetationspunkt aus.

Ein Keimling der bandförmigen grünen Meeresalge, der *Ulva Lactuca* (Fig. 5), mag hier als Beispiel solcher Differenzierung dienen. — Alsdam treten uns bei den niederen Pflanzen verzweigte Fäden und Bänder entgegen. Der Ort der Neubildung localisirt sich zugleich immer mehr auf den Scheitel. Eine akropetal, d. h. scheidelwärts fortschreitende Anlage neuer Seitenzweige ist bereits deutlich ausgeprägt bei der im süßen Wasser sehr gemeinen grünen Fadenalge, der *Cladophora glomerata* (Fig. 6). Sehr ausgeprägtes Scheitelwachsthum zeigt uns die weiter (Fig. 7) dargestellte braune Meeresalge *Cladostephus verticillatus*. — Die Körper grösserer Pilze und Flechten, die uns in Keulen-, Schirm-, Teller- und Becherform, oder

nismen eingeschränkt und sind alle vollkommeneren Arten der Gliederung bei den niederen Pflanzen auf weitere Differenzirung einzelner selbständig bleibender, sich verzweigender Fäden und Bänder zurückzuführen. Die

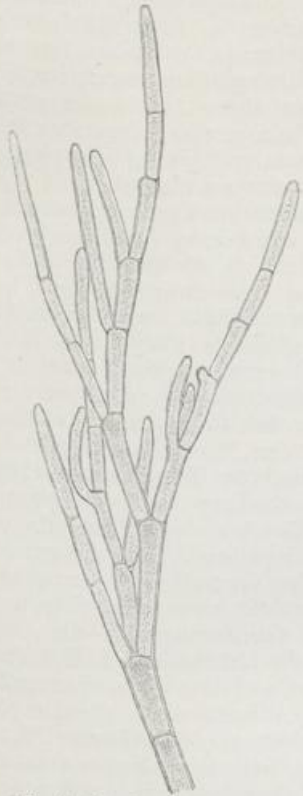


Fig. 6. Stück einer *Cladophora glomerata*. Vergr. 48.

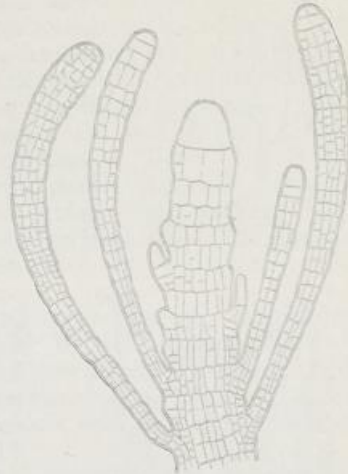


Fig. 7. Endtrieb eines *Cladostephus verticillatus* (nach PRINGSHEIM). Vergr. 30.



Fig. 8. *Dietyota dichotoma*.  $\frac{2}{3}$  nat. Gr.



Fig. 9. *Hydrolapathum sanguineum*.  $\frac{1}{2}$  nat. Gr.

Bildung neuer Glieder des Körpers brauchte dabei nicht in allen Fällen unter dem ursprünglichen Scheitel zu erfolgen, dieser Scheitel selbst konnte in die Bildung neuer Glieder eingehen; so bei der sich fortdauernd gabelnden,

braunen Meeresalge *Dictyota dichotoma*, die unsere Fig. 8 zeigt. — Ihre höchste Differenzirung erreichte die äussere Gestaltung der niederen Gewächse in gewissen Abtheilungen der braunen und der rothen Meeresalgen



Fig. 10. *Riccia fluitans*.  
Nat. Gr.



Fig. 11. *Blasia pusilla* mit Sporogon s. r. Rhizoide. Vergr. 2.

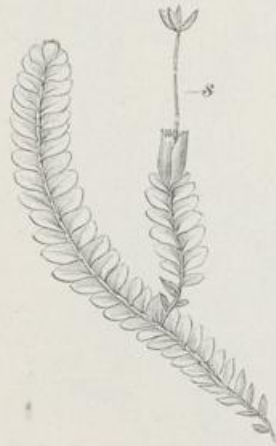


Fig. 12. *Plagiochila asplenioides*  
mit Sporogon s. Nat. Gr.

deren Sonderung noch unvollkommen ist. Endlich tritt uns in *Plagiochila asplenioides* (Fig. 12) ein Lebermoos entgegen, bei dem die volle Gliederung in Stamm und Blatt vollzogen ist. Die rundlich eiförmigen Blätter sind von den fadenförmig gestreckten Stammtheilen abgegliedert, sie sitzen ihnen abwechselnd rechts und links an.

(Phaeophyceen und Rhodophyceen). Manche Vertreter derselben erinnern in ihrer Gliederung auffallend an höhere Pflanzen, so beispielsweise die rothe Meeresalge *Hydrolapathum sanguineum* (Fig. 9). Wie schon der Name dieser Alge andeutet, ähnelt sie einer Ampferart, ein gewiss lehrreicher Fall für Analogie der Gestalt unter Pflanzen, die phylogenetisch nichts mit einander gemein haben. Unter Annahme eines phylogenetischen Zusammenhanges unter allen den als niedere Pflanzen bezeichneten Organismen hat man sie als Thallophyten zusammengefasst und ihren Körper Thallus genannt. Diesem Thallus wird der in Stamm und Blatt gegliederte Körper der höheren Pflanzen als Cormus gegenübergestellt, letztere demgemäss als Cormophyten bezeichnet. Zu den Cormophyten zählen alle Pflanzen von den Moosen aufwärts.

#### Uebergang vom Thallus zum Cormus.

Die untere Abtheilung der Bryophyten oder moosartigen Gewächse, die Abtheilung der Lebermoose (Hepaticae) bietet uns zum Theil noch bandartige Vegetationskörper ohne alle Gliederung, enthält aber auch schon Formen mit derselben Gliederung wie die höheren Pflanzen. Da die Extreme durch Mittelformen verbunden sind, so bildet diese Pflanzenklasse sehr wichtige Anhaltspunkte für die phylogenetische Ableitung der höheren Pflanzengestalt. Einige Beispiele sollen uns den Gang der bei den Lebermoosen sich vollziehenden Differenzirung des Thallus zum Cormus veranschaulichen. So stellt die Fig. 10 zunächst ein gabelig verzweigtes Lebermoos mit bandartigem Thallus vor, die *Riccia fluitans*. Dieses Lebermoos erinnert in seinem Habitus, d. h. in seinem Aussehen, an die von uns betrachtete braune Alge *Dictyota dichotoma* (Fig. 8). Das nächste Lebermoos, welches wir anschliessen, die *Blasia pusilla* (Fig. 11), zeigt an ihrem bandförmigen Körper seitliche Einschnitte. Die mit diesen Einschnitten abwechselnden Lappen sind, wie der Vergleich mit anderen differenzirten Lebermoosen und die Entwicklungsgeschichte lehren, als Blätter aufzufassen,

**Cormus.** Mit der Differenzirung in Stamm und Blatt war die cormophyte Differenzirung gegeben. Sie hat sich allem Anschein nach wiederholt in der phylogenetischen Entwicklung des Pflanzenreichs vollzogen, so das eine Mal in der Abtheilung der Bryophyten, ein anderes Mal bei der Ausbildung der farnartigen Gewächse oder Pteridophyten, vielleicht in beiden Fällen aus lebermoosähnlichen Vorfahren. Alle Bryophyten sind an der Unterlage, auf der sie wachsen, durch zarte Fäden, die als Rhizoide (Fig. 11 r) bezeichnet werden, befestigt. Erst bei den farnartigen Gewächsen, die als Gefässcryptogamen zusammengefasst werden, traten auch diejenigen Gebilde auf, die morphologisch als Wurzeln zu bezeichnen sind. Diese Wurzeln stellen im Allgemeinen cylindrische, an ihrem Scheitel fortwachsende Körper dar, die abgesehen von einem bestimmten inneren Bau, sich in ihrer äusseren Ausgestaltung von dem Stamm dadurch unterscheiden, dass ihr Vegetationskegel mit einer Hülle, der sogen. Wurzelhaube oder Calyptra, bedeckt ist und keine Blätter bildet.

**Metamorphose der Grundformen.** Nach vollzogener Differenzirung in Stamm und Blatt und dem Auftreten der Wurzeln, fand weiterhin nur noch eine mehr oder weniger tiefgreifende Veränderung jener Grundformen, oder Grundglieder des cormophyten Pflanzenkörpers, d. h. deren Metamorphose (S. 6), unter Umständen auch deren mehr oder weniger weit gehende Verschmelzung statt.

Die oft ganz auffälligen Beziehungen homologer Glieder konnten auch früher nicht unbemerkt bleiben. Sie regten zu Vergleichen an, bevor noch in der Phylogenie eine reale Basis für solche Vergleiche gewonnen war. So bildete sich einerseits eine rein idealistische Gestaltenlehre in der Botanik aus, die ihre höchste künstlerische Entwicklung in GOETHE'S Metamorphosenlehre, ihren wissenschaftlichen Abschluss in den Arbeiten von ALEXANDER BRAUN fand. — Die Mannichfaltigkeit der Gestaltung auf den Gebieten der niederen Gewächse gestattete nicht bei ihnen die Aufstellung abstracter Grundformen, weshalb sich die ganze äussere Morphologie der Pflanzen aus Begriffen aufbaute, welche von den Cormophyten gewonnen waren. Auch heute geben die für die Körpertheile der Cormophyten üblichen Bezeichnungen die Norm ab, nach welcher die nur analogen Theile der Thalloyphyten benannt werden. So unterscheidet man auch wohl zwischen Stamm und Blatt bei solchen Algen, wie dem in Fig. 9 dargestellten Hydrolapathum. Solche Bezeichnungen können dort auch treffend die Art der Gliederung charakterisiren, doch muss festgehalten werden, dass bei der gleichen Bezeichnung es sich nur um Hervorhebung einer Analogie der Gliederung mit den Cormophyten handelt. Freilich sind auch diejenigen Gebilde, die wir mit gleichen Namen bei Cormophyten belegen, nicht wirklich alle homolog. Denn es ist nicht möglich, die cormophyte Gliederung bei den Pteridophyten von derjenigen bei den Bryophyten abzuleiten, vielmehr müssen beide, wie schon berührt wurde, verschiedenen Ursprungs sein. Von den Pteridophyten aufwärts scheint hingegen die vorhandene Gliederung in der That gleichen Ursprungs zu sein und die gleichnamige Bezeichnung sich dort wirklich auf homologe Gebilde zu beziehen.

#### Symmetrieverhältnisse.

Jeder in der Richtung vom Scheitel zur Basis eines Pflanzentheils geführte Schnitt ist ein Längsschnitt, die rechtwinklig zu den Längsschnitten geführten Schnitte sind Querschnitte. Ein Pflanzentheil, der sich durch drei oder mehr als Hauptschnitte bezeichnete Längsschnitte in zwei Hälften theilen lässt, die einander annähernd gleich sind, wird als multilateral

oder radiär, oder auch actinomorph bezeichnet. An einem beblätterten Spross wird uns der radiäre Bau am anschaulichsten entgegentreten, wenn wir von ihm ein sogen. Diagramm darstellen, d. h. wenn wir die Blätter,

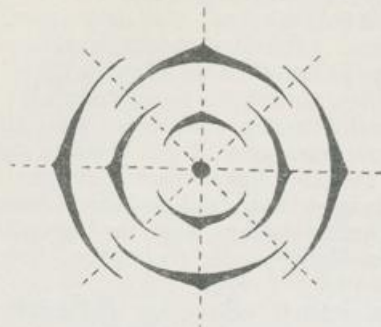


Fig. 13. Diagramm der sogen. decussierten Blattstellung.

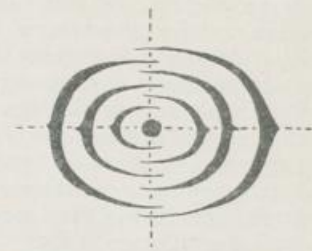


Fig. 14. Diagramm einer zweizeiligen Blattstellung.

die er trägt, in eine zu seiner Längsachse rechtwinklige Ebene entwerfen. So zeigt sich deutlich die radiäre Ausbildung an dem Diagramm Figur 13,

das nach einem Spross entworfen ist, der die Blätter in abwechselnd auf einander folgenden, zweigliederigen Quirlen trägt. Etwas abweichend verhält sich ein Spross, der seine Blätter zweizeilig, d. h. abwechselnd an zwei gegenüberliegenden Seiten ausbildet. Das Diagramm eines solchen Sprosses (Fig. 14) kann nur durch zwei Hauptschnitte in annähernd gleiche Hälften zerlegt werden. Ein solcher Typus wird als bilateral, oder bisymmetrisch von dem radiären unterschieden. Eine noch andere Symmetrie weisen solche Pflanzenkörper auf, die nur durch einen einzigen Hauptschnitt in zwei einander entsprechende Hälften, eine rechte und linke, zerlegt werden können; solche Körper heißen einfach symmetrisch, monosymmetrisch oder auch zygomorph; sie lassen nur eine Symmetrieebene zu, weil sie zwar einander entsprechende Flanken, aber eine verschiedene „Rücken-“ und „Bauchseite“ besitzen. Aus letztem Grunde werden sie als dorsiventral bezeichnet. Solche dorsiventrale Gebilde treten uns in den meisten Laubblättern entgegen. An diesen ist die Oberseite deutlich anders als die Unterseite ausgebildet, und reagiren beide Seiten deutlich verschieden auf äussere Einflüsse. Schematisch wird uns ein solcher monosymmetrischer, dorsiventraler Pflanzenkörper durch die Figur 15 an einem Laubblatt verdeutlicht, wobei *A* die Flächenansicht, *B* den Querschnitt darstellen soll, *ss* den einzig möglichen Hauptschnitt.



Fig. 15. Schematisches Bild eines Laubblattes, bei *A* in Flächenansicht, bei *B* im Querschnitt, *ss* der Hauptschnitt.

körper durch die Figur 15 an einem Laubblatt verdeutlicht, wobei *A* die Flächenansicht, *B* den Querschnitt darstellen soll, *ss* den einzig möglichen Hauptschnitt. Die Unterschiede im Bau der Rücken- und Bauchseite sind am Querschnitt durch Schattirung hervorgehoben. Nicht selten sind dorsiventrale Pflanzentheile auch asymmetrisch, ihre beiden Flanken entsprechen dann einander nicht, so bei den meisten Begonienblättern.



**Verzweigungssysteme.**

Thallophyten wie Cormophyten weisen solche Verzweigungssysteme ihres Körpers auf, die aus einer Gabelung der vorhandenen Vegetationspunkte hervorgehen, und solche, die einer Bildung neuer Vegetationspunkte unter den vorhandenen ihre Entstehung verdanken. Im ersten Falle geht der alte Vegetationspunkt in der Bildung der neuen auf, im zweiten besteht er als solcher fort. Aus diesen beiden Verzweigungsarten ergeben sich die beiden herrschenden Verzweigungssysteme, das dichotomische und das monopodiale. Bei typischer Ausbildung des dichotomischen Systems mit gleichmässiger Fortentwicklung der Gabelzweige, kommt ein Gesamtbild zu

Stande, wie es etwa in unserer Fig. 8 (S. 9) durch *Dictyota dichotoma* vorgeführt wird und sich schematisch durch die Fig. 16 *Aa* ausdrücken lässt. Bei der typischen Ausbildung des monopodialen Systems geht eine Hauptachse, das Monopodium, durch die ganze Verzweigung und trägt schwächere Aeste, die ihrerseits mit noch schwächeren Zweigen besetzt sein können. Eine Tanne, die man sich gegenwärtigen wolle, mag als typisches Beispiel dienen. Das dichotomische System nimmt ein von dem typischen

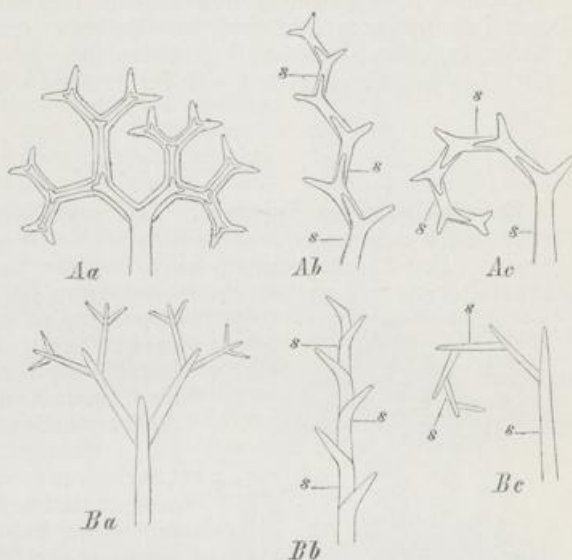


Fig. 16. Schematische Darstellung einiger Verzweigungssysteme. *A* Dichotomische Verzweigung und zwar *Aa* gabelige Dichotomie, *Ab* schraubelähnliche Dichotomie, *Ac* wickelähnliche Dichotomie. *B* Monopodiale Verzweigung und zwar *Ba* falsche Dichotomie, *Bb* Wickel, *Bc* Schraubel. *sss* Sympodien.

können zusammen eine scheinbare Hauptachse bilden, der die schwächeren Gabeläste wie Seitenäste entspringen. So ist es im Schema *Ab*, und bei den Selaginellen der Fall. Eine solche Scheinachse (*sss*) wird ihrem Ursprung gemäss als Sympodium bezeichnet. Andererseits können bei monopodialer Verzweigung zwei Seitenäste sich stärker als die Hauptachse ausbilden und dadurch der Schein einer Dichotomie, oder bei der Förderung von mehr als zwei Aesten, einer Polytomie entstehen. Man spricht dann von falscher Dichotomie oder Polytomie. Ein schönes Beispiel für falsche Dichotomie giebt die auf unseren Bäumen wachsende Mistel (*Viscum album*) ab; wir sehen es auch durch das Schema *Ba* vorgeführt. — Wird nur ein Seitenast an der Hauptachse gefördert, während diese zurückbleibt (*Bb*), und stellt er sich in die Verlängerung derselben, indem er ihren Scheitel zur Seite drängt, so entsteht ebenfalls ein Sympodium (*sss*). Stämme

und Aeste mancher unserer Laubhölzer sind solche Sympodien, so bei der Linde oder der Rothbuche. Die Endknospen der Jahrestriebe sterben da ab, die oberste, kräftig entwickelte Seitenknospe setzt im Frühjahr den vorjährigen Spross fort, und bald ist an der so erzeugten Scheinachse von ihrem sympodialen Ursprung nichts mehr zu erkennen. Dauernd erkennbar bleibt hingegen der sympodiale Aufbau vielfach an unterirdischen Stammtheilen, so denjenigen von *Polygonatum multiflorum*, Fig. 21 (S. 18). Jedes Jahr erhebt sich die Endknospe jenes unterirdischen Stammes als Spross über dem Boden, während eine Achselknospe ihn im Boden fortsetzt. — In besonders mannichfaltiger und wechselnder Verbindung sind die verschiedenen Verzweigungsarten in den blüthentragenden Sprossystemen der Phanerogamen, den Blütenständen oder Inflorescenzen, ausgebildet und werden dort noch eingehender behandelt und unterschieden werden. Unter diesen Inflorescenzen sind auch bauchwärts eingerollte, dorsiventralsprossysteme vertreten, welche ihre neuen Sprosse nicht in den Blattachsen, sondern ausserhalb derselben, auf der convexen Rückenfläche ausbilden.

#### Der Spross.

**Entwicklung des Sprosses.** Der Stamm und die an ihm befindlichen Blätter bilden zusammen den Spross und stehen in engster Beziehung zu einander. Der Stamm zeigt Scheitelwachsthum (Fig. 17), sein Vegetationspunkt gilt, weil er von einer besonderen Hülle nicht bedeckt wird, im

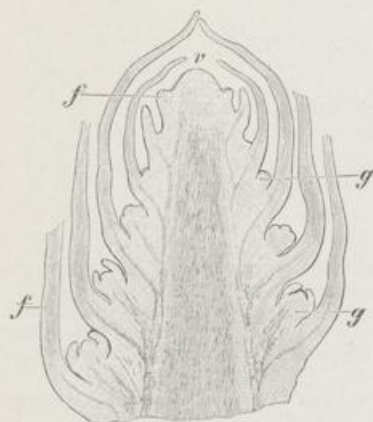


Fig. 17. Sprossspitze einer phanerogamen Pflanze. Bei v Vegetationskegel, f Blattanlagen, g Achselknospenanlagen. Vergr. 10.

Gegensatz zu demjenigen der Wurzel, als nackt. Meist springt der Sprossspitze kegelförmig vor und wird daher allgemein als Vegetationskegel bezeichnet. Er ist für gewöhnlich klein, dem blossen Auge kaum sichtbar, daher müssen mediane Längsschnitte aus dem Sprossspitze dargestellt und bei entsprechend starker Vergrößerung betrachtet werden. Soweit der Sprossspitze noch ungesondert in seinem Innern ist, befindet er sich im embryonalen Zustande. Solchen noch embryonalen Theilen des Vegetationskegels entspringen die Blattanlagen. Sie zeigen sich als Höcker oder Wülste (f) und entstehen in akropetaler Reihenfolge, haben demgemäss um so bedeutendere Grösse erreicht, je mehr sie von der Spitze entfernt sind. Da das Wachsthum des Blattes im Allgemeinen der Streckung der Stammtheile vorausgeht, so decken sich die jungen

Blattanlagen gegenseitig, neigen über dem Vegetationskegel zusammen und bilden so eine Knospe. Die Knospe ist somit ein unentwickelter Spross. Soll sie, wie das beispielsweise bei manchen Winterknospen der Fall, eine Zeit lang ruhen, so wird sie in besonderer Weise für die Ruhezeit abgeschlossen.

**Anlage neuer Sprosse.** Bildung neuer Vegetationspunkte durch Gabelung des älteren Vegetationspunktes, wie wir sie bei der thallophyten *Dicotyla dichotoma* (Fig. 8) kennen gelernt haben, tritt in annähernd typischer

Ausbildung auch bei den niederen thallophyten Lebermoosen auf, so bei der in Fig. 10 dargestellten *Riccia fluitans*. Bei den Cormo $\phi$ phyten kommt sie nur selten vor, ist im Wesentlichen dort auf die Pteridophyten beschränkt und in einer Abtheilung derselben, den Bärlappen (Lycopodiaceen), besonders typisch ausgebildet. Soll bei den Lycopodiaceen ein Spross in zwei gleichwerthige Sprosse sich gabeln, so wird der kreisförmige Querschnitt seines Vegetationskegels elliptisch und den beiden Brennpunkten der Ellipse entsprechend wölben sich die zwei neuen Vegetationskegel vor (Fig. 18). Bei den meisten Lycopodiaceen werden bei der Gabelung zwei ungleich starke Sprosse erzeugt und dann erscheint der schwächere sogleich seitlich gegen den stärkeren verschoben (Fig. 19), was den Anschein erweckt, als ginge er aus einer Seite desselben hervor. Jede Verzweigung, die in solcher Art durch Spaltung des Vegetationskegels zu Stande kommt, bleibt ohne bestimmte Beziehung zu den Blattanlagen. In anderen Fällen ist diese Beziehung vorhanden. Bei den Bryophyten höchster Entwicklungsstufe, so vor Allem den Laubmoosen, entstehen neue Sprosse in einiger Entfernung vom Vegetationspunkte schräg unter bestimmten Blattanlagen. Bei den Phanerogamen werden neue Sprosse allgemein in den Achseln der Blattanlagen erzeugt. An dem in Fig. 17 dargestellten Längsschnitt sieht man die jüngste Anlage zu einem neuen Spross (*g*) in der Achsel der drittobersten Blattanlage sich vorwölben. In den Achseln nächst älterer Blattanlagen sind auch die Anlagen für die Sprosse entsprechend grösser und beginnen schliesslich Blatthöcker zu erzeugen. Entweder wachsen die Sprossanlagen gleich weiter, oder sie verharren zunächst im Knospenzustande. Solche in Blattachsen erzeugte Knospen werden als Achselknospen, die aus ihnen hervorgehenden Sprosse als Achselsprosse bezeichnet. Das Blatt, in deren Achsel sie stehen, ist ihr Tragblatt oder Stützblatt, besser ihr Deckblatt. Im Allgemeinen steht die Achselknospe in der Mittellinie ihres Deckblattes, nur selten wird sie seitlich aus derselben verschoben. Regel ist, dass nur eine Achselknospe in der Achsel ihres Blattes auftritt, doch giebt es auch Fälle, wo auf die Bildung der ersten Achselknospe noch andere, sogen. Beiknospen folgen.

Entweder stehen sie über einander (seriale Beiknospen), so z. B. bei *Lonicera*, *Gleditschia*, *Gymnocladus*, oder neben einander (collaterale Beiknospen), so z. B. bei manchen Liliaceen, wie *Allium*- und *Muscari*-Arten. Dass neue Sprossanlagen in wesentlich grösserer, oft bedeutend grösserer Entfernung vom Vegetationspunkt als die Blattanlagen erzeugt werden, ist in den vegetativen, d. h. nur Vegetationsorgane bildenden Theilen einer phanerogamen Pflanze eine allgemeine Erscheinung; in den generativen, d. h. blüthenbildenden Theilen der phanerogamen Pflanze, pflegen hingegen die Sprossanlagen meist unmittelbar auf die Anlage ihrer Deckblätter zu folgen. derselben selbst vorauszuweichen. Im letzten Falle wird das Deckblatt meist nur schwach entwickelt, ja es kann, wie in den Blütenständen der Cruci-

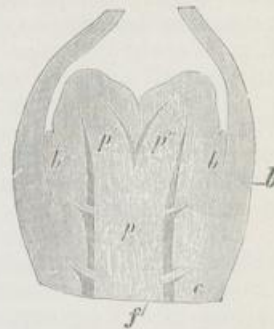


Fig. 18. Ein in zwei gleichstarke Gabeläste (*p'* und *p''*) sich fortsetzender Spross (*p*) von *Lycopodium alpinum*, im Längsschnitt. *b* Blattanlage, *c* Rinde, *f* Gefässtracheidenstränge. (Nach HEGELMAIER.) Vergr. 60.



Fig. 19. Ein in zwei ungleiche Gabeläste (*p'* und *p''*) sich theilender Spross von *Lycopodium inundatum*, *b* Blattanlagen. (Nach HEGELMAIER.) Vergr. 40.

entweder stehen sie über einander (seriale Beiknospen), so z. B. bei *Lonicera*, *Gleditschia*, *Gymnocladus*, oder neben einander (collaterale Beiknospen), so z. B. bei manchen Liliaceen, wie *Allium*- und *Muscari*-Arten. Dass neue Sprossanlagen in wesentlich grösserer, oft bedeutend grösserer Entfernung vom Vegetationspunkt als die Blattanlagen erzeugt werden, ist in den vegetativen, d. h. nur Vegetationsorgane bildenden Theilen einer phanerogamen Pflanze eine allgemeine Erscheinung; in den generativen, d. h. blüthenbildenden Theilen der phanerogamen Pflanze, pflegen hingegen die Sprossanlagen meist unmittelbar auf die Anlage ihrer Deckblätter zu folgen. derselben selbst vorauszuweichen. Im letzten Falle wird das Deckblatt meist nur schwach entwickelt, ja es kann, wie in den Blütenständen der Cruci-

feren, seine Bildung ganz unterbleiben. Es liegt da augenscheinlich eine Reihe stufenweiser phylogenetischer Veränderungen vor.

Solche Sprossanlagen, die an vorbestimmten Stellen aus den jugendlichen Theilen anderer Sprosse hervorgehen, werden als normale bezeichnet und denjenigen gegenübergestellt, welche an beliebigen Stellen, sowohl jüngerer als auch älterer Pflanzentheile entspringen. Letztere heissen adventiv. Adventivsprosse sind häufig an alten Stämmen, brechen oft auch als Wurzelbrut aus den Wurzeln von Kräutern (*Brassica oleracea*, *Anemone silvestris*, *Convolvulus arvensis*, *Rumex Acetosella*), oder von Sträuchern (*Rubus*, *Rosa*, *Corylus*) oder von Bäumen (*Populus*, *Ulmus*, *Robinia*) hervor, auch werden sie an den Blättern mancher Pflanzen, die dann lebendiggebärende heissen, so besonders den Blättern bestimmter Farne, erzeugt. Eine Verwundung des Pflanzenkörpers regt die Bildung von Adventivknospen oft an. So werden sie häufig als Stockausschlag aus dem Stoeke gefällter Bäume erzeugt und die Gärtner benutzen vielfach Stammstücke, Wurzelstücke oder abgeschnittene Blätter, um neue Pflanzen aus ihnen zu erlangen. Ein auf feuchten Boden gelegtes Begonienblatt hat an seinem Grunde bald neuen Pflanzen den Ursprung gegeben, die der Gärtner Blattstecklinge nennt.

Die Blätter, sowie die normalen Sprosse, die aus jugendlichen Geweben der Muttersprosse angelegt werden, sind äusseren oder exogenen Ursprungs. Im Gegensatz hierzu zeigen Adventivsprosse meist inneren oder endogenen Ursprung, werden aus inneren Geweben des Pflanzenkörpers erzeugt und müssen die äusseren durchbrechen, um hervor zu treten. So vornehmlich die aus Stamm- und Wurzeltheilen erzeugten, während die an Blättern auftretenden wie normale Sprosse exogen zu entstehen pflegen.

**Weitere Ausbildung der Sprosse.** Alle Anlagen normaler Sprosse gehen hervor aus der embryonalen Substanz des Vegetationspunktes ihres Muttersprosses. Entstehen sie in grösserer Entfernung vom Sprossscheitel (Fig. 17), so war dort embryonale Substanz für ihre Entstehung aufgespart. Auch die Vegetationspunkte der Adventivsprosse werden grösstentheils aus embryonaler Substanz erzeugt, die in älteren Theilen des Pflanzenkörpers als solche erhalten blieb und vermehrt wurde; zum Theil entstehen sie aber auch aus neuerzeugten Vegetationspunkten, dank der Fähigkeit älterer Pflanzentheile in den embryonalen Zustand zurückzukehren und neue Vegetationspunkte zu erzeugen. — Auf die Entwicklungsvorgänge, durch welche am Scheitel der Sprosse neue Glieder angelegt werden, auf das Scheitelwachsthum, folgt eine Grössenzunahme und weitere Ausbildung der Glieder. — Dieses Wachsthum pflegt mit einer ausgiebigen Streckung der angelegten Theile zu beginnen, durch welche eine rasche Entfaltung der Knospen veranlasst wird. Die Stelle stärksten Wachsthums liegt im Spross stets in einiger Entfernung vom Vegetationspunkte.

Das Längenwachsthum des Sprosses ist in bestimmten Fällen so gering, dass seine Blätter auch im fertigen Zustande aneinanderstossen, ohne freie Stammtheile zwischen sich zu lassen; wir haben dann Kurztriebe vor uns. Die dichtgedrängten Büschel nadelförmiger Blätter bei den Lärchen, oder die aus fleischigen Blättern gebildeten Rosetten der Hauswurz (*Semper-*



Fig. 20. *Samolus Valerandi*, die Tragblätter *t* an den Achselsprossen *a* emporgerückt. Fructificirende Pflanze. Jeder Achselspross schliesst mit einer Frucht ab. Natürl. Gr.

vivum-)Arten, so auch die Blüten der Phanerogamen, mit ihren dicht gedrängten Blattgebilden, können als Beispiele dienen. Strecken sich, wie das meist zu geschehen pflegt, die Stammtheile zwischen den Ansatzstellen der Blätter, so erhalten wir Langtriebe. Solche Langtriebe werden beispielsweise von allen unseren Laubbälzern im Frühjahr gebildet. — Den Stamm stellt man den Blättern als Sprossachse oder kurzweg Achse gegenüber. Die zwischen den Ansatzstellen der Blätter befindlichen Achsenstücke bezeichnet man als Stammglieder, oder als Stengelglieder, Internodien; die Achsenstücke, welche die Blätter tragen, nennt man Knoten, Nodi. Wenn die Blätter mit ihrer Basis den Stengel umfassen, oder wenn sie zu mehreren in gleicher Höhe entspringen, pflegt der Knoten, der sie trägt, angeschwollen zu sein: so bei vielen Lippenblüthlern (Labiaten).

Es giebt Fälle, wo das Längenwachsthum des Sprosses an älteren Stellen längere Zeit anhält. Das bezeichnet man als intercalares Wachsthum. Meist nehmen solche intercalare Wachsthumstellen die Basis der Internodien ein: so bei den Gräsern. Intercalare Wachsthumsvorgänge können Verschiebungen bewirken, durch welche die ursprünglichen Beziehungen der Glieder zu einander verändert werden. So giebt es Fälle, in welchen die Knospen den Achsen ihrer Deckblätter entrückt werden, die einzelne Knospe daher höher am Stengel als ihr Deckblatt zu stehen kommt. Es kann auch das Deckblatt bei seinem Wachsthum die Achselknospe mitnehmen, so dass der Achselspross auf das Deckblatt hinaufgelangt, oder es rückt das Deckblatt, wie in Fig. 20, auf seinen Achselspross hinauf und scheint ihm selbst anzugehören.

**Ruhende Knospen.** Zur Ueberwinterung in unseren Breiten bestimmte Knospen (Fig. 21) werden fast stets von schuppenförmigen Blättern umschlossen, die man Knospenschuppen nennt, und welche vermöge ihres Baues vornehmlich Schutz gegen Verdunstung und somit auch zugleich gegen Austrocknung gewähren. Unterstützt werden sie dabei durch Haarüberzüge, Harz- und Gummiausscheidungen, sowie durch eingeschlossene Luftschichten. Nicht selten ist das Deckblatt an diesem Schutz seiner Achselknospe betheiligt, indem der Grund des Blattstieles auch nach dem Blattfall am Spross verbleibt und kappenförmig, mehr oder weniger vollständig, die Winterknospe deckt. Aehnlich wie Winterknospen werden auch Knospen tropischer Holzgewächse abgeschlossen, die eine Trockenperiode überdauern sollen, während in tropischen Gegenden mit gleichmässig über das Jahr vertheilten Niederschlägen ein solcher Knospenabschluss nicht besteht.

Nicht alle Knospen einer Pflanze treiben aus. Es giebt auch zahlreiche Laubbälzler, wie z. B. die Weidenarten, bei welchen die Endknospen der Triebe regelmässig absterben. Manche Knospen, so meist die unteren Knospen der Triebe bei den Laubbälzern, zeigen die Fähigkeit, lange Jahre hindurch ihre Entwicklungsfähigkeit zu behalten und sogen. schlafende Augen zu bilden. Bei der Eiche, Rothbuche können solche Knospen an hundert Jahre alt werden; ihre Ansatzstelle im Stamm wird verlängert, so dass sie in der Peripherie verbleiben. Vielfach

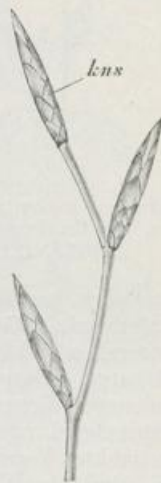


Fig. 21. Winterknospen der Rothbuche (*Fagus sylvatica*). *kns* Knospenschuppen. Natürl. Gr.

sind es somit Sprosse aus solchen Knospen und nicht Adventivsprosse, welche aus alten Stämmen hervorbrechen. Es kommt vor, dass die Verbindung der schlafenden Augen mit dem Holzkörper des Mutterstammes unterbrochen wird, dass sie aber fortfahren in die Dicke zu wachsen und sich mit eigenen Holzschichten zu umgeben; dann bilden sie jene merkwürdigen „Kugeltriebe“ innerhalb der Rinde, die hühnereigross werden können und sich leicht von der umgebenden Rinde loslösen: so häufig die Kugeltriebe bei der Rothbuche, und die sogen. Eier beim Oelbaum.



Fig. 22. Zwiebeltragende Zahnwurz (*Dentaria bulbifera*) mit Brutknospen *br*. Natürl. Gr.

**Metamorphose der Knospen.** In besonderer Weise veränderte Knospen treten uns als Brutknospen oder Bulbillen entgegen, die von ihrer Mutterpflanze abfallen und auf diese Weise zur Verbreitung der Art dienen. Sie sind mit Nahrungsstoffen angefüllt und dementsprechend angeschwollen. Manche dieser mit Bulbillen versehenen Pflanzen führen nach der Fähigkeit sie zu erzeugen den Namen: so *Lilium bulbiferum*, oder *Dentaria bulbifera* (Fig. 22).

**Metamorphose unterirdischer Sprosse.** Charakteristisch verändert sind solche Sprosse, die unterirdisch leben. Sie werden als Wurzelstöcke oder Rhizome bezeichnet. Mit Hilfe solcher Rhizome überwintern viele unserer aus-

dauernden, krautartigen Gewächse, die sogen. Stauden, im Boden. Im Boden verbleibende Blätter der Rhizome sind, ihrem Aufenthaltsorte gemäss, zu grösseren oder kleineren, unter Umständen kaum sichtbaren Schuppen reducirt. An dem Vorhandensein dieser Schuppen oder ihrer Narben, entsprechend regelmässig vertheilter Knospen, an dem nackten Vegetationskegel und an dem inneren Bau, sind die Rhizome von Wurzeln zu unter-

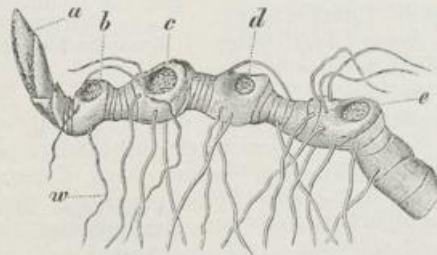


Fig. 23. Rhizom von *Polygonatum multiflorum*, *a* Knospe für den nächstjährigen oberirdischen Trieb, *b* Narbe des diesjährigen, *c* und *d* Narben des vorjährigen und vorvorjährigen Triebes, *w* Wurzeln. Auf  $\frac{3}{4}$  verkleinert.

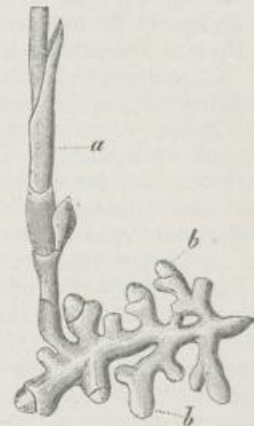


Fig. 24. Rhizom von *Coralliorrhiza innata*. Bei *a* Blüthenschaft, bei *b* Anlagen neuer Rhizomzweige. (Nach SCHACHT.) Nat. Gr.

scheiden. Meist pflegen aus den Rhizomen zahlreiche Wurzeln zu entspringen, in seltenen Fällen können sie aber auch fehlen und das Rhizom selbst die Function der Wurzeln übernehmen. Die Rhizome zeigen oft nicht

unbeträchtliche Dicke, um die Nahrungsstoffe aufnehmen zu können, die das Material für die Bildung oberirdischer Triebe abgeben sollen. So stellt Fig. 23 den Wurzelstock von *Polygonatum multiflorum*, Salomonssiegel genannt, dar. Die mit *d* und *e* bezeichneten Stellen entsprechen den Narben der oberirdischen Triebe zweier vorausgegangener Jahre. In *b* ist die Basis des Stengels zu sehen, der in Blüte stand, als das Rhizom dem Boden entnommen wurde; *a* ist die Knospe für den nächstjährigen Trieb. In Fig. 24 ist das als Wurzel thätige Rhizom einer in Humusboden wachsenden einheimischen Orchidee, der *Coralliorrhiza innata*, vorgeführt. — Zu den unterirdischen metamorphosirten Sprossen gehören auch die Zwiebeln (Bulbi). Sie stellen einen verkürzten Spross vor, dessen Achse scheibenförmig als sogen. Zwiebelkuchen (Fig. 25 *zk*) abgeflacht ist, und dessen fleischig angeschwollene Blätter, die Zwiebelschuppen (*zs*), mit Nahrungs-

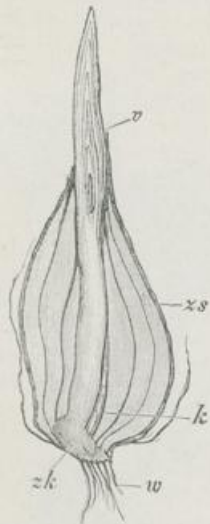


Fig. 25. Zwiebel der Tulpe (*Tulipa Gesneriana*) im Längsschnitt. *zk* Zwiebelkuchen, *zs* Zwiebelschuppen, *v* Terminalknospe, *k* Anlage einer jungen Zwiebel, *w* Wurzel. Nat. Gr.

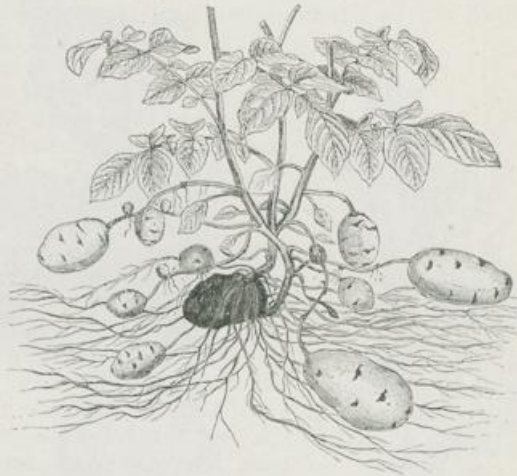


Fig. 26. Unterer Theil einer Kartoffelpflanze (*Solanum tuberosum*). Die mittlere dunklere Knolle ist die in die Erde gesteckte Mutterknolle, aus der sich die Pflanze entwickelt hat.  $\frac{1}{3}$  nat. Gr. Nach der Natur mit Benutzung eines BAILLON'schen Bildes.

stoffen angefüllt sind. Aus der Achse dieser Zwiebel entwickelt sich der oberirdische Trieb. Eine neue Zwiebel geht aus einer Knospe (*k*) in der Achsel einer Zwiebelschuppe hervor. — Den Zwiebeln verwandt und mit ihnen durch Uebergänge verbunden, sind die Knollen (Tubera). In der typischen Knolle ist, im Gegensatz zu der Zwiebel, die Achse fleischig angeschwollen und dient als Nährstoffbehälter, während die Blätter nur dünn und schuppenförmig sind. Die Knollen der Herbstzeitlose (*Colechicum autumnale*) oder des Safrans (*Crocus sativus*) lassen sich als Beispiel anführen. An der alten Knolle entsteht bei der Herbstzeitlose die neue, aus einer Achselknospe seitlich an der Basis, beim Safran aus einer Achselknospe nahe am Scheitel; daher tritt bei der Herbstzeitlose die alte Knolle seitlich neben der alten auf, während sie beim Safran ihr aufgesetzt erscheint. — Die Knollen der Kartoffelpflanze (Fig. 26), oder der knolligen Sonnenblume (*Topinambur*, *Helianthus tuberosus*) sind ebenfalls unterirdische

Sprosse mit angeschwollener Achse und reducirten Blättern. Sie entstehen in Mehrzahl aus den angeschwollenen Enden verzweigter unterirdischer Triebe, der sogen. Ausläufer (Stolones), und gelangen so in angemessene Entfernung von der Mutterpflanze. Die an jeder Kartoffelknolle sichtbaren, regelmässig vertheilten Vertiefungen bergen Achselknospen, sogen. Augen, die bestimmt sind, im kommenden Jahre auszutreiben. Die kleinen schuppenförmigen Blätter, in deren Achseln die Augen entstehen, sind nur an ganz jungen Knollen kenntlich. Nach Ausbildung der Knollen geht die Mutterpflanze zu Grunde; die in den Knollen angehäuften Nahrungsstoffe dienen dann zum Aufbau der aus den Augen sich entwickelnden Triebe. Da die Knollen einer wilden Kartoffelpflanze im Boden verbleiben und einer grösseren Anzahl von Pflanzen den Ursprung geben, so ist es von Vortheil, dass sie durch die Ausläufer aus einander gerückt werden.



Fig. 27. Zweig von *Ruscus aculeatus*. *f* Blatt, *cl* Cladodium, *bl* Blüthe. Nat. Gr.

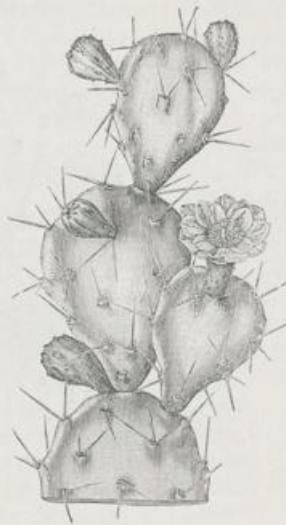


Fig. 28. *Opuntiamonacantha* Haw. Mit Blüthe und Frucht. Nach SCHUMANN. Etwa fünf Mal verkleinert.



Fig. 29. *Ampelopsis Veitchii*, *RR* Stammranken.  $\frac{3}{4}$  nat. Gr.

**Metamorphose oberirdischer Sprosse.** Aehnliche Vortheile wie aus der Bildung stark verlängerter unterirdischer Sprosse erwachsen andern Pflanzen aus der Bildung oberirdischer Ausläufer. Solche wachsen beispielsweise aus den grundständigen Internodien der Erdbeerpflanzen hervor. Sie tragen schuppenförmige Blätter mit Achselknospen, treiben aus einzelnen Knoten Wurzeln, die in den Boden dringen, und bilden dort auch aus Achselknospen neue Pflänzchen, die durch späteres Absterben der Ausläufer selbstständig werden.

Eine auffällige Veränderung hat der oberirdische Spross erfahren, wenn seine Achse abgeflacht ist und blattähnliche Gestalt zeigt. Dann vollzieht er auch die Functionen eines Blattes und legt nur noch reducirte Blätter an. Solche blattartige Sprosse werden als Flachsprosse, Cladodien oder Phyllocladien bezeichnet. Ein lehrreiches Beispiel für dieselben giebt *Ruscus aculeatus* ab, ein kleiner Strauch, der an seinen Zweigen (Fig. 27) in der



Achsel schuppenförmiger Blätter (*f*) breite, in eine scharfe Spitze auslaufende Cladodien (*cl*) trägt, die durchaus den Eindruck von Blättern machen. Der Oberfläche dieser Cladodien entspringen in der Mittellinie, annähernd in halber Länge derselben, aus der Achsel eines schuppenförmigen Blattes, eine bis zwei Blüthen. — Eine blattartige Abflachung des gesammten massig entwickelten Stammes, mit Verengungen an den Verzweigungsstellen, zeigen uns die bekannten Opuntien (Fig. 28). An ihren Flachsprossen sind die Blätter zu Dornen umgewandelt. Diese saftigen Flachsprosse dienen aber nicht allein den Assimilationsvorgängen, sondern auch als Wasserspeicher für Zeiten der Dürre. — Es kann aber auch eine Pflanze ihre Blätter mehr oder weniger vollständig einbüssen, ohne dass die Achsentheile ihrer Sprosse sich in irgendwie auffälliger Weise verdicken oder abflachen. Nur sind alsdann solche Sprosse grün gefärbt: so z. B. beim Besenstrauch (*Spartium scoparium*), der an seinen langen ruthenförmigen Zweigen nur vereinzelte, hinfallige, lanzettliche Blättchen entwickelt. Meist pflegen aber blattlose, grüne Phanerogamen angeschwollene Stämme aufzuweisen: so die säulenförmigen, prismatischen oder cylindrischen, keulen- oder kopfförmigen Euphorbien und Cacteen.

**Reduction der Sprosse bei Parasiten.** Eine starke Reduction der Blätter, vielfach aber auch der Stammtheile, ist bei phanerogamen Parasiten in Folge parasitischer Lebensweise erfolgt. An dem sogen. Teufelszwirn, den *Cuscuta*-Arten (Fig. 186*b*), sind Blätter nur noch als ganz kleine gelbliche Schuppen vorhanden und auch der fadenförmige Stengel ist nicht grün, sondern gelb gefärbt. Die grüne Färbung ist überflüssig geworden, da der Teufelszwirn sich nicht selbst die Nahrung zu bereiten braucht, sondern sie aus andern Pflanzen schöpft. Besonders häufig ist *Cuscuta Trifolii*, die Kleeseide, ein auf dem Klee gefürchteter Parasit, der in den Kleefeldern oft weit sichtbare gelbe Flecke bildet. Bei gewissen tropischen Parasiten aus der Familie der Rafflesiaceen und Balanophoreen wird schliesslich der ganze, der Nährpflanze aufsitzende Pflanzenkörper auf die Blüthe reducirt; so an der grössten der existirenden Blüthen, der *Rafflesia Arnoldii*, welche den Wurzeln der zu den rebenartigen Gewächsen gehörenden *Cissus*-Arten auf Sumatra entspringt und 1 Meter Durchmesser erreichen kann.

**Ranken.** Eine ganz eigene Gestaltsveränderung haben bestimmte Sprosse klimmender Pflanzen erfahren bei ihrer Umbildung zu Ranken. Solche Ranken dienen dem emporklimmenden Stamm als Befestigungsorgane und zwar, indem sie fremde Stützen umschlingen oder an denselben festhaften. Es sind das beispielsweise am Weinstock die fadenförmigen, zweiarmigen Gebilde, die der Weinbauer als „Gabeln“ bezeichnet. Bei gewissen Abarten des wilden Weins (*Ampelopsis hederacea*) und anderen Arten der Gattung *Ampelopsis*, so *Ampelopsis Veitchii* (Fig. 29), sind die Rankenzweige an ihren Enden mit Haftscheiben versehen, mit denen sie sich befestigen können.

**Stammdornen.** Eine starke Reduction der Sprosse erfolgt bei ihrer Umbildung zu Stammdornen. Solche Dornen dienen dem Schutz der Pflanze gegen Thierfrass. Sie treten uns in lehrreicher Ausbildung bei dem Schwarzdorn (Schlehdorn, *Prunus spinosa*), dem Weissdorn (*Crataegus oxyacantha*), oder den in unseren Gärten häufig cultivirten Gleditschien (Fig. 30) entgegen. Die Dornen sind einfach oder verzweigt, hart und scharf zuge-



Fig. 30. Stammdorn von *Gleditschia triacanthos*.  $\frac{1}{2}$  nat. Gr.

nen  
er  
ne  
en,  
en,  
ien  
ur  
die  
ffe  
ber  
er  
  
R.  
  
eit-  
a.  
  
us  
ern  
sen  
zen  
ben  
ort  
ler  
  
nn  
eht  
an.  
ler  
us  
ler



spitzt; sie gehen bei den Gleditschien aus serial (S. 15) angelegten Achselknospen hervor und zwar ist es nur die oberste dieser Knospen, die sich an jungen Zweigen zum Dorn ausbildet, während an älteren Stammtheilen stellenweise auch noch tiefer stehende Knospen ihrem Beispiel folgen und Dornbüschel auf diese Weise entstehen. — Bei *Colletia cruciata*, einer strauchartigen amerikanischen Rhamnacee, die an sehr trocknen, sonnigen Standorten wächst, sind alle Sprossachsen dornartig ausgebildet, zugleich etwas abgeflacht und grün; sie schützen nicht allein die Pflanze, sondern ersetzen auch die fehlenden Blätter.

**Blüthen.** Die stärksten Veränderungen der Gestalt der Sprosse, verbunden mit Verwachsungen und Verschiebungen der Theile, haben sich bei der Ausbildung der phanerogamen Blüthen vollzogen (Fig. 38). Man hat die zu Blüthen entwickelten Sprosse als Blüthensprosse im Gegensatz zu den nur vegetativen Functionen dienenden Laubsprossen bezeichnet. Bei der Umwandlung zum Blüthenspross erfuhr die Sprossachse nicht nur eine starke Verkürzung, sondern auch eine Abflachung, unter Umständen auch eine Ausbuchtung. Der Vegetationskegel der Blüthenanlagen zeigt sich schon demgemäss verändert. Die Blattgebilde, welche der Blüthenachse entspringen, sind ihrerseits oft unter einander und in manchen Fällen auch mit der Achse verwachsen und eingehende vergleichende morphologische und entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen sind dann nöthig, um die Phylogenie der Veränderung aufzudecken. Als allgemeine Regel kann gelten, dass, von Missbildungen abgesehen, Achselknospen innerhalb einer Blüthe nicht gebildet werden.

**Sprossfolge.** Ist der erste Vegetationskegel einer Pflanze nach entsprechender Erstarkung schon zur Bildung der Fortpflanzungsorgane befähigt, so wird die Pflanze einachsige (haplocaulisch) genannt. Meist kommt aber erst Achsen zweiter, dritter, vierter oder n-ter Ordnung an der Pflanze diese Fähigkeit zu. Demgemäss ist sie zweiachsige (diplocaulisch), dreiachsige (triplocaulisch), oder n-achsige. Man bezeichnet diese Aufeinanderfolge ihrer Achsen als Sprossfolge. Als Beispiel einer einachsigen Pflanze kann der Mohn dienen, der schon seinen ersten, aus dem Keim hervorgegangenen Spross mit einer Blüthe, demjenigen Gebilde somit, welches bei den Phanerogamen die Keimanlagen birgt, abschliesst. Als Beispiel einer dreiachsigen Pflanze kann der grosse Wegerich, *Plantago major*, angeführt werden, der an seiner ersten Achse nach den Niederblättern nur Laubblätter, an den Achsen zweiter Ordnung nur Hochblätter trägt und aus den Achseln der letzteren die mit Blüthen abschliessenden Achsen dritter Ordnung erzeugt. An unseren Bäumen sind erst Sprosse n-ter Ordnung befähigt Blüthen zu erzeugen. So pflegt in den verschiedenen Sprossordnungen verzweigter Pflanzen eine Arbeitstheilung vorzuliegen, die sich meist auch in einer entsprechenden, äusseren Ausgestaltung dieser Sprosse äussert. Letztere zeigen sich verschieden, je nachdem sie vornehmlich im Dienste der Ernährung, der Speicherung, oder der Fortpflanzung stehen. Ausser den Gliedern, die in der Sprossfolge nothwendiger Weise durchlaufen werden müssen und die als wesentliche gelten, giebt es auch unwesentliche, welche schon vorhandene Sprossordnungen wiederholen. Entweder treten sie als Bereicherungssprosse zugleich mit den wesentlichen Sprossen auf, so bei vielen einjährigen Gewächsen, oder sie entfalten sich als Erneuerungs- oder Innovationssprosse alljährlich in fortdauernder Wiederholung am Pflanzenstock, so bei den mehrjährigen Gewächsen. Adventive Sprosse wiederholen im Allgemeinen nur schon vorhandene Glieder des Pflanzenkörpers; nur ganz ausnahmsweise, so bei den Podostemaceen, einer wasserbewohnenden dicotylen

Familie der Tropen, von merkwürdigem lebermoosartigem Aussehen, bilden sie nothwendige Glieder in der Sprossfolge.

**Der Habitus.** Ursprung, Zahl, Dauer und Ausbildung der Verzweigungssysteme, Vorhandensein und Menge der unwesentlichen Sprosse, bestimmen das Aussehen, den sogen. Habitus der Pflanze. Die als Kräuter bezeichneten Cormophyten bilden krautartige, oberirdische Sprosse, oder Obersprosse, von der Dauer meist einer, beziehungsweise von zwei oder mehr Vegetationsperioden, die nach erfolgter einmaliger Fruchtbildung absterben und damit ihre Entwicklung vollenden. Die als Stauden unterschiedenen Pflanzen besitzen ausdauernde Rhizome oder Wurzeln, die im Boden überwintern und alljährlich Erneuerungssprosse bilden, die als krautartige Obersprosse nach einmaliger Fruchtbildung absterben. Die als Sträucher und Bäume bezeichneten Holzgewächse bestehen aus holzbildenden, ausdauernden Obersprossen, die wiederholt fructificiren. Ihre fructificirenden Sprosstheile werfen sie alljährlich ab, manche auch, wie z. B. die Linde die Endstücke der beblätterten Zweige, oder wie die Kiefer die Kurztriebe, oder wie die Eichen, Ulmen, Weiden, Pappeln schwächere Seitenzweige, während die übrigen Achsen verholzen und als Astwerk erhalten bleiben. Bei immergrünen Holzgewächsen bleiben die Blätter mehrere Jahre am Leben, während sie bei laubwerfenden nur eine Vegetationsperiode dauern. Die Holzgewächse heissen Sträucher, wenn alle Zweige erhalten bleiben, so dass die Verzweigung vom Boden aus anhebt; sie heissen Bäume, wenn die unteren Zweige bald verloren gehen und ein Hauptstamm zur Ausbildung kommt, der oben eine Krone von Aesten und Zweigen trägt. Bei vielen Bäumen, Sträuchern und Kräutern wächst der Hauptspross senkrecht aufwärts fort, während die Seitensprosse sich seitwärts wenden und eine mehr oder weniger horizontale, beziehungsweise eine schräg aufwärts oder abwärts gerichtete Stellung annehmen. In anderen Fällen setzen einzelne Seitenzweige die Hauptsprosse fort, um eine Scheinachse zu bilden, die als Hauptachse ausgebildet wird (S. 13); oder eine solche Hauptachse kommt überhaupt nicht zur Geltung und der Pflanzenkörper weist eine Mehrzahl gleichgerichteter Zweige auf. Richtung und Stärke der Aeste und der laubtragenden Zweige bestimmt das Aussehen eines Pflanzenkörpers. Wenn alle Aeste und ihre Zweige stark emporgerichtet sind, entstehen pyramidale Pflanzenformen; bei starker Divergenz der Verzweigung werden breit pyramidale, ovale und runde Formen erzeugt. In besonders auffälliger Weise wird durch diese Verschiedenheiten der Habitus unserer Baumkronen bestimmt, wobei durch schlaffes Herabhängen ruthenförmig dünner Zweige auch Trauerformen entstehen. — Nicht selten kommen bei krautartigen Gewächsen kriechende Stengel vor, die an der Oberfläche des Bodens fortwachsen und bei krautartigen sowohl wie bei Holzgewächsen kletternde Formen, deren Sprosse in verschiedener Weise an fremder Stütze emporzuklimmen versuchen. Das wird durch widerhakenförmige Haare, durch Ranken oder durch windende Bewegungen erreicht. Die windenden Gewächse werden als Schlingpflanzen bezeichnet, und wenn sie zu den Holzgewächsen gehören, Lianen genannt. Die tauartigen Stämme der Lianen sind es, die den Urwald in ein undurchdringliches Dickicht verwandeln. An kriechenden und kletternden Sprossen pflegen die Blätter meist nach der Rückenseite verschoben zu sein, während der Bauchseite Wurzeln, den Flanken neue Sprosse entspringen.

Die Lebensdauer der Gewächse wird in Pflanzenbeschreibungen und Catalogen gewöhnlich durch eigene Zeichen ausgedrückt. ☉ bedeutet dabei eine einjährige „annuelle“ Pflanze, ☺ eine zweijährige „bienne“, ♣ eine ausdauernde „perenni-

rende“ Staupe,  $\flat$  einen Strauch oder Baum. Für letztere Wuchsform ist auch das zweimal durchstrichene Zeichen  $\flat$  in Gebrauch.

**Anlage des Blattes.** Wir sahen die Blattanlagen in Gestalt von Höckern oder Wülsten am Vegetationskegel der Sprosse auftreten (Fig. 17 f). Diese ihre Gestalt wird noch deutlicher, wenn wir den Vegetationskegel nicht auf Längsschnitten, sondern an einem Querschnitt in Scheitelansicht betrachten (Fig. 31). Für gewöhnlich nimmt eine Blattanlage nur einen Theil des Um-

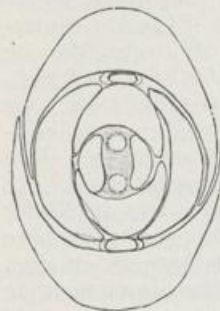


Fig. 31. Scheitelansicht eines Sprossvegetationskegels von *Evonymus japonicus*. Vergr. 12.

fanges des Vegetationskegels in Anspruch, sie kann aber auch als ringförmiger Wall den ganzen Vegetationskegel umfassen. Wenn Blätter in Wirteln stehen, können ihre Anlagen als einziger kreisförmiger Wall in die Erscheinung treten und weiter sich erst an diesem die einzelnen Blätter sondern. Die Blätter können ausnahmslos nur aus den noch im embryonalen Zustande befindlichen Theilen eines Vegetationspunktes oder einer Keimanlage hervorgehen. Niemals entsteht ein Blatt unmittelbar aus einem älteren Pflanzentheile. Dort muss seiner Anlage die Bildung eines neuen Sprossvegetationspunktes vorausgehen. Die Blattanlagen gleichen bei ihrem Auftreten an den Vegetationspunkten den Sprossanlagen. Bald machen sich aber die Unterschiede geltend, indem die Sprossanlage sich kegelförmig erhebt und an ihrer Oberfläche Blatthöcker bildet. Dem Vegetationspunkt des Sprosses

kommt im Allgemeinen ein unbegrenztes, den Blattanlagen im Allgemeinen ein begrenztes Wachstum zu. Auch pflegt eine Blattanlage meist nur kurze Zeit an ihrer Spitze zu wachsen, vollzieht ihre Gliederung und Ausbildung vielmehr durch intercalares Wachstum, das an ihrer Basis localisirt zu sein pflegt. Freilich giebt es auch Blätter, vor Allem bei den Farnen, die nicht nur sehr lange fortwachsen, sondern auch dauerndes Scheitelwachstum aufweisen und in akropetalen Reihenfolge ihre ganze Gliederung vollziehen. Andererseits zeigt das blattähnliche Cladodium, das wir als metamorphosirten Spross erkannten, ein begrenztes Scheitelwachstum, ganz wie für gewöhnlich die Blätter.

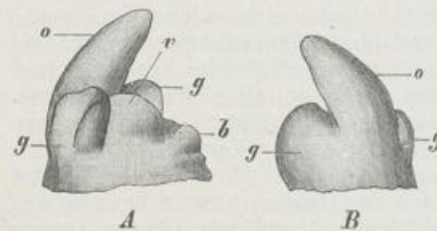


Fig. 32. Blattentwicklung bei der Feld-Ulme (*Ulmus campestris*). A Der Vegetationskegel  $v$ , mit zwei Blattanlagen. Die jüngste Blattanlage  $b$  noch ungegliedert, die nächst ältere gegliedert in Oberblatt  $o$  und Blattgrund  $g$ . B das ältere Blatt von A, schräg von aussen gesehen. Vergr. 58.

punkte bringen. An der ungegliederten Blattanlage, die sich zunächst aus dem Vegetationskegel (Fig. 32 A,  $v$ ) des Sprosses erhebt und die EICHLER<sup>(6)</sup> als Primordialblatt bezeichnet (A,  $b$ ), vollzieht sich im Allgemeinen eine Sonderung in den Blattgrund (A und B,  $g$ ) und in das Oberblatt (A und B,  $o$ ). Als Blattgrund gilt derjenige Theil der Anlage, der dem Vegetationskegel unmittelbar aufsitzt. Er nimmt an der weiteren Differenzirung des Blattes entweder keinen Antheil mehr, oder er entwickelt sich zu einer Blattscheide (Vagina) oder zu Nebenblättern (Stipulae) (Fig. 32 A und B,  $g$ ).

Aus dem Oberblatt geht andererseits die Blattspreite (Lamina) hervor. Wo ein Blattstiel (Petiolus) entsteht, wird er nachträglich durch intercalares Wachstum zwischen Oberblatt und Blattgrund eingeschaltet.

**Verschiedene Ausgestaltung des Blattes.** Die weitestgehenden Verschiedenheiten in seiner endlichen Ausgestaltung hat das Blatt bei den Phanerogamen aufzuweisen; es wird daher besonders lehrreich sein, dort seine Metamorphose zu verfolgen. Was wir für homologe Blattgebilde bei den Phanerogamen ansehen dürfen, lässt sich als Niederblätter, Laubblätter, Hochblätter und Blütenblätter unterscheiden (Fig. 33). Da Niederblätter und Hochblätter oft nachweisbar Hemmungsgebilde von Laubblättern sind, so fassen wir letztere zunächst ins Auge.

**Die Laubblätter** sind diejenigen meist besonders stark entwickelten Blattgebilde, denen die Aufgabe zufällt, für die Ernährung der Pflanze zu sorgen. Da diese Function an das Vorhandensein des grünen Farbstoffes gebunden ist, so zeigen demgemäss die Laubblätter grüne Färbung. Ihre Gestalt kann unter Umständen sehr einfach sein, so bei den nadelförmige Blätter (Nadeln) führenden Nadelhölzern (Coniferen). In solchem Falle braucht thatsächlich das Primordialblatt nur an Grösse zuzunehmen und sich entsprechend zu verlängern, ohne in anderweitige Gliederung einzugehen. Bei andern ungetheilten lanzettlichen, elliptischen, eiförmigen oder sonstwie gestalteten Blättern, ist die flache Spreite meist vom Blattgrunde gesondert und vielfach zwischen diese Spreite und den Blattgrund noch ein Stiel (Fig. 36, s) eingeschaltet. Fehlt der Stiel, so heisst das Blatt sitzend, ist er vorhanden, gestielt. Die ungestielten Blätter sitzen meist mit breiter Basis dem Stengel an. Greift diese Basis jederseits noch um den Stengel, so ist das Blatt stengelumfassend, so beim Mohn (Papaver somniferum); umgiebt sie geschlossen den Stengel, dann heisst das Blatt durchwachsen, so bei Bupleurum-Arten. Sind zwei gegenüberstehende Blätter am Grunde verbunden, so heissen sie verwachsen, so beim Geisblatt (Lonicera Caprifolium). Setzt sich die Spreite abwärts am Stengel flügelartig fort, so wird das Blatt als herablaufend bezeichnet, wie beim grossblumigen Wollkraut (Verbascum thapsiforme). Der Blattstiel, wenn vorhanden, geht entweder ohne scharfe Abgrenzung in den Blattgrund über, oder er schwillt an seiner Basis an und bildet ein Blattkissen oder Blattpolster, das gelenkartig mit dem Blattgrunde verbunden ist, so bei vielen Leguminosen (Fig. 214). Die Blattspreite ist ihrerseits vom Blattstiel entweder scharf abgesetzt, oder

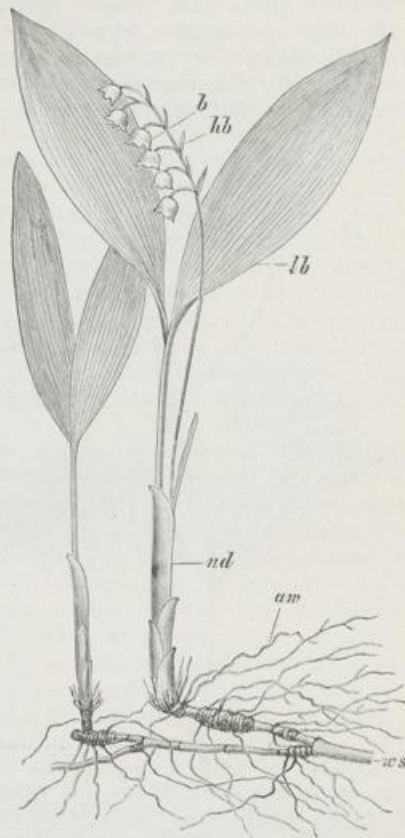


Fig. 33. Maiblume (*Convallaria majalis*).  
*nd* Niederblätter, *lb* Laubblätter, *hb* Hochblätter, *b* Blüthe, *ws* Wurzelstock, *aw* Adventivwurzel. Etwas verkleinert.

ch  
 rn  
 se  
 af  
 en  
 n-  
 an  
 e-  
 n.  
 all  
 in  
 er  
 o-  
 a-  
 e-  
 en  
 ag  
 ie  
 e-  
 ch  
 ge  
 he  
 es  
 en  
 ze  
 ag  
 zu  
 ch  
 n,  
 n,  
 sl-  
 o-  
 e-  
 gt  
 ir  
 r-  
 el-  
 ch  
 nd  
 en  
 il-  
 s-  
 us  
 (6)  
 n-  
 o).  
 rel  
 es  
 t-  
 g).



sie läuft an demselben hinab, so dass er geflügelt wird, oder sie verbreitert sich auch noch in Lappen an seinem Grunde, so dass er geöhrt erscheint. An der ungetheilten Spreite (Fig. 36 *sp*) sind keine oder nur seichte Einschnitte des Randes vorhanden. Werden hingegen während der Ausbildung der Spreite tiefere Einschnitte an ihr erzeugt, so heisst das Blatt, wenn diese Einschnitte nicht bis zur Mitte der Spreitenhälften reichen, gelappt; wenn sie bis zu ihrer Mitte gehen, gespalten (Fig. 34 *sb*); wenn sie über diese Mitte hinaus sich fortsetzen, getheilt (Fig. 38 *l*), wenn sie die Mitte der ganzen Spreite oder ihren Grund erreichen, geschnitten. Die Theilung der Spreite ist eine fingerartige oder fiederartige, je nachdem die Einschnitte gegen den Grund der Spreite zusammenlaufen oder gegen deren Mittelrippe gerichtet sind. Nur wenn die einzelnen Abschnitte

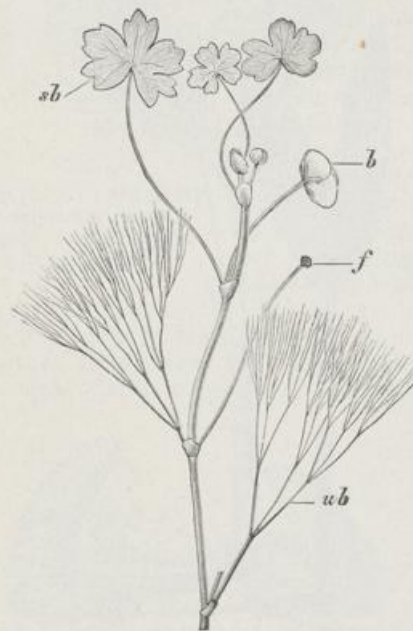


Fig. 34. *Ranunculus fluitans*. *ub* untergetauchte Blätter, *sb* schwimmende Blätter, *b* Blüthe, *f* Fruchtanlage. Verkleinert.

der Spreite so selbstständig sind, dass sie gesonderte Einfügung an dem gemeinsamen Blattstiel, oder an der aus der ursprünglichen Spreitenanlage hervorgegangenen Mittelrippe, der Spindel, zeigen, heisst das Blatt zusammengesetzt (Fig. 34 *ub*); in allen anderen Fällen gilt es als einfach. Die einzelnen selbstständigen Theile des zusammengesetzten Blattes werden als Theilblättchen oder kurzweg als Blättchen bezeichnet. Diese Blättchen können während ihrer Entwicklung eine ähnliche Gliederung wie die Anlage, aus der sie hervorgingen, erfahren und an ihren Gliedern kann sich die nämliche Erscheinung wiederholen. So werden doppelt und dreifach zusammengesetzte Blätter erzeugt. Besonders häufig kommen die einfach und doppelt gefiederten Blätter vor, wobei die Blättchen nach zwei Seiten an Spindeln zweiter, beziehungsweise dritter Ordnung eingefügt sind.

Die Blättchen eines zusammengesetzten Blattes können diese oder jene Gestalt besitzen, ganzrandig oder mehr oder weniger tief eingeschnitten sein. Sie sitzen unmittelbar der Spindel an oder sind gestielt und unter Umständen sogar, wie bei *Robinia*, *Mimosa*, mit angeschwollenen Gelenkpolstern an der Einfügungsstelle versehen. Ein Blatt, dessen Abschnitte nur einseitig nach aussen neue Abschnitte ausgliedern, die ihrerseits auch nur einseitig in gleicher Richtung neue Glieder bilden, wird als fussförmig (Fig. 37 *l*) bezeichnet. — Der Rand eines einfachen Blattes, oder auch eines Theilblättchens kann gesägt, gezähnt, gekerbt oder ausgeschweift sein und wird dieses sein Verhalten, sowie die Gestalt und Gliederung des ganzen Blattes, bei der Bestimmung der Pflanzen verwerthet. — Auch die Aderung oder Nervatur des Blattes kommt alsdann in Betracht; sie zeichnet sich mehr oder weniger deutlich an der Oberseite der Spreite, meist weit deutlicher an deren Unterseite und veranlasst dort oft die Bildung vorspringender Rippen. Vielfach ist ein in der

der Spreite so selbstständig sind, dass sie gesonderte Einfügung an dem gemeinsamen Blattstiel, oder an der aus der ursprünglichen Spreitenanlage hervorgegangenen Mittelrippe, der Spindel, zeigen, heisst das Blatt zusammengesetzt (Fig. 34 *ub*); in allen anderen Fällen gilt es als einfach. Die einzelnen selbstständigen Theile des zusammengesetzten Blattes werden als Theilblättchen oder kurzweg als Blättchen bezeichnet. Diese Blättchen können während ihrer Entwicklung eine ähnliche Gliederung wie die Anlage, aus der sie hervorgingen, erfahren und an ihren Gliedern kann sich die nämliche Erscheinung wiederholen. So werden doppelt und dreifach zusammengesetzte Blätter erzeugt. Besonders häufig kommen die einfach und doppelt gefiederten Blätter vor, wobei die Blättchen nach zwei Seiten an Spindeln zweiter, beziehungsweise dritter Ordnung eingefügt sind.

Die Blättchen eines zusammengesetzten Blattes können diese oder jene Gestalt besitzen, ganzrandig oder mehr oder weniger tief eingeschnitten

Mediane der Spreite verlaufender Nerv besonders entwickelt und heisst dann Mittelnerv oder Hauptnerv. Es können aber auch mehrere gleich starke Nerven als Hauptnerven ausgebildet sein. Von dem Hauptnerv oder den Hauptnerven entspringen Seitennerven. Die Bezeichnungen der Nervatur richten sich nach der Art des Nervenverlaufs. Man unterscheidet im Besonderen die streifige Nervatur, bei der mehrere Hauptnerven annähernd parallel oder im Bogen in der Längsrichtung der Spreite verlaufen und gegen deren Spitze convergiren (Fig. 31 in s), von der netzadrigen Nervatur (Fig. 179), bei der die Nerven, an Stärke abnehmend, aus einander entspringen und schliesslich in einem feinen Maschenwerk ihren Abschluss finden. Bei streifiger Nervatur pflegen die Hauptnerven durch schwache Quernerven verbunden zu sein. Bei netzadriger Nervatur unterscheidet man weiter zwischen fiedernervigen Blättern, wenn einem medianen Hauptnerv Seitennerven entspringen, die ihrerseits sich ähnlich verzweigen, bis dass die letzten Zweige netzförmig abschliessen, und handnervigen Blättern, wenn mehrere annähernd gleich starke Hauptnerven an der Basis der Spreite auseinandergehen und Seitennerven abgeben, deren letzte Auszweigungen ein Netzwerk bilden. Die streifige Nervatur kennzeichnet im Allgemeinen die zu den Monocotylen, die netzadrige die zu den Dicotylen gehörenden Phanerogamen. Auch kommen den Monocotylen vorwiegend nur einfache Blätter zu, während die zusammengesetzten eine häufige Erscheinung bei den Dicotylen sind. Nicht minder treten gestielte Blätter weit häufiger bei den Dicotylen als bei den Monocotylen auf.

Die Nerven verleihen der Spreite die nöthige mechanische Festigkeit und ermöglichen so deren flache Ausbreitung. Oft folgen Nervenzweige dem Rande der Spreite und verhindern auf diese Weise ihr Einreissen. Dünnere Spreiten von grösserer Ausdehnung, denen Randnerven fehlen, werden von Wind und Regen leicht in Streifen zerlegt. Regelmässig erfolgt das bei den Bananen (*Musa*-Arten), die daher unter freiem Himmel ein ganz anderes Aussehen wie in unseren Gewächshäusern besitzen. So zertheilte Bananenblätter weichen leichter den Angriffen der Atmosphärrillen aus. Die Palmenblätter, die bei ihrer Anlage ungetheilt und gefaltet sind, werden während der Entfaltung in schmale Streifen zerrissen, was ihnen gleichen Vortheil bringt. In der grossen Spreite der Blätter der Aroidee *Monstera* bilden sich mit ähnlichem Erfolge Löcher aus. Viele Blattspreiten werden sofort getheilt angelegt. Untergetauchte Blätter von Wasserpflanzen, die auch meist sich fein vertheilt zeigen, sind dies hingegen nicht nur aus mechanischen Gründen, sondern auch der Ernährung wegen, damit die Blattfläche mit möglichst grossen Wassermengen in Berührung komme. Demgemäss sehen wir oft bei solchen Wasserpflanzen, wie dem fluthenden Hahnenfuss (*Ranunculus fluitans*), welche sowohl schwimmende als auch untergetauchte Blätter besitzen, dass nur letztere vielspaltig sind (Fig. 34). — Die vorgezogene Spitze, mit der die Spreiten der Laubblätter bei so vielen Landpflanzen abschliessen, soll nach STAHL das Abfliessen des Wassers von der Blattfläche erleichtern und damit deren schnelleres Abtrocknen befördern. Fleischige, sogen. succulente Blätter dienen wie fleischige Stengeltheile der Wasserspeicherung.

**Heterophyllie.** Manche Pflanzen sind dadurch ausgezeichnet, dass sie verschieden gestaltete Laubblätter ausbilden. Ein solches Verhalten wird als Heterophyllie bezeichnet. Die von einander abweichenden Laubblätter folgen in verschiedenem Alter der Pflanze auf einander beim Fieberbaum (*Eucalyptus globulus*), der in der Jugend ovale sitzende, später sichelförmige gestielte Blätter trägt. In anderen Fällen können sie eine Anpassung an das umgebende Medium darstellen, so beim Wasserhahnenfuss (*Ranunculus*

fluitans und aquatilis), dessen schwimmende Blätter gelappt, dessen untergetauchte Blätter fein zerschlitzt sind (Fig. 34).

**Blattgrund.** Sehr häufig bildet sich bei Monocotylen der Blattgrund zu einer Scheide aus, während dies bei den Dicotylen selten erfolgt. Bei den Gräsern (Gramineen) ist die Scheide (Fig. 35 *v*) auf der einen Seite zerspalten, bei den Riedgräsern (Cyperaceen) hingegen völlig geschlossen. Die Scheide der Gräser setzt sich am Grunde der Blattspreite in einen häutigen Auswuchs, die Ligula (*l*), fort. Die Scheide schützt bei diesen Gewächsen das am Grunde fortwachsende, daher dort weich bleibende Internodium und verleiht ihm gleichzeitig die nöthige Festigkeit. — Die Nebenblätter

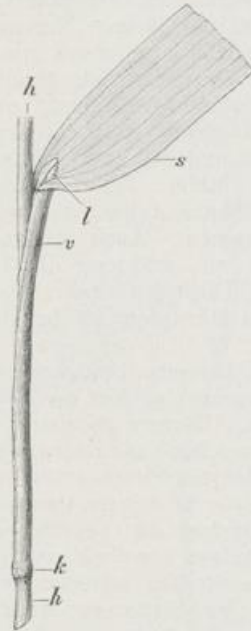


Fig. 35. Stengel- und Blattstück einer Graminee. *h* Halm, *v* Blattscheide, *k* Anschwellung der Blattscheide über dem Knoten, *s* Stück der Blattspreite, *l* Ligula. Nat. Gr.



Fig. 36. Vogelkirsche (*Prunus avium*). Knospenschuppen 1—3 und die Übergangsformen 4—6 zum Laubblatt 7. *sp* Blattspreite, *s* Stiel, *nb* Nebenblätter. Etwas verkleinert.

während thatsächlich nur je zwei Blätter mit ihren Nebenblättern den Wirtel bilden. Das stellt man leicht an dem Umstande fest, dass nur zwei dieser Blattgebilde mit Achselknospen versehen sind. Bei anderen Galium-Arten (*Gal. cruciatum*, *palustre*) sind nur vier Glieder im Quirl vertreten, weil je zwei benachbarte Nebenblätter zu je einem verschmolzen sind. In manchen Fällen streckt sich der Blattgrund und es bilden die Nebenblätter Anhängsel an ihm. Das macht den Eindruck mit einem Blattstiel verwachsener Nebenblätter, so beim Klee und bei den Rosen. Die beiden Nebenblätter sind in anderen Fällen mehr oder weniger vollständig zu einem einzigen Nebenblatt vereint, das demgemäss in der Blattachsel zu stehen kommt. Die Nebenblätter können den Stengel umfassen und mehr oder weniger vollständig geschlossene Düten bilden, die höher gelegene Blattanlagen in der Knospe umhüllen, so bei dem in Zimmern oft cultivirten

oder Stipeln, wo solche aus dem Blattgrunde entstehen, können ganz unscheinbar ausgebildet sein (Fig. 36 *nb*), oder auch ansehnliche Grösse erreichen. Besteht ihre Function darin, nur die jungen Anlagen in der Knospe zu schützen, so sind sie meist gelblich oder bräunlich gefärbt und fallen frühzeitig ab. Anders, wenn sie an

der Ernährung der Pflanze sich betheiligen, oder das zu anderen Aufgaben umgebildete Oberblatt in dieser Richtung vertreten (Fig. 48 und 49). Dann sind sie grün gefärbt, im Bau ganz mit der Spreite eines Oberblattes übereinstimmend. In typischen Fällen werden sie in Zweizahl, also je eins zu beiden Seiten des zugehörigen Blattes, ausgebildet. Bei manchen Galium-Arten, wo die Nebenblätter vollständig dem Oberblatt gleichen, glaubt man sechsblättrige Blattquirle vor sich zu haben,



Gummibaum (*Ficus elastica*), wo die Düten durch jedes neu sich entfaltende Blatt an ihrem Grunde abgesprengt und emporgehoben werden, so auch bei den Polygonaceen, wo sie von den Blättern durchbrochen werden und als trockene Scheiden (Ochreae) am Stengel verbleiben.

Die **Niederblätter** stehen in ihrer Gliederung den Laubblättern bedeutend nach; sie sind für gewöhnlich schuppenförmig ausgebildet und ungestielt. An der Ernährung der Pflanze sind sie nicht betheiligt, sie stellen vornehmlich Schutzorgane vor. Die wichtigste Aufgabe erfüllen die Niederblätter als Knospenschuppen (Fig. 36). Sie erlangen dann entsprechende Härte und Dicke und färben sich im Allgemeinen braun. Sie entstehen am häufigsten aus dem sich entsprechend vergrössernden Blattgrund. Das Oberblatt kommt dann entweder gar nicht zur Entwicklung, oder man findet es in mehr oder weniger reducirtem Zustande am Scheitel des Niederblattes vor. Eine austreibende Winterknospe der Rosskastanie (*Aesculus Hippocastanum*) im Frühjahr zeigt dies unmittelbar; denn während ihre äusseren Knospenschuppen an der Spitze kaum etwas von einem Oberblatte erkennen

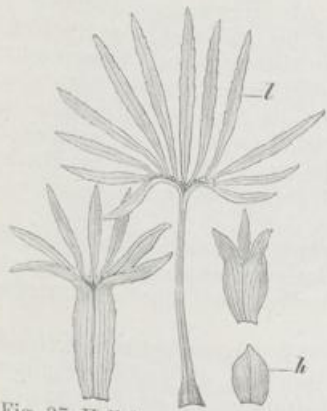


Fig. 37. *Helleborus foetidus*. Laubblatt (*l*) und Uebergänge zum Hochblatt (*h*). Verkl.

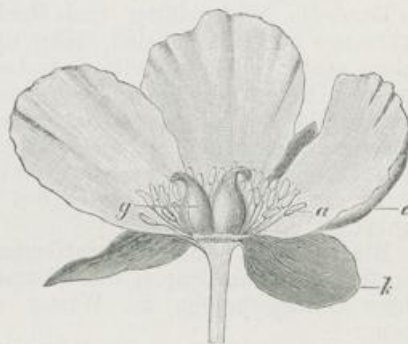


Fig. 38. Blüthe von *Paeonia peregrina*. *k* Kelch, *c* Krone, *a* Staubgefässe, *g* Fruchtblätter. Die vorderen Kelchblätter, Kronenblätter und Staubgefässe wurden entfernt, um die beiden, zwei getrennte Stempel bildenden Fruchtblätter zu zeigen.  $\frac{1}{2}$  nat. Gr.

lassen, tragen die innern Knospenschuppen oft schon deutlich eine kleine Blattspreite. In anderen Fällen sind die Niederblätter ihrem Ursprunge nach Nebenblätter (Fig. 36), gehören somit auch dem Blattgrunde an. In noch anderen Fällen sind sie endlich ganze, im ungegliederten Zustande verbliebene, nur entsprechend vergrösserte Primordialblätter. An den Knospen der Eiche werden die Schuppen von Nebenblättern erzeugt; die zugehörigen Oberblätter sind nur als ganz kleine Schüppchen ausgebildet. — Schuppenförmige, meist farblose Niederblätter, in verschiedenen Graden der Reduction, finden wir an unteren Sprosstheilen (Fig. 33), Rhizomen (Fig. 23), an den Zwiebeln (Fig. 25) und Knollen (Fig. 26); ihre Anlage geht auch an den oberirdischen Sprossen, die aus den Rhizomen entspringen, meist der Laubblattbildung voraus und ist durch Uebergänge mit derselben verbunden.

Die **Hochblätter** stimmen in der Gestalt mit den Niederblättern überein (Fig. 33 *hb*) und haben einen entsprechenden Ursprung. Sie dienen als Deckblätter für Blüthensprosse und werden auch als Bracteen bezeichnet. Zwischenformen verbinden sie meist mit den Laubblättern (Fig. 37). Ihre

Färbung ist nicht selten grün, sie können aber auch andere Färbung aufweisen oder ungefärbt sein.

Als **Blütenblätter** gehen die Blätter endlich in den Bau phanerogamer Blüten ein. In der höchsten Ausbildung, welche die Blüte bei den Phanerogamen erreicht, folgen in ihr, von aussen nach innen, so wie die Fig. 38 zeigt, auf einander: Kelchblätter (*k*), Kronenblätter (*c*), Staubblätter (*a*) und Fruchtblätter (*g*). Die Kelch- und Kronenblätter nähern sich in ihrer Gestalt den Hochblättern. Die Kelchblätter sind in den meisten Fällen grün und derber, die Kronenblätter andersfarbig und zarter. Die Staubblätter zeigen meist fadenförmige Gestalt, und bilden in bestimmten Behältern den Blütenstaub oder Pollen. Die Fruchtblätter sind niederblattartig; sie schliessen zu Behältern zusammen, in welchen die Samenanlagen erzeugt werden. — Staub- und Fruchtblätter der Phanerogamen entsprechen den sporangientragenden Blättern der Gefässcryptogamen. Diese Sporangienträger werden als **Sporophylle** bezeichnet und können bereits bei den Gefässcryptogamen von der Gestalt der anderen Laubblätter mehr oder weniger abweichen.

Dass die Niederblätter und Hochblätter als Hemmungsbildungen der Laubblätter aufzufassen sind, lehrt nicht nur ihre Entwicklungsgeschichte, sondern auch die Möglichkeit, sie in Laubblätter überzuführen. So wenigstens gelang es GOEBEL<sup>(7)</sup>, Blattanlagen, welche Niederblätter erzeugt hätten, zur Laubblattbildung dadurch zu bewegen, dass er die Sprosse entgipfelte und entblätterte. Rhizome, die man zwingt, sich im Tageslichte zu entwickeln, bilden Laubblätter aus denselben Anlagen, die unter der Erde zu Niederblättern geworden wären, und selbst an Kartoffelknollen kann man kleine Laubblätter erhalten.

**Blattnarben.** Bei laubwerfenden Holzgewächsen hinterlässt das abgeworfene Blatt am Spross die Blattnarbe. Demgemäss sieht man an entlaubten Holzgewächsen im Winter die Achselknospen über Blattnarben stehen.

**Knospelage und Knospendeckung.** Wie Querschnitte durch die Winterknospen unserer Laubbölzer lehren, passen sich die Laubblattanlagen in verschiedener Weise den engen Raumverhältnissen in der Knospe an. Sie können flach ausgebreitet sein, sind aber vielfach auch der Länge nach zusammengelegt, auch gefaltet, gerollt (Fig. 39) oder zerknüffelt. Dieses Verhalten wird als **Knospelage** (*vernatio*) bezeichnet. Andererseits sieht man die aufeinander folgenden Knospenschuppen sich mit ihren Rändern nicht erreichen, oder mit ihren Rändern nur berühren, oder, was gewöhnlicher ist, mit den Rändern über einander greifen (Fig. 39 *k*). Das nennt man **Knospendeckung** (*aestivatio*), und zwar im ersten Falle offene (*ae. aperta*), im zweiten klappige (*ae. valvata*), im dritten deckende oder dachziegelige (*ae. imbricata*) (Fig. 39 *k*). Wenn alle Blätter einer Knospe, wie das in Blütenknospen nicht selten ist, mit dem einen Rande das nächste Blatt decken, an dem andern Rande vom vorhergehenden Blatte gedeckt werden, oder umgekehrt, so heisst die Knospendeckung *gedreht* (*ae. contorta*).

**Die Blattstellung.** An aufrecht stehenden Langtrieben mit allseitig ausgebreiteten Blättern, und mehr noch an Kurztrieben mit dicht gedrängten Blättern fällt die Regelmässigkeit der Blattstellung unmittelbar auf. Dieselbe ist auch aus Knospenquerschnitten (Fig. 39) zu ersehen, vor Allem aber aus Scheitelansichten solcher Vegetationskegel, wie des in Fig. 31 dargestellten. Diese Scheitelansichten lehren, dass die neuen Anlagen in gesetzmässiger Weise an die vorhandenen anschliessen, unter entsprechender

Ausnutzung des vorhandenen Raumes. So wird der Ort des Auftretens der neuen Anlagen von den älteren beeinflusst, während deren Bildung selbst aus inneren Ursachen erfolgt. Die neue Anlage tritt, nachdem sie sich aus dem Vegetationskegel vorgewölbt hat, in Contact mit den älteren. Die ursprüngliche Anordnung der Anlagen kann weiterhin, wie SCHWENDENER<sup>(8)</sup> zeigte, durch gegenseitigen Druck der wachsenden Anlagen verändert werden. Wächst die Achse nicht in die Länge, sondern nur in die Dicke, so werden bei Grössenzunahme der Blattanlagen deren Insertionen durch longitudinalen Druck seitlich verschoben; wächst die Achse in die Länge, aber nicht in die Dicke, so wird die Insertion der Blattanlagen durch einen Druck in der Querrichtung verschoben. Die Blattstellung ändert sich auch, d. h. die Blattanlagen ordnen sich anders an, wenn deren Grösse, bei sich gleich bleibendem Umfang des Vegetationskegels, abnimmt, oder wenn die Blattanlagen ihre Grösse beibehalten, der Umfang des Vegetationskegels aber zunimmt. Plötzliche Aenderungen stellen sich im Besondern bei Anlage



Fig. 39. Querschnitt durch eine Knospe von *Populus nigra*. Die Knospenschuppen *k* zeigen dachziegelige Deckung, die Laubblätter *l* haben eingerollte Knospenlage, zu jedem Laubblatt gehören zwei Nebenblätter *s s.* Vergr. 15.

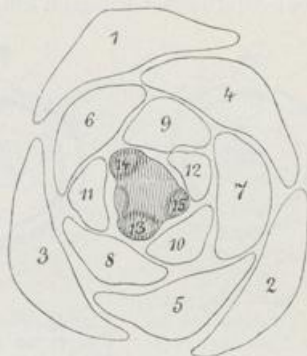


Fig. 40. Querschnitt durch eine Laubknospe von *Tsuga canadensis*, dicht über dem Sprossscheitel geführt,  $\frac{5}{13}$  Divergenz. (Nach HORMEISTER.)

der Blüthen ein, wo der Vegetationskegel sich rasch vergrössert, die Blattanlagen zugleich kleiner werden. — Aenderungen der ursprünglichen Stellung können auch durch Torsionen des Stammes veranlasst werden. So treten die Blätter am Vegetationskegel der Pandanus-Arten in drei geraden Reihen auf und kommen dann, durch Drehung des Stammes, in die dieser Drehung entsprechenden Schraubenlinien zu stehen. — Ganz regellose Blattstellungen können endlich in manchen Fällen, so am Blüthenschaft der Kaiserkrone (*Fritillaria imperialis*), durch ungleiche Grösse der Blattanlagen bei ihrem Auftreten am Vegetationskegel veranlasst sein.

Verhältnissmässig häufig findet in der Laubblattregion die Ausbildung zweigliederiger, mit einander alternirender Quirle statt, so wie die Fig. 31 sie in der Anlage zeigt. Man nennt eine solche Blattstellung decussirt. Mehrgliederige Quirle sind für Blüthen charakteristisch. Bei sich gleich bleibender Zahl der Glieder im Quirl pflegen auch dort die Quirle regelmässig zu alterniren. Häufig ändert sich aber die Zahl der Glieder in aufeinander folgenden Quirlen der Blüthen, besonders beim Uebergang von den Kronenblättern zu den Staubblättern, und von letzteren zu den Fruchtblättern.

auf-  
cro-  
den  
die  
tter  
in  
sten  
Die  
ten  
der-  
nen-  
men  
iese  
reits  
mehr

der  
hte,  
tens  
zur  
und  
eln,  
der-  
eine  
  
ab-  
ent-  
ben

die  
gen  
an-  
nach  
eses  
ieht  
lern  
ähn-  
ent  
ene  
oder  
spe,  
das  
atte  
eht

seitig  
gten  
Die-  
llem  
31  
in  
ader

Bei manchen Pflanzen fehlt ein Quirl in der Blüthe, den man nach der Stellung der Glieder in den anderen Quirlen, und den verwandtschaftlichen Beziehungen nach, erwarten müsste. So zeigt die Blüthe der Lilien, dem tiefer stehenden Diagramm (Fig. 41) gemäss, fünf dreigliederige, regelmässig alternirende Quirle und zwar einen dreigliederigen Kelch, eine dreigliederige Krone (beide werden bei den Liliaceen wegen ihrer Uebereinstimmung im Aussehen als Perigon zusammengefasst), einen äusseren und einen inneren Staubblattquirl und endlich in der Mitte drei mit einander vereinigte, die Alternation fortsetzende Fruchtblätter. Das Diagramm der Schwertlilien-Irideen-Blüthe (Fig. 42) stimmt mit demjenigen der Lilienblüthe überein, bis auf den fehlenden inneren Staubblattquirl. Die drei Fruchtblätter stehen aber so, als wenn der innere Staubblattquirl auch vorhanden wäre. Daher glaubt man sich zu der phylogenetischen Schlussfolgerung berechtigt, der innere Staubblattquirl sei bei den Vorfahren der Irideen vorhanden gewesen und erst späterhin geschwunden. Trägt man auf Grund dieser phylogenetischen Erwägungen den fehlenden Staubblattkreis in das Diagramm der Irideen-Blüthe mit Kreuzen ein, so hat man ein theoretisches Diagramm



Fig. 41. Diagramm der Liliaceen-Blüthe, unter ihm das Deckblatt; über ihm, durch einen schwarzen Punkt angedeutet, die Tragachse.



Fig. 42. Theoretisches Diagramm einer Iris-Blüthe. Der fehlende Staubblattquirl ist durch Kreuze bezeichnet.

construirt (Fig. 42). Im empirischen Diagramm werden hingegen solche der theoretischen Erwägung nach fehlende Glieder nicht angegeben. — Auch wechselständige Blätter, die nur in Einzahl den Knoten entspringen, trägt man in entsprechende Diagramme ein. Man construirt auch da das Diagramm, indem man die kegelförmig gedachte, senkrecht gestellte Achse horizontal projicirt und die aufeinander folgenden Knoten als concentrische Kreise von gleichmässig abnehmendem Radius zur Darstellung bringt (Fig. 43). Der Winkel, unter dem die Medianen von

zwei aufeinander folgenden Blättern sich schneiden, heisst die Divergenz. Dieselbe wird in Bruchtheilen des Umfangs der Achse angegeben. Sind beispielsweise je zwei aufeinander folgende Blätter an der Achse um ein Drittel ihres Umfangs von einander entfernt, so beträgt der Divergenzwinkel  $120^\circ$ , die Divergenz wird mit  $\frac{1}{3}$  ausgedrückt. Das Diagramm Fig. 43 führt uns die  $\frac{2}{5}$ -Stellung vor. Es leuchtet ein, dass in einem solchen Falle, wo der seitliche Abstand von zwei aufeinander folgenden Blättern  $\frac{2}{5}$  des Stengelumfangs beträgt, das sechste Blatt über dem ersten, das siebente über dem zweiten und so fort, zu stehen kommt. So bilden die Blätter an der Achse fünf gerade Reihen, die als Gradzeilen oder Orthostichen bezeichnet werden. Bei sehr gedrängter Blattstellung, wie sie an Kurztrieben gegeben ist, treten aber nicht etwa diese Orthostichen, sondern steil aufsteigende Schraubenlinien hervor, die als Schrägzeilen oder Parastichen gelten. Sie entstehen durch den Contact derjenigen Blätter, deren seitlicher Abstand an der Achse am geringsten ist. In einem Schema kommen sie deutlich zur Anschauung, wenn man, wie in Fig. 44, die Blätter auf die in eine Ebene gelegte Oberfläche der Achse einträgt. Den Blättern ist in diesem Bilde die annähernde Gestalt der Schuppen an Tannenzapfen gegeben worden, bei welchen die Parastichen sich scharf zeichnen. Die Construction zeigt ohne weiteres, dass

die Summe der Parastichen auf jedem Querschnitt dieser Achse gleich der Zahl der Orthostichen sein muss. Man kann an Objecten, welche die Parastichen deutlich zeigen, wie beispielsweise an den Zapfen der Nadelhölzer, diese Parastichen zur Bestimmung der Blattstellung benutzen. — Es fällt bei Vornahme von Blattstellungsbestimmungen auf, dass gewisse Divergenzen besonders häufig wiederkehren. Es lässt sich aus ihnen die Reihe  $\frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \frac{2}{5}, \frac{3}{8}, \frac{5}{13}, \frac{8}{21}, \frac{13}{34}$  u. s. w. bilden, wobei man jeden folgenden Bruch durch Addiren der Zähler und Nenner der beiden vorhergehenden erhält. Die Glieder dieser Reihe sind Näherungswerte des Kettenbruches  $\frac{1}{2} + \frac{1}{1} + \frac{1}{1} + \frac{1}{1} \dots$  sie bewegen sich zwischen  $\frac{1}{2}$  und  $\frac{1}{3}$  der Stengeloberfläche, differiren alsbald von einander nur wenig und nähern sich immer mehr einem Divergenzwinkel von  $137^\circ 30' 28''$ . Man hat diese Reihe als die Hauptreihe der Blattstellung bezeichnet. Ihre thatsächlich sehr häufige Wiederkehr wurde wohl phylogenetisch dadurch bedingt, dass sie eine verhältnissmässig günstige Ausnutzung des Raumes durch die Blätter, bei

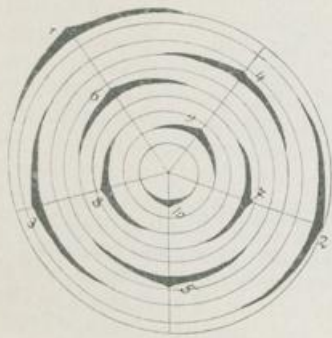


Fig. 43. Schema der  $\frac{2}{5}$ -Stellung. Die Blätter ihrer genetischen Aufeinanderfolge nach mit Zahlen versehen.

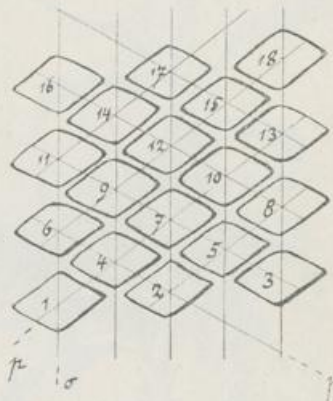


Fig. 44. Die  $\frac{2}{5}$ -Stellung auf der aufgerollten Oberfläche der Achse. o Orthostichen, p Parastichen. Die Blätter ihrer genetischen Aufeinanderfolge nach mit Zahlen versehen.

der sie sich in ihrer Ernährungsthätigkeit am wenigsten behindern, ermöglicht. — Man hat die Insertionsstellen der aufeinander folgenden Glieder an der Achse auf dem kürzesten Wege des Achsenumfanges durch eine Linie verbunden, die demgemäss zu einer die Achse umlaufenden Schraubenlinie wurde, die man die Grundspirale nannte. Jeden Abschnitt der Grundspirale, der durchlaufen werden musste, um von irgend einem Blatte zu dem gerade über ihm stehenden zu gelangen, hat man als Cyclus bezeichnet. So waren im Cyclus bei  $\frac{2}{5}$ -Stellung fünf Blätter vertreten, und musste die Schraubenlinie zwei Mal die Achse umlaufen, um diesen Cyclus zurückzulegen. Auch in Quirlstellungen hatte man Spiralen hinein construirt, was jetzt alles überflüssig erscheint, seitdem man erkannte, dass hier der Schwerpunkt in die genetischen Ursachen zu verlegen ist. — Ebenso wenig versucht man es jetzt noch, die Spiraltheorie auf dorsiventralspross auszudehnen, seitdem man weiss, dass mechanische Momente und nicht ein ideales, die Entwicklungsvorgänge beherrschendes Spiralesetz, die Blattstellung bedingen. Die dorsiventralen Spross sind

Strausburger, Lehrbuch der Botanik. 4. Aufl

häufig an ihrer Spitze bauchwärts eingerollt und tragen die Blätter meist abwechselnd, entweder auf ihrer Rückenfläche oder, der Rückenfläche genähert, auf ihren Flanken. Auffällige Beispiele liefern die auf dem Boden kriechenden Stämme vieler Farne, oder die blüthentragenden Sprosse eines Vergissmeinnicht (*Myosotis*). Die aufeinander folgenden Blätter lassen sich in solchen Fällen höchstens nur durch eine Zickzacklinie verbinden.

**Metamorphose der Laubblätter.** Von den gewohnten Laubblattformen weicht schon diejenige auffällig ab, welche die Spreite nicht am Rande, sondern in ihrer Mitte am Stiele eingefügt zeigt. Solche Blätter bezeichnet man als schildförmig. Unsere Kapuzinerkresse (*Tropaeolum majus*) ist ein gutes Beispiel für sie (Fig. 181).



Fig. 45. *Nepenthes robusta*. Gewächshauspflanze.  $\frac{1}{9}$  nat. Gr.

Sie kommen zu Stande, indem die junge Spreite nicht nur in der Verlängerung des Stiels, sondern auch dicht über ihm, an ihrer Oberseite, flächenartig hervorwächst. Aehnliche Blattbildungen mögen der Ausgangspunkt gewesen sein für weit stärker veränderte Laubblätter, die eine Höhlung einschliessen und auf Thierfang eingerichtet sind. So zeigt die nebenan, nach einem Gewächshausexemplar dargestellte *Nepenthes robusta* (Figur 45) Blätter, die in kannenförmige, mit Deckel versehene Gebilde auslaufen. An den jüngeren Kannen ist der Deckel geschlossen, an älteren geöffnet. Die Kannen gehen, wie GOEBEL nachgewiesen hat, aus der entsprechend umgebildeten Blattspreite hervor; der Blattgrund verbreitet sich zugleich spreitenförmig; der Blattstiel, der beide trennt, kann als Ranke fungiren. Aehnlich gestaltete hohle Gebilde werden, durch entsprechende Umbildung der Fiederblättchen, an den unter Wasser tauchenden Blättern von *Utricularia* ausgebildet. Die Spreite jener Blättchen wächst zu einem krugförmigen Gebilde aus, das an seinem oberen Rande bis auf eine enge Mündung zusammenschliesst. So werden Blasen erzeugt

vom Aussehen der Fig. 46, die, nach Fischreusenart gebaut, kleinen Wasserthierchen wohl den Eintritt, nicht aber den Austritt gestatten. — Ist in solchen Gebilden gewissermaassen eine progressive Veränderung des Laubblattes gegeben, so tritt uns in anderen Fällen die Veränderung als Reduction entgegen. Verhältnissmässig häufig ist die Umbildung der ganzen Blattspreite oder ihrer Theile zu Ranken (Blattranken). Die Fig. 47 zeigt uns eine solche Umbildung, und zwar in derjenigen Form, die bei Papilionaceen verbreitet ist. Die oberen Blättchenpaare des einfach gefiederten Blattes haben sich in dem dargestellten Falle in fadenförmige Ranken verwandelt, welche die Fähigkeit besitzen, Stützen zu umschlingen. Dieses Beispiel ist der gemeinen Erbse entnommen, bei welcher ein Theil

der Blättchen am Blatte noch seine ursprüngliche Ausbildung behält, während das Bild (Fig. 48) der Rankenplatterbse (*Lathyrus Aphaca*) uns das ganze Blatt zu einer Ranke reducirt, und die Lamina des Oberblattes ganz durch die Nebenblätter (*n*) vertreten zeigt. Der Vergleich der Kuchenerbse mit der Rankenplatterbse ist phylogenetisch lehrreich, indem er uns gewissermassen

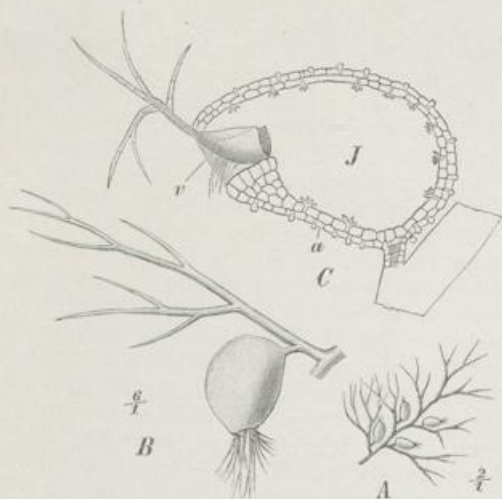


Fig. 46. Utricularia vulgaris. Bei A ein Blattstück mit mehreren Blasen. Vergr. 2. Bei B ein Fiedertheil des Blattes mit Blase. Vergr. 6. Bei C eine Blase im Längsschnitt. Vergr. ca. 28. C nach GOEBEL. In C r Klappe, a Blasenwandung.

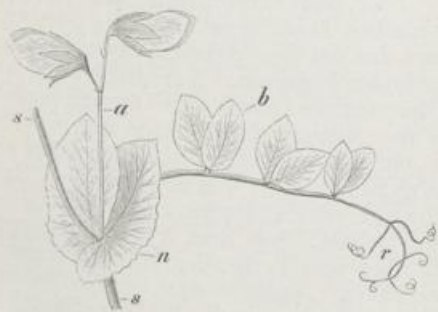


Fig. 47. Stengelstück und Blatt der gemeinen Erbse (*Pisum sativum*). s Stengel, n Nebenblätter, b Blättchen des einfach gefiederten Blattes, r die zu Ranken ausgewachsenen Blättchen, a der Blüten tragende Achselspross. 1/2 nat. Gr.



Fig. 48. Stengelstück der Ranken-Platterbse (*Lathyrus Aphaca*). s Stengel, n Nebenblätter, b Blattranke. 1/2 nat. Gr.

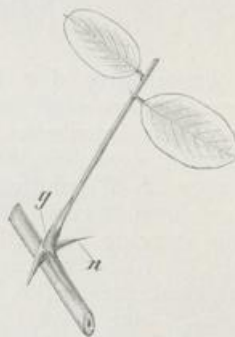


Fig. 49. Stammstück von Robinia Pseudacacia mit dem unteren Theile eines gefiederten Blattes und den zugehörigen, in zwei Dornen verwandelten Nebenblättern n, g Gelenkpolster. 1/2 nat. Gr.

den Weg zeigt, den der Reductionsvorgang der Blattspreite durchschrit, um jenen Grad zu erreichen, wie er bei der Rankenplatterbse gegeben ist. Andererseits klären uns beide Fälle gemeinsam über den morphologischen Unterschied von Stammranken und Blattranken auf und zeigen in einleuchtender Weise uns den Werth der Ergebnisse, zu welchen die

vergleichend morphologische Forschung führt. — Bei der Rankenplatt-  
erbse treten die Nebenblätter in die Functionen der Blattspreite ein, in  
anderen Fällen übernimmt der Blattstiel diese Aufgaben. So ist es bei  
vielen neuholländischen Akazien (bei 7, 8 und 9 Fig. 54). Der Blattstiel  
zeigt sich dann meist in senkrechter Ebene abgeflacht, durchaus vom Aus-  
sehen einer lanzettförmigen Blattspreite. Abgesehen von seiner Stellung,  
gleich ein solches Gebilde, das Phyllodium, durchaus einem Cladodium.  
Von einem Cladodium ist es aber morphologisch verschieden, denn es stellt  
einen metamorphosirten Blattstiel, jenes einen metamorphosirten Spross vor.  
Demgemäss nimmt es auch nicht wie ein Cladodium eine Blattachsel ein.  
Wie wir in Dornen verwandelte Stammtheile kennen gelernt haben (Fig. 30),  
so giebt es endlich auch Blattdornen. Beim Sauerdorn (*Berberis vul-  
garis*) wird das ganze Blatt an den Hauptsprossen in einen oder mehr  
Dornen, meist in drei derselben umgestaltet und man sieht die mit ent-  
wickelten Laubblättern versehenen Seitentriebe in den Achseln dieser Dornen  
stehen. Bei der Robinie (*Robinia Pseudacacia*) entwickeln sich die beiden  
Nebenblätter zu Dornen, das Oberblatt besteht als Laubblatt fort (Fig. 49).  
Ausser Stamm- und Blattdornen giebt es bei zahlreichen Pflanzen auch  
noch andere entsprechend aussehende Gebilde, die durchaus anderen mor-  
phologischen Ursprungs sind und die demgemäss als Stacheln unterschieden  
werden. Die für Rosen- und Brombeersträucher so charakteristischen Stacheln  
gehören in dieselbe Kategorie wie Haare. Sie stellen nicht metamorphosirte  
Glieder des Pflanzenkörpers vor, sind vielmehr nur Auswüchse (Emer-  
genzen), die in keiner Beziehung zu der äusseren Gliederung der Pflanze  
stehen und an beliebigen Stellen aus deren Oberfläche entspringen können.  
Sie treten in veränderlicher Anzahl an der Pflanze auf, können nach Um-  
ständen auch ganz fehlen.

#### Die Wurzel.

**Ausbildung der Wurzel.** Die dritte Grundform des cormophyten  
Pflanzenkörpers zeigt in ihrer typischen Ausbildung als Bodenwurzel nur  
wenig Verschiedenheiten. Es hängt das mit den gleichmässigen Bedingungen  
zusammen, denen die Wurzeln im Boden begegnen. Nur die Luftwurzeln,  
die aber im Wesentlichen auf das feuchte Klima der Tropen beschränkt  
sind, nehmen regeren Antheil an der Metamorphose. Der von der Wurzel-  
haube bedeckte Vegetationskegel und der Mangel an Blattbildungen charak-  
terisirt die Wurzel und gestattet es meist leicht, sie von unterirdischen Sprossen  
zu unterscheiden. Die Wurzelhaube oder Calyptra gewährt dem Vegeta-  
tionskegel der Wurzel denjenigen Schutz, den dem Vegetationskegel des  
Stammes die Blattanlagen bringen. Von dem Vorhandensein der Wurzelhaube  
kann man sich meist erst auf medianen Längsschnitten durch die Wurzel-  
spitze überzeugen; doch giebt es auch Fälle, wo man die Wurzelhaube schon  
an der unversehrten Wurzel als eine das Ende derselben deckende Kappe  
unterscheiden kann. Die besonders auffälligen Kappen an den Enden der  
in Wasser tauchenden Wurzeln unserer Wasserlinsen (*Lemna*-Arten) gehören  
hingegen ihrem Ursprung nach nicht zur Wurzel, gehen vielmehr aus einer  
die Wurzel bei ihrer Anlage umgebenden Hülle hervor, werden demgemäss  
als Wurzeltasche unterschieden (siehe *Lemna*). Wurzeln ohne Wurzelhaube  
sind eine sehr seltene Erscheinung, so bei den eben erwähnten Wasserlinsen,  
bei welchen die Wurzeltasche die Functionen der Wurzelhaube übernahm.  
So ist auch ohne Wurzelhaube die rasch absterbende Wurzel des uns schon  
bekannten, parasitisch lebenden Teufelszwirns (S. 21). Zur Charakteristik der



Wurzeln gehören auch die Wurzelhaare (*r* in Fig. 53), welche den meisten Wurzeln zukommen. Sie werden erst in einiger Entfernung von der Wurzelspitze erzeugt und haben nur kurze Lebensdauer. In dem Maasse als neue Wurzelhaare hinzukommen, sterben die älteren ab, so dass nur ein begrenzter Theil der jungen Wurzel sich von ihnen bedeckt zeigt. Von diesen Haargebilden gilt im Uebrigen dasselbe, wie von den zuvor (S. 36) erwähnten; ihre Stellung im Einzelnen ist unbestimmt, ihre Zahl je nach Umständen wechselnd. Sie fehlen auch vielfach: so an den Wurzeln vieler Nadelhölzer, und an den meisten Luftwurzeln.

**Verzweigung der Wurzel.** Wie wir Sprosse kennen gelernt haben (Fig. 18), die sich durch Gabelung ihres Vegetationspunktes verzweigen, so giebt es auch Wurzeln mit gleicher Verzweigungsart. Im Wesentlichen ist aber die Gabelung der Wurzeln auf jene Abtheilung der Pteridophyten, die Lycopodineen, beschränkt, welche auch Gabelung ihrer Sprosse zeigt (S. 15). Die übrigen Wurzeln verzweigen sich durch Bildung von Seitenwurzeln

oder Nebenwurzeln in akropetaler Reihenfolge. Die jüngsten Seitenwurzeln treten aber aus ihrer Mutterwurzel in wesentlich grösserer Entfernung vom Vegetationspunkt hervor (Fig. 53 *sw*), als die Seitensprosse aus ihrem Mutterstross. Der Ursprung der Seitenwurzeln ist endogen; sie müssen die äusseren Theile der Mutterwurzel durchbrechen, um nach aussen zu gelangen. Demgemäss sind sie nicht selten an der Austrittsstelle von dem vorgestülpten Rande der durchbrochenen Theile der Mutterwurzel, wie von einem Kragen, umgeben. Die Seitenwurzeln bilden gerade Reihen an der Mutterwurzel (Fig. 53); diese Anordnung wird durch den inneren Bau der letzteren bedingt. Adventivwurzeln können, ganz wie Adventivsprosse, an beliebigen Orten, nicht nur an älteren Wurzeltheilen, sondern auch an allen anderen Stellen des Pflanzenkörpers, angelegt werden. Ihre Anlage wird durch das Bedürfniss bestimmt. Besonders zahlreich finden sie sich an der Unterseite der im Boden wachsenden Rhizome (Fig. 22 *w*) ein. Ein bevorzugter Ort ihrer Entstehung, soweit die äusseren Bedingungen es zulassen, sind auch die Stengelknoten. In feuchten Boden gesteckte, abgeschnittene Sprosse oder Sprosstücke haben alsbald Adventivwurzeln an ihrer Basis erzeugt und solche brechen auch aus der Basis mancher in Boden gesteckter Blätter, so der Begonienblätter, hervor. Der Ursprung der Adventivwurzeln ist wie derjenige aller Wurzeln endogen. Wie es schlafende Knospen giebt, so existiren auch schlafende Wurzelanlagen. Im Besonderen sind solche ruhende Anlagen von Adventivwurzeln an jedem Weidenzweige vorhanden und lässt sich deren Weiterentwicklung durch Feuchtigkeit und Verdunkelung leicht anregen.

**Metamorphose der Wurzel.** Für die übliche Unterscheidung der Wurzeln ist ihre Gestalt, ihre Stärke, sowie ihre Verzweigungsart maassgebend. Eine Wurzel, die den Hauptstamm nach unten fortsetzt, heisst Hauptwurzel

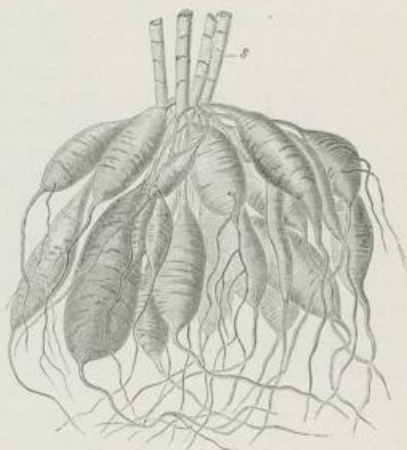


Fig. 50. Wurzelknollen der Georgine (*Dahlia variabilis*). Bei *s* die unteren Theile der abgeschnittenen Stengel.  $\frac{1}{5}$  nat. Gr.

att-  
in  
bei  
stiel  
Aus-  
ung,  
um.  
tellt  
vor.  
ein.  
30),  
vul-  
mehr  
ent-  
nen  
den  
49).  
uch  
oor-  
den  
heln  
sirte  
er-  
anze  
nen.  
Um-  
  
yten  
nur  
gen  
eln,  
inkt  
czel-  
rak-  
ssen  
eta-  
des  
aube  
czel-  
chon  
uppe  
der  
ören  
einer  
näss  
aube  
sen,  
ahm.  
chon  
der

oder Pfahlwurzel; die anderen Wurzeln sind dann, im Verhältniss zu ihr, Seitenwurzeln oder Nebenwurzeln bestimmter Ordnung. Den Gymnospermen und sehr vielen Dicotyledonen kommt eine Hauptwurzel zu, während sie den Monocotylen für gewöhnlich fehlt. Die Bewurzelung der meisten Monocotylen, aber auch zahlreicher Dicotylen-Stauden, beruht vorwiegend auf Adventivwurzeln, die in grosser Zahl den im Boden befindlichen Stammtheilen entspringen. Die Wurzeln können rüben- oder knollenförmig angeschwollen sein (Fig. 50). Die Wurzelknollen ähneln oft den Stammknollen sehr, lassen sich aber an ihrer Wurzelhaube, dem Fehlen von Blattanlagen und ihrem inneren Bau als solche erkennen.

Einen eigenen morphologischen Aufbau zeigen die Knollen der Orchideen. Sie werden der Hauptmasse nach aus fleischig angeschwollenen, nicht von einander gesonderten Wurzeln gebildet, oben schliessen sie aber mit einer Stammknospe ab. Diese Knollen sind einfach oder in ihren unteren Theilen handförmig getheilt (Fig. 51). Man findet mit einander verbunden eine ältere ( $l'$ ) und eine jüngere Knolle ( $l''$ ). Die ältere hat bereits einen Blütenpross ( $b$ ) erzeugt und ist im Schrumpfen begriffen. Die jüngere entstand an der Basis dieses Sprosses

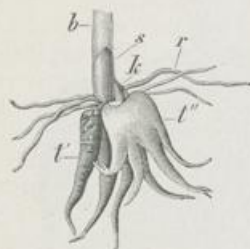


Fig. 51. *Orchis latifolia*.  $l'$  die alte Wurzelknolle,  $l''$  die junge Wurzelknolle;  $b$  Blütenpross,  $k$  Knospe, an der die neue Knolle entstand,  $s$  das Niederblatt, in dessen Achsel die Knospe  $k$  entstand,  $r$  gewöhnliche Adventivwurzeln.  $\frac{1}{2}$  nat. Gr.

in der Achsel seines Niederblattes ( $s$ ) und bildete die Adventivwurzeln, die mit einander vereinigt blieben und anschwollen, um den Knollenkörper zu erzeugen. Wurzeln von gewöhnlichem Bau entspringen über den Knollen aus der Stengelbasis.

**Luftwurzeln.** Einen von den Bodenwurzeln abweichenden Bau zeigen die Luftwurzeln der, oft in bedeutender Höhe, auf anderen Pflanzen wachsenden tropischen Epiphyten<sup>(9)</sup>. Diese Luftwurzeln sind bei Orchideen und manchen Aroideen mit einer schwammigen Hülle, dem Velamen, versehen, die sie befähigt, die atmosphärischen Niederschläge aufzunehmen und aufzuspeichern. Die Luftwurzeln wachsen zum Theil gerade abwärts, werden sehr lang, bleiben in der Luft unverzweigt und verzweigen sich erst, wenn sie den Boden erreichen; sie fungiren dann als Nährwurzeln; zum Theil fliehen sie das Licht, bleiben verhältnissmässig kurz, unverzweigt, und umklammern fremde Gegenstände, mit denen sie in Berührung kommen; sie sind dann Haftwurzeln. Bei manchen Orchideen, Aroideen, Farnen verzweigen sich aber die Haftwurzeln und bilden ein Geflecht, in welchem Humus sich sammelt; in diesen wachsen dann aus den Haftwurzeln Nährwurzeln hinein. Die frei in die Luft abwärts hängenden Nährwurzeln enthalten meist grünen Farbstoff in ihrer Rinde. — Bei Orchideen der Gattung *Angraecum* fällt den Luftwurzeln die Ernährung der Pflanze vollständig zu; sie sind dann meist abgeflacht, entsprechend grün gefärbt, ohne schwammartige Hülle und ersetzen vollständig die Blätter, die zu nicht grünen Schuppen reducirt erscheinen. — Ausschliesslich Haftwurzeln besitzen die Bromeliaceen, deren Blätter nicht allein die Arbeit der Assimilation, sondern auch die gesammte Wasseraufnahme besorgen. Alle Luftwurzeln der Epiphyten sind ihrem Ursprung nach Adventivwurzeln.

Die zahlreichen Adventivwurzeln, die dichtgedrängt die Stämme baumartiger Farne bedecken, werden nach dem Absterben sehr hart und dienen dann als Schutzorgane. Bei einigen Palmen (*Acanthorrhiza*, *Iriartea*) bilden sich die Adventivwurzeln in der unteren Stammregion zu Dornen, also Wurzeldornen um-

Eine besondere Ausbildung erlangen die Stelzwurzeln gewisser tropischer Gewächse, der Pandanus-Arten und der sumpfbewohnenden Mangrove-Bäume. Diese Pflanzen entsenden aus ihrem Stamme dicke Adventivwurzeln, die schräg abwärts in den Boden wachsen und auf welchen der Stamm schliesslich wie auf Stelzen steht. Eigenartige Stützwurzeln treiben auch die Ficus-Arten, die indischen Banyan-Bäume, aus der Unterseite ihrer Aeste und ruhen dann auf diesen Wurzeln wie auf Säulen. — Gewissen Mangrove-Bäumen kommen auch besondere für Athmung eingerichtete Seitenwurzeln, die Athemwurzeln, zu, die aufwärts aus dem Schlamm hinauswachsen, meist dort auch mit besonderen Athemöffnungen versehen sind. Kräftigen Spargeln ähnlich umgeben solche Athemwurzeln die betreffenden Mangrove-Bäume und sorgen für den nöthigen Gasaustausch des im Schlamm steckenden Wurzelsystems.

**Reduction der Wurzel.** Im Allgemeinen pflegt ein bestimmtes Verhältniss zwischen der Stärke der Belaubung und der Ausbildung des Wurzelsystems zu bestehen. Daher es auch begreiflich ist, dass bei Humusbewohnern und Schmarotzern deren Sprosse meist sehr reducirt sind, auch die Wurzeln eine entsprechende Reduction erfahren haben. Beim Teufelszwirn (*Cuscuta*-Arten) bilden sie warzenförmig Gebilde (Fig. 186 H), die an den Contactstellen mit der Nährpflanze angelegt werden und in dieselbe eindringen. Sie entziehen der Nährpflanze Nahrungsstoffe und werden als Saugwurzeln oder Haustorien bezeichnet. — Solche Haustorien können sich in dem Körper der Nährpflanze in einzelne Fäden zertheilen, aus welchen wiederum der Parasit sich zu regeneriren vermag. Auf solche Weise kommt es, dass die mächtigen Blüten der *Rafflesia Arnoldi* unmittelbar aus *Cissus*-Wurzeln hervorbrechen. — Als letzter Schritt fortgeschrittener Reduction muss das vollständige Verschwinden der Wurzeln bei manchen Pflanzen gelten. Wir erwähnten bereits, dass das Rhizom der Orchidee *Coralliorrhiza innata* (Fig. 24) ganz in die Function der Wurzeln eingetreten ist, die somit dort fehlen. So haben auch verschiedene Vertreter der Wasserpflanzen, wie *Salvinia*, die wurzellose Wasserlinse (*Wolffia arrhiza*), *Utricularia*, *Ceratophyllum*, die Wurzeln ganz eingebüsst.

#### Ontogenie der Pflanzen.

Wie wir die phylogenetische Entwicklung des Pflanzenreichs von den einfachsten Gestalten zu den complicirteren haben fortschreiten sehen, so macht auch jede Pflanze in ihrer Ontogenie einen ähnlichen Entwicklungsgang durch. Das Stadium der ontogenetischen Entwicklungsvorgänge wird als Embryologie bezeichnet. Die junge Anlage zum neuen Pflanzenkörper heisst Embryo oder Keim, ihre weitere Entfaltung die Keimung. Die embryonale Entwicklung hebt mit mikroskopisch kleinen, im Allgemeinen kugeligen Gestalten an. Eine solche Gestalt kann bei dem niedrigsten Organismus zugleich den Endpunkt der Entwicklung bilden, so bei der in Fig. 1 (S. 7) dargestellten *Gloeocapsa polydermatica*; oder die Entwicklung der Anlage schreitet fort und führt zur Ausbildung fadenförmiger, bandförmiger oder cylindrischer Pflanzenkörper. Soll der betreffende Pflanzenkörper einen Vegetationspunkt erhalten, so verharrt ein Theil der Keimsubstanz im embryonalen Zustand, und stellt weiterhin diesen Vegetationspunkt dar. Die embryonale Entwicklung wird dann von dieser embryonalen Substanz des Vegetationspunktes fortgeführt. Bei den höher organisirten Pflanzen erlangen die am Vegetationspunkt angelegten Gebilde erst allmählich denjenigen Grad der Ausgestaltung, wie sie der entwickelten Pflanze zukommt.

Die Pflanze „erstarkt“. Erst wenn der Höhepunkt der Erstarkung erreicht ist, werden bestimmte Theile der embryonalen Substanz der Vegetationspunkte zur Erzeugung neuer Keimanlagen verwendet. Dieser Höhepunkt kann bei cormophyten Pflanzen meist erst durch Achsen höherer Ordnung erreicht werden. — Die aus Keimanlagen hervorgehenden, aufeinander folgenden Generationen einer Pflanze sind entweder alle einander gleich, oder sie sind verschieden. Im ersten Fall liegt Entwicklung ohne Generationswechsel, im zweiten mit Generationswechsel vor. Im Generationswechsel gleicht schon die dritte, oder erst eine nächstfolgende Generation der ersten. Bei den Cormophyten ist es bereits die dritte. Eine Generation im Generationswechsel pflegt geschlechtlich differenziert zu sein, d. h. die von ihr erzeugten reproductiven Gebilde werden erst nach Verschmelzung mit anderen entwicklungsfähig. Es ist das der Vorgang der Befruchtung (vgl. S. 76); ihr Product ist das befruchtete Ei. Die ungeschlechtlichen Generationen erzeugen hingegen reproductive Gebilde, die ohne Befruchtung sich weiter entwickeln, und die man Sporen nennt.

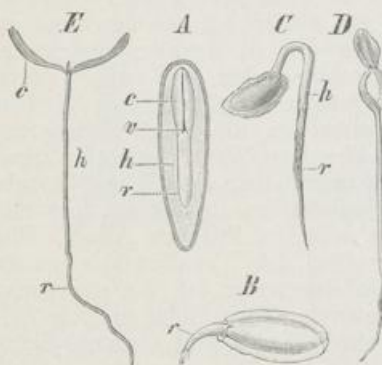


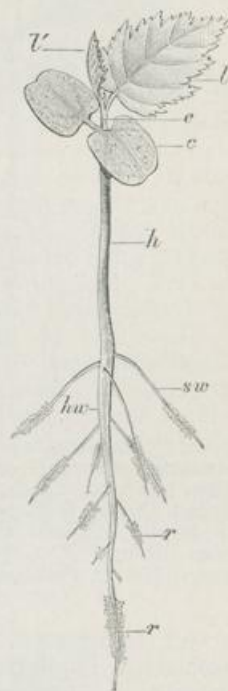
Fig. 52. *Thuja occidentalis*. Bei *A* medianer Längsschnitt durch den reifen Samen, bei *B* bis *E* Keimungsstadien. *h* Hypocotyl, *c* Cotyledonen, *r* Radicula, *r* Stammvegetationskegel. *A* 5 Mal, *B* und *C* 2 Mal vergr. *D* und *E* nat. Gr.

Der Generationswechsel bei den Thallophyten, so im Besonderen bei den Pilzen, wird oft durch Einschaltungen anderer Fortpflanzungsorgane, deren Bildung auch unterbleiben kann, complicirt. Bei den Cormophyten wechselt ganz allgemein eine geschlechtliche Generation mit einer ungeschlechtlichen ab. In allen Fällen, wo Generationswechsel vorliegt, ist somit mehr als eine Generation nothwendig, um den Entwicklungskreis der Species abzuschliessen. Zwei oder mehr Individuen gehören somit zu dem Begriff einer Art. Diese Individuen können getrennt von einander ein völlig unabhängiges Leben führen, oder auch zu einem einzigen Lebewesen mit einander verbunden sein. Letzteres liegt bei den Moosen vor, wo die sporenbildende Generation auf der geschlechtlichen lebt, auch bei den Pha-

nerogamen, wo umgekehrt die geschlechtliche Generation innerhalb der ungeschlechtlichen ihre Entwicklung durchmacht.

Der als Keimung bezeichnete Abschnitt in der Entwicklung der Pflanze ist bei den Phanerogamen in bestimmter Weise begrenzt, weil man diese Bezeichnung hier auf die Entfaltung des im Samen bereits angelegten Keimes beschränkt. Zu der Zeit, wo dieser im Samen eingeschlossene Keim von seiner Mutterpflanze abgeworfen wird, weist er meist schon jene Gliederung auf, wie sie dem cormophyten Pflanzenkörper zukommt. Er wird geschützt durch die Samenschale, die ihn zugleich befähigt, eine längere Ruhezeit durchzumachen. Reichlich aufgespeicherte Nährstoffe, in ihm selbst, oder den ihm umgebenden Samentheilen, haben für seine Ernährung während der Keimung zu sorgen. Man hat die einzelnen Glieder des phanerogamen Keimes in besonderer Weise bezeichnet. Die Fig. 52 zeigt bei *A* den medianen Längsschnitt durch einen reifen Samen des Lebensbaumes (*Thuja occidentalis*), bei *B* einen im Beginn der Keimung befindlichen Samen, bei *C* einen etwas vorgertikteren Keimungszustand, bei *D* die Abstreifung der Samen-

schale, bei *E* endlich die entfaltete Keimpflanze. An diesem Keime wird nun unterschieden sein Stammtheil als Hypocotyl (*h*), seine ersten vom Hypocotyl getragenen Blätter als Keimblätter oder Cotyledonen (*c*), seine Wurzel als Würzelchen oder Radicula (*r*). Aus der Radicula, die sich zur Haupt- oder Pfahlwurzel des aus dem Keim hervorgehenden Lebensbaumes entwickeln wird, brechen auf späteren Entwicklungsstadien die ersten Seitenwurzeln hervor. Der Stammvegetationskegel des Keimes (*v* in *A*) hat auf dem Keimungsstadium *C* bereits neue Theile angelegt, die sich aber noch nicht gestreckt haben und daher zwischen den Cotyledonen verborgen sind. — Die Fig. 53 stellt eine Keimpflanze der Weissbuche (*Carpinus Betulus*) vor. Auch in dieser Figur sind das Hypocotyl mit *h*, die beiden Cotyledonen mit *c*, die zur Pfahlwurzel sich entwickelnde Radicula mit *hw* bezeichnet. Diese Keimpflanze ist weiter, als die zuvor betrachtete des Lebensbaumes, in ihrer Entwicklung fortgeschritten und zeigt ein vom Vegetationskegel des Stammes bereits erzeugtes Internodium, welches das entfaltete Laubblatt *l* trägt, während das nächst höhere Internodium noch nicht gestreckt ist und sein Laubblatt *l'* noch nicht entfaltet. Aus der Hauptwurzel sind bereits Seitenwurzeln (*sw*) in grösserer Anzahl hervorgetreten.



Eine höher organisirte Pflanze, die mit tiefsten Bildungsstufen ihre Entwicklung beginnt und erst allmählich zu höherer Gliederung gelangt, wiederholt im Grossen und Ganzen in ihrer Ontogenese ihre phylogenetische Entstehung. Im Einzelnen ist freilich vieles in dieser Ontogenese verändert, vieles beseitigt worden, so dass sie uns nur noch ein sehr unvollkommenes Bild der Vergangenheit entrollt. Dieses Bild bleibt für uns immerhin noch werthvoll genug, um neben dem Vergleich die wichtigste Quelle unserer morphologischen Erkenntniss zu bilden. Was von der Entwicklung aus der Keimanlage gilt, trifft bei der fertigen Pflanze im Wesentlichen auch für ihre Fortentwicklung aus den Vegetationspunkten zu. Daher besitzt auch diese eine hohe Bedeutung für Feststellung von Homologien. Je früher sich ein Merkmal in der Keimentwicklung, je näher es sich bei der älteren Pflanze am Vegetationspunkte einstellt, um so grösser ist im Allgemeinen sein Werth für die Beurtheilung entfernterer verwandtschaftlicher Beziehungen unter den Gewächsen; je später es in der Keimentwicklung, je weiter es bei der älteren Pflanze von den Vegetationspunkten in die Erscheinung tritt, um so geringer wird sein allgemeiner Werth und um so größer seine besondere Bedeutung für die Charakterisirung der Gattung oder Art. Die Nadelhölzer mit schuppenförmig ausgebildeten, angedrückten Blättern, wie die Lebensbäume (*Thuja*, *Biota*), verschiedene Wachholder (*Juniperus*) und andere mehr, müssen wir, den aus früheren Erdperioden erhaltenen palaeophytischen Ueberresten nach, von nadelblatttragenden Nadelhölzern ableiten. Demgemäss finden wir an den Keimpflanzen der schuppenblatttragenden Coniferen typische Nadelblätter, und erst in einem bestimmten Alter treten

icht  
ons-  
unkt  
ung  
fol-  
oder  
ns-  
ons-  
tion  
tion  
h.  
mel-  
Be-  
ge-  
ilde,  
mt.  
allo-  
zen,  
erer  
lung  
Bei  
llge-  
tion  
In  
hnel  
Ge-  
ick-  
sen.  
so-  
iese  
ein-  
eben  
igen  
sein.  
wo  
der  
Pha-  
nge-  
anze  
Be-  
mes  
von  
rung  
stützt  
zeit  
oder  
der  
men  
nen  
den-  
nen

an dieser sogenannten Jugendform<sup>(10)</sup> der Pflanze die Schuppenblätter auf. Unser Wachholder behält die Nadelblätter zeitlebens. Noch instructiver sind die Jugendformen der mit Phyllodien versehenen neuholländischen Akazien. Wir haben eine solche Akazie (*Acacia pycnantha*) früher schon (S. 36) kennen

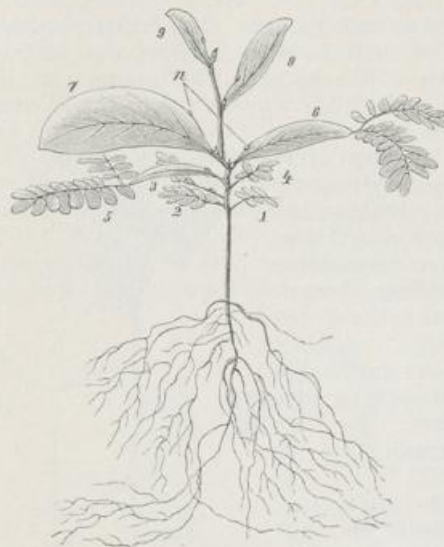


Fig. 54. Keimpflanze von *Acacia pycnantha*. Die Keimblätter schon abgeworfen. Die unteren Laubblätter 1—4 sind einfach, die folgenden doppelt gefiedert. An den Blättern 5 und 6 ist der Blattstiel bereits senkrecht abgeflacht. In den folgenden Blättern (7, 8, 9) ist er als Phyllodium ausgebildet. n Nectarien an den Phyllodien.  
Vergr. ca.  $\frac{1}{2}$ .

gelernt. Wir nahmen an, dass die Phyllodien umgebildete Blattstiele seien, die sich spreitenartig verbreiterten, während die Lamina schwand. Eine keimende *Acacia pycnantha* (Fig. 54) liefert in ihrem Verhalten den sichtbaren Beweis für diese Annahme. Die ersten Laubblätter der Keimpflanze, welche auf die Keimblätter folgen, sind einfach gefiedert, die höher stehenden doppelt gefiedert. Dann folgen Blätter, die noch eine gefiederte, aber doch bereits etwas reducierte Spreite aufweisen, ausserdem aber einen Blattstiel, der in senkrechter Richtung schon abgeflacht ist. Endlich werden Blätter erzeugt, die nur einen spreitenartig erweiterten Blattstiel besitzen. Da viele andere Arten innerhalb der Gattung *Acacia* mit doppelt gefiederten Blättern versehen sind, so liegt der phylogenetische Schluss nahe, dass die neuholländischen Akazien in relativ recenter Zeit ihre zarten Spreiten einbüssten und durch

die viel resistenteren, den Anforderungen des australischen Klimas besser entsprechenden Phyllodien ersetzt haben. Daher stellt sich dieses Merkmal jedenfalls so spät in der ontogenetischen Entwicklung ein. — Ueberhaupt lässt sich oft nachweisen, dass bei Pflanzen mit abgeleiteten Blattformen, letztere an den Keimpflanzen erst über den Keimblättern und den ersten Laubblättern auftreten und meist allmählich ihre definitive Gestalt erlangen.

## Zweiter Abschnitt.

## Innere Morphologie.

(Histologie und Anatomie.)

## I. Zellenlehre.

## A. Zelle.

## 1. Bau der Zelle.

Alle Pflanzen werden, so wie die Thiere, von Elementarorganen aufgebaut, die wir als Zellen bezeichnen. Im Gegensatz zu den thierischen Zellen sind typische pflanzliche Zellen mit festen Häuten umgeben, daher scharf gegen einander abgegrenzt. Dieser Umstand hat es auch bedingt, dass die Entdeckung der Zellen bei den Pflanzen gemacht wurde und zwar durch Beobachtung ihrer Häute. Ein englischer Mikrograph, ROBERT HOOKE, gab den Zellen ihren Namen, auf Grund ihrer Aehnlichkeit mit den Zellen der Bienenwaben, und bildete sie in seiner Mikrographie im Jahre 1667 zum ersten Mal ab. Das Bild wurde nach einem Stückchen Flaschenkork entworfen und hatte das Aussehen der tiefer stehenden Fig. 55. ROBERT HOOKE wollte übrigens an den dargestellten Objecten nur die Leistungsfähigkeit seines Mikroskopes zeigen; als Begründer der pflanzlichen Histologie darf er nicht gelten, vielmehr zwei andere Gelehrte, der Italiener MARCELLO MALPIGHI und der Engländer NEHEMIA GREW, deren Werke fast gleichzeitig, wenige Jahre nach HOOKE's Mikrographie, erschienen. Der lebende Inhalt der Zellen, der eigentliche Zelleib oder Zellkörper, wurde in seiner Bedeutung erst in der Mitte dieses Jahrhunderts erkannt. Dann erst wandte man sich auch eingehend seinem Studium zu, das MEYEN, SCHLEIDEN, HUGO V. MOHL, NÄGELI, FERDINAND COHN, PRINGSHEIM und MAX SCHULTZE anbahnten und das dauernd noch gefördert wird.



Fig. 55. Theil eines HOOKE'schen Bildes des Flaschenkorkes, von HOOKE als Schematism, or Texture of Cork bezeichnet.

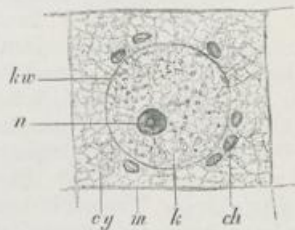


Fig. 56. Embryonale Zelle aus dem Vegetationskegel einer phanerogamen Pflanze, *k* Zellkern, *kw* Kernwandung, *n* Kernkörperchen, *cy* Cytoplasma, *ch* Chromatophoren, *m* Zellwandung. Etwas schematisirt. Vergr. ca. 1000.

Untersuchen wir bei starker Vergrößerung, auf zarten Längsschnitten, den Sprossspitze einer phanerogamen Pflanze, wie wir ihn zuvor schon bei schwacher Vergrößerung (Fig. 17) betrachtet haben, so sehen wir ihn gebildet von annähernd rechteckig erscheinenden Zellen, die mit Inhalt dicht angefüllt und durch zarte Wände getrennt sind (Fig. 56). In jeder dieser Zellen fällt ein runder Körper (*k*) auf, der den grössten Theil des Zellraums

ausfüllt und den man Zellkern, oder auch nur Kern, Nucleus nennt. Vergleicht man Schnitte, die nach verschiedener Richtung durch den Vegetationskegel geführt werden, mit einander, so kommt man zu dem Ergebniss, dass die Zellen, die ihn aufbauen, annähernd kubisch oder tafelförmig sind, ihre Kerne mehr oder weniger kugelige oder scheibenförmige Gestalt besitzen. Die den Raum zwischen Zellkern (*k*) und Wandung (*m*) erfüllende Zellsubstanz (*cy*) erscheint feinkörnig, sie stellt das Zellplasma oder Cytoplasma vor. Um den Zellkern findet man, in dem Cytoplasma vertheilt, stark lichtbrechende, meist farblose Körperchen, welche Farbträger oder Chromatophoren (*ch*) genannt werden. Zellkern, Cytoplasma und Chromatophoren sind die Elemente des lebendigen Körpers einer typischen pflanzlichen Zelle. Man fasst diese Elemente im Begriff des Protoplasma, oder Plasma, zusammen, das somit alle lebenden Bestandtheile des Zellkörpers oder Protoplasten in sich schliesst.

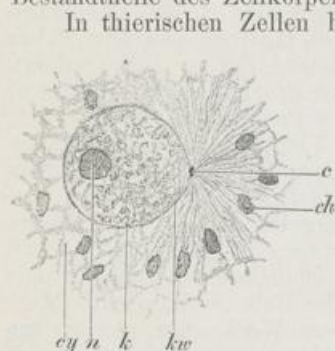


Fig. 57. Ein Zellkern und das ihn zunächst umgebende Cytoplasma *cy* aus einer Zelle der Keimpflanze der braunen Meeresalge *Fucus serratus*. *k* Zellkern, *kw* Kernwandung, *n* Kernkörperchen, *c* Centrosom, *ch* Chromatophoren. Vergr. ca. 1000.

Die beiden wesentlichsten Bestandtheile des Protoplasma sind der Kern und das Cytoplasma, und auf ihrer Wechselwirkung beruhen vornehmlich die Lebensfunctionen der Zelle. Doch soll bei gewissen niedersten Abtheilungen pflanzlicher Organismen<sup>(12)</sup>, diese Arbeitstheilung sich im Protoplasma noch nicht vollzogen haben und besonders differenzirte Kerne noch nicht vorhanden sein. Dem Protoplasma der Bacterien<sup>(13)</sup> und der Pilze fehlen die Chromatophoren und sie gehen auch allen thierischen Zellen ab.

Während die thierischen Zellen im Allgemeinen dauernd mit Protoplasma angefüllt bleiben, sieht man in pflanzlichen Zellen sich alsbald grosse Saft Räume bilden. Nur die embryonalen Zellen der Pflanzen sind mit Protoplasma meist dicht erfüllt. So zeigen sie sich in Keimanlagen und an Vegetationspunkten. Weiterhin werden die pflanzlichen Zellen, an Grösse zunehmend, plasmaärmer. Das lässt sich an jedem Längsschnitt durch einen Sprossscheitel verfolgen. In einiger Entfernung von dessen Spitze weisen die vergrösserten Zellen bereits eine grössere Anzahl mit wässrigem Saft, Zellsaft, erfüllter Hohlräume, Vacuolen (*v* in *A* Fig. 58) in ihrem Cytoplasma auf. Die Zellen fahren dann noch fort an Grösse zuzunehmen, die Vacuolen in ihrem Cytoplasma verschmelzen, und schliesslich wird ein Zustand meist erreicht, wo nur noch ein einziger grosser, mit Zellsaft erfüllter Hohlraum, der Saft Raum (*v* in *B* Fig. 58), im Cytoplasma der Zelle vorhanden ist. Dann bildet das Cytoplasma einen dünnen Beleg an der Zellwandung und in diesem Beleg ist auch der Kern eingebettet, der in solcher Lage als ein wandständiger bezeichnet wird. Es kann aber auch in einer ausgewachsenen Zelle der Saft Raum von Strängen und Fäden aus



Cytoplasma durchsetzt bleiben und der Kern dann innerhalb dieser aufgehängt sein. Stets ist aber der Kern von Cytoplasma allseitig umhüllt, und stets ist auch in jeder noch lebenden Zelle ein ununterbrochener Beleg aus Cytoplasma an der Zellwandung vorhanden. — Dieser cytoplasmatische Wandbeleg liegt der Zellwandung überall dicht an. In älteren Zellen kann er so dünn werden, dass man ihn nicht unmittelbar beobachten kann. Erst wasserentziehende Mittel, die sein Zurücktreten von der Zellwandung veranlassen, machen ihn alsdann sichtbar. So dünne cytoplasmatische Wandbelege waren es, die HUGO v. MOHL als Primordialschläuche bezeichnete.

In toten Zellen findet man nur Plasmareste; es können auch diese vollständig resorbirt sein. Solche todtte Zellen verdienen streng genommen die Bezeichnung „Zelle“ nicht mehr, wenn es auch gerade solche Gebilde waren, die den Namen Zellen zuerst erhielten. Eigentlich stellen sie dann nur noch Zellräume vor. Ihre Bedeutung für den Pflanzenkörper brauchen die Zellen mit ihrem Tode aber nicht einzubüssen. Ja, ohne solche todtte Zellräume könnte die höher organisirte Pflanze nicht existiren, denn sie bilden ihre Wasserbahnen und tragen zu ihrer mechanischen Festigung bei. Das Kernholz unserer Bäume besteht ausschliesslich aus Wandungen todtter Zellen.

**Das Protoplasma.** Um einen Einblick in das Wesen des Protoplasma zu gewinnen, wenden wir uns zunächst an eine Gruppe von Organismen, die an der Grenze zwischen dem Pflanzenreich und dem Thierreich steht, an die Schleimpilze oder Myxomyceten, die durch einen Entwicklungszustand ausgezeichnet sind, auf welchem ihr Protoplasma in grösseren nackten Massen, den sogenannten Plasmodien, auftritt.

Das Plasmodium geht aus dem Protoplasma der Sporen dieser Organismen hervor. Ihre Sporen sind einzellige Gebilde (Fig. 59 a und b), erfüllt mit Cytoplasma, das einen centralen Zellkern birgt und von einer resistenten Zellwandung umhüllt ist. In Wasser keimen die Sporen, ihr Inhalt durchbricht die Wandung, tritt nach aussen hervor (c und d), und rundet sich ab. Alsbald stellen sich Gestaltsänderungen an ihm ein und er streckt sich zu einem birnförmigen Körper, dessen vorderes Ende sich fadenförmig, als Geissel, verlängert (e, f, g). Die in solcher Weise aus dem Sporenhalt erzeugte Schwärmospore versetzt nun ihre Geissel in peitschenartige Bewegung und schwimmt davon. In der Nähe ihres vorderen Endes führt sie ihren Kern, nahe am hinteren Ende eine contractile Vacuole, das heisst ein Bläschen, das langsam anschwillt, um plötzlich zu schwinden und dann wieder anzuschwellen. Das Vorhandensein solcher pulsirender Vacuolen bei einem Organismus galt früher als entscheidendes Merkmal seiner thierischen

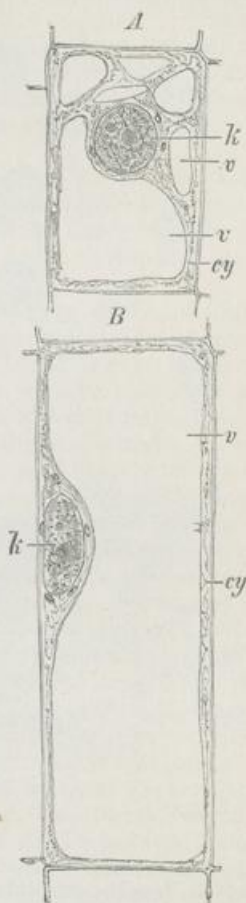


Fig. 58. Zwei getrennte Zellen in steigender Entfernung vom Vegetationspunkt, einem phanerogamen Sprossscheitel entnommen. *k* Kern, *cy* Cytoplasma, *v* Vacuolen bezw. Safttraum. Etwas schematisirt. Vergr. ca. 500.

annt.  
ege-  
niss,  
sind,  
tzen.  
Zell-  
rt-o-  
teilt,  
oder  
und  
ers  
im  
den  
  
eben  
sma.  
auch  
ach-  
oder  
iche  
h in  
pto-  
sie  
und  
dort  
  
neile  
yto-  
be-  
der  
Ab-  
liese  
nicht  
zirte  
der  
ab.  
oto-  
osse  
mit  
und  
üsse  
inen  
isen  
Saft,  
yto-  
nen,  
ein  
er-  
zelle  
der  
c in  
uch  
aus

Natur. Jetzt kennt man contractile Vacuolen auch in den Schwärmsporen zahlreicher grüner Algen, an deren Zugehörigkeit zum Pflanzenreich nicht zu zweifeln ist.

Die Schwärmsporen der Myxomyceten geben alsbald das Schwärmen auf, beginnen auf der Unterlage zu kriechen, ziehen ihre Geisseln ein und nehmen eine unregelmässige Gestalt an, die derjenigen thierischer Amöben gleicht.

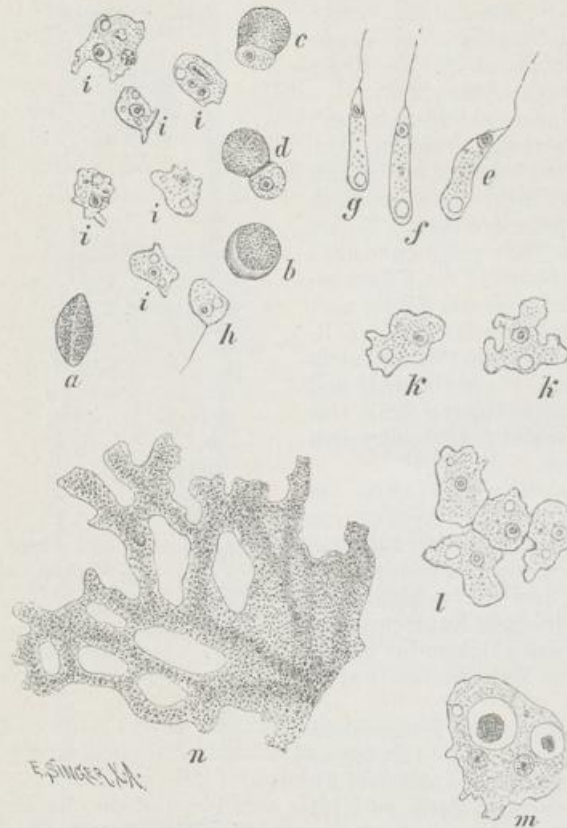


Fig. 59. Chondrioderma difforme. *a* eine trockene, zusammengefaltete Spore, *b* eine geschwellte Spore, *c* und *d* Austritt des Inhalts aus der Spore, *e*, *f* und *g* Schwärmsporen, *h* Uebergang der Schwärmspore zur Myxamoebe, *i* jüngere, *k* ältere Myxamoeben, *l* aneinander liegende Myxamoeben kurz vor der Verschmelzung, *m* ein kleines Plasmodium. *n* Ast eines ausgewachsenen Plasmodiums, *a*—*m* 540 Mal, *n* 90 Mal vergrössert.

hafter Strömung begriffen. Diese inneren Ströme wechseln fortdauernd ihre Richtung, bewegen sich abwechselnd dem Rande zu oder von ihm hinweg, und dementsprechend werden am Rande selbst Fortsätze gebildet oder wieder eingezogen. Wo diese nackten Protoplasmamassen fremden Körpern begegnen, sind sie auch befähigt, sie in ihr Inneres aufzunehmen, in Vacuolen einzuschliessen und, so weit es deren Natur zulässt, auch zu verdauen.

In diesem Zustande verändern sie auch fortdauernd, gleich Amöben, ihre Gestalt. Bei Chondrioderma difforme, einem Myxomyceten, der auf faulenden Pflanzentheilen sehr verbreitet ist und den unsere Fig. 59 vorführt, so wie auch bei den meisten anderen Myxomyceten, beginnen die Amöben alsbald sich an einander zu legen (*l*) und zu verschmelzen. So entsteht das Plasmodium (*n*).

Während die einzelnen Amöben, aus welchen das Plasmodium hervorgeht, so klein sind, dass man sie erst bei starker Vergrößerung sehen kann, erreicht das Plasmodium, in das sie übergehen, oft eine ansehnliche Grösse.

Sowohl das Cytoplasma der einzelnen Amöben wie der Plasmodien weist eine glas-helle Grundsubstanz auf mit eingestreuten Körnern. Diese Substanz ist zähflüssig, dichter an ihrer Oberfläche als im Innern, in den dichteren Theilen körnerfrei, in den weniger dichten körnerreich und in leb-

Durch Wasserverlust kann das Protoplasma hart und zähe werden, ohne seine Lebensfähigkeit einzubüssen. Die Lebensfunctionen ruhen aber in solchem Zustande und erwachen erst wieder bei Wasserzufuhr. So sind die Plasmodien der Schleimpilze vielfach befähigt, bei Wassermangel Sclerotien zu bilden, ruhende Körper von fast wachsender Consistenz. Nach Monaten, ja unter Umständen selbst Jahren, lassen sich nach entsprechender Befuchtung aus solchen Sclerotien wieder bewegliche Plasmodien erziehen. So auch trocknet das Protoplasma in den Zellen länger aufbewahrter Samen zu harten Massen ein, die sich mit dem Messer schneiden lassen. Die Kerne sind dann zu unförmlichen Gebilden zusammengeschrumpft, nichts desto weniger kann auch dieses Protoplasma nach Wasseraufnahme den activen Zustand zurückverlangen.

Das Protoplasma ist nicht ein einheitlicher chemischer Körper, es stellt vielmehr eine Summe von Verbindungen vor, die fortdauernde Veränderungen erfahren. In seinem Aufbau fehlen nie die Eiweissstoffe, daher das Protoplasma als Ganzes stets Eiweissreactionen giebt und beim Verbrennen Ammoniakdämpfe entweichen lässt.

Das in Thätigkeit befindliche Protoplasma reagirt für gewöhnlich alkalisch, unter Umständen auch neutral, niemals aber sauer. Es gerinnt in höher organisirten Pflanzen bei Temperaturen, die nicht viel über  $50^{\circ}\text{C}$ . liegen, in Spaltpflanzen oft erst bei  $75^{\circ}\text{C}$ . Im inactiven Zustande, wo es sehr wasserarm ist, so in ruhenden Sporen und Samen, kann das Protoplasma weit höhere Temperaturen ohne Tödtung ertragen. Die Sporen mancher Spaltpilze (Bakterien) halten Temperaturen bis  $105^{\circ}\text{C}$ . aus. Durch Alkohol oder Aether, durch Säuren von bestimmter Concentration, durch doppelchromsaure Salze der Alkalimetalle, durch Sublimatlösungen wird das Protoplasma zum raschen Erstarren gebracht, wobei zum Theil unlösliche Proteinverbindungen entstehen. Diese Gerinnungsmittel spielen jetzt eine grosse Rolle in der mikroskopischen Technik, insbesondere solche, die möglichst unverändert die Structur des Protoplasma fixiren und es zugleich härten. Vornehmliche Verwendung finden zu diesem Zwecke Alkohol, 1% Chromsäure, 1% Essigsäure, 0,5—1% Osmiumsäure, concentrirte Pikrinsäure, oder entsprechende Gemische dieser Säuren, auch Sublimatlösungen und Formaldehyd. — Durch Jod wird das Protoplasma bräunlichgelb gefärbt, braungelb durch Salpetersäure und hierauf folgende Kalilauge (sogen. Xanthoprotein-*Reaction*), ziegelroth durch eine Lösung von salpetersaurem Quecksilberoxydul, dem sogen. MILLON'schen Reagens, rosenroth bei Anwesenheit von Zucker durch Schwefelsäure. Diese Reactionen geben Eiweisskörper an, sind ihnen aber nicht ausschliesslich eigen. — Durch verdünnte Kalilauge wird das Protoplasma gelöst, so auch durch JAVELLE'sche Lauge (Eau de JAVELLE, vornehmlich Kaliumhypochlorid), daher beide auch als erprobte Mittel zum Durchsichtigmachen von Präparaten, die man nicht auf ihren Zellinhalt hin untersucht, in Anwendung kommen. Alle die angeführten Reagentien tödten das Protoplasma; dann stellt sich überhaupt erst die charakteristische Reaction an ihm ein. — Es ist eine ganze Reihe von Eiweissstoffen angegeben worden, die in den Aufbau des lebendigen Protoplasma eingehen sollen. Die meisten dieser Körper sind aber noch wenig definirt; in den Zellkernen dominiren die Nucleine, ohne übrigens auch dem Cytoplasma ganz zu fehlen. Sie zeichnen sich durch ihren Phosphorreichthum aus und werden von Pepsinlösung nicht, von Trypsin nur schwer angegriffen. — Zu einem sehr wesentlichen Hilfsmittel der mikroskopischen Forschung für die Unterscheidung verschiedener Bestandtheile des Protoplasma ist das Färbungsverfahren geworden. Es beruht darauf, dass die verschiedenen Bestandtheile des Protoplasma mit verschiedener Intensität Farbstoffe aufspeichern und mit verschiedener Energie festhalten. Eine Anzahl von Farbstoffen wird erst vom todt-

Protoplasma merklich gespeichert, gewisse Anilin-Farbstoffe dringen aber auch in den lebendigen Protoplasten in geringer Menge ein. Zur Färbung der fixirten pflanzlichen Protoplasten bedient man sich vornehmlich der Carminlösungen, des Haematoxylins, des Safranins, des Jodgrüns, des Säurefuchsin, Eosins, Gentianaviolets, Orange, Methylenblaus und Anilinblaus. Die verschiedenen Theile des Protoplasma färben sich alsdenn mit verschiedener Stärke und halten den Farbstoff verschieden stark zurück, wenn man ihnen denselben durch Lösungsmittel wieder zu entziehen sucht. Im Allgemeinen färbt sich der Zellkern am intensivsten, im Besonderen aber eine bestimmte Substanz in ihm, die eben dieser Eigenschaft wegen als Chromatin bezeichnet wird. — Abgesehen von denjenigen Substanzen, welche als integrirende Bestandtheile des activen Protoplasma aufzufassen sind, enthält letzteres wohl stets Spaltungsproducte der Albuminate, vor Allem Amide wie Asparagin, Glutamin, dann Fermente, wie Diastase, Pepsin, Invertin, unter Umständen auch Alkaloide, ausserdem wohl stets Kohlehydrate und Fette. Dass Mineralstoffe im Protoplasma nicht fehlen, wenn sie auch nur in geringer Menge vertreten sind, zeigt die Asche, welche das Protoplasma nach dem Verbrennen zurücklässt. Alle solche Substanzen, welche das Protoplasma nicht unmittelbar aufbauen, sondern in ihm eingeschlossen sind, werden als Metaplasma zusammengefasst.

**Das Cytoplasma.** Das Cytoplasma der umhüteten pflanzlichen Zellen ist, so wie dasjenige der Amöben und Plasmodien der Schleimpilze (S. 46), meist eine zähflüssige Masse. Es theilt demgemäss auch die physikalischen Eigenschaften der Flüssigkeiten, und strebt, von der Zellhaut künstlich befreit, der Kugelform zu. In embryonalen Zellen der Pflanzen pflegt die Cohäsion im Cytoplasma grösser als in den nächst älteren Zellen zu sein und sie kann sich unter Umständen bis zu jener Consistenz steigern, wie sie die Bildung von Geisseln an Schwärmsporen (S. 45) beispielsweise verlangt.

Wie in dem Cytoplasma der Schleimpilze ist auch in den behüllten pflanzlichen Zellen die Grundsubstanz hyalin. Sie wird als Hyaloplasma bezeichnet. Ist sie mit Körnchen beladen, so heisst sie Körnerplasma. Nach aussen ist das Cytoplasma von einer äusserst dünnen, körnchenfreien Plasmahaut, der Hautschicht umschlossen. Gegen den Saftraum (S. 44) sowie andere Vacuolen grenzt sich das Cytoplasma ebenfalls durch körnchenfreie Plasmahäute ab, die als Vacuolenwände bezeichnet werden. Diese Vacuolenwände zeichnen sich durch grosse Lebensfähigkeit aus. Man kann mit 10procentiger Salpeterlösung das übrige Cytoplasma tödten, während die Vacuolenwände zunächst lebendig bleiben. Da der Saftdruck in der Zelle unter der Herrschaft dieser Vacuolenwände steht, so bezeichnet sie H. DE VRIES<sup>(14)</sup> als Tonoplasten.

Die kleinen Körner, die das Körnerplasma aufweist, werden als Kleinkörper oder Mikrosomen zusammengefasst. Ihre stoffliche Natur ist verschieden. Zum Theil stellen sie mit gelösten Stoffen erfüllte Bläschen dar, die als Physoden bezeichnet wurden.

Wie in den nackten Amöben und Plasmodien der Schleimpilze, so zeigt auch in behüteten pflanzlichen Zellen das Cytoplasma oft Bewegung. Meist stellt sich diese erst in etwas älteren Zellen ein. Wir lernten bereits bei den Schleimpilzen verschiedene Arten der Bewegung kennen: die Geisselbewegung an den Schwärmsporen, die in einer Schwingung feiner Cytoplasmafäden bestand, die äussere Gestaltsveränderung an den Amöben und Plasmodien, die sie zu einer kriechenden Bewegung befähigt, endlich eine innere Strömung. In den behüteten pflanzlichen Zellen pflegt sich das Cytoplasma entweder in isolirten Strömen mit wechselnder Richtung oder in einem einzigen Strom mit constanter Richtung zu bewegen. Man unterscheidet danach

zwischen Circulation und Rotation des Cytoplasma. Der Rotationsstrom folgt der Zellwandung; in den Zellen, die ihn zeigen, ist das Cytoplasma auf einen Wandbeleg reducirt. Der Strom beschreibt eine kreisende, in sich zurücklaufende Bahn. Die Circulationsströme sind nicht auf den Wandbeleg beschränkt, sie durchsetzen auch in Strängen den Saftbaum. Die Hautschicht nimmt in keinem Falle an der Strömung theil. Die Circulation ist in den Zellen der Landpflanzen häufig, die Rotation herrscht bei Wasserpflanzen vor. Die Strömung pflegt besonders kräftig zu werden, wenn durch eine Verwundung, so durch den Schnitt bei Herstellung des zu beobachtenden Präparats, ein Reiz auf die Protoplasten ausgeübt wurde.

Ein besonders günstiges Object für das Studium der Circulation geben die Staubblatthaare von *Tradescantia virginica* ab. In jeder ihrer Zellen (Fig. 60) bewegen sich feine Ströme nach verschiedenen Richtungen im dünnen cytoplasmatischen Wandbeleg, ausserdem innerhalb der den Saftbaum durchsetzenden Cytoplasmastränge. Letztere verändern dabei langsam ihre Gestalt und ihre Lage und veranlassen dadurch auch Lageänderungen des Kerns.

Von dem in Rotation befindlichen Körnerplasma werden Zellkern und Chromatophoren meist mitgeführt, doch können die Chromatophoren an der Hautschicht haften und in Folge dessen unbeweglich sein. So ist es beispielsweise bei den Armleuchtergewächsen (Characeen), Stüßwasserpflanzen, deren lange Gliederzellen in der Gattung *Nitella* zugleich sehr günstige Objecte für die Beobachtung auffälliger Rotationsströmung abgeben.

Cytoplasma, das mit entsprechenden Mitteln fixirt wurde (S. 47), zeigt mehr oder weniger deutlich einen wabigen Bau. Zwischen den Waben kann man oft auch Fäden verlaufen sehen (Fig. 57). So scheinen denn zwei Bestandtheile in der Grundsubstanz des Cytoplasma vertreten zu sein, von denen der eine dazu neigt, schaumartige Alveolen zu bilden, der andere sich in Fäden zu differenzieren.

Man kann sie als Waben- oder Alveolarplasma und als Faden- oder Filarplasma unterscheiden. Im Hinblick darauf, dass das Alveolarplasma an den Ernährungsvorgängen vornehmlich betheilig zu sein scheint, das Filarplasma besonders in die Entwicklungsvorgänge eingreift, hat man sie auch als Trophoplasma und Kinoplasma (Archioplasma) bezeichnet. Die Hautschicht der Cytoplasten gehört ihrem entwicklungsgeschichtlichen Ursprung nach zum Filarplasma, die Vacuolenwände zum Alveolarplasma. Die Vacuolen gehen aus den sich vergrößernden und abrundenden, zur Bildung grösserer Saftäume mit einander verschmelzenden Waben des Alveolarplasma hervor.

Der Zellkern<sup>(15)</sup> weist Fäden auf, deren Schlingen durch einander gewunden und durch seitliche Brücken mit einander verbunden sind (Fig. 56). Der Zellkern stellt somit ein zartes Gerüstwerk vor, das aber am lebenden Object meist nur in einer feinen Punktirung sich zu erkennen giebt. Eine Strömung findet im Innern des Zellkerns nicht statt. Einblick in die Kernstructur ist nur an entsprechend fixirten und gefärbten Präparaten zu erlangen. Man stellt dann fest, dass die Hauptmasse des Gerüstes von dem dünnen, sich meist nur schwach färbenden Faden gebildet wird, in welchem stark tingirbare Körnchen liegen. Die Substanz



Fig. 60. Eine Zelle aus einem Staubblatthaare von *Tradescantia virginica*. Innerhalb der Stränge in der unteren Zelhälfte der runde Zellkern. Vergr. 240.

des Fadens hat man als Linin, diejenige der Körnchen als Chromatin unterschieden. Zwischen den Windungen des Lininfadens liegen, in Ein- oder Mehrzahl, die grösseren, sich auch intensiv, doch meist anders als die Chromatinkörnchen, färbenden Kernkörperchen oder Nucleolen (*n*). Das Gerüstwerk des Kerns befindet sich innerhalb der Kernhöhle, die mit Kernsaft gefüllt und von einer Kernwandung (*kw*) umgeben ist. Die Kernwandung gehört zu dem umgebenden Cytoplasma; es ist die Hautschicht, mit der sich das Cytoplasma gegen die Kernhöhle abschliesst. — In jungen protoplasmareichen Zellen ist der Zellkern im Allgemeinen rund, in dem cytoplasmatischen Wandbeleg älterer Zellen oft scheibenförmig, in gestreckten Zellen nimmt er auch langgestreckte Formen an, ausnahmsweise zeigt er sich in älteren Zellen spindelförmig gestaltet, oder gabelig getheilt, oder gelappt, oder sonst unregelmässig ausgebildet. Um eine solche Form zu erlangen, macht der Zellkern langsame Gestaltveränderungen durch, die sich im Allgemeinen der directen Beobachtung entziehen, doch nach KOHL<sup>(15)</sup> unter Umständen schneller ablaufen sollen.

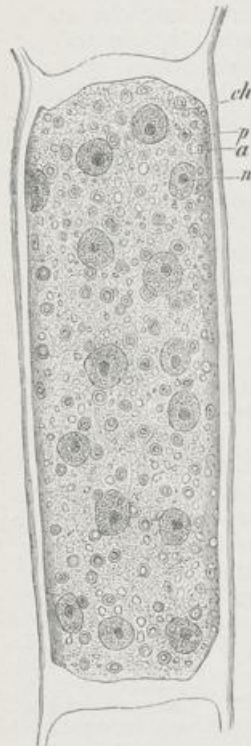


Fig. 61. Eine Zelle von *Cladophora glomerata*, nach einem mit 1% Chromsäure fixirten und mit Carmin tingirten Präparate. *n* Kerne, *ch* Chromatophoren, *p* Amylumherde, *a* Stärkekörnchen. Vergr. 540.



Fig. 62. Zwei Stücke aufeinander folgender Zellen einer Hyphe aus dem Stiel des Fruchtkörpers von *Agaricus pratensis*. *n* Kerne, *m* Tüpfel. Vergr. 540.

Jede Zelle des Fadens lässt, nach entsprechender Behandlung, die in den äusseren Theilen ihres Cytoplasma vertheilten Kerne erkennen (Fig. 61).

Die langen vielkernigen Zellen der Pilze, von schlauchförmiger Gestalt, bezeichnet man als Hyphen. Ein Stück einer solchen Hyphe zeigt Fig. 62. Die Kerne der Pilze (*n* Fig. 62) und vieler Schlauchalgen zeichnen sich durch ihre geringe Grösse aus.

**Die Centrosomen.** Bei den niederen Cryptogamen (Thallophyten und Bryophyten) gelang in einer Anzahl von Fällen der Nachweis dieser Gebilde, die in thierischen Zellen allgemein verbreitet sind. Sie stellen meist

nur sehr kleine Körper (Fig. 57) vor, die nur bei manchen Pilzen eine etwas bedeutende Grösse erlangen. In den Zellen der höher organisirten Gewächse sind Centrosomen nicht nachzuweisen. Ihnen ähnliche Gebilde treten aber während der Anlage des beweglichen männlichen Geschlechtsproducts, der Spermatozoiden<sup>(16)</sup>, bei den Pteridophyten und einem Theile der Gymnospermen auf<sup>(17)</sup> und sind an dem Aufbau des Spermatozoids betheiligt.

**Die Chromatophoren<sup>(18)</sup>.** In den embryonalen Zellen der Vegetationspunkte traten uns die Chromatophoren als kleine farblose, stark lichtbrechende Gebilde, vornehmlich in der Nähe des Zellkerns (Fig. 56 *ch*), entgegen. Ebenso sehen sie in den embryonalen Zellen der Keimanlagen aus. Sie können dies Aussehen auch in älteren Zellen behalten (Fig. 110 *A, l*), oder erfahren dort eine weitere Ausbildung. Aus solchen Anlagen gehen Chloroplasten, Leucoplasten und Chromoplasten hervor, die, als Gebilde gleichen Ursprungs, unter der Bezeichnung Chromatophoren zusammengefasst werden.

**Chloroplasten.** In peripherischen vom Lichte getroffenen Theilen der Pflanze werden aus den Anlagen der Chromatophoren meist grüne Chloroplasten oder Chlorophyllkörper erzeugt. Sie liegen im protoplasmatischen Wandbeleg der Zellen und zeigen für gewöhnlich die Gestalt ellipsoidischer, etwas abgeflachter Körner (Fig. 63). In Körnerform treten uns die Chlorophyllkörper bei allen Cormophyten und bei einem grossen Theile grün gefärbter Thalphyten entgegen. Bei den niederen Algen sind aber auch anders gestaltete Chlorophyllkörper verbreitet, von bandförmiger (Fig. 236), sternförmiger oder plattenförmiger Gestalt. Die Grundsubstanz der Chlorophyllkörper ist farblos, führt aber zahlreiche gefärbte Tröpfchen, die man als Grana bezeichnet. Letztere bestehen aus einer ölartigen Substanz, welche einen grünen Farbstoff, das Chlorophyll oder Chlorophyllgrün, einen gelben, das Xanthophyll, und einen orangerothen, angeblich Carotin, in Lösung hält. In Alkohol lösen sich diese Farbstoffe auf, der Chlorophyllkörper bleibt farblos zurück.

Am schnellsten lässt sich eine intensive Chlorophylllösung aus Laubblättern erhalten, die man mit Wasser abbrüht und dann mit Alkohol auszieht. Ausser in Alkohol sind die Chlorophyllfarbstoffe auch in Aether, fetten und ätherischen Oelen, Paraffin, Petroleum, Schwefelkohlenstoff löslich. Die alkoholische Lösung erscheint bei durchfallendem Lichte smaragdgrün, bei auffallendem Lichte blutroth, letzteres in Folge von Fluorescenz. — Wird ein Sonnenstrahl durch eine mässig dicke Schicht alkoholischer Chlorophylllösung geleitet und dann durch ein Glasprisma zerlegt, so zeigt das Sonnenspectrum sieben Absorptionsbänder (Fig. 64). Das dunkelste Absorptionsband reicht von der FRAUENHOFER'schen Linie *B* bis über die Linie *C* hinaus. Die übrigen Bänder sind weit schwächer. Das eine liegt zwischen *C* und *D*, das andere bei *D*, eins bei *E*, drei besonders breite decken fast die ganze blaue Hälfte des Spectrums. — Wird eine aus abgebrühten Laubblättern dargestellte alkoholische Chlorophylllösung mit Benzin geschüttelt, so nimmt letzteres ein grünes Pigment, das MONTEVERDE<sup>(19)</sup> als amorphes Chlorophyllgrün bezeichnet, und das vermeintliche Carotin auf; das Xanthophyll und geringe Mengen eines krystallisirbaren Chlorophyllgrüns bleiben im Alkohol gelöst, der sich als gelbe Lösung unter dem grünen Benzin sammelt. — Die Menge des in

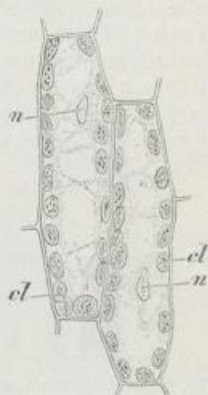


Fig. 63. Zwei Zellen mit Chlorophyllkörnern (*cl*) aus dem Blatt des Laubmooses *Funaria hygrometrica*. *n* Zellkerne. Vergr. 300.

grünen Pflanzentheilen vorhandenen Chlorophyllgrün ist nur gering. TSCHIRCH<sup>(20)</sup> berechnet, dass aus einem Quadratmeter grüner Laubblätter nur 0,2—1,0 g Chlorophyll zu gewinnen ist. — Durch Säuren wird das Chlorophyll zersetzt. Schon der Zutritt des sauren Zellsaftes zu den Chlorophyllkörnern genügt, um sie braungrün zu färben. Daher das Braunwerden der Pflanzen beim Trocknen.

Neuere Untersuchungen namentlich von MARCHLEWSKI und SCHUNCK<sup>(21)</sup> weisen auf eine chemische Verwandtschaft des Chlorophylls mit dem Haemoglobin der rothen Blutkörperchen hin.

Die grüne Färbung des Chlorophylls wird in bestimmten Abtheilungen der Algen durch andere Farbstoffe mehr oder weniger verdeckt. Viele blaugrüne und spangrüne Spaltalgen enthalten in ihren Chlorophyllkörpern ausser dem Chlorophyllgrün und den dasselbe begleitenden gelben und orangerothen Farbstoffen, auch einen blauen Farbstoff, das Phycocyan, die braunen Meeresalgen einen braunen, das Phycophaein, die rothen Meeresalgen einen rothen, das Phycoerythrin. Diese spezifischen Algen-Farbstoffe sind im Wasser löslich und durch schöne Fluorescenz ausgezeichnet. Um blaugrüne Spaltalgen, die man in einer Pflanzenpresse trocknet, bildet das Phycocyan oft einen blauen Saum. Rothe Meeresalgen, die das Meer auf den Strand warf, werden dort bald grün, weil sich ihr Phycoerythrin rasch zersetzt und das Chlorophyllgrün nun allein die Färbung bestimmt.

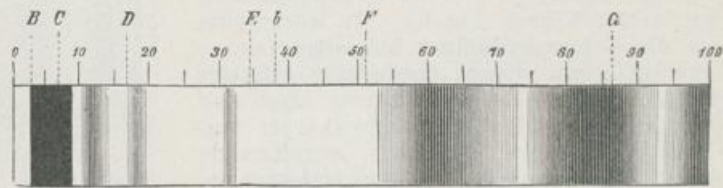


Fig. 64. Spectrum der alkoholischen Chlorophylllösung aus Laubblättern. Nach KRAUS. Die Absorptionsstreifen sind im minder brechbaren Theile (B—E) nach einer concentrirteren, im stärker brechbaren nach einer verdünnteren Lösung eingetragen.

Bevor die Blätter der Holzgewächse im Herbst abgeworfen werden, wandert ihr Zellinhalt mehr oder weniger vollständig aus und es lösen sich auch die Chloroplasten. In den mit wässrigem Inhalt erfüllten Zellräumen sieht man dann nur noch einige Oeltröpfchen und Krystalle, ausserdem gelbe, stark lichtbrechende Kugeln. Unter Umständen, so bei hohem Zuckergehalt, färbt sich die Flüssigkeit in den Zellräumen roth und veranlasst die herbstliche Laubfärbung. — Anders bei den im Winter sich bräunenden Nadelhölzern. Das in ihren Chloroplasten enthaltene Chlorophyllgrün verwandelt sich in einen braungrünen Körper, aus welchem sich im nächsten Frühjahr das Chlorophyllgrün wieder regenerirt.

In den nicht grünen phanerogamen Schmarotzern oder Humusbewohnern gelangen die Chloroplasten nicht zur Ausbildung, sind vielmehr durch weisse, auch wohl bräunliche, oder röthliche Chromatophoren ersetzt. Den Pilzen gehen, wie schon hervorgehoben wurde, die Chromatophoren ganz ab.

**Leucoplasten.** In den inneren Theilen der Pflanze, zu welchen das Licht nicht gelangt, bilden sich die Anlagen der Chromatophoren zu farblosen Leucoplasten aus. Letztere sind von dichterem Gefüge als die Chloroplasten, meist kugelig, nicht selten gestreckt, in Folge eines im Inneren eingeschlossenen Eiweisskrystals. Dem Lichte ausgesetzt wandeln sie sich häufig in Chloroplasten um; so in den äusseren Partien von Kartoffelknollen.



**Chromoplasten.** In vielen Blumenblättern und Früchten gehen entweder direct aus den farblosen Anlagen, oder aus Chloroplasten, die Chromoplasten hervor. Die Chromoplasten können in ihrem Aussehen den Chloroplasten gleichen und bilden dann rundliche Körner wie diese, die meist aber kleiner sind; oder sie zeigen sich, in Folge der Krystallisation des Farbstoffes, nadelförmig gestreckt, oder zu dreieckigen oder rhombischen Tafeln und Fächern ausgestaltet (Fig. 65, 66, 67). Ihre Färbung hält sich zwischen gelb und roth und rührt entweder von gelbem Xanthophyll oder von orangerothem Carotin her. Das Carotin führt seinen Namen nach den Carotten, den spindelförmigen Wurzeln der Möhre (*Daucus Carota*), in welchen es reichlich vertreten ist (Fig. 67) und denen es auch die gelbrothe Färbung verleiht. Das Carotin neigt zum Ausrystallisiren und bedingt hierdurch die eben erwähnten krystallähnlichen Formen bei vielen Chromoplasten. Nadelförmige Gestalt können die Chromoplasten aber auch einem eingeschlossenen Eiweisskrystalle verdanken. Das Xanthophyll ist stets im amorphen Zustand in den Chromoplasten vertreten.

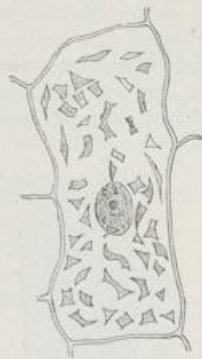


Fig. 65. Zelle mit Chromatophoren von der Oberseite des gelb gefärbten Kelches der Kapuzinerkresse (*Tropaeolum majus*). Vergr. 540.

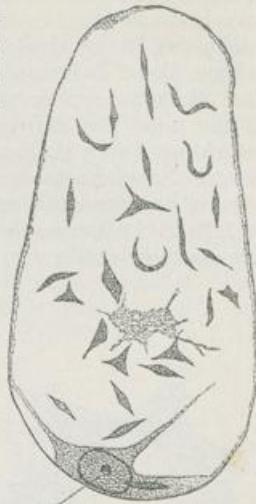


Fig. 66. Zelle aus dem rothen Fruchtfleisch des scharlachrothen Weissdorns (*Crataegus coccinea*). n Zellkern. Vergr. 540.

**Anlage und Bau der Zellhaut<sup>(22)</sup>.** Die Zellhaut, welche die pflanzlichen Protoplasten umgiebt, ist ein Product des Protoplasma. Viele niedere Gewächse aus der Abtheilung der Algen entlassen aus ihren Zellen nackte Protoplasten (Fig. 96 A), die als Schwärmsporen der ungeschlechtlichen Vermehrung dienen. Diese Schwärmsporen setzen sich alsbald fest und scheiden eine dünne Zellhaut auf ihrer Oberfläche aus. Diese verleiht der zuvor nackten Zelle, die sich ähnlich einer thierischen Zelle verhielt, ihren ausgeprägt pflanzlichen Charakter und sie wächst dann weiter, und zwar meist zu einem Zellfaden aus. Bei den höher organisirten Pflanzen werden nackte bewegliche Sporen nicht mehr erzeugt, wohl aber beginnen sie auch ihre Entwicklung mit einer nackten Eizelle, die ohne Zellhaut ist und erst nach vollzogener Befruchtung eine solche erhält. Auf allen weiteren Entwicklungszuständen sind die Zellen sämtlicher Pflanzen von Zellhäuten (Zellwandungen, Membranen) umgeben. Durch äusserst dünne Wandungen fanden wir die Zellen an den Vegetationspunkten von einander getrennt. Bei der raschen Vermehrung der Zellen, die dort erfolgt, werden neue Scheidewände zwischen die vorhandenen fortdauernd einge-



Fig. 67. Farbkörper aus der Möhre, zum Theil mit Stärkeeinschlüssen. Vergr. 540.

CH<sup>(20)</sup>  
1,0 g  
setzt.  
um  
knen.  
K<sup>(21)</sup>  
emo-

ngen  
blau-  
usser  
ange-  
unen  
einen  
d im  
grüne  
cyan  
trand  
rsetzt

RAUS-  
entrir-

rdn,  
sich  
umen  
gelbe,  
ehalt,  
erbst-  
adel-  
ndelt  
hjahr

mern  
eisse,  
Pilzen

a das  
farb-  
die  
mern  
sich  
offel-

schaltet. Das ausgiebige Längenwachstum, das sich in einiger Entfernung von den Vegetationspunkten einzustellen pflegt, muss von einem entsprechenden Flächenwachstum der Zellhäute begleitet sein. Während dieses Flächenwachstums bleiben die Zellhäute dünn. Nachdem aber die Zellen ihre definitive Länge erreicht haben, stellt sich für gewöhnlich ein Dickenwachstum ihrer Zellhaut ein. Das Flächenwachstum der Zellhaut ist entweder mit Substanzeinlagerung verbunden, oder erfolgt ohne diese. Im letzten Falle muss die Zellhaut dünner werden, doch findet ihre fortdauernde Verstärkung durch Anlagerung neuer Membranlamellen statt. Das Wachstum durch Substanzeinlagerung wird als Intussusceptionswachstum, dasjenige durch Substanzeinlagerung als Appositionswachstum bezeichnet. Das nachträgliche Dickenwachstum der meisten Zellhäute erfolgt durch Substanzeinlagerung und zwar durch Anlagerung neuer Membranlamellen. So kommt

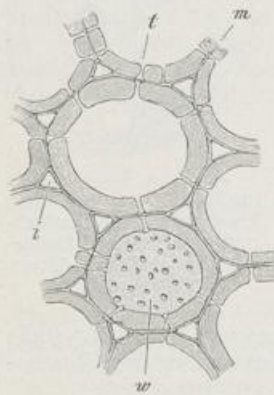


Fig. 68. Stark verdickte Zellen aus dem Marke eines älteren Stammstückes von *Clematis vitalba*. *m* Mittellamelle, *t* Interzellularraum, *t* Tüpfel. In der einen Zelle ist die untere getüpfelte Wand *w* zu sehen. Vergr. 300.



Fig. 69. Theil einer Sklerenchymfaser von *Vincetoxicum*. Die Streifung der äusseren Schichten tritt deutlicher als diejenige der inneren hervor. Auch die inneren Grenzen der Wand wurden bei tieferer Einstellung in das Bild eingetragen. Vergr. 500.

schichten unterscheiden lassen. Am stärksten pflegt dann die secundäre Verdickungsschicht entwickelt zu sein, sie bildet die Hauptmasse der Wandung. Die innerste Verdickungsschicht einer Zellhaut ist meist stärker lichtbrechend und wird als Grenzhäutchen oder Innenschicht bezeichnet.

Dickere Zellhäute oder Zellhautschichten, die homogen erscheinen, weisen oft eine Schichtung auf, wenn man sie durch Einwirkung starker Säuren oder Alkalien zur Quellung bringt. In manchen Fällen zeigen sich die Verdickungsschichten einer Membran, wenn sie von der Fläche aus betrachtet werden, gestreift. Diese Streifen steigen meist schräg zur Längsachse der Zelle auf und zeigen in aufeinander folgenden Verdickungsschichten für gewöhnlich entgegengesetzte Neigung (Fig. 69). — Bei der Bildung bestimmter Fortpflanzungszellen, so der Sporen von Bryophyten, Pteridophyten und der Pollenkörner, legt jede der neu erzeugten Zellen eine eigne Zellhaut an, die getrennt von den vorhandenen

die Schichtung zu Stande, welche solche Membranen aufweisen (Fig. 68). Es wechseln dann in ihnen im Allgemeinen dickere, dichtere, mit dünneren weniger dichten Schichten ab. Die dichteren Schichten zeichnen sich durch stärkere Lichtbrechung aus. In manchen Fällen werden durch Apposition angelegte Lamellen weiter durch Intussusception verdickt, wobei sie Gestaltänderungen erfahren können. Nicht selten ist in stärker verdickten Zellhäuten, besonders den Zellen des Holzes, eine Sonderung in drei, ihrem optischen und ihrem chemischen Verhalten nach verschiedene Schalen zu constatiren, die sich als primäre, secundäre und tertiäre Verdickungs-

Zellhäuten entsteht und erhalten bleibt, während letztere sich lösen. Dadurch werden die erzeugten Zellen frei. Man hat einen solchen Vorgang als Vollzellbildung oder Verjüngung bezeichnet; Neubildung von Zellen liegt aber tatsächlich dabei nicht vor.

Im Allgemeinen pflegt die Membran nicht gleichmässig im ganzen Umfang der Zelle verdickt zu werden. Sie bleibt an einzelnen Stellen dünn, während die anderen Stellen in die Dicke wachsen. Es entstehen auf solche Weise Kanäle, welche die Verdickungsschichten durchsetzen. Diese Kanäle, die Tüpfel, können kreisrund (Fig. 68 bei *w*, 65 *m*) elliptisch, oder auch spaltenförmig sein. Sie treffen in den benachbarten Zellen auf einander und kreuzen sich dort bei spaltenförmiger Ausbildung. Die unverdickte Zellhaut, welche die auf einander treffenden Tüpfel trennt, ist ihre Schliesshaut. Nicht selten werden mehrere gesonderte Tüpfel bei fortschreitender Verdickung der Membran zu einem einzigen vereinigt. Man bezeichnet sie dann als verzweigt. Sie pflegen sehr eng zu sein und kommen vornehmlich stark verdickten und harten Zellwänden zu, wie solche bezeichnend für sogen. Steinzellen oder Sklereiden sind. Ein einfacher Tüpfel kann sich andererseits nach der primären Zellhaut hin erweitern.

Eine besondere Art nach aussen sich stark erweiternder Tüpfel liegt in den behöften Tüpfeln vor. Dieselben können einseitig oder zweiseitig behöft sein. Das erstere ist der Fall, wo der behöfte Tüpfel eines wasserleitenden Elements, das ohne protoplasmatischen Inhalt ist, an eine mit lebendigen Inhalt versehene Zelle grenzt. Dann ist der Hof am Tüpfel nur an dem wasserleitenden Element ausgebildet. An Tüpfeln zwischen zwei wasser-

leitenden Elementen, die ihrer Function entsprechend beide ohne protoplasmatischen Inhalt sind, wird der Hof beiderseits ausgebildet. Diese Tüpfel werden meist kurzweg als Hoftüpfel (Fig. 70) bezeichnet. Die Schliesshaut solcher Hoftüpfel ist in ihrer Mitte zu dem sogen. Torus verdickt (Fig. 70 *C*). Sie vermag sich nach der einen oder der anderen Seite vorzuwölben und mit ihrem Torus den engen Ausgang des Tüpfels auf der entsprechenden Seite zu verschliessen (Fig. 70 *B*, *t*). So weit die Erfahrung reicht, wirken die Hoftüpfel wie Klappenventile. Betrachtet man einen Hoftüpfel von der Fläche, so erscheint er in Gestalt von zwei concentrischen Kreisen (Fig. 70 *A*). Der kleinere innere Kreis ist die enge Mündungsstelle des Tüpfels in den Zellraum, der grosse äussere Kreis seine weiteste Stelle, mit der er an die primäre Wandung grenzt.

Sind die Tüpfel zwischen benachbarten lebenden Zellen besonders weit, so pflegt ihre Schliesshaut dünnere Stellen nach Art kleiner Poren aufzuweisen. Eine besondere Ausbildung erhalten die Schliesshäute des Siebtüpfels. Sie werden von feinen Oeffnungen siebartig durchsetzt und als Siebplatten bezeichnet (Fig. 72).

Bleibt der grösste Theil der Membran unverdickt, so sind es ihre ver-

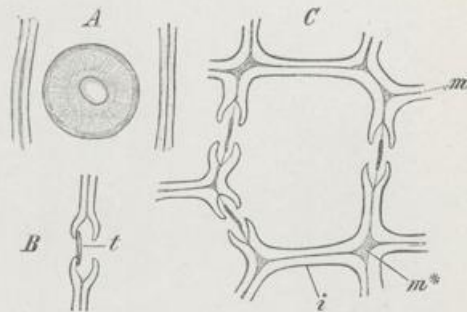


Fig. 70. Aus dem Holze der Kiefer (*Pinus silvestris*). *A* Hoftüpfel in Flächenansicht, *B* ein Hoftüpfel in tangentialen Längsschnitt, *t* der Torus, *C* Querschnitt durch eine Tracheide, *m* Mittellamelle, *m\** ein Zwickel in dieser, *i* das Grenzhäutchen. Vergr. 540.

dieken und nicht ihre unverdickten Stellen, welche den Charakter der Verdickung bestimmen. So, wenn die Zellwand in Abständen ringförmig verdickt wurde, oder wenn sie ein oder mehrere Schraubenbänder, oder auch ein Netzwerk, als Verdickung erhielt (Fig. 73). Auch ring-, schrauben- und netzförmige Wandverdickungen kommen, wie die Hoftüpfel, nur den ihren lebenden Inhalt bald einbüßenden, der Wasserleitung dienenden Elementen zu. Diese Wandverdickungen haben die Aufgabe, die mechanische Festigkeit jener Elemente zu erhöhen und es zu verhindern, dass sie von benachbarten lebenden Zellen zusammengedrückt werden.

Die Verdickungsleisten, durch welche diese Wandverdickungen bedingt werden, sind nach ROTHERT<sup>(23)</sup> mit verschmälerter Kante der primären Wandung angefügt. Die dünnen Membranstellen zwischen den Leisten verhalten sich wie die Schliesshäute der Tüpfel, und sind, wenn sie zwei wasserleitende Elemente

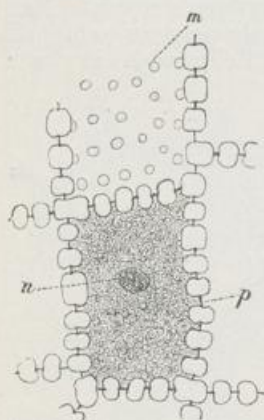


Fig. 71. Aus dem Endosperm von *Ornithogalum umbellatum*, *m* Tüpfel von oben, *p* Schliesshaut, *n* Zellkern. Vergr. 240.

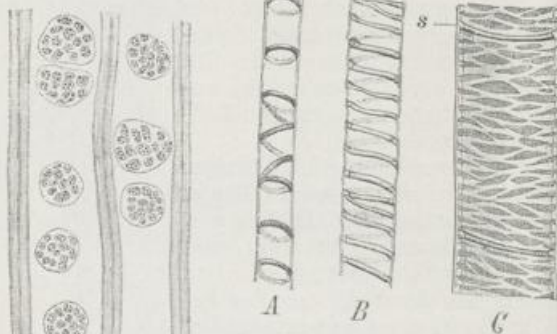


Fig. 72. Theile von zwei Siebröhren mit Siebtüpfeln von der Kiefer (*Pinus silvestris*). Vergr. 540.

Fig. 73. Theile von Tracheiden und von einem Gefäss. *A* Ring- und Schraubentracheide, *B* Schraubentracheide, *C* Netzgefäss halb aufgeschnitten, bei *s* eine der beiden durchlöcherchten Scheidewände. Vergr. 240.

trennen, in der Mitte, wie der Torus der Hoftüpfel, etwas verdickt. Nur die mit ring- oder spiralförmigen Verdickungsleisten versehenen Elemente sind dehnbar, und daher in wachsenden Pflanzentheilen zuerst als Wasserbahnen angelegt. Die schraubenförmigen Verdickungsleisten sind abrollbar, weil sie in Folge ihrer schmalen Insertion an der primären Wandung sich leicht von jener ablösen können.

In gewissen lebendigen Zellen, die man als Collenchymzellen bezeichnet, wird die Zellwand vornehmlich an den Kanten verdickt (Fig. 74, *c*). An den die Aussenfläche der Pflanzen einnehmenden Zellen pflegt die Aussenwandung meist allein verdickt zu sein (Fig. 74, *e*).

Besonders auffällig wird eine ungleichmässige Wandverdickung, wenn sie auf eng begrenzte Punkte beschränkt bleibt: so bei der Bildung von Cystolithen. In den Blättern des Gummibaumes (*Ficus elastica*) enthalten bestimmte, besonders grosse Zellen solche Cystolithen in Gestalt je eines traubenförmig gestalteten Körpers (Fig. 75). Dieser Körper entsteht durch Verdickung einer einzigen Wandstelle. Es wird zunächst ein dünner Stiel erzeugt und dann an dessen Ende, durch Auflagerung neuer Lamellen ein keulenförmiger Körper, der schliesslich vorspringende Warzen erhält.

Bis jetzt waren es centripetal erzeugte Membranverdickungen, die wir in's Auge fassten, doch kommen auch centrifugale vor, naturgemäss beschränkt auf die freie Oberfläche einzelner Zellen oder ganzer Pflanzentheile. Kleine vorspringende Höcker sind an den Aussenwänden der meisten Haare zu sehen; in besonders mannichfaltiger Ausbildung werden aber solche centrifugale Verdickungen an den Membranen der Sporen und der Pollenkörner erzeugt

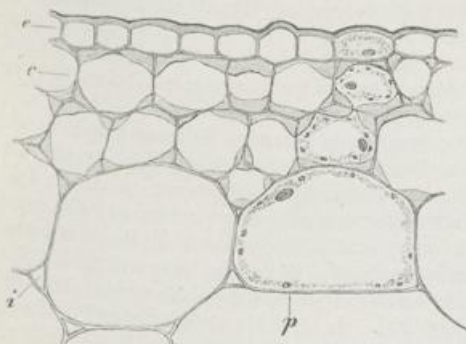


Fig. 74. Querschnitt aus der Peripherie eines Stengels von *Impatiens parviflora*. *c* Collenchym, *e* Epidermis, *p* dünnwandige Parenchymzellen, *i* Interzellularraum. Vergr. 300.

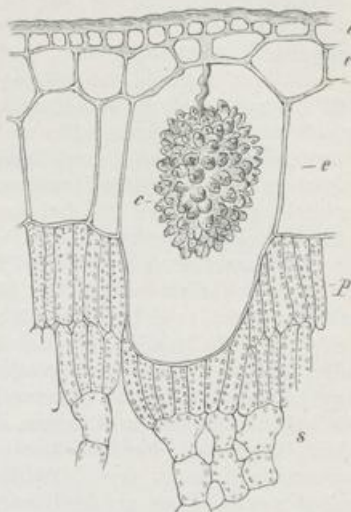


Fig. 75. Querschnitt durch das Blatt von *Ficus elastica*. *c* Cystolith, *e* *e* *e* dreischichtige Epidermis, *p* Palisadenparenchym, *s* Schwammparenchym. Vergr. 240.

(Fig. 76). Sie bilden an deren Oberfläche Stacheln, Warzen, Leisten, Netze oder Bänder von charakteristischem Bau.

**Membranstoffe.** Der wichtigste Bestandtheil pflanzlicher Membranen ist die Cellulose. Sie findet sich in den Membranen aller Pflanzen vor, ausgenommen der meisten Pilze.

Die Cellulose ist ein Kohlehydrat von der allgemeinen Zusammensetzung  $(C^6H^{10}O^5)_n$ . Sie ist unlöslich in verdünnten Säuren und Alkalien, löslich, mit Umwandlung in Dextrose, in concentrirter Schwefelsäure. Nach vorausgegangener Behandlung mit Schwefelsäure oder Phosphorsäure wird die Cellulose durch Jod blau gefärbt, ebenso bei gleichzeitiger Einwirkung der concentrirten Lösungen bestimmter Salze, wie Chlorzink oder Chloraluminium, und von Jod. Daher ist das gebräuchlichste Reagens, um Blaufärbung der Cellulose zu erzielen, Chlorzinkjodlösung. GILSON<sup>(24)</sup> erhielt die Cellulose im krystallinischen Zustande in Form von Sphäriten oder krystallinischen Dendriten.

In keinem Falle bestehen die pflanzlichen Membranen aus reiner Cellulose, sie enthalten stets in erheblichen Mengen noch andere Substanzen<sup>(25)</sup>,

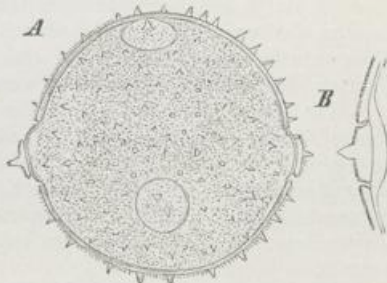


Fig. 76. *A* Pollenkorn von *Cucurbita Pepo* in Flächenansicht und zum Theil auch im optischen Durchschnitt. Das Präparat war mit Citronenöl durchsichtig gemacht worden. Vergr. 240. *B* Theil eines Querschnittes durch das Pollenkorn von *Cucurbita verrucosa*. Vergr. 540.

Ver-  
mig  
oder  
ben-  
den.  
Ele-  
sche  
von

den,  
an-  
wie  
ente

iden  
ing-  
rau-  
halb  
bei-  
ände.

die  
ehn-  
an-  
e in  
ener

be-  
4.e)  
die

sie  
sto-  
ante,  
ge-  
einer  
n an  
der

die sich mit Chlorzinkjodlösungen nicht bläuen. Unter diesen spielen in unverholzten Membranen eine Hauptrolle die Pectinverbindungen. Sie sind durch die Leichtigkeit ausgezeichnet, mit der sie sich, nach vorausgegangener Behandlung mit verdünnten Säuren, in Alkalien lösen.

Färbungen durch gewisse Farbstoffe, z. B. durch Congoroth, sind für Cellulose charakteristisch; andere Farbstoffe färben intensiver die Pectinverbindungen, so z. B. das Safranin und Methylenblau. Nach MANGIN<sup>(25)</sup> besteht die bei der Zelltheilung angelegte Scheidewand höher organisirter Pflanzen fast ausschließlich aus Pectinverbindungen. Die weiterhin erzeugten Membranlamellen, die secundäre Membranschicht, aus einem Gemisch von Cellulose mit Pectinverbindungen, die zuletzt gebildete tertiäre Membranschicht, vornehmlich aus Cellulose. Die Pectinverbindungen nehmen in den äusseren Theilen der secundären Membranschicht, wenn dieselbe unverholzt bleibt, mit dem Alter zu und tragen zur Verstärkung der Mittellamelle oder primären Membranschicht bei.

Ausser Cellulose und den Pectinverbindungen kommt als membranbildende Substanz bei den Pflanzen Callose in Betracht. Sie zeichnet sich durch ihre Unlöslichkeit in Kupferoxydammoniak, ihre Löslichkeit in Sodalösung, sowie in 1% kalter Kalilauge aus. Sie färbt sich mit Chlorzinkjodlösung rothbraun, glänzend blau mit Anilinblau und glänzend roth mit Corallin (Rosolsäure). Ihr Auftreten bei höher organisirten Pflanzen ist auf bestimmte Elemente eingeschränkt; sie bildet Belege auf den Siebtüpfeln und ist stets in kalkreichen Membranschichten nachzuweisen, so in den Cystolithen (Fig. 75). In den Membranen der Pilze soll nach GILSON<sup>(26)</sup> das zu den Proteinstoffen gehörende Chitin dieselbe Rolle spielen wie die Cellulose in den Membranen der höheren Pflanzen.

In denjenigen Zellen, deren Membran sich verholzt und verkorkt zeigt, ist es vor Allem die secundäre Membranschicht, welche den Holzstoff oder den Korkstoff enthält. Die tertiäre Membranschicht weist in den meisten Fällen Cellulosecharakter auf.

Die Verholzung beruht auf der Einlagerung verschiedener Stoffe in die Membran, unter welchen nach CZAPEK<sup>(27)</sup> ein aromatisches Aldehyd, das er Hadromal nennt, nie fehlt, vielleicht auch Coniferin vorhanden ist. Beide scheinen an die Cellulose gebunden zu sein, wobei aber auch das Hadromal nicht mehr als 1—2% der Trockensubstanz des Holzes beträgt. Ihm sollen die verholzten Membranen die sogen. Holzstoff- oder Lignin-Reaction, d. h. eine Violettfärbung mit Phloroglucin und Salzsäure und eine Gelbfärbung mit schwefelsaurem Anilin verdanken. Mit Chlorzinkjodlösung werden verholzte Membranen gelb, nicht blau.

Die verkorkten Membrantheile enthalten Suberin. Sie nehmen mit Chlorzinkjodlösung gelbbraune, mit Kalilauge eine gelbe Färbung an. Nach VAN WISSELINGH<sup>(28)</sup> fehlt Cellulose in den verkorkten Membranschichten und ist der Korkstoff oder das Suberin ein fettartiger Körper, der aus Glycerin-Estern und anderen zusammengesetzten Estern, sowie aus einer oder einigen nicht schmelzbaren, in Chloroform unlöslichen Materien, die durch Kalilauge zersetzt werden können, besteht.

Der Verkorkung ähnlich, doch mit ihr nicht völlig übereinstimmend, ist die Cutinisirung. Sie beruht ganz allgemein auf einer nachträglichen Einlagerung von Cutin in cellulosehaltige Membranen.

VAN WISSELINGH zeigte, dass die Phellonsäure, welche in Suberin stets vorhanden ist, im Cutin constant fehlt. Das Cutin widersteht besser der Kalilauge. Im Uebrigen sind die Färbungen, welche cutinisirte Membranen mit Chlorzinkjodlösung oder mit Kalilauge annehmen, annähernd übereinstimmend mit denjenigen verkorkter Membranen.

Verholzte Membranen sind vor Allem durch ihre geringe Dehnbarkeit und Biegsamkeit, daher durch Härte und Druckfestigkeit ausgezeichnet. Ver-

korkte und cutinisierte Membranen lassen nach KAMERLING<sup>(29)</sup> die Luft leicht durch, sind aber schwer benetzbar und durch diese doppelte Eigenschaft besonders befähigt, die Verdunstung an der Oberfläche der Pflanzen herabzusetzen.

Die Membranschichten bestimmter Zellen, im Besonderen an der Oberfläche einiger Früchte und zahlreicher Samen, wie der Salbeifrüchte, der Lein- und Quittensamen, verquellen bei Berührung mit Wasser zu Schleim. Nach G. KLEBS<sup>(30)</sup> hat dieser Schleim vor Allem die Aufgabe, die Samen im Boden zu befestigen. Feste Zellmembranen können andererseits nachträglich in Gummi umgewandelt werden, so besonders auffällig bei Kirschen und Akazien, wo grosse Partien des Holzkörpers der sog. Gummosis verfallen.

Die Gummi- und Schleimarten verhalten sich verschieden, je nachdem sie von Cellulose oder von Callose oder von Pectinverbindungen abstammen, beziehungsweise mit einem dieser Körper verwandt sind. Mikrochemisch wird ihre Unterscheidung jetzt nach MANGIN durch Anwendung von Rutheniumroth möglich, das nur die von Pectinstoffen abstammenden, beziehungsweise denselben nahe stehenden Gummiarten und Schleime, so die Schleime der Cruciferen- oder Quitten-(*Cydonia*-) Samen, die Schleime aus den Schleimzellen der Malven, das Gummi der Kirschen und Akazien, das Tragantgummi von *Astragalus gummifer* färbt, während der Schleim der Orchis-Knollen, der mit Cellulose verwandt ist, ungefärbt bleibt.

In den Samen mancher Palmen, so auch des Fig. 71 dargestellten *Ornithogalum*, werden die Zellwände mit starken, reichlich von Tüpfeln durchsetzten Verdickungsschichten versehen. Diese Verdickungsschichten sind glänzend weiss; sie können eine solche Härte erreichen, dass ihre technische Verwerthung als „vegetabilisches Elfenbein“ möglich wird, so in den Samen der Palme *Phytelephas macrocarpa*. Sie enthalten ausser Cellulose noch andere Kohlehydrate, so bei *Tropaeolum* und *Paeonia amyloid*, welches Jodlösungen blau färbt. Bei der Keimung werden diese Verdickungsschichten aufgelöst, sie bilden somit einen Reservestoff des Samens.

Häufig werden die Membranen nachträglich gefärbt durch Derivate von Gerbstoffen; vielfach sehr dunkel, so in Samenschalen, in älterem Holz. Auch die Farbstoffe der technisch benutzten Farbhölzer haben ihren Sitz in den Membranen. — In jeder älteren Membran sind anorganische Stoffe eingelagert, unter Umständen in bedeutender Menge. Besonders häufig trifft man in solchen Membranen Calciumoxalat an und zwar nicht selten in Krystallen, ausserdem, wenn auch weniger häufig, Calciumcarbonat. In den Cystolithen von *Ficus elastica* (Fig. 75) ist so viel Calciumcarbonat eingelagert, dass bei Zusatz von Salzsäure ein Aufbrausen erfolgt. Manche Pflanzen, so die meisten Characeen unserer Seen und Teiche, enthalten solche Mengen Calciumcarbonat in ihren Membranen, dass sie starr und brüchig davon werden. — Kieselsäure ist in den peripherischen Zellwänden der Gräser, Schachtelhalme (*Equiseten*) und vieler anderer Pflanzen vertreten.

**Gestalt der Zelle.** Da das Cytoplasma als zähflüssiger Körper dazu neigt, im Gleichgewichtszustand Tropfenform anzunehmen, kann die Kugelgestalt auch als die ursprünglichste und naturgemässeste Zellform gelten. Sie wird aber nur an frei lebenden oder frei werdenden Zellen, oder an solchen, die in ihrer Ausdehnung ganz ungehindert bleiben, sich ausbilden können. Im Zellverbände erzeugte Zellen sind zunächst fast stets polygonal. Bei nachträglichem Wachsthum verändern sie ihre Gestalt. Die kubischen Zellen der Vegetationspunkte strecken sich zu langprismatischer Form, oder sie bleiben kurz tafelförmig. Ist das Wachsthum der Zellen auf einzelne

regelmässig vertheilte Stellen ihrer Oberfläche beschränkt, so werden sie sternförmig; bei ungleichmässiger Vertheilung dieser Stellen entsprechend unregelmässig. In Folge eines sehr ergiebigen Längenwachsthumms können faserförmige, an den Enden zugespitzte Zellen entstehen. Werden solche Fasern stark verdickt, so heissen sie Sklerenchymfasern (Fig. 77 A). Diese zeigen meist nur spärliche, schräg aufsteigende, spaltenförmige Tüpfel in der stark verdickten Wandung, führen im fertigen Zustande nur wenig lebendigen Inhalt, oder überhaupt nur noch Luft. Ist letzteres der Fall, so dienen sie nur als sogen. mechanische Elemente (Stereiden) zur Festigung des Pflanzenkörpers. Für gewöhnlich kürzer, doch

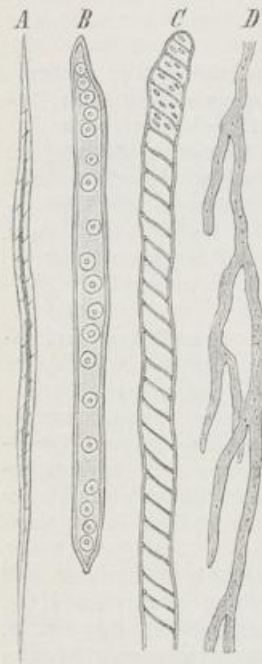


Fig. 77. A eine Sklerenchymfaser, B eine Tracheide, C Stück einer Gefässtracheide, D Stück einer Milchröhre. A, B und C etwa 100 Mal, D etwa 150 Mal vergrössert.

vor Allem weiter, an ihren Enden nicht zugespitzt, sondern meist nur zugeschärft, mit Hoftüpfeln versehen und im fertigen Zustande stets ohne lebendigen Inhalt, sind die Tracheiden (Fig. 77 B). Die Tracheiden dienen der Wasserleitung in der Pflanze. So lange sie thätig sind, enthalten sie Wasser und nur vereinzelte Luftblasen; wenn sie ausser Function treten, füllen sie sich mit Luft. Besonders stark gestreckte und verdickte, zugleich englumige Tracheiden, die meist nur noch, so wie die Sklerenchymfasern, mechanische Functionen vollziehen, werden als Fasertracheiden bezeichnet. Sehr lange, doch weitlumige, zugleich dünnwandige Tracheiden, wasserführend wie die typischen Tracheiden, lassen sich von ihnen als Gefässtracheiden (Fig. 77 C) unterscheiden. Die Gefässtracheiden sind durch ringförmige, schraubenförmige oder netzförmige Verdickung der Wände ausgezeichnet, oder auch mit Hoftüpfeln versehen. Die Verdickungsschichten der Sklerenchymfasern sind unverholzt oder verholzt, der Tracheiden stets verholzt.

Von allen Zellen im Körper der höher organisirten Pflanzen erlangen die bedeutendste Länge die Milchröhren. Sie gehen bei den Euphorbiaceen, Urticaceen, Apocynen und Asclepiadeen aus Zellen hervor, die sich schon in der Keimpflanze differenziren. Diese Zellen wachsen dann weiter mit der ganzen Pflanze, verzweigen sich fort und fort, dringen in alle ihre Glieder ein und können so unter Umständen meterlange Strecken durchlaufen. Sie stellen Röhren vor, die mit einer

meist unverdickten, glatten, elastischen Wand versehen sind, die auf Cellulose reagirt. Sie besitzen einen lebenden Wandbeleg aus Cytoplasma und zahlreiche Zellkerne; als Saft führen sie eine milchige, meist weisse, wässrige Flüssigkeit, die Gummiharze, d. h. Gemenge von Gummi und Harz, Kautschuk, Fett und Wachs in Emulsion hält, ausserdem Gummi, Gerbstoffe, manchmal giftige Alkaloide, Salze, besonders Kalkmalat, bei *Ficus Carica* und *Carica Papaya* auch peptonisirende Fermente, in Lösung führt, bei den Euphorbiaceen auch knochenförmige Stärkekörner aufweist und an der Luft rasch gerinnt. In Fig. 77 D ist ein Stück freigelegter Milchröhre aus dem Stengel der Asclepiadee *Ceropegia stapelioides* dargestellt.

Einzelne Zellen, die sich durch ihre Gestalt, ihren Inhalt oder ihre



Wandverdickung von ihren Nachbarn unterscheiden, werden als Idioblasten bezeichnet. Sind sie stark verdickt und verholzt, so heissen sie Steinzellen oder Sklereiden. In manchen Fällen enthalten sie Fermente, so bei Cruciferen und einigen anderen Pflanzenfamilien in schlauchartigen Behältern das Myrosin, beim Kirschlorbeer (*Prunus Laurocerasus*) Emulsin. Meist führen sie Excrete: Gerbstoff, Calciumoxalat. Einen Idioblasten, der Krystallnadeln von Calciumoxalat (Raphidenbündel S. 64) führt, stellt unsere Figur 84 vor. Es giebt auch tracheidal entwickelte Idioblasten, die als Wasserbehälter fungiren; so zwischen den chlorophyllhaltigen Zellen in den Blättern einiger Orchideen.

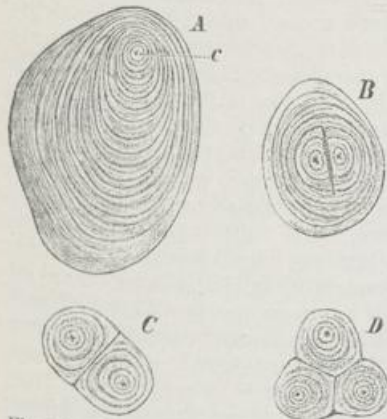


Fig. 78. Stärkekörner aus der Kartoffelknolle. *A* ein einfaches, *B* ein halb zusammengesetztes Stärkekorn, *C* und *D* ganz zusammengesetzte Stärkekörner, *c* der Bildungskern des Stärkekornes. Vergr. 549.



Fig. 80. Stärkekörner des Hafers (*Avena sativa*), *A* ein zusammengesetztes Korn, *B* Theilkörner aus einem zusammengesetzten Korn. Vergr. 540.

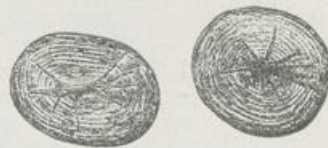


Fig. 79. Stärkekörner aus den Cotyledonen von *Phaseolus vulgaris*. Vergr. 540.

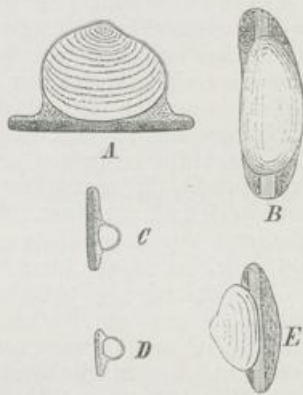


Fig. 81. Leucoplasten aus der oberirdischen Knolle von *Phajus grandifolius*. *A*, *C*, *D* und *E* von der Seite, *B* von oben gesehen, *E* schon grünlich gefärbt, eine Uebergangsform zu den Chloroplasten. Vergr. 540.

**Einschlüsse des Protoplasma. Stärkekörner.** In Pflanzen, die den Einwirkungen des Lichtes ausgesetzt waren, enthalten die Chloroplasten meist Stärkekörner. Diese Körner entstehen hier als erstes geformtes Product der Assimilation aus organischen Stoffen, sie treten in Mehrzahl auf und werden fortgesetzt auch wieder gelöst, bleiben daher sehr klein. Grosse Stärkekörner findet man nur in den Reservestoffbehältern, also dort, wo Stärke aus zugeführter, bereits assimilirter Substanz hervorgeht. Solche Stärke bezeichnet man als Reservestärke im Gegensatz zu der in den Chloroplasten entstehenden Assimilationsstärke. Alle Stärke des Handels ist Reservestärke. Die Kartoffelknollen, die wir bereits als Reservestoffbehälter kennen gelernt haben (S. 19), führen verhältnissmässig grosse Stärkekörner, welche

im Mittel die Grösse von 0,09 mm erreichen. Sie sind (Fig. 78 A) deutlich geschichtet. Diese Schichtung wird durch die verschiedene Dichte der Schichten verursacht und zwar wechseln dickere, dichtere Schichten, die im durchfallenden Lichte heller erscheinen, mit dünneren, weniger dichten, die dunkler erscheinen, ab. Der Bau dieser Stärkekörner ist excentrisch, denn ihr organischer Initialpunkt oder Bildungskern, um den die Schichten sich lagerten, ist dem einen Rande des Kornes bedeutend genähert. Dagegen sind die Stärkekörner der Hülsenfrüchte und der Getreidearten centrisch gebaut; sie führen ihren Bildungskern in der Mitte. Die Stärkekörner der Bohne (*Phaseolus vulgaris*) stellen abgeflachte Kugeln oder Ellipsoide dar (Fig. 79) mit deutlichen Schichten, die meist von radialen Spalten durchsetzt sind. Die Stärkekörner des Weizens sind sehr ungleich gross, undeutlich geschichtet, scheibenförmig. — Schon der Vergleich der gleich stark vergrösserten Figuren 78 und 79 zeigt, wie ungleich gross die Stärkekörner verschiedener Pflanzen sind. Ihre Grösse schwankt zwischen 0,002 und 0,170 mm. Stärkekörner, welche 0,170 mm erreichen, so diejenigen des Rhizoms von *Canna*, sind schon mit dem blossen Auge als helle Pünktchen zu unterscheiden. — Die bisher betrachteten Stärkekörner waren einfach; es giebt aber auch halb zusammengesetzte und ganz zusammengesetzte. Die ersteren weisen zwei oder mehr Theilkörner auf, die von gemeinsamen Schichten umgeben sind, die letzteren bestehen aus Theilkörnern allein, ohne gemeinsame Schichten. Halb zusammengesetzte (Fig. 78 B) und ganz zusammengesetzte (Fig. 78 C, D) Stärkekörner kommen in der Kartoffelknolle zwischen den einfachen vor, in anderen Fällen sind ganz zusammengesetzte Stärkekörner allein vorhanden, so z. B. im Haferkorn (Fig. 80) oder Reiskorn. Im Reiskorn weisen die Stärkekörner nach NÄGELI<sup>(31)</sup> von 4 bis zu 100, im Haferkorn bis zu 300, bei *Spinacia glabra* bis über 30000 Theilkörner auf. — Auch die im Innern der Pflanze aus assimilirter Substanz entstehende Stärke braucht Chromatophoren, die man als Stärkebildner oder Leucoplasten bezeichnet, zu ihrer Bildung. Bleibt das Stärkekorn während seines Wachstums von der Substanz des Leucoplasten gleichmässig umgeben, so wächst es gleichmässig, und erhält centrischen Bau. Kommt es während seines Wachstums in peripherische Lage innerhalb des Leucoplasten, so wächst es stärker dort, wo die Substanz des Leucoplasten in grösserer Dicke vorhanden ist, und wird excentrisch (Fig. 81). Entsteht gleichzeitig eine grössere Zahl von Stärkekörnern in einem Leucoplasten, so stossen sie bei weiterem Wachsthum auf einander und bilden ein zusammengesetztes Korn, das zu einem halb zusammengesetzten sich ausbildet, wenn hierauf gemeinsame Schichten um die Theilkörner abgelagert werden.

Die Stärkekörner werden für krystallinische Gebilde, Sphärokrystalle oder Sphärite erklärt<sup>(32)</sup>, die aus feinen radial angeordneten Krystallnadeln, welche ARTHUR MEYER als Trichiten bezeichnet, aufgebaut sind. Die Schichtung gilt Letzterem als Ausdruck von Verschiedenheiten der Form und Menge der Krystallnadeln in den einander aufgelagerten Schichten. Dagegen führt H. FISCHER<sup>(33)</sup> diese Schichtenbildung auf radial gestellte, zonenförmig angeordnete, wasserführende Spalten zurück, die in einiger Entfernung von der gleichmässig fortwachsenden Oberfläche durch innere Zusammenziehung der Substanz sich bilden. In einzelnen Fällen will ARTHUR MEYER festgestellt haben, dass die Schichtung dem Wechsel der Tag- und Nachtzeiten, und der durch diesen Wechsel bedingten Verschiedenheit der Ernährung entspricht. In das Wachsthum der Stärkekörner greifen auch Lösungsvorgänge ein, wodurch peripherische Schichten zum Theil wieder entfernt werden können, eventuell dann nicht mehr vollständig das ganze Korn umgeben. — Die Stärkekörner werden von Kohle-

hydraten von der Zusammensetzung  $(C^6H^{10}O^5)_n$  aufgebaut. Die meisten Stärkekörner enthalten nur Amyloid und zwar in einer in Wasser von  $100^\circ C.$  flüssig werdenden und einer in ebensolchem Wasser sich nicht verflüssigenden Modification. Viele Stärkekörner enthalten ausser diesem Amyloid auch Amylodextrin. In bestimmten Fällen, so beim Klebreis (*Oryza sativa* var. *glutinosa*) und der Klebhirse (*Sorghum vulgare glutinosum*), bestehen die Stärkekörner vorwiegend aus Amylodextrin. Während die amyloidreichen Stärkekörner durch Jodlösungen blau gefärbt werden, nehmen die amylodextrinreichen Stärkekörner dann weinrothe Färbung an. In Wasser von  $60-70^\circ C.$  verquellen die Stärkekörner, weil die leichter lösliche der beiden Amylosen nach ARTHUR MEYER dann in zähe Tropfen verwandelt wird; bei  $135^\circ C.$  gehen die Stärkekörner ganz in Lösung. Bei gewöhnlicher Temperatur verquillt Stärke leicht in Kali- oder Natronlauge. Ohne Zusatz von Wasser erhitzt, d. h. geröstet, geht Stärke in Dextrin über, wird in Wasser relativ leicht löslich und damit verdaulicher. Im polarisirten Lichte zeigen die Stärkekörner ein dunkles Kreuz. Diese Doppelbrechung wird meist auf die Doppelbrechung der das Stärkekorn aufbauenden Elemente, von H. FISCHER neuerdings auf die innere Zusammenziehung der Substanz des Stärkekornes zurückgeführt.

Die Menge der in einem Reservestoffbehälter vertretenen Stärke ist oft sehr bedeutend, sie beträgt etwa 25% des Gesamtgewichts bei der Kartoffelknolle und sogar bis 70% beim Weizen. Die aus Reservestoffbehältern befreiten Stärkekörner bilden das, was man Stärkemehl bezeichnet. Das Stärkemehl gewinnt man durch Auswaschen aus den zerkleinerten Pflanzentheilen. Bei Darstellung des gewöhnlichen Mehls werden hingegen auch die das Stärkemehl führenden Gewebe zermahlen.

**Aleuron.** In den Samen zahlreicher Gewächse, ganz besonders aber in ölreichen Samen, werden Aleuronkörner oder Klebermehlkörner erzeugt. Sie gehen aus Vacuolen hervor, deren Inhalt sehr eiweissreich wird und schliesslich in Form eines rundlichen Kornes, doch in einzelnen Fällen eines unregelmässigen, selbst gelappten Gebildes erhärtet. Ein Theil des Eiweisses krystallisirt in vielen Fällen aus und bildet ein, selten einige im Aleuronkorn eingeschlossene Krystalle. In Aleuronkörnern, die Eiweisskrystalle bergen, finden sich meist auch rundliche Körner, die sogen. Globoide vor, in welchen, nach PFEFFER<sup>(34)</sup>, Magnesia, Kalk und eine gepaarte Phosphorsäure im Verein mit organischer Substanz vertreten

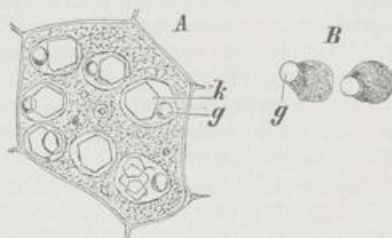


Fig. 82. A Zelle aus dem Endosperm von *Ricinus communis* unter Wasser beobachtet, B einzelne Aleuronkörner unter Olivenöl, k Eiweisskrystalle, g Globoid. Vergr. 540.



Fig. 83. Aeusserer Theil eines Querschnittes durch ein Weizenkorn (*Triticum vulgare*). p Fruchthülle, t Samenhaut. An die Samenhaut schliesst das Endosperm an. In diesem al Aleuronkörner, n Zellkern, am Stärkekörner. Vergr. 240.

ch  
er  
im  
lie  
an  
ch  
nd  
it;  
a-  
nit  
die  
et,  
en  
ie-  
m.  
ns  
zu  
es  
ie  
en  
ne  
u-  
le  
te  
n.  
0,  
er  
le  
o-  
es  
so  
nd  
so  
ce  
re  
ei  
n,  
n-  
le  
n,  
n-  
ge  
rt  
e,  
ig  
h  
ie  
m  
m  
e  
ur

sind. Auch Krystalle von Calciumoxalat können in Aleuronkörnern eingeschlossen sein.

Als Beispiel für Aleuronkörner mit Eiweisskrystallen und Globoiden kann der Same von Ricinus (Fig. 82) dienen. Die Aleuronkörner sind in den Zellen dieser Samen in ein Cytoplasma eingebettet, das sehr reich an Oel ist. — Relativ kleine, einschlussfreie Aleuronkörner enthält die äussere Zellschicht der Samenkörner unserer Getreidearten (Fig. 83 *al*). Diese äussere Zellschicht führt nur Aleuron, der übrige Samen fast nur Stärke. Daher ist es klar, dass, je nachdem beim Mahlen und Beuteln des Korns, die äusseren Schichten desselben von den inneren getrennt und mehr oder weniger vollständig entfernt werden, das Mehl ärmer oder reicher an Eiweisskörpern ist. Die inneren Theile der Körner liefern „feineres“, die äusseren nahrhafteres Mehl. — Die Reactionen des Klebermehls sind die nämlichen, die wir früher schon für Eiweisskörper kennen gelernt haben. Die Behandlung eines durch das Weizenkorn geführten Querschnittes (Fig. 83) mit Jodlösung würde beispielsweise eine gelbbraune Färbung der Aleuronschicht veranlassen, die tieferen, Stärke führenden Schichten aber blau tingiren.

**Eiweisskrystalle.** Die Eiweisskrystalle sind eine in den Geweben der Pflanzen verhältnissmässig häufige Erscheinung. Besonders verbreitet sind sie in den Aleuronkörnern (Fig. 82). Wir lernten sie bereits in den Samen von Ricinus kennen, besonders gross werden sie in dem Endosperm der Parantisse, der Samen der Myrtacee *Bertholletia excelsa*. Auch fanden wir sie bereits in den Chromatophoren. Die in Fig. 81 dargestellten Leucoplasten von *Phajus grandifolius* zeigen die stäbchenförmigen Krystalle als helle Streifen (in *B* und *E*). — Es können Eiweisskrystalle auch unmittelbar im Cytoplasma auftreten, so in peripherischen, stärkearmen Zellen der Kartoffelknolle; man findet sie endlich im Innern der Zellkerne, so gar nicht selten bei der Schuppenwurz (*Lathraea squamaria*) und ganz allgemein bei den zu den Scrophulariaceen und Oleaceen gehörenden Pflanzen<sup>(35)</sup>. Diese Eiweisskrystalle gehören im Allgemeinen dem regulären oder dem hexagonalen Krystallsystem an. Im Vergleich mit anderen Krystallen erscheinen sie dadurch merkwürdig, dass sie, wie auch sonst todtte Eiweisskörper, Farbstoffe aufspeichern und dass sie quellbar sind. Beim Quellen in Wasser oder in verdünnter Kalilauge nehmen sie zunächst an Grösse zu, ohne ihre Krystallform einzubüssen.

**Krystalle von Calciumoxalat** kommen in der Mehrzahl der Pflanzen vor. Sie werden im Cytoplasma innerhalb von Vacuolen angelegt, die sich weiterhin vergrössern und unter Umständen fast den ganzen Zellraum beanspruchen. In letzterem Falle erscheinen die übrigen Bestandtheile der Zelle sehr reducirt, die Zellen nicht selten verkorkt. — Es entstehen entweder Einzelkrystalle, welche dem tetragonalen beziehungsweise dem monosymmetrischen Krystallsystem angehören, oder, was häufiger ist, morgensternförmige Krystalldrusen, die aus Krystallen zusammengesetzt sind, die von einem organischen Kern ausstrahlen. Bei Liliaceen, Orchideen und anderen monocotylen Gewächsen sind besonders verbreitet die sogen. Raphiden, nadelförmige Calciumoxalatkrystalle (Fig. 84), die in Bündeln vereinigt sind. Ein solches Bündel ist stets in eine grosse, mit Gummischleim erfüllte Vacuole eingeschlossen. Der Concentrationsgrad der Lauge, aus der die Krystalle entstehen, soll es nach  $K_{XY}$ <sup>(36)</sup> bedingen, ob sie nach dem tetragonalen oder dem monosymmetrischen System sich bilden.

Kieselkörper, die nur in Fluorwasserstoffsäure sich lösen lassen, werden im Cytoplasma mancher Zellen, besonders bei Palmen und Orchideen ausgebildet und füllen oft fast die ganze Zelle aus.

**Gerbstoffe.** Mit concentrirter Gerbstofflösung erfüllte, stark lichtbrechende Vacuolen sind besonders im Cytoplasma der Rindenzellen eine häufige Erscheinung. Sie wachsen unter Umständen zu bedeutender Grösse heran. Die dunkelblaue oder grüne Färbung mit Ferrichlorid- oder Ferrisulfatlösung, der rothbraune Niederschlag mit wässriger Kaliumbichromatlösung, gelten im Allgemeinen als Gerbstoffreactionen, Reactionen, welche freilich einer ganzen Gruppe ähnlich sich verhaltender Stoffe zukommen.

**Fette und Oele** der Pflanzen sind stets Gemenge von Fettsäure-Estern. Vielfach, so bei Allium- und Aloë-Arten, stellt sich fettes Oel in alternden Chlorophyllkörnern ein. In Gestalt stark lichtbrechender Tröpfchen fanden wir das Ricinusöl im Cytoplasma der aleuronhaltigen Zellen des Ricinussamens vertheilt. So tritt das Oel auch in den meisten anderen Fällen auf. Doch können die fettartigen Substanzen unter Umständen unregelmässig geformte, mehr oder weniger weiche Körner im Cytoplasma bilden, so als vegetabilische Butter, als Talg oder Wachs in verschiedenen Samen; selbst in Form krystallinischer Nadeln findet man sie, in dem Samen der Paranuss (*Bertholletia excelsa*) und in der Muskatnuss (*Myristica fragrans*).

**Glukogen.** Dieser Körper, der dem Zucker und der Stärke verwandt und im Thierreich sehr verbreitet ist, hat nach ERRERA<sup>(37)</sup> für die Pilze dieselbe Bedeutung, wie Stärke und Zucker für die höheren Gewächse. Durch Jodlösungen wird das glukogenhaltige Cytoplasma rothbraun gefärbt, die Färbung schwindet grösstentheils beim Erwärmen, um bei der Abkühlung wieder aufzutreten.

**Aetherische Oele und Harze.** In vielen Fällen sind es ätherische Oele, die man als stark lichtbrechende Tröpfchen im Cytoplasma vertheilt findet. So in zahlreichen Blumenblättern, welche diesen Oelen ihren Wohlgeruch verdanken. Unter Umständen nehmen diese Körper Krystallform an, so in den Blumenblättern der Rose. Vielfach werden solche Essenzen aus den sie producirenden Zellen in besondere Behälter abgeschieden und dort oxydirt zu Kampfern oder Harzen. Besondere, mit Harz oder ätherischem Oel erfüllte Zellen finden sich in den Rhizomen verschiedener Pflanzen, so denjenigen des Kalmus (*Acorus Calamus*), des Ingwers (*Zingiber officinale*), in Rinden, wie derjenigen der Zimmbäume (*Cinnamomum*), in Blättern, wie denjenigen des Lorbeers (*Laurus nobilis*), in der Fruchtschale und dem Samen des Pfeffers (*Piper nigrum*), der Fruchtschale des Sternanis (*Illicium anisatum*). Die Wände solcher Zellen sind vielfach verkorkt.

**Schleim** als Inhalt ist häufig in den Zellen von Zwiebeln, wie *Allium Cepa* und *Urginea Scilla*, der Orchisknollen, doch auch in oberirdischen Pflanzentheilen, besonders den Blättern der Fettpflanzen (*Succulenten*), welche trockene Gegenden bewohnen und durch ihre Schleimzellen befähigt werden, energisch das Wasser festzuhalten.

**Kautschuk und Guttapercha.** Diese Körper treten in einer Anzahl von Pflanzenfamilien, so besonders bei den Urticaceen, Euphorbiaceen und Sapotaceen im Milchsaft bestimmter Zellen auf. Sie bilden in letzteren kleine Kügelchen, die, in wasserreichem Cytoplasma suspendirt, demselben ein milchiges Aussehen verleihen.

**Leptomin.** In den Siebröhren und den Milchsaft führenden Elementen der höher organisirten Gewächse hat RACIBORSKI<sup>(38)</sup> neuerdings einen katalytisch



Fig. 84. Eine mit Schleim und einem Raphidenbündel erfüllte Zelle aus der Rinde von *Dracaena rubra*. *r* das Raphidenbündel. Vgr. 160.

wirksamen Körper nachgewiesen, den er als Leptomin bezeichnet, und der sauerstoffübertragend wirken soll.

Schwefel. Merkwürdig ist das Auftreten von Schwefel in Form kleiner, stark lichtbrechender Körner im Protoplasma bestimmter Bacterien, der Beggiatoen. Diese Bacterien leben in einem Wasser, das viel organische Substanzen enthält. Sie gewinnen den Schwefel, nach WINOGRADSKY<sup>(39)</sup>, aus Schwefelwasserstoff, und verbrennen ihn dann, nach Bedarf, zu Schwefelsäure.

**Der Zellsaft.** Als Zellsaft wird die Flüssigkeit bezeichnet, welche den innern Saft Raum ausgewachsener Zellen der Pflanzen füllt. Sie ist im Allgemeinen wässriger und klarer als die Flüssigkeit der kleineren, im Cytoplasma vertheilten Vacuolen. Eine scharfe Grenze lässt sich aber zwischen Saft Raum und Vacuolen nicht ziehen und kann der Saft Raum durch eine grosse Zahl von Vacuolen vertreten sein. Der Zellsaft reagirt für gewöhnlich sauer; nur bei Wasserpflanzen ist diese Reaction nach TSCHIRCH<sup>(40)</sup> oft un deutlich. Die Substanzen, die der Zellsaft in Lösung halten kann, sind sehr verschieden. Zu besonders häufigen Bestandtheilen des Zellsaftes zählen die löslichen Kohlehydrate. Unter diesen herrschen vor die Zuckerarten, Traubenzucker und Rohrzucker, vor Allem der Traubenzucker oder die Glukosen. Die Glukosen sind an ihren reducirenden Eigenschaften kenntlich.

Glukosehaltige Schnitte in Kupfersulfatlösung gelegt, dann abgespült und in Kalilauge erwärmt, geben innerhalb der Zellen einen ziegelrothen Niederschlag von Kupferoxydul. Bei Vorhandensein von Rohrzucker oder Saccharose wird bei der nämlichen Behandlung nur eine Bläuung des Zellsaftes erzielt.

Die Kohlehydrate wandern innerhalb des Pflanzenkörpers vornehmlich als Glukosen; Rohrzucker wird hingegen als Reservestoff aufgespeichert, so in der Zuckerrübe, der Mohrrübe, dem Stengel des Zuckerrohrs und in anderen Pflanzen, aus denen man ihn gewinnt. — Aehnlich verhält sich bei den Compositen das Inulin. Dieses kann man mit Alkohol in Form kleiner Kügelchen niederschlagen und durch Erwärmen in Wasser den Niederschlag wieder auflösen. Wenn inulinreiche Pflanzentheile, z. B. die Wurzelknollen der Georgine (*Dahlia variabilis*), in Spiritus oder Glycerin gelegt werden, so fällt das Inulin in kugeligen Sphäriten aus, die von radialen Spalten durchsetzt sind, leicht in keilförmige Stücke zerfallen, manchmal auch deutliche Schichtung zeigen. Ganz allgemein führt der Zellsaft Amide, vor Allem Asparagin und Glutamin. Häufig sind Gerbstoffe, Alkaloide, auch Glukoside, wie das Coniferin, Hesperidin, Amygdalin, Solanin, Aesculin, Saponin und die den Glukosiden verwandten Bitterstoffe im Zellsaft gelöst. Sehr verbreitet im Zellsaft sind die organischen Säuren, so ganz allgemein die Apfelsäure in den Blättern der Fettepflanzen. Meist sind diese organischen Säuren mit Basen verbunden und manche ihrer Salze auskrystallisirt. Der Sauerampfer (*Rumex*) und der Sauerklee (*Oxalis*) sind reich an saurem oxalsaurem Kali. *Salicornia*- und *Salsola*-Arten enthalten saures oxalsaures Natron. Jeder Zellsaft führt anorganische Salze in Lösung, besonders Nitrate, Sulfate und Phosphate.

Vielfach ist der Zellsaft gefärbt, vornehmlich durch sogen. Anthocyan. Dieses ist blau in alkalisch reagirendem, roth in sauer reagirendem Zellsaft, unter Umständen auch dunkelroth, violett, dunkelblau, selbst schwarzblau. Blutfarbige Laubblätter, so diejenigen der Blutbuchen, verdanken dem Zusammenwirken des rothen Anthocyan und des grünen Chlorophylls ihre eigenartige Färbung. Die verschiedenen Färbungen der Blüten beruhen auf der verschiedenen Farbe des Zellsaftes, auf der verschiedenen Vertheilung der die Farbstoffe führenden Zellen, endlich auf der Combination der gelösten Farbstoffe mit gelben, gelbrothen oder rothen Chromoplasten

und grünen Chloroplasten. Nur selten kommt auch ein gelber dem Xanthophyll nahe verwandter, doch in Wasser löslicher gelber Farbstoff, das Xanthin, im Zellsafte vor.

## 2. Ontogenie der Zelle.

**Ursprung der lebendigen Elemente des Protoplasma.** Alle Zellkerne in einem Organismus sind Nachkommen von Zellkernen vorausgegangener Generationen. Eine freie Neubildung von Kernen findet nirgends statt. Ebenso ist alles Cytoplasma eines Organismus von älterem Cytoplasma abzuleiten. Nicht minder gehen, so weit bis jetzt bekannt, die Chromatophoren nur aus ihresgleichen hervor.

**Kerntheilung.** Von bestimmten ganz begrenzten Fällen abgesehen, vermehren sich die pflanzlichen Zellkerne auf dem Wege sogen. mitotischer oder indirecter Theilung. Dieser Theilungsvorgang wird auch als Karyokinese bezeichnet. Er spielt sich in ziemlich complicirter Weise ab, die aber nothwendig erscheint, um die Substanz des Mutterkerns völlig gleichmässig auf die beiden Tochterkerne zu vertheilen.

**Indirecte Kerntheilung** (41). In seinen Hauptzügen stimmt dieser Vorgang bei höher organisirten Pflanzen und Thieren überein. Wir führen ihn in etwas schematisirten Bildern (Fig. 85) vor, welche seine Stadien im Wesentlichen so darstellen, wie sie in den vegetativen Zellen der Pflanzen, etwa den Zellen eines Vegetationspunktes, auf einander folgen.

Aus dem feinen Gerüstwerk des ruhenden Zellkerns (Fig. 85, 1) sehen wir den Kernfaden, der dicker und damit auch kürzer wird, sich immer deutlicher heraussondern (2). Die Verbindungsbrücken zwischen den Windungen des Fadens werden eingezogen, die Zahl seiner Windungen nimmt ab, er entwirrt sich gewissermaassen und lässt sich in seinem Verlauf leichter verfolgen. Zugleich nimmt die Menge seines Chromatins zu, wodurch seine Tinctionsfähigkeit erhöht wird. Sein Chromatin sammelt sich schliesslich zu Querscheiben an, die durch schmale Längsbrücken verbunden sind. Hierauf zerfällt er durch Quertheilung in eine bestimmte Anzahl von Stücken, die man als Kernsegmente oder Chromosome bezeichnet (Fig. 85, 3, 4). Diese werden nach der Theilungsebene befördert, um die sogen. Kernplatte oder Aequatorialplatte zu bilden (5). Jedes Chromosom hat zuvor schon eine Längsspaltung erfahren, die jetzt deutlich hervortritt (6); die beiden Längshälften rücken hierauf in entgegengesetzter Richtung aus einander (7), um die beiden Tochterkerne zu bilden.

In die geschilderten Vorgänge greifen andere in bestimmender Weise ein. Während der Kernfaden kürzer wird, sich entwirrt und in die einzelnen Chromosome zerfällt, legen sich der Kernwandung Cytoplasmafäden an und umgeben sie mit einer faserigen Schicht. Diese hebt sich alsbald an zwei gegenüberliegenden Seiten von der Kernwandung ab (2) und bildet Polkappen. Diese sind mit homogenem Inhalt erfüllt, in welchem sich dann zarte Fasern differenziren. Letztere verlaufen polwärts, ohne dort zunächst zusammen zu treffen, neigen aber weiterhin dort zusammen, strecken sich und bilden zugespitzte Büschel (3). Hierauf wird das Kernkörperchen aufgelöst, die Kernwandung schwindet, und die Fasern der Kappen verlängern sich in die Kernhöhle hinein (4). Sie setzen dort entweder von zwei Seiten her an die Chromosomen an, oder treffen mit den Enden auf einander, um als ununterbrochene Fäden von einem Pol zum andern zu verlaufen. So entsteht die Kernspindel. Die an die Chromosomen ansetzenden Spindelfasern werden als Zugfasern, die von Pol zu Pol verlaufenden als Stützfasern bezeichnet.

Die Kernkörperchen scheinen im Pflanzenreich vorwiegend das Material zur Bildung der Spindelfasern zu liefern. Ein etwaiger Ueberschuss an Nucleolarsubstanz tritt in das umgebende Cytoplasma, um dort sogen. extranucleare Nucleolen zu bilden. Die Zugfasern befördern, nachdem sie die Chromosomen erfassten, diese nach der Aequatorialebene (5, 6). Das Auseinanderweichen der aus der Längsspaltung der Mutterchromosomen hervorgegangenen Tochterchromosomen (7, 8) beruht auf der Contraction der Zugfasern. So werden die Tochterchromosomen in Richtung der Spindelpole gezogen. Die Stützfasern geben für diesen Vorgang die nöthigen Widerstände ab. Vielfach lassen sich die Spindelenden bis an die Hautschicht verfolgen und man kann feststellen, dass sie an dieser befestigt sind. In den Tochterkernanlagen werden die freien Enden der Chromosomen alsbald einwärts

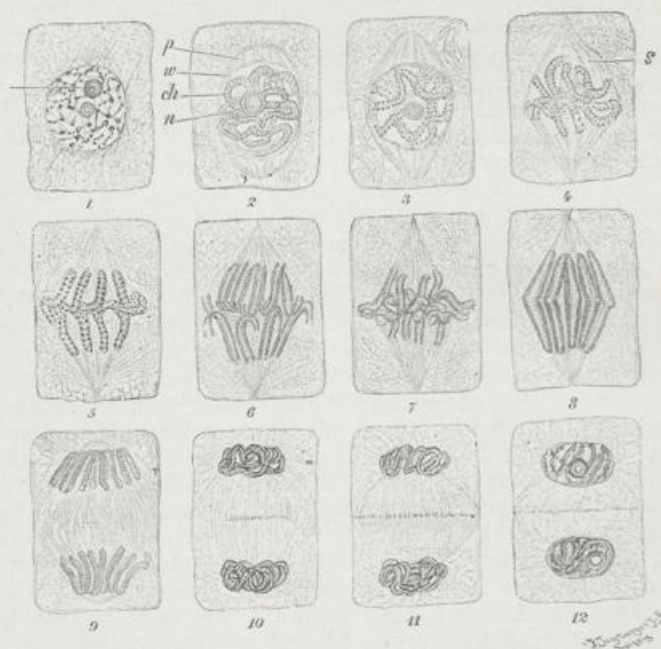


Fig. 85. Aufeinander folgende Stadien der Kern- und Zelltheilung, in einer embryonalen Gewebszelle, etwa der eines Vegetationspunktes. Etwas schematisirt. *n* Nucleolus, *p* Polkappen, *w* Kernwandung, *ch* Chromosomen, *s* Spindelfasern. Vergr. ca. 600.

gezogen (10); dann grenzt sich das umgebende Cytoplasma mit einer Hautschicht gegen die Kernanlage ab und bildet die Kernwandung (11). Innerhalb der Kernanlage verschmelzen die Chromosomen mit ihren Enden, sie beginnen sich zu strecken (12) und in einander zu winden. Das Chromatin nimmt ab; die Anlage wird größer; es treten Nucleolen in Ein- oder Mehrzahl in ihr auf, während die extranuclearen Nucleolen gleichzeitig im Cytoplasma schwinden; schliesslich ist der Ruhezustand wieder erreicht.

So spielt sich der Vorgang in jugendlichen Geweben der höher organisirten Pflanzen für gewöhnlich ab. Die Chromosomen sind bei ihrer Sonderung meist schleifenförmig und werden annähernd in ihrer Mitte, seltener gegen ihr Ende, von den Zugfasern erfasst. Die Zugfasern des einen Pols setzen an das eine, die des anderen an das andere Tochterchromosom jedes Paares an. Die Art,



wie die Tochterchromosomenpaare an der Kernspindel orientirt sind und wie ihr Auseinanderweichen sich vollzieht, soll durch unsere schematische Figur 86 vergewärtigt werden. In dem mit 1 bezeichneten Bilde liegen die beiden Schenkel jedes Paarlings annähernd in der Äquatorialebene. Dann zeigen die Tochterchromosomen bei ihrer Trennung die Gestalt von zwei entgegengesetzt gerichteten, mit ihren Schenkelenden auf einander gestützten U (2). Meist pflegt aber der eine Schenkel jedes Paarlings (3) nach dem einen der beiden Pole, der andere

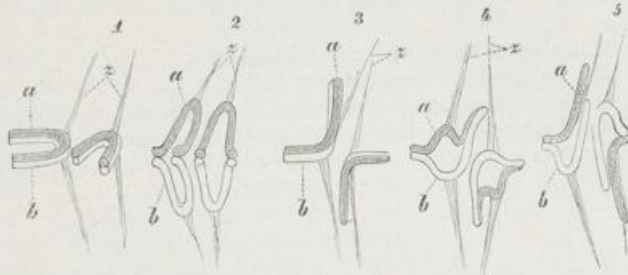


Fig. 86. Schematische Darstellung der verschiedenen Lage der Chromosomen an der Spindel und ihrer Trennung. *a* und *b* Tochterchromosomen derselben Mutterchromosome. *z* Zugfasern der Spindel.

annähernd äquatorial orientirt zu sein. Das giebt, wenn die Trennung begonnen hat, entweder Bilder wie in 4 oder wie in 5. Bilder wie in 4 kommen zu Stande, wenn die Tochterchromosomen an ihren beiden Schenkelenden zunächst verbunden bleiben, Bilder wie in 5, wenn an den polwärts gerichteten Enden alsbald eine Trennung erfolgt. In allen diesen Fällen geht die Trennung von der Stelle aus, an der die Zugfasern ansetzen. Liegt die Insertion eines Paarlings an der Spindel dem einen seiner Enden genähert, so werden naturgemäß mit Beginn des Auseinanderweichens die Tochterchromosomen alsbald an diesem Ende getrennt sein, mit dem entgegengesetzten hingegen länger verbunden bleiben. Das Verhalten wie im Schema 3 und 4 haben wir unserer Figur 85 zu Grunde gelegt. Meist freilich tritt es nicht so rein auf, sondern mehr oder weniger combinirt mit den anderen Typen.

Im Gegensatz zur Kerntheilung in den Geweben pflegt in bestimmten der Fortpflanzung dienenden Zellen der höher organisirten Pflanzen die Kernspindel nicht gleich bipolar, sondern multipolar angelegt zu werden. Erst aus der multipolaren Anlage geht die bipolare Spindel hervor. Die Fig. 87 führt uns eine solche multipolare Spindelanlage in einer Pollenmutterzelle vor. Da differenziren sich in der Umgebung des Kernes, im wabigen Cytoplasma, Cytoplasmafäden. Diese bilden zunächst einen Filz um den Kern, aus dem weiterhin sich einzelne Fadenbüschel heraussondern und nach der Zelloberfläche zu in getrennten Polen zusammenlaufen (Fig. 87). Von diesen Büscheln werden die meisten wieder eingezogen, während andere, an zwei gegenüberliegenden Seiten des Kernes befindlichen, zu den beiden endgültigen Spindelpolen sich ausbilden.

Die Vorgänge, die sich während der Vorbereitung zur Theilung in einem

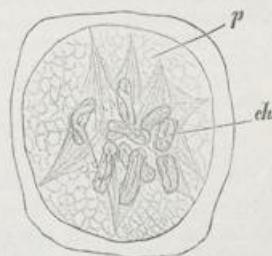


Fig. 87. Multipolare Spindelanlage in der Pollenmutterzelle von *Lilium Martagon*. *p* die Pole der Anlage, *ch* Chromosomen. Vergr. 750.

Mutterkerne abspielen, werden als Prophasen der Theilung bezeichnet. Sie reichen bis zur Bildung der Kernplatte und schliessen in sich auch den Vorgang der Längsspaltung der Chromosomen ein. Das Auseinanderweichen der Tochterchromosomen erfolgt in den Metaphasen, die Bildung der Tochterkerne in den Anaphasen der Theilung. Der Höhepunkt der ganzen Kerntheilung, derjenige Vorgang, der zur Bildung quantitativ und qualitativ gleicher Theilungsproducte führt, liegt in der Längsspaltung der Chromosomen (6, Fig. 85, B, C Fig. 86). Die Anaphasen der Theilung sind im Wesentlichen eine rückläufige Wiederholung der Prophasen.

Der als Filarplasma (S. 49) unterschiedene Bestandtheil des Cytoplasma dürfte es sein, der die Anlage der Kernspindeln liefert.

In den Sporenmutterzellen der höheren Cryptogamen, den Mutterzellen des Pollens und der Embryosäcke bei den Phanerogamen, stellt sich im Mutterkern bei Eintritt der Prophasen eine Verminderung der Zahl der Chromosomen, meist

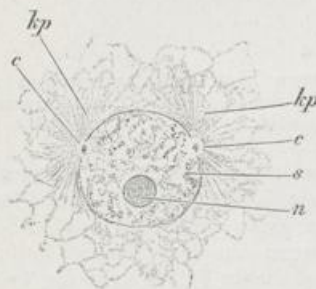


Fig. 88. Ein sich zur Theilung anschickender Zellkern aus einer Keimpflanze der Braunalge *Fucus serratus*. Die aus der Theilung des einen Centrosoms hervorgegangenen zwei Centrosomen (*c*) sind bereits eine Strecke weit auseinandergerückt. *kp* Strahlungen des Filarplasma, *s* Chromosomen, *n* Nucleolus. Vergr. 1000.

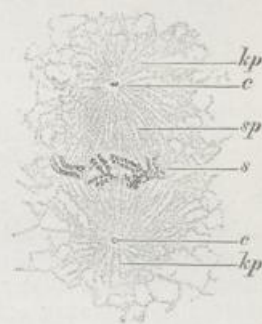


Fig. 89. Eine Kernspindel mit längsgespaltene Chromosomen in der Kernplatte aus einer Zelle der Keimpflanze der braunen Meeressalge *Fucus serratus*. *c* Centrosomen, *kp* Strahlungen des Filarplasma, *sp* Spindelfasern, *s* längsgespaltene, die Kernplatte bildende Chromosomen. Vergr. 1000.

auf die Hälfte, im Verhältniss zu den umgebenden Geweben ein. Auf einer solchen numerischen Reduction der Chromosomenzahl pflegen zwei Kerntheilungen rasch auf einander zu folgen, die beiden Längsspaltungen der Chromosomen sich aber schon beim ersten Theilungsschritt und zwar die zweite Längsspaltung in dessen Prophasen oder Metaphasen zu vollziehen. Dadurch entstehen Theilungsbilder, die von den in Geweben beobachteten abweichen und deren Deutung bedeutende Schwierigkeiten bereitet hat<sup>(42)</sup>. Ganz entsprechende Theilungsvorgänge stellen sich bei Anlage der Geschlechtsproducte im Thierreich ein.

Bei denjenigen niederen Cryptogamen, die ein individualisirtes Centrosom an ihren Kernen führen, erfährt zu Beginn der Karyokinese dieses eine Theilung und seine beiden Hälften rücken aus einander (Fig. 88c), um schliesslich die Pole der zukünftigen Kernspindel zu erreichen. Schon während ihres Auseinanderweichens bildet sich um die Centrosomen eine aus Filarplasma bestehende Strahlung (*Kp*) aus. Haben die beiden Centrosomen die Kernpole erreicht, so schwindet dort die Kernwandung und es treten Spindelfasern in der Kernhöhle auf, die deutlich von den Centrosomen ausgehen und sich bis an die Chromosomen fortsetzen. Die fertige Kernspindel (Fig. 89) ist mit je einem Centrosom und filarplasmatischer

Strahlung (*Kp*) an den Polen versehen, stimmt im Uebrigen in ihrem Bau mit den centrosomfreien Kernspindeln der höher organisirten Pflanzen überein. So auch spielen sich die Theilungsvorgänge und die Ausbildung der Tochterkerne der Hauptsache nach in beiden Fällen übereinstimmend ab. Die Centrosomen bleiben an den Tochterkernen erhalten und vermehren sich durch Zweitheilung bei jedem weiteren Theilungsschritte der Zellkerne. Die filarplasmatische Strahlung um die Centrosomen ist nur während der Dauer des karyokinetischen Vorgangs ausgebildet<sup>(43)</sup>.

**Directe Kerntheilung.** Ausser der mitotischen oder indirecten Kerntheilung kommt auch noch eine directe oder amitotische Theilung, auch Fragmentation genannt, vor (Fig. 90). Sie mag die ursprüngliche Theilungsart der Kerne sein und bei den niedersten Organismen lassen sich zwischen ihr und der indirecten Kerntheilung fortschreitende Uebergänge nachweisen. Bei den höher organisirten Pflanzen ist die directe Kerntheilung hingegen ein reducirter, auch wohl seniler Vorgang, der sich meist erst in älteren Zellen, oder auch in solchen einstellt, deren Inhalt alsbald desorganisirt werden soll.

Lehrreiche Beispiele für solche directe Theilung bieten uns die Kerne in den langen Gliederzellen der Armeleuchtergewächse (Characeen), und alte Internodialzellen von *Tradescantia* (Fig. 90). Die directe Kerntheilung beruht im Wesentlichen auf einem Durchschnürungsvorgang, wobei die Theilstücke durchaus nicht in ihrer Grösse übereinzustimmen brauchen. Bei den Armeleuchtergewächsen folgen die Theilungsschritte so rasch auf einander, dass oft perlchnurförmige Reihen zusammenhängender Theilstücke entstehen. In alten Internodialzellen von *Tradescantia* (Fig. 90) zeigen die besonders häufigen nur halbdurchschnürten Kerne die unregelmässigsten Gestalten. — Während in den einkernigen Zellen eine indirecte Kerntheilung von einer Zelltheilung fast stets begleitet wird, folgt eine solche auf directe Kerntheilung nicht.

**Zelltheilung.** In den einkernigen Zellen der höher organisirten Gewächse pflegen Kern- und Zelltheilungen in ganz bestimmter Weise in einander zu greifen. Zwischen den aus einander weichenden Tochterchromosomen verbleiben die von Pol zu Pol reichenden Stützfasern der Kernspindel als Verbindungsfäden (Fig. 85, 8, 9). Ihre Zahl wird durch Einschaltung neuer Verbindungsfäden in der Aequatorialebene vermehrt (10). Sie bilden alsdann einen tonnenförmigen Körper, der sich entweder von den Tochterkernanlagen ganz trennt oder mit denselben durch eine peripherische Hülle, den Verbindungsschlauch, verbunden bleibt. Ersteres findet in Zellen statt, die mit Cytoplasma dicht erfüllt sind, letzteres in saftreicheren Zellen.

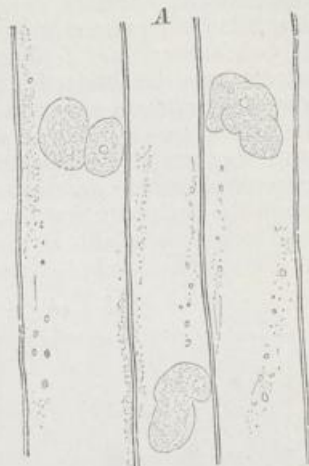


Fig. 90. Kerne älterer Zellen aus dem Stengel von *Tradescantia virginica*, in directer Theilung. Vergr. 540.

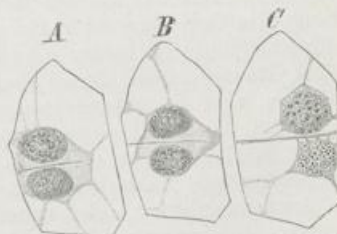


Fig. 91. Drei Theilungszustände in derselben Zelle von *Epipactis palustris*. Nach dem Leben entworfen. (Nach TREUB.) Vergr. 365.

Jeder Verbindungsfaden schwillt alsbald in der Aequatorialebene stäbchenförmig an (11), wodurch die Zellplatte entsteht. Ist die betreffende Zelle sehr plasmareich, oder besitzt sie nur geringe Weite, so erreicht der Complex der Verbindungsfäden allseitig ihre Seitenwände (12). Aus der verschmelzenden Substanz der Elemente der Zellplatte geht alsdann eine cytoplasmatische Hautschicht hervor, die sich spaltet und in der Spaltungsfläche die Scheidewand aus Zellhautstoff ausscheidet, welche simultan die Mutterzelle in zwei Tochterzellen theilt (12). Ist die betreffende Zelle mit einem grösseren Saft Raum versehen, so vermag der Complex der Verbindungsfäden sie nicht mit einem Mal zu durchsetzen; er bildet die Scheidewand vielmehr *succedan* aus (Fig. 91), zunächst einen Theil, der an eine Seitenwand der Mutterzelle anschliesst (91 A), dann einen folgenden Theil, wobei er an seinem freien Rande die Zellplatte ergänzt, von den schon gebildeten Theilen der Scheidewand sich zurückzieht (B) und so fort und fort, bis dass der ganze Querschnitt der Mutterzelle durchsetzt und die Theilung derselben damit vollendet ist (C).

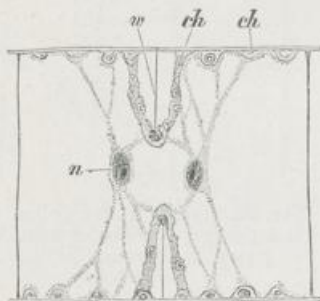


Fig. 92. Eine Spirogyrazelle in Theilung. *n* einer der beiden Tochterkerne, *w* die wachsende Scheidewand, *ch* ein durch dieselbe nach innen gedrängtes Chlorophyllband. Vergr. 230.

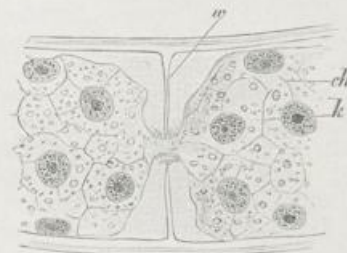


Fig. 93. Stück einer sich theilenden Zelle von *Cladophora fracta*. *w* die wachsende Scheidewand, *ch* die nach innen gedrängten Chromatophoren, *k* Kerne. Vergr. 600.

Die Verbindungsfäden bestehen aus Filarplasma. Da die Zellplatte zwischen den Schwesterzellen aus Anschwellungen dieser Verbindungsfäden hervorgeht, so erzeugt das ihre filar- oder kinoplasmatische Natur. Durch ihre Spaltung versieht diese Zellplatte die beiden Schwesterzellen aus der Trennungsstelle mit den erforderlichen Hautschichten. Durch Theilung des Verbindungsfadencomplexes in zwei gleiche Hälften wird das Filarplasma gleichmässig auf die entstehenden Zellen vertheilt.

Bei den Thallophyten werden die Scheidewände weder in vielkernigen, noch in einkernigen Zellen in Complexen von Verbindungsfäden erzeugt; die Scheidewände entstehen dort vielmehr entweder simultan, in vorgebildeten Cytoplasmaplatten, oder *succedan*, von der Mutterzellwand aus in das Zellinnere diaphragmaartig vordringend. Theilungsvorgänge der letzteren Art (Fig. 92 und 93) hatte man zuerst eingehend und zwar bei Süßwasseralgen studirt; sie waren es, welche die Aufstellung jenes Zelltheilungsschemas veranlassten, das lange Zeit die thierische und die pflanzliche Histologie beherrschte. Die Anlage der neuen Scheidewand tritt bei ihnen als ringförmige Leiste an der Mutterzellwand auf, dann dringt sie immer tiefer in den Protoplasten ein (Fig. 92, 93) und durchschneidet ihn schliesslich. In einkernigen Zellen (Fig. 92) geht auch bei solcher Art der Theilung die Kerntheilung der Zelltheilung voraus und wird die neue Scheidewand in gleicher Entfernung von den beiden Tochterkernen erzeugt. In vielkernigen Zellen der Thallophyten hingegen theilen sich zwar die Kerne so wie in

einkernigen, der Zelltheilungsvorgang (Fig. 93) wird aber von der Kerntheilung völlig unabhängig. In vielkernigen Thallophyten, die einzellig bleiben, theilen sich nur die Zellkerne, Zelltheilung erfolgt nicht.

Das Ineinandergreifen der Kern- und Zelltheilung in einkernigen Zellen ist nothwendig, um jeder Tochterzelle einen Kern zu sichern; in vielkernigen Zellen, die sich theilen, ist dies Ineinandergreifen nicht erforderlich, da jeder Tochterzelle die nöthigen Kerne ohnedies zufallen.

**Freie Kerntheilung und Vielzellbildung.** Die Kerntheilungen in den vielkernigen Zellen der Thallophyten können bereits als Beispiel für eine freie, d. h. von Zelltheilung nicht begleitete Kerntheilung dienen. Auch in Pflanzen mit typisch einkernigen Zellen findet in bestimmten Zellen freie Kerntheilung statt, doch pflegt dort auf diese schliesslich ein Zellbildungsvorgang meistens zu folgen. So ist es besonders oft bei der Anlage von Keimzellen. Der Vorgang beruht darauf, dass die Kerne sich durch Zweitheilung vermehren, ohne dass diese Kerntheilung von Zelltheilung zunächst begleitet wird. Erst nach Anlage der vollen Kernzahl grenzt sich das Cytoplasma simultan, zwischen den Kernen, in so viel Theile ab, als Kerne vorhanden sind. Es liegt dann Vielzellbildung vor. Besonders lehrreich ist dieser Vorgang in bestimmten, oft bedeutende Grösse erlangenden Zellen der Phanerogamen, den Embryosäcken, jenen Zellen, in welchen der Embryo ausgebildet wird. In Embryosäcken, die rasch wachsen, sieht man den einzigen Zellkern, der zunächst da ist, sich in zwei Zellkerne theilen, diese und ihre Nachkommen den Vorgang wiederholen und so nicht selten tausende von Zellkernen entstehen. Zelltheilungen begleiten diese Kerntheilungen nicht, vielmehr zeigen sich die Kerne frei in gleichen Abständen in dem cytoplasmatischen Wandbeleg des Embryosackes vertheilt. Hört die Grössenzunahme des Embryosackes auf, so umgeben sich die Zellkerne in ihrem ganzen Umkreis mit Verbindungsfäden, so dass sie wie strahlende Sonnen aussehen (Fig. 94). In diesen Verbindungsfäden treten dann Zellplatten auf, in denen Zellwände entstehen. So zerfällt durch „simultane Vielzellbildung“ der protoplasmatische Wandbeleg des Embryosackes meist in so viele Zellen, als er Zellkerne führte. — Die simultane Vielzellbildung in Embryosäcken ist durch alle Zwischenstufen mit succedanter Zweitheilung der Zellen verknüpft. Letztere findet in langsam wachsenden, meist auch klein bleibenden Embryosäcken statt. Die simultane Vielzellbildung ist somit von der Zweitheilung abzuleiten und als ein verkürzter Vorgang aufzufassen, der durch besonders rasche Grössenzunahme des Safttraumes der Zelle bedingt wird.

**Freie Zellbildung.** Dieser Vorgang liegt von der gewöhnlichen Zweitheilung der Zellen schon weiter ab, denn es folgt in ihm auf die freie Kernbildung eine Zellbildung, bei welcher die entstehenden Zellen einander nicht berühren und

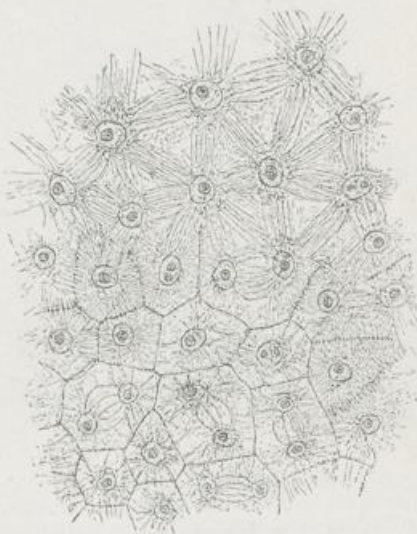


Fig. 94. Stück des protoplasmatischen Wandbelegs aus dem Embryosack von *Reseda odorata*, bei beginnender Vielzellbildung. Der Vorgang schreitet von unten nach oben fort. Nach einem fixirten und tingirten Präparate. Vergr. 240.

nicht das gesammte Cytoplasma ihrer Mutterzelle aufbrauchen. Ein solcher Vorgang ist bei der Sporenbildung der Schlauchpilze (Ascomyceten), auch bei der Keimanlage einiger nacktsamer Phanerogamen (Gymnospermen), so von Ephedra, zu beobachten. In den Schläuchen (Asci) der Ascomyceten ist zunächst nur ein Zellkern vorhanden, der sich frei theilt und dessen Nachkommen dieselbe Theilung wiederholen, so dass schliesslich acht Zellkerne in dem Cytoplasma vertheilt liegen. Um jeden Zellkern wird hierauf eine bestimmte Cytoplasmportion durch eine Hautschicht abgegrenzt, die sich mit einer Zellhaut umgiebt, so dass acht von einander getrennte Sporen entstehen (vgl. Fig. 274). Wie die neuen Untersuchungen von HARPER<sup>(44)</sup> zeigen, geht die Bildung der Hautschichten bei Abgrenzung

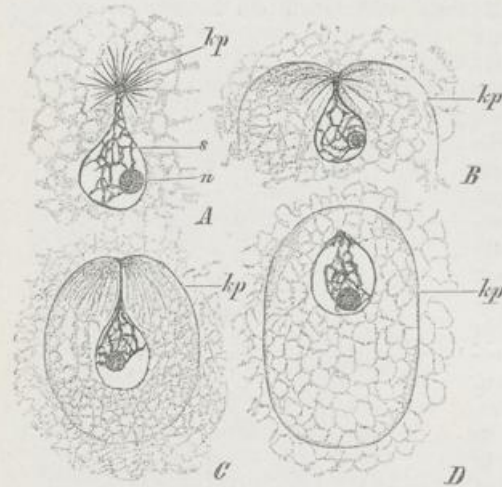


Fig. 95. Aufeinander folgende Stadien der Abgrenzung einer Spore im Ascus von *Erysiphe communis*. *A* noch vor Beginn der Abgrenzung. Filarplasma (*kp*) in das umgebende Cytoplasma ausstrahlend. In *B* beginnt das Filarplasma die abzugrenzende Cytoplasmamasse zu umwachsen. In *C* ist dieser Vorgang vollendet, die Hautschicht um die ganze abgegrenzte Cytoplasmamasse aus den verschmolzenen Strahlen des Filarplasma erzeugt, der Zusammenhang des Filarplasma mit der Polseite des Zellkerns noch vorhanden. In *D* die kinoplasmatische Verbindung zwischen Zellkern und Hautschicht aufgehoben. *s* Chromosomen, *n* Nucleolus. (Nach HARPER.) Vergr. 1500.

als Eier und Spermatozoiden unterschieden. Die Spermatozoiden stellen die männlichen, die Eier die weiblichen Geschlechtsproducte vor. Die Gameten sind unbeweglich oder beweglich (Fig. 96 *B*); die beweglichen pflegen den ungeschlechtlichen Schwärmsporen (Fig. 96 *A*) zu gleichen, sind aber, bei derselben Pflanze mit ihnen verglichen, meist kleiner, und besitzen vielfach nur halb so viel Cilien. Auch bei weiter fortgeschrittener Sonderung der Geschlechtsproducte pflegen die Eier den Bau embryonaler Zellen zu behalten, während die Spermatozoiden eine wesentliche Veränderung erfahren. Im cytoplasmatischen Zellkörper des Eies liegt ein Zellkern von gewohntem Bau und sind Anlagen von Chromatophoren vorhanden. Die pflanzlichen Spermatozoiden (Fig. 97) stellen hingegen in extremen Fällen einen korkzieherförmigen, mit Cilien versehenen Körper vor, der ein scheinbar

zierung der einzelnen Sporen von dem Filar- oder Kinoplasma aus, das an der Polseite der Zellkerne angesammelt ist und von da aus strahlenförmig die abzugrenzende Cytoplasmamasse umwächst (Fig. 95).

**Zellsprossung.** Eine besondere Abart der gewöhnlichen Zweitheilung der Zellen ist die Sprossung. Die Mutterzelle wird bei ihr nicht halbiert, sie treibt vielmehr einen Auswuchs, der an seiner Ursprungsstelle später abgetrennt wird. So vermehrt sich die Hefe, die in unserer Fig. 2 (S. 7) zur Darstellung kam, und in solcher Weise entstehen auch die als Conidien bezeichneten Sporen bei zahlreichen Pilzen (Fig. 292).

**Copulation**<sup>(45)</sup>. Die Geschlechtsproducte stellen Zellen dar, die, von seltenen Ausnahmen abgesehen, erst nach paarweiser Verschmelzung zur Weiterentwicklung befähigt sind. Die sich so vereinigenden Zellen können einander entweder gleichen und heissen dann Gameten, oder sie gleichen einander nicht und werden dann

homogenes Gefüge besitzt. Nur auf Grund der Entwicklungsgeschichte, sorgfältiger Härten und Tinctionen, gelingt es auch in einem solchen Spermatozoiden nachzuweisen, dass der hintere Abschnitt seines Körpers von einem Zellkern (*k*) fast vollständig eingenommen wird, der vordere, sammt den Cilien, dem Cytoplasma (*c*) (vornehmlich Filar- oder Kinoplasma) entspricht, das Bläschen am hinteren Körperende (*b*) aus dem Saftraum der Zelle hervorgeht<sup>(46)</sup>.

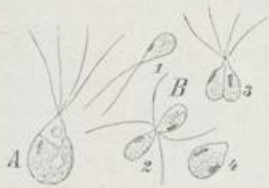


Fig. 96. *A* eine ungeschlechtliche Schwärmspore von *Ulothrix zonata*. *B*, 1 ein Gamet, 2 und 3 copulirende Gameten, 4 eine durch Copulation erzeugte Zygote. Vergr. 500.

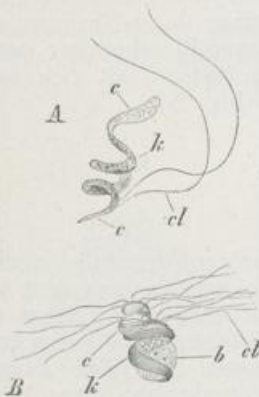


Fig. 97. *A* Ein Spermatozoid von *Chara fragilis*, *B* Spermatozoid des Farnes *Onoclea struthiopteris* (nach SHAW). Der Zellkern *k* ist dunkler gehalten, *c* der cytoplasmatische Abschnitt, *cl* Cilien, in *B* der dichteren Kante des Bandes entspringend, *b* Blase. Vergr. *A* 540, *B* 850.

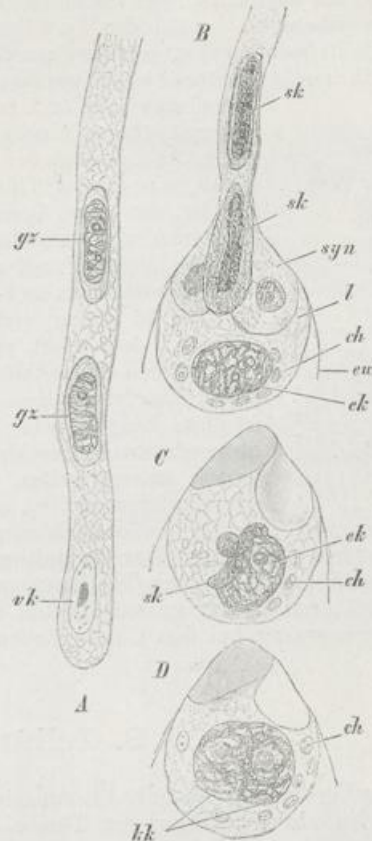


Fig. 98. Der Befruchtungsvorgang bei einer phanogamen, angiospermen Pflanze, etwas schematisirt. *A* Ende des Pollenschlauches, in ihm *gz* die generativen Zellen, welche je einen Spermakern enthalten, *ek* der vegetative Zellkern, der schliesslich aufgelöst wird. Eier in aufeinanderfolgenden Stadien der Befruchtung, *B-D* bei *B* die in's Ei eindringende generative Zelle, mit Spermakern *sk*; *syn* die in Rückbildung begriffenen Synergiden. In *C* Vereinigung von Spermakern *sk* und Eikern *ek*. *D* der Keimkern (*kk*) nach vollzogener Vereinigung von Spermakern und Eikern, *ch* die Anlagen der Chromatophoren. Vergr. ca. 500.

Nur den Cryptogamen und, wie sich neuerdings zeigte<sup>(47)</sup>, auch einem Theile der Gymnospermen (Cycadeen, Ginkgo) kommen mit Cilien versehene männliche Geschlechtsproducte zu. Bei den Cryptogamen werden diese Spermatozoiden frei aus den Geschlechtsorganen entlassen, brauchen Wasser zu ihrer Verbreitung und gelangen schwimmend zu den Eiern, die meist an ihrer Ursprungsstelle verharren.

Bei den Gymnospermen, welche mit Cilien versehene Spermatozoiden bilden, führt ein aus dem Pollenkorn hervorstehender Schlauch, der Pollenschlauch, sie an ihren Bestimmungsort. So auch gelangen die cilienlosen männlichen Zellen der übrigen Gymnospermen und der Angiospermen im Innern eines Pollenschlauches (Fig. 98) bis an das Ei. Ihr wurmförmiger Kern bewegt sich dann wohl kriechend bis zum Eikern<sup>(48)</sup>. — Bei der Vereinigung der männlichen mit der weiblichen Zelle, im Befruchtungsact, verschmelzen die Zellkerne, die als Spermakern (*sk*) und Eikern (*ek*) unterschieden werden, zum Keimkern; das Cytoplasma der



Fig. 99. Chlorophyllkörner aus dem Blatte des Laubmooses *Funaria hygrometrica*; ruhend und in Theilung. Im Innern der Körner kleine Stärkeeinschlüsse. Vgr. 540.

männlichen Zelle tritt in dasjenige der weiblichen ein; Chromatophoren werden hingegen von der männlichen Zelle nicht eingeführt, sie gehören der weiblichen allein an. Wo die Spermatozoiden, wie das im Thierreiche und auch bei Thallophyten der Fall ist, mit einem Centrosom versehen sind, verschmilzt dieses Centrosom nicht mit dem Centrosom des Eies, letzteres pflegt vielmehr ausser Function gesetzt zu werden und das Centrosom des Spermatozoiden am Keimkerne allein in Wirksamkeit zu treten.

Das Ei erlangt erst durch die Befruchtung Entwicklungsfähigkeit, doch giebt es Ausnahmen, vornehmlich im Thierreich bei den Gliederthieren (Arthropoden), wo das Ei auch ohne Befruchtung einen Keim liefert. Man bezeichnet das als jungfräuliche Zeugung oder Parthenogenesis. Für Pflanzen mit fortgeschrittener geschlechtlicher Differenzirung ist Parthenogenesis äusserst selten, bis jetzt nur für *Antennaria alpina* eingehender begründet<sup>(49)</sup>, ausserdem bei einem Armeleuchtergewächs, der *Chara erinita*, und für gewisse Fadenpilze (Saprolegnien) sicher nachgewiesen<sup>(50)</sup>.

**Vermehrung der Chromatophoren.** Sie erfolgt durch Theilung, und zwar durch einen directen Theilungsvorgang, der auf Einschnürung beruht und annähernd gleich grosse Hälften liefert. Am besten lässt sich dieser Theilungsvorgang bei den Chloroplasten verfolgen (Fig. 99).

## B. Zellfusionen.

Die Verbindung lebender Protoplasten im Körper der Pflanzen ist weniger vollständig als im Körper der Thiere. Es erklärt sich das aus dem Vorhandensein der Zellhäute, von welchen die pflanzlichen Protoplasten umschlossen sind. Doch haben die neueren Untersuchungen gezeigt<sup>(51)</sup>, dass durch die Zellwände hindurch die pflanzlichen Protoplasten mit Hilfe äusserst feiner Cytoplasmafäden zusammenhängen. Meist durchsetzen diese Fäden nur die Schliesshäute der Tüpfel (Fig. 101), doch können sie auch über die gesammte Zellhaut, selbst bei stärkerer Verdickung derselben, vertheilt sein (Fig. 100). Die Cytoplasmafäden zwischen den Protoplasten übermitteln wohl vor Allem die Reizfortpflanzung von Zelle zu Zelle und bedingen es, dass der ganze Pflanzenkörper eine lebende Einheit bildet. — Wesentlich stärker als die cytoplasmatischen Verbindungen zwischen anderen Zellen, sind dieselben zwischen den Gliedern der Siebgefässe, oder wie man sie gewöhnlich nennt, der Siebröhren (Fig. 102). Sie erfolgen durch Vermittlung der perforirten Querwände der uns schon bekannten Siebplatten (S. 55). Vielfach sind die Siebröhren auch mit Siebtüpfeln versehen, die sich an ihren Seitenwänden befinden (Fig. 72, 102 c\*). Weiter als in den Siebröhren schreiten die Verschmelzungen der Protoplasten in den Milchgefässen fort. Die Milchgefässe besitzen denselben Bau und denselben Inhalt wie die Milch-



röhren (S. 60), unterscheiden sich von ihnen nur dadurch, dass sie aus Zellverschmelzungen hervorgehen. Wie das Vorkommen von Milchröhren, so ist auch dasjenige der Milchgefäße auf bestimmte Pflanzenfamilien beschränkt. Als die bekanntesten Beispiele für Milchgefäße seien die Papaveraceen, so der Mohn (Papaver) oder das durch die orangerothe Färbung seines Milch-

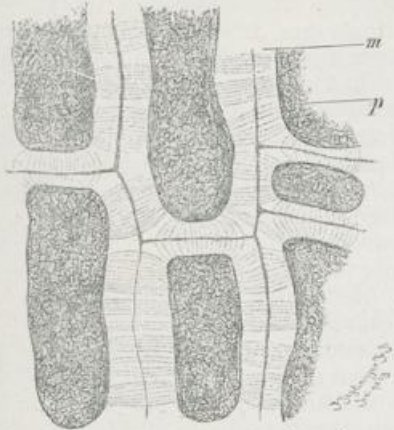


Fig. 100. Einige Zellen aus dem Sameneiweiss von *Tamus communis* mit fixirtem Inhalt (*p*) und zur Quellung gebrachten Zellhäuten (*m*), die Cytoplasmaverbindungen innerhalb der Zellhäute zeigend. (Nach GARDINER.) Vergr. ca. 1500.

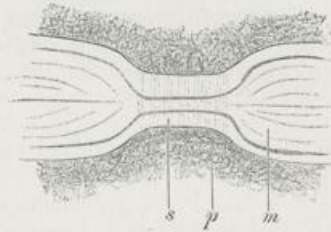


Fig. 101. Theil der Zellhaut (*m*) zwischen zwei Zellen aus dem Sameneiweiss von *Lilium Martagon*, die cytoplasmatischen Verbindungsfäden innerhalb der Schliesshaut (*s*) des Tüpfels zeigend. *p* Inhalt der angrenzenden Zellen. Der Inhalt der Zellen fixirt, die Zellhaut zur Quellung gebracht. (Nach GARDINER.) Vergr. ca. 1500.

saftes ausgezeichnete Schöllkraut (*Chelidonium*) und die Compositen, so der Lattich (*Lactuca*) angeführt. Die Milchgefäße entstehen aus Reihen lang-

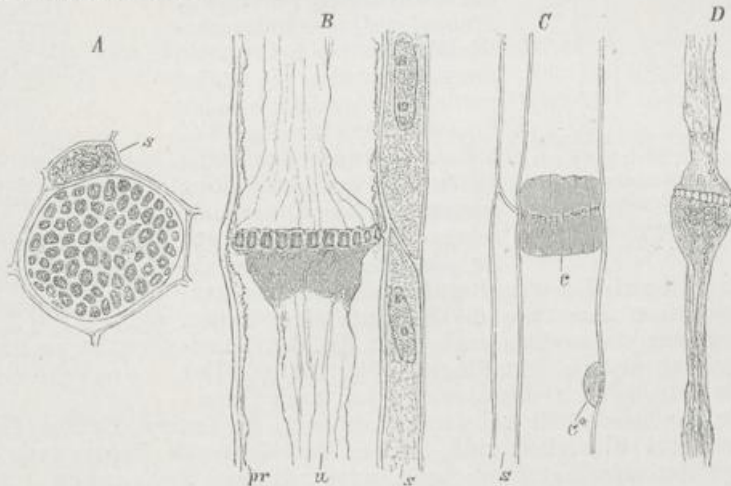


Fig. 102. Theile von Siebröhren des Kürbis (*Cucurbita Pepo*) in Alkohol gehärtet. *A* eine Siebplatte von oben gesehen. *B* und *C* je zwei aufeinander folgende Siebröhrenglieder im Längsschnitt, *D* die Inhaltmassen von zwei Siebröhrengliedern nach Schwefelsäurebehandlung. *s* Geleitzelle, *u* eiweisshaltiger Inhalt, *pr* Wandbeleg aus Cytoplasma, *c* Callusplatte, *c\** kleiner seitenständiger Siebtüpfel mit Callusplatte. Vergr. 540.

gestreckter Zellen, deren Querwände mehr oder weniger vollständig aufgelöst werden. Meist zeigen solche Gefäße auch seitliche Verzweigungen, die dort,

wo sie auf einander treffen, alsbald unter Auflösung der Wandungen verschmelzen (Fig. 103). Merkwürdig ist das Verhalten der Siebröhrenglieder im Besonderen dadurch, dass ihr cytoplasmatischer Wandbeleg am Leben bleibt, nachdem ihre Zellkerne aufgelöst wurden. Die Wandungen der Siebröhren sind stets unverholzt. In ihrem Saftraum führen die Siebröhren wässerige, mehr oder weniger diluirte Lösungen von Eiweisskörpern, die durch die Poren der Siebplatten aus einem Glied der Siebröhre in das andere gelangen. Fast stets finden sich in dem Siebröhreninhalt kleine Stärkekörner vor. Die Siebröhren functioniren im Allgemeinen nur kurze Zeit; bevor sie ausser Thätigkeit treten, werden ihre Siebplatten mit stark lichtbrechenden Callusplatten belegt (Fig. 102 C). — Auch die Bildung der Gefässe oder Tracheen der Pflanzen beruht auf einem Verschmelzungsvorgang, nur dass



Fig. 103. Tangentialer Längsschnitt aus der Peripherie des Stengels von *Scorzonera hispanica*, die netzförmig verbundenen Milchgefässe zeigend. Vergr. 240.

die verschmelzenden Zellen alsbald ihren lebendigen Inhalt einbüßen. So stellen die fertigen Gefässe nur todte, der Wasserleitung dienende Membranröhren vor. Sie gehen aus Reihen von Zellen hervor, die ihre Seitenwände zunächst schraubenförmig oder netzförmig verdicken, oder, wie das meist der Fall, mit Hof-tüpfeln versehen, ihre Querwände hierauf zur Quellung bringen und mehr oder weniger vollständig auflösen. Stehen jene Querwände rechtwinklig zu den Seitenwänden, so werden sie meist mit einem einzigen runden Loch durchbrochen (Fig. 73 C, bei s), und nur ihr Rand bleibt als verdickter Ring zurück. Sind die Querwände schräg orientirt, so pflügen sie mehrere Löcher zu erhalten, und die zwischen denselben befindlichen Membranteile erscheinen dann wie die Sprossen einer Leiter. Man bezeichnet demgemäss auch diese Art der Wanddurchbrechung als die leiterförmige (Fig. 104 q). Der lebendige Inhalt der Gefässglieder wird nach Durchbrechung der Querwände vollständig resorbirt, die fertigen Gefässe führen, so lange sie in Thätigkeit sind, Wasser und begrenzte Mengen von Luft. Nach der Art der Wandverdickung wird zwischen Schrauben-, Netz- oder Tüpfelgefässen unterschieden. Folgen an den Seitenwänden quer-gestreckte Tüpfel regelmässig in geraden Reihen über einander (Fig. 104), so wird das Gefäss als Treppengefäss bezeichnet. Die Wandverdickung der Gefässe ist stets verholzt.

Zwischen Gefässstracheiden und Gefässen giebt es einen anderen Unterschied nicht, als dass erstere aus einzelnen gestreckten Zellen, letztere aus verschmolzenen Zellreihen hervorgehen. Für gewöhnlich werden Gefässstracheiden in den

die verschmelzenden Zellen alsbald ihren lebendigen Inhalt einbüßen. So stellen die fertigen Gefässe nur todte, der Wasserleitung dienende Membranröhren vor. Sie gehen aus Reihen von Zellen hervor, die ihre Seitenwände zunächst schraubenförmig oder netzförmig verdicken, oder, wie das meist der Fall, mit Hof-tüpfeln versehen, ihre Querwände hierauf zur Quellung bringen und mehr oder weniger vollständig auflösen. Stehen jene Querwände rechtwinklig zu den Seitenwänden, so werden sie meist mit einem einzigen runden Loch durchbrochen (Fig. 73 C, bei s), und nur ihr Rand bleibt als verdickter Ring zurück. Sind die Querwände schräg orientirt, so pflügen sie mehrere Löcher zu erhalten, und die zwischen denselben befindlichen Membranteile erscheinen dann wie die Sprossen einer Leiter. Man bezeichnet demgemäss auch diese Art der Wanddurchbrechung als die leiterförmige (Fig. 104 q). Der lebendige Inhalt der Gefässglieder wird nach Durchbrechung der Querwände vollständig resorbirt, die fertigen Gefässe führen, so lange sie in Thätigkeit sind, Wasser und begrenzte Mengen von Luft. Nach der Art der Wandverdickung wird zwischen Schrauben-, Netz- oder Tüpfelgefässen unterschieden. Folgen an den Seitenwänden quer-gestreckte Tüpfel regelmässig in geraden Reihen über einander (Fig. 104), so wird das Gefäss als Treppengefäss bezeichnet. Die Wandverdickung der Gefässe ist stets verholzt.



Fig. 104. Unteres Drittel eines Treppengefässes aus dem Rhizom des Adlerfarn (*Pteris aquilina*). t die quergestreckten Tüpfel an den Seitenwänden, q die leiterförmig durchbrochene Endfläche. (Nach DE BARY.) Vergr. 95.

noch in Längsstreckung begriffenen Pflanzentheilen ausgebildet, Gefäße dagegen nach vollendetem Längenwachsthum. Echte Gefäße treten zum ersten Mal bei einigen Farnkräutern, so unserem Adlerfarn (*Pteris aquilina*), auf. Im Uebrigen bleiben die Gefäßcryptogamen, ungeachtet des Namens den sie führen, auf Gefäßstracheiden angewiesen. Auch bei den Gymnospermen ist nur eine kleine Familie, die Gnetaceen, mit Gefäßen ausgestattet. Erst bei den Angiospermen gelangen die Gefäße zur Herrschaft. Die Länge der Gefäße ist nicht unbegrenzt. Einzelne können zwar, im Besonderen bei den kletternden Holzgewächsen, den Lianen (S. 23), doch auch bei der Eiche, einige Meter Länge erreichen, im Allgemeinen bleibt aber ihre Länge unter 1 m stehen, und bei Pflanzen, deren Holzkörper mit Gefäßen allein das Wasser leitet, hält sie sich meist nur um 10 cm. Maassgebend ist für die Gefäßlänge die Vertheilung unperforirter, nur mit Hofstüpfeln versehener Querwände innerhalb des an sich continuirlichen Gefäßsystems.

Eine ähnliche Verschmelzung, wie wir sie bei den Milchgefäßen kennen lernten, bieten uns oft auch die Hyphen der Pilze, deren protoplasmatischer Inhalt an den Berührungsstellen verschmilzt, während die trennenden Zellhäute aufgelöst werden. — Noch vollständiger ist die Verschmelzung der nackten Myxomyceeten-Amoeben, wenn sie sich zum Plasmodium (S. 45) vereinigen. Auch bei den Befruchtungsvorgängen sehen wir die generativen Zellen mit einander verschmelzen (S. 74), doch ist diese geschlechtliche Vereinigung durch bestimmte Merkmale charakterisirt, die sie zu einem Vorgang eigener Art erheben.

## II. Gewebelehre<sup>(52)</sup>.

**Ursprung und allgemeine Eigenschaften der Gewebe.** Jeder innigere Verband von Zellen wird als Gewebe bezeichnet. Die Entstehung pflanzlicher Gewebe ist im Allgemeinen auf Zelltheilung zurückzuführen. Nur bei den Pilzen und Schlauchalgen (Siphoneen) werden Gewebe durch Verflechtung schlauchförmiger Zellen, beziehungsweise Zellfäden, erzeugt (Fig. 105). Ist das Geflecht besonders dicht und kommt es zu einer innigen Vereinigung der verflochtenen Zellen, so macht das erzeugte Gewebe durchaus denselben Eindruck, wie ein Gewebe der höher organisirten Pflanzen (Fig. 106).



Fig. 105. Längsschnitt durch den Stiel des Fruchtkörpers des Steinpilzes (*Boletus edulis*). Vergr. 300.



Fig. 106. Längsschnitt durch das Mutterkorn (*Sclerotium* von *Claviceps purpurea*). Vergr. 300.

Die gegenseitige Abhängigkeit der Zellen in einem Gewebe giebt sich in dem Aufeinandertreffen der Tüpfel (Fig. 68, 70, 71) und sonstigen Uebereinstimmungen der Membranverdickung zu erkennen.

Die zu einem Gewebe verbundenen Zellen schliessen entweder lücken-

los zusammen (Fig. 70), oder sie sind stellenweise von einander getrennt. Solche Lücken im Gewebe werden Zwischenzellräume oder Intercellularräume, auch kürzer Intereellularen genannt. In Geweben, die durch Verflechtung von Zellfäden entstanden sind, stellen die Intercellularen zurückgebliebene Zwischenräume dar (Fig. 105). In Geweben, die aus Zelltheilungen hervorgingen, müssen die Intercellularen nachträglich sich bilden, denn die Scheidewand, die eine Zelle theilt, ist ihrer ganzen Ausdehnung nach einfach.

Erst später, und zwar nach vorausgegangener Verdickung, wird somit die ursprüngliche Scheidewand gespalten und ein Intercellularraum erzeugt. Ursache der Spaltung ist die Abrundung der Zellen durch späteres Wachstum. Demgemäss geht die Bildung der Intercellularen meist von den Zellkanten aus. Die aus pectinartigen Stoffen bestehende primäre Wandung verquillt an den entsprechenden Stellen.

Der einfachste und zugleich häufigste Fall ist der, dass die Intercellularen im Querschnitt die Gestalt kleiner Dreiecke und Vierecke besitzen (Fig. 68 *i*, 74 *i*). Sie verdanken einer Spaltung der Zellwand ihre Entstehung und werden als schizogene bezeichnet. Bei bevorzugtem Wachstum bestimmter Zellwandstellen werden derartige schizogene Intercellularen zu grösseren Kammern oder Gängen von mehr oder weniger regelmässiger Gestalt erweitert. Ungleich vertheiltes Wachstum führt oft zur völligen Trennung benachbarter Zellen, ja auch zu einer Dehnung und Zerreiessung einzelner Zellen oder ganzer Gewebegruppen. Die hohlen Stengel entstehen beispielsweise auf diesem letzten Wege. Solche auf Zerreiessung oder Auflösung von Zellen zurückzuführende Intercellularen heissen lysigene. — Die meisten Intercellularen führen Luft, doch enthalten sie auch in bestimmten Fällen Wasser, in anderen Ausscheidungsproducte wie Gummi, Schleim, Harz oder ätherische Oele, in noch anderen Fällen, doch selten, Milchsaft. Meist bildet Luft den Inhalt schizogener Intercellularen, deren allgemeine Aufgabe auch thatsächlich in der Durchlüftung des Pflanzenkörpers liegt, während die lysigenen Intercellularen oft Wasser oder Secrete enthalten.

Unter den schizogenen Intercellularen sind die mit ätherischem Oel oder Harz erfüllten besonders hervorzuheben. Aetherisches Oel führende kürzere Räume oder längere Gänge sind im Stamm, in den Wurzeln und Blättern bei zahlreichen Pflanzenfamilien anzutreffen, im Besonderen reich an ihnen sind die Umbelliferen, bei welchen Oelgänge auch die charakteristischen Striemen (Vittae) in den Früchten bilden. Mit Harz erfüllte Canäle zeichnen die Nadelhölzer (Coniferen) ganz besonders aus (Fig. 140 *h*). Schon während des Auseinanderweichens der Zellen erscheint der sich bildende Secretbehälter mit Secret erfüllt. Die Erweiterung des Secretbehälters wird meist von einer Theilung der ihn umgebenden Zellen begleitet, deren Zahl sich entsprechend vermehrt zeigt. Diese Zellen bleiben dünnwandig, schliessen seitlich dicht an einander, wölben sich auch wohl in den Secretraum vor. Die lysigenen Secretbehälter stellen unregelmässige Hohlräume im Gewebe vor. So weit sie ätherisches Oel oder Harz führen, gehen sie aus Zellgruppen hervor, in welchen diese Stoffe zunächst in Tröpfchen auftreten. Dann werden die Wände der Zellen allmählich aufgelöst. Die Auflösung schreitet von der Mitte der Zellgruppe gegen die Peripherie fort. In solcher Weise entstehen unter Anderem die mit ätherischem Oel erfüllten Secretbehälter der Rutaceen, z. B. bei Dietamnus, oder der Aurantien, z. B. in den Orangen und Citronen. Der Entstehung von sogen. Harzdrüsen oder Harzgallen bei den Coniferen geht die Bildung eines abnormen Gewebes voraus, das weiterhin verharzt. Solchen Ursprung hatte auch der Bernstein, der das fossile

Harz der Bernsteinfichte (*Picea succinifera*) ist. In lysigenen Gummihöhlen geht die Gummibildung von den Zellwandungen aus. Entweder wird normales Gewebe von dieser Veränderung ergriffen, so bei der Entstehung des Gummi arabicum in den Akazien, oder abnormes Gewebe wird zunächst erzeugt und geht dann in Gummi über, so bei der Entstehung des Kirschgummi. — Milchsaft kommt in lysigenen Interzellularen nicht vor.

Die bei der Zelltheilung erzeugten Scheidewände sind einfache Membranelamellen. In jedem durch Zelltheilung erzeugten Gewebe kommen diese Lamellen den angrenzenden Zellen somit gemeinsam zu. Die mittleren Trennungswände, die auf Querschnitten zwischen den Zellen hervortreten, bestehen aber meist nicht aus den primären Zellwänden allein, sondern aus diesen und den primären Verdickungsschichten. Diese Trennungswände hat man als Mittellamellen bezeichnet (Fig. 68 *m*, 70 *m*). In weichen Geweben bestehen die Mittellamellen nach MANGIN<sup>(25)</sup> vornehmlich aus einem mit Kalk verbundenen Pectinstoffe (Calciumpectat), in verholzten und verkorkten Geweben sind sie ähnlich zusammengesetzt, ausserdem aber verholzt. In weichen Geweben lassen sich die Zellen schon durch Kochen im Wasser, welches die Mittellamellen zum Quellen bringt, von einander trennen. In reifen Früchten tritt diese Verquellung von selbst ein, daher die Zellen sich vielfach isoliren. Verholzte Mittellamellen widerstehen hingegen oft besonders gut der Einwirkung oxydirender Mittel. Demgemäss lassen sich durch das SCHULTZE'sche Macerationsgemisch (chlorsaures Kali und Salpetersäure) bei nachfolgender Behandlung mit concentrirter Schwefelsäure aus Querschnitten durch Kiefernholz alle secundären und tertiären Membranschichten entfernen, so dass nur die Mittellamellen als zartes Netzwerk zurückbleiben. Wird das Macerationsverfahren aber längere Zeit fortgesetzt ohne nachherigen Zusatz von Schwefelsäure, so führt das schliesslich zur Auflösung der Mittellamellen, während die ihres Holzstoffes beraubten Verdickungsschichten der Membranen zurückbleiben. Das SCHULTZE'sche Macerationsverfahren wird daher auch angewandt, um die Elemente eines verholzten Gewebes von einander zu trennen. Das chemisch abweichende Verhalten der Mittellamellen führte seinerzeit zur Annahme einer besonderen Interzellulärsubstanz, die als Kitt die Zellen in den pflanzlichen Geweben verbinden sollte. — Die nachträgliche Einlagerung von Pectinverbindungen (S. 58) in die Mittellamellen führt in manchen Fällen zur Bildung von Stäbchen und Warzen, die in die Interzellularen hineinragen, oder zur Ausfüllung dieser Interzellularen und Bildung sogen. Zwickel (Fig. 70 *C*, *m*\*). Die Auskleidung der Interzellularen mit Pectinstoffen, die durch Chlorzinkjod gelbbraun gefärbt werden, hatte vorübergehend zu der irrigen Annahme geführt, es seien die Interzellularen der Pflanzen mit einer dünnen Schicht von lebendem Cytoplasma überzogen.

**Gewebearten.** Die fertigen pflanzlichen Gewebe lassen sich der Hauptsache nach in zwei Gruppen scheiden, zwischen welchen aber eine scharfe Grenze nicht zu ziehen ist, in Parenchyme und in Prosenchyme. Als typisch ausgebildetes parenchymatisches Gewebe kann ein solches gelten, dessen Zellen dünnwandig, in allen Richtungen annähernd gleich stark ausgedehnt sind, einen protoplasmatischen Wandbeleg und verschiedene Inhaltsstoffe führen. Als extrem ausgebildetes prosenchymatisches Gewebe ist ein solches anzusehen, das aus dickwandigen, in einer Richtung besonders ausgedehnten Zellen besteht, die spindel- oder faserförmig gestaltet sind, mit ihren zugespitzten Enden fest zwischen einander greifen, deren protoplasmatischer Wandbeleg sehr reducirt oder ganz geschwunden ist und in denen sonstige Inhaltsstoffe meist fehlen. — Dickwandiges gestrecktes Parenchym kann dem Prosenchym sehr ähnlich werden, von ihm sich aber noch durch die mangelnde Zuspitzung der Zellenden, beziehungsweise auch

reichlicheren Inhalt unterscheiden. Dünnwandige Prosenchyme brauchen andererseits nicht immer inhaltsarm zu sein, müssen sich aber doch durch die Zuspitzung und das Ineinandergreifen der Zellenden als Prosenchym kennzeichnen.

Ein noch undifferenziertes Gewebe, das in der Zellvermehrung steht, wird embryonales Gewebe oder Meristem genannt. Die Meristeme der embryonalen Anlagen und der Vegetationspunkte werden als Urmeristeme, alle von diesem Urmeristem direct abzuleitenden Meristeme als primäre bezeichnet. Solche primären Meristeme vermögen auch zwischen fertigen Geweben ihren meristematischen Charakter zu behalten. Fertig ausgebildete Gewebe heissen im Gegensatz zu den Meristemen Dauergewebe. Unter Umständen tritt ein Dauergewebe wieder in Zelltheilung ein und bildet ein secundäres Meristem oder Folgeristem.

Bestimmte Gewebe treten uns im Pflanzenkörper zu höheren histologischen Einheiten vereinigt entgegen und werden dann als Gewebesysteme zusammengefasst. Es lassen sich drei solcher Gewebesysteme bei den höher organisirten Pflanzen unterscheiden: das Hautgewebesystem, das Gefässbündelsystem und das Grundgewebesystem.

Die Gewebe, welche an dem Aufbau der Gewebesysteme theilhaft sind, müssen aber, ihrer Entstehung nach, in primäre und secundäre geschieden werden. Die primären sind solche, welche aus dem Urmeristem, die secundären solche, welche aus primären Meristemen oder aus Folgeristem hervorgehen.

Wir müssen zuerst die primären Bestandtheile der Gewebesysteme kennen lernen.

### A. Primäre Gewebe.

**Das Hautgewebesystem.** Bei den Pteridophyten und Phanerogamen ist die Körperoberfläche von einer scharf abgesetzten Oberhaut oder Epidermis überzogen. Diese Epidermis ist fast immer einschichtig (Fig. 74 e), meist scharf gegen das innere Gewebe abgesetzt, an der Aussenseite stärker verdickt. Letzteres im Besonderen an allen für längere Lebensdauer eingerichteten, oberirdischen Pflanzentheilen, während die vergänglichen, wie z. B. Blumenblätter, und die unterirdischen, so vor Allem die Wurzeln, meist nur dünnwandige oder doch nur schwach verdickte Epidermiszellen aufweisen. Auch bei starker Verdickung der Aussenwandungen der Epidermiszellen sind deren Seitenwandungen, zum Mindesten in einem Theile ihres Verlaufs, unverdickt. Die Aussenwände sind mehr oder weniger vollständig cutinisirt; sie werden von einem zarten Häutchen gedeckt, das continuirlich über die Epidermiszellen fortläuft und das man als Cuticula bezeichnet. Diese Cuticula ist besonders stark cutinisirt und widersteht selbst der Einwirkung concentrirter Schwefelsäure. Sie geht aus den primären Wänden der jüngeren Epidermiszellen, die während der Grössenzunahme der Pflanzentheile sehr bedeutend gestreckt und durch Einlagerung von Cutin verstärkt werden, hervor. Häufig ist die Cuticula etwas faltig und erscheint in Folge dessen gestreift (Fig. 113). Durch Verdickung und Cutinisirung der Epidermiszellen an ihrer Aussenseite wird deren mechanische Leistungsfähigkeit erhöht und die Transpirationsgrösse herabgesetzt. Durch besonders starke Verdickung und Cutinisirung der Aussenwände ihrer Epidermiszellen pflegen die Pflanzen trockener Klimate, oder solche, bei welchen aus anderen Gründen

die Transpiration an der Oberfläche herabgesetzt werden muss, ausgezeichnet zu sein. Bei vielen Gramineen, den Schachtelhalmen (Equiseten) und manchen anderen Gewächsen sind die Zellwände der Epidermis verkieselt. Bei den Schachtelhalmen ist die Verkieselung so stark, dass man diese Gewächse zum Poliren benutzen kann. Durch Glühen wird die Structur ihrer Epidermiszellen nicht zerstört.

Wie DE BARY zeigte, ist in den cutinisirten Membranschichten der Epidermis auch Wachs eingelagert, daher das Wasser meist von der Epidermis der Pflanzentheile abfließt, ohne sie zu benetzen. Tritt das Wachs aus der Epidermis nach aussen hervor, so entstehen Wachsüberzüge, welche an unseren Früchten, und zwar besonders auffällig bei den Pflaumen, den sogen. Reif bilden. Diese Wachsüberzüge können aus Körnchen, kürzeren oder längeren Stäbchen (Fig. 107) oder Krusten bestehen. Zur grössten Mächtigkeit gelangen die Wachskrusten auf den Blättern bestimmter Palmen, so bis zu 5 mm Dicke bei der peruanischen Wachspalme (*Ceroxylon andicola*). Dieses Wachs, so wie dasjenige von der Oberfläche der Früchte von *Myrica cerifera*, findet als Pflanzenwachs technische Verwerthung. Die Wachsüberzüge können an der Flamme zum Schmelzen gebracht werden, sie lösen sich in Aether oder in heissem Alkohol. In manchen Fällen werden die Wachsüberzüge durch Körnchen oder Schüppchen einer fettartigen Substanz ersetzt, die sich schon in kaltem Alkohol löst. Diese Ueberzüge erscheinen mehligweiss oder goldgelb, und sie sind es, die uns so bei den Silber- und Goldfarnen, besonders *Gymnogramme*-Arten, auffallen.

Zwischen den Verdickungsschichten der Epidermiszellen und der Cuticula wird in manchen anderen Fällen eine schleimige, beziehungsweise klebrige Substanz erzeugt, welche die Cuticula abhebt und schliesslich sprengt. Solche secernirenden Drüsenflächen finden sich öfters innerhalb von Knospen, manchmal als klebrige Zone am Stengel, so bei *Lychnis viscaria* und noch anderen Sileneen, um die höher gelegenen Blüten vor unbefugtem Besuch zu schützen. Kleine Thiere, die sonst den Blütenhonig aufzehren würden, vermögen nämlich diese klebrige Zone ebensowenig zu überschreiten, wie andere grössere Thiere den Pechring, den man am Stamm von Obstbäumen anbringt. Secernirende Epidermisflächen sind es andererseits auch, welche die Oberfläche von Blütennectarien bilden und durch das süsse Secret, das sie bilden, diejenigen Thiere, meist Insecten, anlocken, welche die Bestäubung vermitteln.

Die Zellen der Epidermis sind lückenlos mit einander verbunden; ihre seitlichen Umrisse meist wellig (Fig. 108). Der protoplasmatische Inhalt der Epidermiszellen erscheint für gewöhnlich auf einen dünnen Wandbeleg eingeschränkt; ihr Saffraum ist mit farblosem Zellsaft erfüllt, der unter Umständen aber auch gefärbt sein kann; ihre Chromatophoren umgeben meist in Gestalt

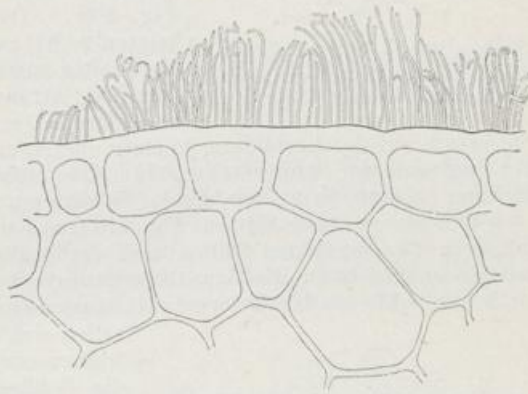


Fig. 107. Querschnitt durch einen Stengelknoten des Zuckerrohrs (*Saccharum officinarum*) mit stäbchenförmigem Wachsüberzug. Vergr. 540.

kleiner, farblos Anlag den Zellkern, und zeigen somit, dass auch im Lichte die Ausbildung dieser Anlagen zu Chloroplasten unterbleiben kann, wenn die Zelle nicht bestimmt ist, sich an dem Assimilationsvorgang zu betheiligen. Solche Epidermiszellen mit unentwickelten Chromatophoren-Anlagen haben ausser der Aufgabe des Schutzes und Abschlusses nach aussen, auch noch die, als Wasserbehälter zu fungiren. Die unverdickten Partien der Seitenwände dieser Zellen können Falten bilden und befähigen sie so zu einem blasebalgartigen Spiel, das ihr Anschwellen bei Wasserzufuhr, ihr Zusammen-sinken bei Wassermangel ermöglicht. — Bei Schattenpflanzen sind die Epidermiszellen meist chlorophyllhaltig (Fig. 109).

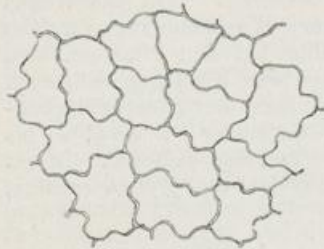


Fig. 108. Flächenansicht der Epidermis von der Blattoberseite von *Mercurialis perennis*. Vergr. 300.

Sie beruht auf der Ausbildung je einer oberen und unteren Verdickungsleiste an der Spaltseite der Schliesszellen. In halber Höhe unterbleibt hingegen die Verdickung an jener Seite, wie das im Besonderen der Querschnitt Fig. 111 zeigt.

Wie unsere Querschnitte in Fig. 110 B und 111 lehren, springen die Schliesszellen an den verdickten Stellen nach der Spalte vor, was den Verschluss derselben noch erleichtert. Die Figur 108 zeigt zugleich deutlich, dass an der Einfügungsstelle der Schliesszellen die verdickte Aussenwand der angrenzenden Epidermiszellen sich plötzlich verdünnt, wodurch gewissermaassen Charniere entstehen, welche die Schliesszellen von den benachbarten Epidermiszellen fast unabhängig machen.

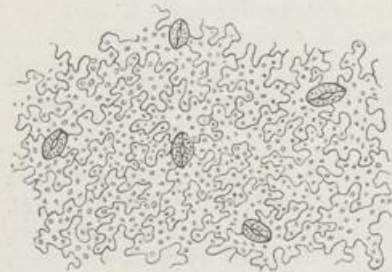


Fig. 109. Epidermis mit Spaltöffnungen von der Blattunterseite von *Impatiens parviflora*. Vergr. 160.

Dasselbe Ergebniss wird in anderen Fällen erreicht durch ein Emporheben der Spaltöffnungen über die Epidermis, oder was häufiger ist, durch ein Versenken derselben zwischen die unteren, schwächer verdickten Theile der Epidermiszellen. Häufig endlich werden die Schliesszellen, wie in Fig. 110 zu sehen, von besondern, schwächer verdickten oder weniger hohen Zellen umgeben, welche man als Nebenzellen bezeichnet. — Die Spaltöffnungen entstehen durch Theilung junger Epidermiszellen. Im einfachsten Falle zerfällt eine junge Epidermiszelle dabei in eine kleinere inhaltsreichere Zelle, die zur Spaltöffnungsmutterzelle wird, und in eine grössere inhaltsärmere, die gewöhnliche Epidermiszelle bleibt. Die Spaltöffnungsmutterzelle rundet sich ellipsoidisch ab und theilt sich durch eine Längswand in die beiden Schliesszellen. In der Längswand bildet sich hierauf der Spalt als Intercellulargang aus. — Oft folgen mehrere Zelltheilungen in der jungen Epidermiszelle auf einander, bevor die Spaltöffnungsmutterzelle entsteht. Dann ist die fertige Spaltöffnung meist von Nebenzellen umgeben.

Für die Epidermis aller an der Luft lebenden Theile höher organisirter Gewächse ist die Ausbildung von Spaltöffnungen (Stomata)<sup>(53)</sup> charakteristisch. Diesen Namen führen elliptische Zellenpaare, die zwischen sich einen spaltenförmigen Intercellulargang ausbilden (Fig. 109). Die beiden Zellen (Fig. 110 A) heissen Schliesszellen. Sie sind stets chlorophyllhaltig und zeichnen sich durch die eigenthümliche Art ihrer Verdickung aus. Diese wird besonders an Querschnitten (Fig. 110 B) kenntlich.

Die Spaltöffnungen entstehen durch Theilung junger Epidermiszellen. Im einfachsten Falle zerfällt eine junge Epidermiszelle dabei in eine kleinere inhaltsreichere Zelle, die zur Spaltöffnungsmutterzelle wird, und in eine grössere inhaltsärmere, die gewöhnliche Epidermiszelle bleibt. Die Spaltöffnungsmutterzelle rundet sich ellipsoidisch ab und theilt sich durch eine Längswand in die beiden Schliesszellen. In der Längswand bildet sich hierauf der Spalt als Intercellulargang aus. — Oft folgen mehrere Zelltheilungen in der jungen Epidermiszelle auf einander, bevor die Spaltöffnungsmutterzelle entsteht. Dann ist die fertige Spaltöffnung meist von Nebenzellen umgeben.



Die Spaltöffnungen finden sich vornehmlich auf den grünen Theilen der Pflanze, fehlen aber auch nicht auf den anders gefärbten Blumenblättern. In grösster Zahl sind sie naturgemäss auf den Laubblättern vertreten, um dort den mit den Assimilationsvorgängen verknüpften Gasaustausch zu erleichtern. Ist das Blatt, wie meist der Fall, dorsiventral gebaut, so stehen die Spaltöffnungen vornehmlich, wenn nicht ausschliesslich, an dessen Unterseite.

Dort findet man in den meisten Fällen etwa 100 Spaltöffnungen auf den Quadratmillimeter; doch steigt bei einzelnen Pflanzen diese Zahl bis auf 700. Blätter, die auf beiden Seiten gleich gebaut sind, pflegen auch auf beiden Seiten mit Spaltöffnungen versehen zu sein. Schwimmende Blätter von Wasserpflanzen besitzen Spaltöffnungen nur auf ihrer der Luft zugekehrten Oberseite. In manchen Fällen, wie

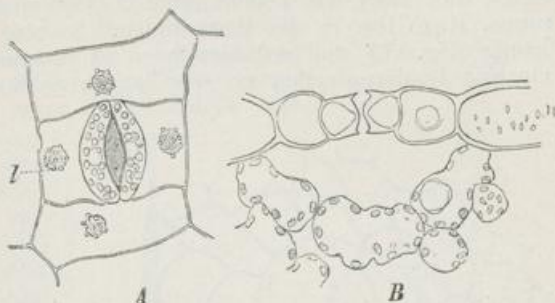


Fig. 110. Epidermis der Blattunterseite von *Tradescantia virginica*. A von aussen, B im Querschnitt, l farblose Anlagen von Chromatophoren in der Nähe der Zellkerne. Vergr. 240.

beim Oleander (*Nerium Oleander*), nehmen die Spaltöffnungen besondere krugförmige Vertiefungen der Blattunterseite ein und sind dort in grösserer Zahl zusammengedrängt. — Unter jeder Spaltöffnung befindet sich im Blattgewebe ein grosser Intercellularraum, die sogen. Athemhöhle (Fig. 110 B). Sie steht mit den übrigen Intercellularen des Blattgewebes in Verbindung. Diese pflegen bei Pflanzen feuchter Standorte weiter als bei denjenigen trockener Standorte zu sein.

Alle die dem Gasaustausch dienenden Spaltöffnungen können als Luftspalten zusammengefasst und den Wasserspalten gegenübergestellt werden, welche weit spärlicher vertreten sind, vielen Pflanzen überhaupt fehlen, stets nur über den Nervenendigungen der Blätter sich befinden und der Ausscheidung von Wasser, beziehungsweise wässrigen Lösungen dienen. In letzteren ist kohlen-saurer Kalk besonders häufig vertreten, der dann, wie an den Blatträndern vieler Steinbrech- (*Saxifraga*-) Arten, weisse Schüppchen über den Wasserspalten bildet. Vielfach führen

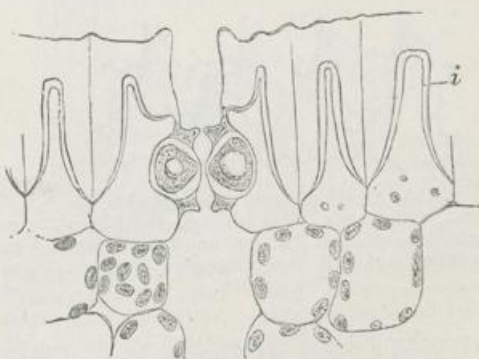


Fig. 111. Querschnitt durch die Epidermis von *Aloë nigricans*, i innere, nicht cutinisierte Verdickungsschicht. Vergr. 240.

junge Blätter an ihrer Spitze und den Spitzen ihrer Zähne Wasserspalten, die am fertigen Blatte vertrocknet sind. Meist verlieren die beiden Schliesszellen der Wasserspalten frühzeitig ihren lebendigen Inhalt, und der Spalt zwischen ihnen steht dann unverändert weit offen. Die Wasserspalten sind grösser als die Luftspalten, wie aus ihrem Bilde (Fig. 112) für die Kapuzinerkresse (*Tropaeolum majus*) zu ersehen ist. Während an den Blättern

submerser Pflanzen naturgemäss Luftspalten fehlen, kommen an ihnen nicht selten Wasserspalten vor.

Zu den charakteristischen Gebilden des Hauptgewebesystems gehören auch die Haare oder Trichome und die Hautauswüchse oder Emergenzen. Die Zellen der Haare bleiben entweder lebendig, oder sie sterben ab und füllen sich mit Luft. Dann erscheint das Haar weiss. In einfachster Form treten die Haare als kegelförmige Ausstülpungen der Epidermiszellen, als sogen. Papillen in die Erscheinung. So sind sie an Blumenblättern sehr häufig (Fig. 113) und ertheilen ihnen ein sammetartiges Aussehen. Wachsen einzelne Epidermiszellen zu sehr langen Schläuchen aus, so entstehen ent-

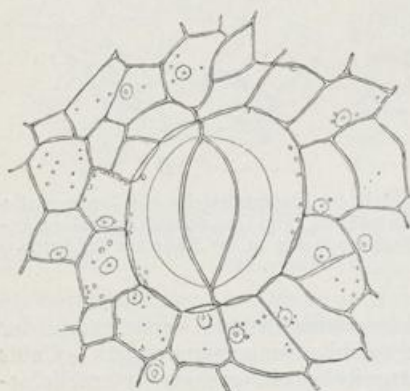


Fig. 112. Wasserspalten vom Blattrande von *Tropaeolum majus*, nebst angrenzenden Epidermiszellen. Vergr. 240.

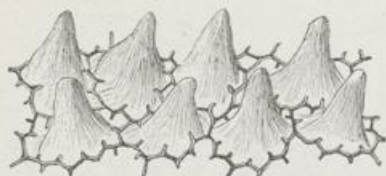


Fig. 113. Oberhaut vom Blumenblatte des Stiefmütterchens, *Viola tricolor*. Die Zellen mit faltenartigen Leisten an den Seitenwänden und mit vorspringenden Papillen. Vergr. 250.

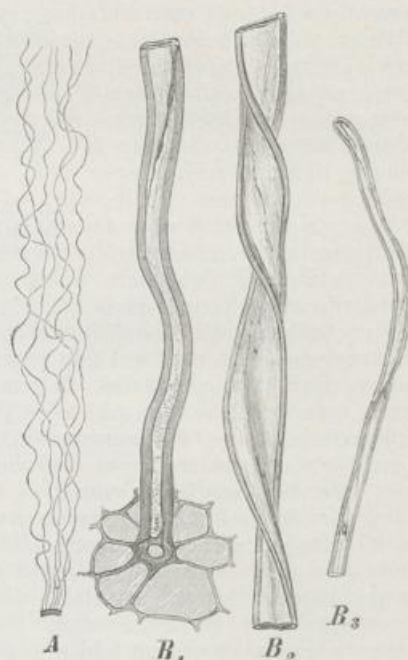


Fig. 114. Samenhaare der Baumwolle, *Gossypium herbaceum*. A Ein Stück der Samenhaut mit Haaren, 3 Mal vergrössert. B<sub>1</sub> Ansatzstelle und unterer Theil, B<sub>2</sub> mittlerer Theil, B<sub>3</sub> oberer Theil eines Haares 300 Mal vergrössert.

sprechend lange Haare, wie sie beispielsweise als Wurzelhaare (Fig. 53 r) für bestimmte Regionen der Wurzel (S. 37) charakterisirt sind. Die Wurzelhaare behalten bis zuletzt ihren lebendigen Inhalt. Von ähnlicher Gestalt sind oft Wollhaare, welche junge Pflanzentheile schon in der Knospe überziehen, alsbald absterben und dann entweder abgestreift werden, oder verbleiben, um als filziger Ueberzug den fertigen Pflanzentheil zu decken. Sie bilden einen Schirm, der vor directer Insolation schützt oder auch durch Erschwerung des Gaswechsels die Verdunstung herabsetzt. Eine ungewohnte Länge erreichen die einzelligen Haare, welche der Epidermis der Samenschale bei *Gossypium*-Arten entspringen und als Baumwollhaare bekannt sind (Fig. 114). Diese Haare können bis 6 cm Länge erreichen. Im älteren

Zustände führen sie Luft. Ihre Wand erreicht eine für Haare relativ bedeutende Dicke und ist von einer zarten Cuticula überzogen. Das Haar ist meist etwas abgeflacht, dreht sich um seine Achse und erreicht in halber Länge seine grösste Breite (Fig. 114B<sub>2</sub>). Nur eine Anzahl Oberhautzellen der Samenschale wächst in solche Haare aus (B<sub>1</sub>). — Relativ kurze, zugespitzte Haare mit verdickten Wänden, in welche Kalk oder Kieselerde eingelagert ist, werden als Borsten (Fig. 115, unten rechts) bezeichnet.

Eine besondere Art solcher Borsten sind die Brennhaare, wie sie den Brennnesseln (Urtica-Arten) (Fig. 115) und den Loosen zukommen. Diese Brennhaare gehen ebenfalls aus einer Epidermiszelle hervor, die aber während der Haarbildung stark anschwillt und von benachbarten Epidermiszellen hierauf becherförmig umfasst wird. Durch Zellvermehrung in dem an die Haarbasis angrenzenden Gewebe erhält das Haar gleichzeitig einen säulenförmigen Fuss. Die Haarzelle spitzt sich an ihrem oberen Ende zu und endet dort mit einem kleinen, schräg aufgesetzten Köpfchen. Unter diesem Köpfchen bleibt die Haarwandung unverdickt. Das Ende des Haares ist verkieselt, die übrigen Wandtheile verkalkt, das Haar daher sehr steif. Es bildet eine Schutzvorrichtung gegen Thiere. Wird es durch dieselben berührt, so bricht sein Köpfchen ab, seine Spitze erhält die Form der Mündungsstelle einer Einstechkanüle, dringt in die Haut ein und der Inhalt des Haares ergiesst sich in dieselbe. Da dieser Inhalt sehr giftig ist, ruft er eine Entzündung, das sogen. Brennen hervor, welches, wenn durch gewisse tropische Brennnesseln verursacht, gefährlich werden kann.

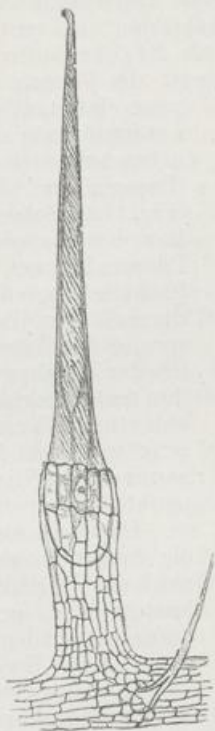


Fig. 115. Brennhaar von *Urtica dioica*, nebst einem Stück Epidermis, auf dieser rechts eine kleine Borste. Vergr. 60.

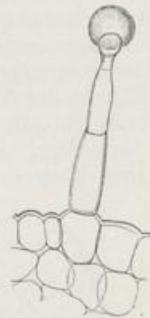


Fig. 116. Drüsenhaar vom Blattstiel der *Primula sinensis*, oben das Secret. (Nach DE BARY.) Vergr. 142.

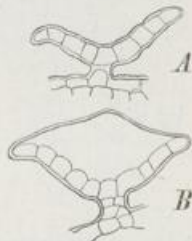


Fig. 117. Drüsenschuppen von den weiblichen Blütenständen des Hopfens (*Humulus Lupulus*) im senkrechten Durchschnitt. A vor Beginn der Secretbildung, B die Cuticula durch das Secret emporgehoben, das Secret durch Alkohol entfernt. (Nach DE BARY.) Vergr. 142.

Die einzelligen Haare, wie wir sie bisher allein ins Auge gefasst haben, vermögen auch an ihrem freien Ende stark kugelig anzuschwellen, oder mit unregelmässigen Anschwellungen an den Seitenwänden versehen zu sein; sie können auch kurz bleiben und blasenförmig sich erweitern, auch spießförmig längs der Epidermisoberfläche sich strecken, oder sich sternförmig ausbreiten. — Die vielzelligen Haare stellen entweder einfache Reihen gleicher Zellen dar, so die uns schon bekannten Staubfadenhaare von *Tradescantia* (Fig. 60), oder ihre Endzelle schwillt kugelig an (Fig. 116), so bei der chinesischen Primel (*Primula*

sinensis), oder sie breiten sich auf der Epidermis zu einem scheibenförmigen, sternförmigen oder becherförmigen (Fig. 117) Gebilde aus, oder sie verzweigen sich in dieser oder jener Weise, büssen ihren lebendigen Inhalt ein, füllen sich mit Luft und bilden wie die einzelligen Wollhaare seidige oder filzige Ueberzüge am Pflanzenkörper. In bestimmten Fällen, so bei Ausbildung der Spreuschuppen der Farne erlangt das Haar die Gestalt eines Blättchens.

An der Bildung der Emergenzen betheiligen sich ausser der Epidermis mehr oder weniger tief reichende Partien des unter ihr gelegenen Gewebes. Nur wenige subepidermoidale Zellreihen setzen sich beispielsweise in die, im Uebrigen nur aus Epidermis aufgebauten Emergenzen an den Enden und den Zähnen der Nebenblätter des Stiefmütterchens (*Viola tricolor*) fort (Fig. 118). Tiefer reichende Zellschichten sind mit am Aufbau derjenigen Emergenzen betheiligt, welche als Stacheln den Rosenstrauch schützen, zugleich ihn zum Klettern befähigen. Es können sogar Gefässbündel in eine Emergenz eintreten, so in die keulenförmigen, als Digestionsdrüsen oder auch als Tentakeln bezeichneten Auswüchse, welche das Sonnenthaupflänzchen (*Drosera*) auf der Oberseite seiner Blätter trägt (Fig. 119). Solche Emergenzen nähern sich in ihrem Bau bestimmten metamorphosirten Gliedern des Pflanzenkörpers, wie wir sie in der äusseren Morphologie kennen gelernt haben, so vor Allem die Stacheln den Dornen. Der phylogenetische Ursprung der Emergenzen und der metamorphosirten Glieder ist aber ein verschiedener und daher auch ihre morphologische Beurtheilung verschieden. Die unbestimmte Vertheilung der Emergenzen am Pflanzenkörper giebt für ihre Unterscheidung von metamorphosirten Gliedern bereits äussere Anknüpfungspunkte.

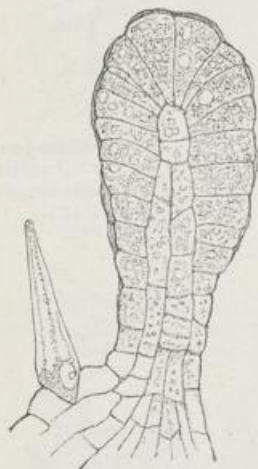


Fig. 118. Eine Drüsenzotte vom Nebenblatt von *Viola tricolor*, neben ihr ein einzelnes Haar. Vergr. 240.

Die Haare und die Emergenzen vermitteln häufig die Secretion, sie werden dann als Drüsen bezeichnet. Vielfach dienen sie der activen Wasserausscheidung, gegebenen Falls auch der Wasseraufnahme, und gehören dann zu den von HABERLANDT<sup>(54)</sup> als Hydathoden bezeichneten Gebilden. Die haarförmigen Hydathoden sind nur selten einzellig, meist mehrzellig, und zwar dann kurzgestielte Köpfchenhaare. Andere Drüsen scheiden harzige Stoffe aus, so die Haare, die wir bei *Primula sinensis* (Fig. 116) schon betrachtet haben. Ihnen verdankt diese Pflanze den charakteristischen Duft, der sie auszeichnet. Das harzige Secret wird aus dem terminalen Köpfchen zwischen den Verdickungsschichten der Zellwand und der Cuticula ausgeschieden und hebt diese empor. Schliesslich wird die Cuticula gesprengt und das Secret auf diese Weise frei. Die Figur 117 führt uns die Hopfendrüsen vor, welche das Lupulin aussondern, jenen Stoff, der dem Biere den bitteren Geschmack und ein bestimmtes Aroma ertheilt. Das Secret hebt auch hier die Cuticula, und zwar als gemeinsames Häutchen, von der Oberseite der Drüse ab (Fig. 117 B).

Durch Verquellung der unter der Cuticula gelegenen Membranschicht wird der Schleim der sogen. Leimzotten oder Colleteren erzeugt. Diese Leimzotten sind verschiedenartig gestaltete Haargebilde, welche die jüngsten Anlagen in den Knospen häufig decken. Der von ihnen erzeugte Schleim schützt die

jugendlichen Knospentheile vor dem Austrocknen. Der Schleim wird durch Sprengung der Cuticula frei. Eine neue Cuticula kann dann an der Colletere entstehen und die Verschleimung unter ihr sich wiederholen. Wird in die verschleimten Membranschichten ein Secret ausgesondert, so handelt es sich um Drüsenzotten. So sondern in den Winterknospen vieler unserer Bäume, z. B. der Rosskastanie (*Aesculus Hippocastanum*), die auf den Deckschuppen befindlichen Drüsenzotten ein Gemenge von Gummi und Harz aus, das sich zwischen die Deckschuppen ergießt und sie verklebt. So verhält sich auch die in Fig. 118 dargestellte Drüsenzotte des Stiefmütterchens. — Die als Digestionsdrüsen bezeichneten Emergenzen (Fig. 119) auf dem Blatte des Sonnenthaupflänzchens (*Drosera*) sondern eine schleimige Substanz aus, die aber nicht unter der Cuticula, sondern frei an der Oberfläche des keulenförmigen Scheitels der Drüse auftritt und dort einen glänzenden Tropfen bildet. An diesen schleimigen Tropfen bleiben kleine Thiere kleben, welche die Pflanze zu verdauen vermag. — Als Nectarien zusammengefasste, verschiedenartig gestaltete Drüsen sondern ein zuckerreiches Secret aus, das in den Blüten zur Anlockung der Insecten, welche die Bestäubung vermitteln, ausserhalb der Blüten zur Anlockung von Ameisen, welche die Pflanze schützen, dient. Durch chemische Umwandlung bestimmter Aussenwände der Nectarien, oder durch Ausscheidung aus ihrem Innern, werden zunächst die osmotisch wirksamen Stoffe geliefert, welche durch Saugung eine Wasserausscheidung veranlassen und so den Nectar liefern. In den meisten Fällen hört die Wasserausscheidung auf, wenn man den osmotisch wirksamen Stoff vom Nectarium entfernt; durch ein winziges, auf dem Nectarium angebrachtes Zuckerstückchen kann sie dann wieder hervorgerufen werden.

Verschiedene Piperaceen, Begoniaceen, Ficus-Arten bilden eine mehrschichtige Epidermis aus, doch ist ein derartiges Verhalten im Ganzen genommen selten. Solche Epidermen entstehen, wenn die jungen Epidermiszellen nicht nur durch senkrecht zur Oberfläche gerichtete, sondern auch zu ihr parallele Wände sich theilen. Ein Beispiel dieser Art führt uns die Fig. 75 für *Ficus elastica* vor. Die Epidermis der Blätter ist dort dreischichtig und stellt einen entsprechend stark ausgebildeten Wasserbehälter dar. Die uns bereits bekannten Cystolithen (S. 56) liegen somit bei *Ficus elastica* noch innerhalb der Epidermis in einzelnen stark angeschwollenen Epidermiszellen. — Eine ganz eigenartige Ausbildung erfährt die mehrschichtige Epidermis an den Luftwurzeln vieler Orchideen und verschiedener Araceen. Sie stellt an denselben eine dicke, pergamentartige Hülle, das sogen. Velamen radicum (S. 38) dar, das in manchen Fällen eine nicht unbeträchtliche Dicke erreicht. Die Zellen dieser Hülle werden meist mit schrauben- oder netzförmigen Verdickungen versehen und büssen ihren lebendigen Inhalt ein. Sie erscheinen dann, je nach dem Feuchtigkeitsgrade der Umgebung, mit Luft oder mit Wasser erfüllt. Diese Wurzelhüllen saugen wie Fliesspapier das Wasser auf. Sind die Zellen der Hülle mit Luft erfüllt, so erscheint diese Hülle weiss; führen sie Wasser, so schimmert das innere Gewebe durch die Hülle mit grüner Farbe hindurch. — Eine besondere Mannichfaltigkeit in der Gestalt der Verdickung und dem Verhalten der Verdickungsschichten kommt den Epidermiszellen der Früchte und mehr noch der Samen zu. Es erklärt sich das daraus, dass diese Epidermen nicht allein für den Schutz und



Fig. 119. Digestionsdrüsen von *Drosera rotundifolia*. Vgr. 60.

Abschluss der innern Theile zu sorgen haben, sondern vielfach auch die Verbreitung und Befestigung jener Früchte und Samen fördern sollen.

**Das Gefäßbündelsystem.** Die primären Gefäßbündel durchziehen in Gestalt feiner Stränge den Körper der höher organisirten Gewächse. In so durchscheinenden Stengeln, wie es diejenigen der als Unkraut verbreiteten *Impatiens parviflora* sind, kann man die Gefäßbündel unmittelbar sehen und ihren Lauf verfolgen. Die Vertheilung der Gefäßbündel im Blatte kommt in seiner Nervatur zum Ausdruck. Aus manchen parallelnervigen Blättern, wie denjenigen des mittleren Wegerichs (*Plantago media*), lassen

sich die Gefäßbündel leicht befreien, wenn man das Blatt an der Basis umbricht und dann die Theile aus einander zieht.

Zahlreiche Laubmoose sind bereits in den Blättern, manche auch im Stengel mit Strängen langgestreckter Zellen versehen, die als Leitbündel bezeichnet werden (Fig. 160). Eine weitergehende Differenzierung geht diesen Leitbündeln der Laubmoose noch ab, sie stellt sich erst in den Gefäßbündeln der Pteridophyten, welchen übrigens echte Gefäße meist auch noch fehlen, ein. Diese kommen erst den Angiospermen allgemein zu. Zwei Bestandtheile lassen sich bei fortgeschrittener Differenzierung

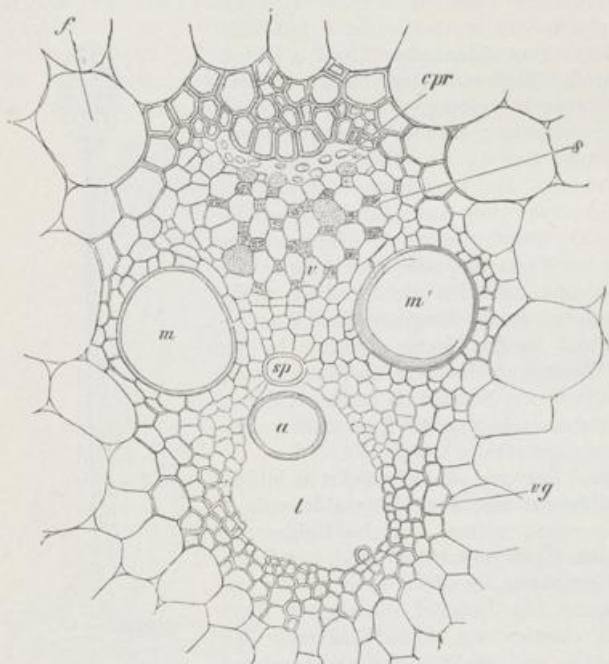


Fig. 120. Querschnitt durch ein Gefäßbündel aus dem Internodium des Stengels von *Zea Mays*. *a* Ring einer Ringtracheide, *sp* Schraubentracheide, *m* und *m'* behöft getüpfelte Gefäße, *s* Siebröhre, *s* Geleitzelle, *cpr* zerdrückte Cribralprimanen, *l* Intercellulargang, *vg* Scheide. Vergr. 180.

im Gefäßbündel unterscheiden: der Gefäßtheil oder Vasaltheil und der Siebtheil oder Cribraltheil. Diese können getrennt von einander verlaufende Stränge bilden; im Allgemeinen sind sie aber mit einander im Gefäßbündel zum Cribrovasalbündel vereinigt. Andere gebräuchliche Bezeichnungen für Gefäßbündel sind: Fibrovasalbündel und Mestom, für Gefäßtheil: primärer Holztheil, Xylem oder Hadrom, für Siebtheil: primärer Phloëm oder Leptom<sup>(55)</sup>. Der Unterschied im Bau der beiden Bestandtheile des Gefäßbündels fällt am meisten an Querschnitten auf (Fig. 120, 122), mit welchen erst die Längsschnitte (wie Fig. 121) zu vergleichen sind. Der Vasaltheil führt vor Allem vasale, der Wasserleitung dienende Elemente, Tracheiden und Tracheen (*a*, *sp*, *m* Fig. 120, 121),

oder Tracheiden allein, ausserdem lebende Zellen, in Form von gestrecktem Parenchym, das als Vasalparenchym sich bezeichnen lässt. Im Cribraltheil dürfen die der Eiweissleitung dienenden Siebröhren (*v*) nicht fehlen; sie sind stets von anderen lebenden Zellen begleitet, entweder nur von sogen. Geleitzellen (*s*), oder von diesen und von gestreckten Parenchymzellen, oder von letzteren allein. Die Geleitzellen sind Schwesterzellen der Siebröhrenglieder, mit denen sie zugleich durch Längstheilung aus einer Mutterzelle hervorgehen. Ihre Weite ist geringer als diejenige der Siebröhrenglieder; sie zeichnen sich von letzteren auch durch ihren reichlichen protoplasmatischen Inhalt und behalten, während dieser, wie schon erwähnt wurde (S. 78), im Siebröhrengliede alsbald schwindet. Bei den Monocotylen (Fig. 120 und 121) und bei den Ranunculaceen unter den Dicotylen (Fig. 122) sind Siebröhren nebst Geleitzellen die einzigen Elemente des Siebtheils; bei den anderen Dicotylen ist ausserdem noch gestrecktes Parenchym im Siebtheil vertreten, das sich als Cribralparenchym bezeichnen lässt; bei den Gymnospermen und den Pteridophyten endlich fehlen Geleitzellen an den Siebröhren und führt der Siebtheil ausser Siebröhren somit nur Cribralparenchym.

Für gewöhnlich weisen die Phanerogamen (Gymnospermen und Angiospermen) collateral gebaute Gefässbündel auf, d. h. solche Gefässbündel, bei welchen Gefässtheil und Siebtheil sich einseitig berühren.

Im Allgemeinen kehrt in Stengeltheilen das Gefässbündel seinen Gefässtheil nach innen, seinen Siebtheil nach aussen, in Blättern seinen Gefässtheil nach oben, seinen Siebtheil nach unten. — Ausser den collateralen kommen auch bicollaterale Gefässbündel vor, welche nicht nur nach aussen, sondern auch nach innen mit einem Siebtheil versehen sind, so bei den ktrbisartigen Gewächsen (Cucurbitaceen). — Den Wurzeln kommen ganz allgemein nur gesonderte Vasal- und Cribralstränge zu (Fig. 123 *s* und *v*); dabei sind die Vasalstränge umgekehrt als im Stengel orientirt; denn im Stengel kehren die Vasaltheile ihre engsten Gefässe nach innen, die weitesten nach aussen, in der Wurzel hingegen die weitesten Gefässe gegen die Mitte, die engsten gegen den Umkreis.

Die Gefässbündelstränge der Pteridophyten (Fig. 124), die als concentrische Gefässbündel bezeichnet worden sind, können nicht mit einzelnen

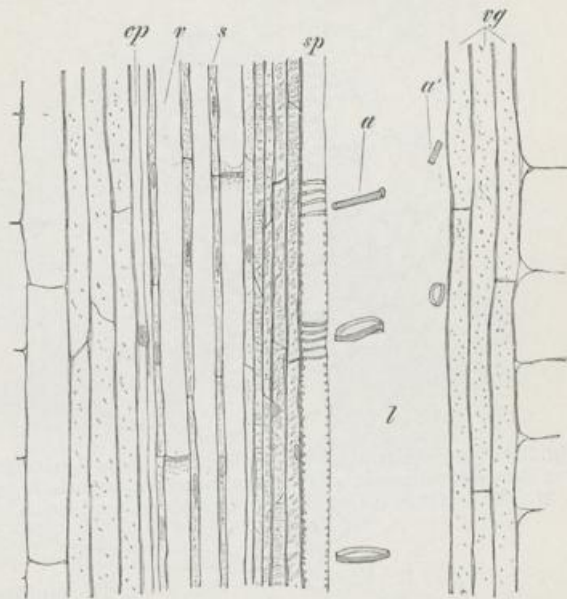


Fig. 121. Längsschnitt durch ein Gefässbündel des Stengels von *Zea Mays*, *a* und *a'* Ringe einer Ringtracheide, *v* Siebröhren, *s* Geleitzellen, *cp* Cribralprimanen, *l* Intercellulargang, *eg* Scheide. Vergr. 180.

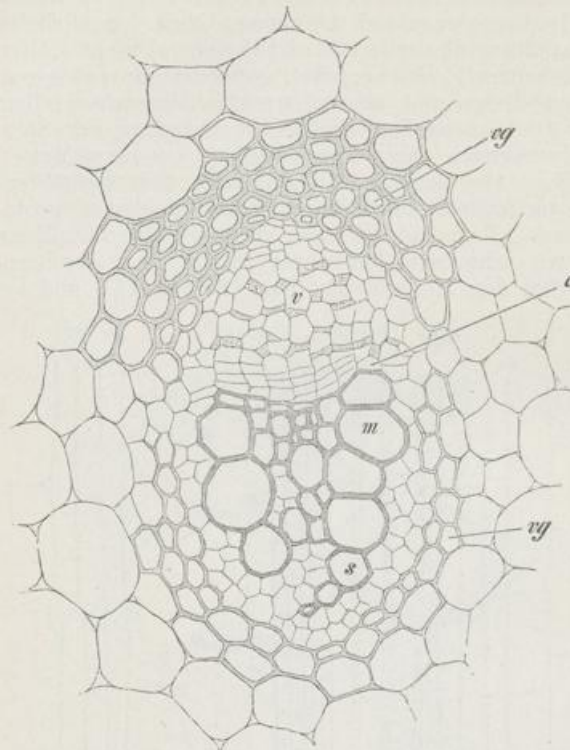


Fig. 122. Querschnitt durch das Gefäßbündel eines Ausläufers von *Ranunculus repens*, *s* Schraubentracheiden, *m* behöft getüpfelte Gefässe, *c* Cambium, *v* Siebröhren, *vg* Scheide. Vergr. 180.

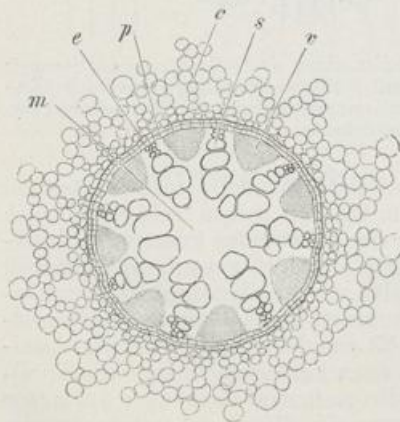


Fig. 123. Querschnitt durch die Wurzel von *Acorus Calamus*. *m* Mark, *s* Vasaltheile, *v* Cribraltheile, *p* Pericykel, *e* Endodermis, *c* Rinde. Vergr. 90.

Gefäßbündeln der Phanerogamen verglichen werden, vielmehr nur mit Verschmelzungen derselben. Das Innere eines solchen Gefäßbündelstranges wird von Tracheiden (*sp*), nur in vereinzelt Fällen auch von Tracheen (*sc*), eingenommen. Diese Elemente zeigen treppenförmige, nur die engsten (*sp*) unter ihnen schraubenförmige Verdickungen. Sie werden von Vasalparenchym (*lp*) umhüllt. Auf dieses folgt im Umkreis ein aus Siebröhren (*v*) und aus Cribralparenchym (*s*) bestehendes Gewebe. — Solche

Gefäßbündelstränge kommen den Farnen, Selaginellen und, in noch weiter gehender Verschmelzung, den Lycopodien zu, während die Equiseten Gefäßbündel aufweisen, welche den collateralen Gefäßbündeln der Phanerogamen annähernd gleichen.

Die Gefäßbündel werden als Stränge von meristematischem Gewebe, die man Procambiumstränge nennt, angelegt. Wird während der Ausbildung des Gefäßbündels das gesamte Gewebe des Procambiumstranges verbraucht, so ist das Gefäßbündel ein geschlossenes, bleibt meristematisches Gewebe zwischen dem Vasalthteil und Cribraltheil zurück, so ist das Gefäßbündel ein offenes. Die Pteridophyten besitzen fast ausnahmslos nur geschlossene Gefäßbündel; den Monocotylen kommen nur geschlossene Gefäßbündel zu (Fig. 120); den Gymnospermen und Dicotylen (Fig. 122) hingegen offene. Das meristematische Gewebe, welches als primäres Meristem (S. 82) zwischen Gefäßtheil und Sieb-



theil in den offenen Gefäßbündeln zurückbleibt, wird als Cambium bezeichnet (Fig. 122).

So lange ein Pflanzentheil noch in starkem Längenwachsthum begriffen ist, bleiben seine Procambiumstränge, ihrer Hauptmasse nach, undifferenziert. Denn nur an eng begrenzten Stellen treten in ihnen einzelne Zellenzüge aus dem meristematischen Zustande heraus. Es sind das Elemente, die auf Streckung eingerichtet sind: enge ring- und schraubenförmig verdickte Gefäßstracheiden einerseits, Siebröhren, beziehungsweise Siebröhren nebst Geleitzellen, andererseits. Die ersteren werden als Erstlinge des Gefäßtheils, Vasalprimanen, oder auch Protoxylem, die letzteren als Erstlinge des Siebtheils, Cribralprimanen,

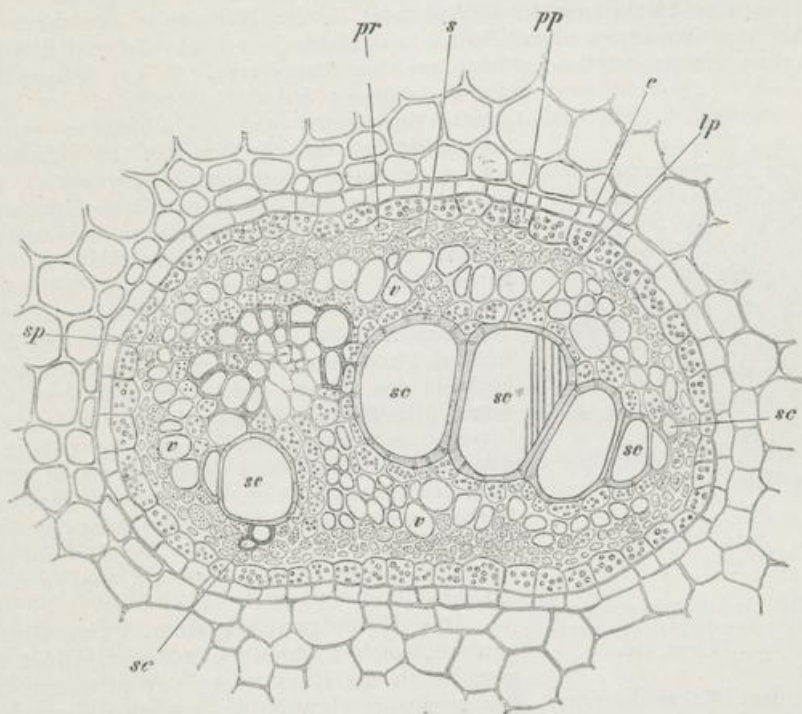


Fig. 124. Querschnitt durch einen Gefäßbündelcylinder aus dem Blattstiel von *Pteris aquilina*, *sc* Treppengefäße, *sp* Vasalprimanen (Schraubentracheiden), im Treppengefäß *sc\** Stück einer leiterförmig durchbrochenen Querwand, *lp* Vasalparenchym, *v* Siebröhren, *s* Cribralparenchym, *pr* Cribralprimanen, *pp* Stärkeschicht, *e* Endodermis. Vergr. 240.

oder auch Protoxylem, bezeichnet. Die Vasalprimanen nehmen den Innenrand, die Cribralprimanen den Aussenrand eines Procambiumstranges ein, der ein collaterales Gefäßbündel liefern soll. Erst nach vollendetem Längenwachsthum des Pflanzentheils werden die Gefäßbündel fertiggestellt, wobei in einem collateralen Gefäßbündel, das wir als Beispiel wählten, die Differenzierung der Gewebe von dem Innen- und Aussenrand gegen die Mitte fortschreitet. Die Primanen des Vasal- und Cribraltheils sind im fertigen Gefäßbündel ausser Function gesetzt. Die Vasalprimanen zeigen sich dann vielfach zerdrückt, auch wohl durch Dehnungen zerrissen (*a* und *a'* Fig. 121), in manchen Fällen ein lysigener Intercellulargang an ihrer Stelle ausgebildet (Fig. 120 und 121); die

Cribralprimanen (*cp*) sind verquollen, ihre Siebplatten durch Callusbelege verschlossen.

Entsprechend ihrer umgekehrten Orientirung innerhalb der Wurzeln weisen die Vasaltheile dort nicht an ihrem Innenrande, vielmehr an ihrem Aussenrande Vasalprimanen auf (Fig. 123).

**Gefässbündelendigungen.** In den Blättern, besonders den Laubblättern der angiospermen Pflanzen, pflegen die Gefässbündel sich stark zu verzweigen und schliesslich in ganz feine Stränge aufzulösen. Bei den Gymnospermen hingegen unterbleibt meist diese Verzweigung, ein einziges Gefässbündel durchläuft vielfach die ganze Blattspreite. Den höchsten Grad erreicht die Verzweigung in den netzartigen Blättern der Dicotylen.

Die feine Vertheilung der Gefässbündel in der Blattspreite erleichtert die Zufuhr von Wasser zu allen Theilen des Blattes, zugleich die gleichmässige Entnahme der Assimilationsprodukte aus dem Blattgewebe. In dem Maasse, als die Verzweigung der Gefässbündel in der Blattspreite fortschreitet und sie schwächer werden, vereinfacht sich auch ihr Bau (Fig. 125). Zunächst schwinden aus den Gefässbündeln die Gefässe, und nur netz- und schraubenförmig verdickte Tracheiden bleiben als wasserleitende Elemente im Vasaltheil zurück. Zugleich erfährt der Siebtheil eine Reduction. Bei den Angiospermen, deren Siebröhren von Geleitzellen begleitet werden, nehmen die Siebröhren an Weite ab, während die Geleitzellen ihren früheren Durchmesser behalten. Schliesslich unterbleibt in den Zellen, welche die Siebröhren fortsetzen, die Theilung in Siebröhrenglieder und Geleitzellen, es werden sogen. Uebergangszellen<sup>(56)</sup> gebildet. Mit diesen hört der Siebtheil auf, während der Vasaltheil noch durch kurze Schrauben-tracheiden vertreten ist. Die letzten Auszweigungen der Gefässbündel schliessen entweder blind ab, oder setzen an andere Gefässbündel an, anastomosiren mit ihnen.

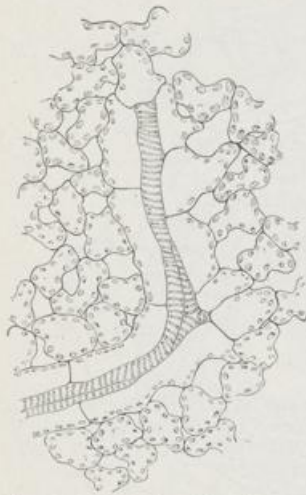


Fig. 125. Gefässbündelendigung im Blatt von *Impatiens parviflora*. Vergr. 240.

Das Grundgewebesystem. Das Grundgewebe, auch Füllgewebe genannt, bildet für gewöhnlich die Hauptmasse der primären Gewebe des Pflanzenkörpers. Das gesammte Gewebe der niederen Gewächse, denen noch eine innere Differenzirung fehlt, lässt sich in gewissem Sinne als Grundgewebe auffassen. Aus ihm sonderten sich allmählich, im Laufe der phylogenetischen Entwicklung, die anderen Gewebesysteme heraus. Bei den höheren Pflanzen wird das Grundgewebe von dem Hautgewebe umgeben und von dem Gefässbündelsystem im Innern durchsetzt. Während dem Hautgewebe der Schutz der Pflanze nach aussen, dem Gefässbündelsystem vor Allem das Geschäft der Leitung, zumeist auch der mechanischen Festigung zufällt, hat das Grundgewebe hauptsächlich für die Ernährung der Pflanze und Speicherung der Nahrungsstoffe zu sorgen. Demgemäss wiegen im Grundgewebe, so tief als der Einfluss des Lichtes reicht, chlorophyllhaltige Parenchyme vor; tiefer folgen farblose Gewebe. Doch ist das Grundgewebe auch an den mechanischen Leistungen in der Pflanze betheilig. Es besitzt in dem Collenchym (Fig. 74 *c*) und dem Sklerenchym spezifisch mechanische Gewebe. Das Collenchym ist unverholzt, leicht dehnbar und demgemäss auf Streckung eingerichtet; es stellt das mechanische Gewebe der noch in

Längenwachstum begriffenen Pflanzentheile vor, in welchen es daher schon frühzeitig auftritt. Die meist auch nicht verholzenden, doch stark verdickten Sklerenchymfasern erlangen erst nach vollendetem Längenwachstum ihre volle Ausbildung. Später kommen oft noch Sklereiden (vgl. S. 61) als mechanische Elemente hinzu. Gestreckte Grundgewebezellen greifen auch in bestimmte Aufgaben der Leitung ein. Sie dienen im Besonderen der Beförderung der Kohlehydrate. Auch werden Nebenproducte des Stoffwechsels in besonderen Zellen oder Hohlräumen des Grundgewebes abgelagert. Daher im Grundgewebe krystallführende Idioblasten (vgl. S. 61) oder krystallführende Zellenzüge häufig anzutreffen sind, nicht minder auch mit Gerbstoffen, Gummi, Harz, ätherischen Oelen, Milchsaft oder Alkaloiden angefüllte Zellen, Schläuche, Behälter oder Canäle. Vorwiegend werden solche Nebenproducte in der Peripherie der Pflanzentheile untergebracht, um wirksame Schutzmittel gegen Thierfrass zu gewähren, um auch eventuell später mit peripherischen Geweben von der Pflanze abgeworfen zu werden; vielfach begleiten krystallführende Zellen und, wo vorhanden, auch Milchröhren und Milchgefässe, den Siebtheil der Gefässbündel.

Als Idioblasten auffälliger Art wären jene Zellen hervorzuheben, die bei Araceen, Nymphaeaceen und einigen anderen Pflanzenfamilien als sogen. innere Haare in die Intercellularen des Grundgewebes hineinragen. In den weiten intercellularen Luftgängen, welche die Blattstiele und Blütenstengel unserer Seerosen aufweisen, haben diese haarförmigen Idioblasten eine sternförmige Gestalt. Ihre Wände sind stark verdickt und mit kleinen vorspringenden Höckern versehen, die kleine Krystalle von Calciumoxalat einschliessen.

#### Die Vertheilung der primären Gewebe im Pflanzenkörper<sup>(57)</sup>.

Frühzeitig macht sich in vielzelligen Pflanzenkörpern eine Sonderung derart geltend, dass die äusseren Gewebe kleinzelliger und fester, die inneren grosszelliger und lockerer werden. Die äusseren Gewebe gewähren solchermaassen besseren Schutz, die inneren werden geeigneter für Leitungs- und Speicheringewebe. Um der Leitung zu dienen, strecken sich letztere auch in die Länge. Hat der betreffende Pflanzenkörper selbstständig für seine Ernährung zu sorgen, so sind die äusseren Gewebe, als die dem Licht zunächst ausgesetzten, mit assimilierenden Chromatophoren versehen und dem entsprechend gefärbt, während die inneren Gewebe farblos bleiben. Man pflegt dann solche äusseren Gewebe bereits als Rinde von den inneren, dem Mark, zu unterscheiden. Erst bei einzelnen Moosen beginnt sich die Epidermis von der Rinde zu sondern. Zu einer scharfen Abgrenzung aller dieser Gewebe kommt es aber erst bei den höchst organisirten Pflanzen.

So tritt uns in dem Stengel einer phanerogamen Pflanze zu äusserst die Oberhaut oder Epidermis (*e* Fig. 127) entgegen; auf diese folgt ein als primäre Rinde zu unterscheidendes Gewebe (*pr* Fig. 126 und 127) und

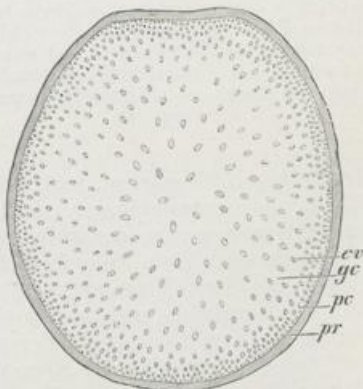


Fig. 126. Querschnitt durch ein Stengelglied von *Zea Mays*, *pr* primäre Rinde, *pc* Pericykel, *cv* Gefässbündel, *gc* Grundgewebe des Centralcyllinders. Vergr. 2.

hierauf der sogen. Centraleylinder, für welchen VAN TIEGHEM die Bezeichnung Stele (Säule) vorgeschlagen hat. Die innerste Zellschicht der primären Rinde, die Rindengrenze (Phloeoterma), pflegt in oberirdischen Stengeltheilen von Landpflanzen meist nicht besonders differenziert zu sein, sie kann aber auch in ihnen als Stärkescheide, in Rhizomen von Landpflanzen und in Stengeln von Wasserpflanzen als Endodermis auftreten. Ist sie als Stärkescheide entwickelt (st Fig. 127), so zeichnen sich ihre Zellen durch ihren Gehalt an Stärke aus; bildet sie eine Endodermis, so sind ihre Seitenwände an einer schmalen Stelle verkorkt. Der verkorkte Streifen der Seitenwände der Endodermiszellen erscheint im Querschnitt als dunkler Punkt (vgl. Fig. 128), im tangentialen Längsschnitt als etwas welliges Band. Der Centraleylinder des Stengels enthält die Gefäßbündel (cv), die bei den Schachtelhalmen (Equiseten) den Gymnospermen und den Dicotylen

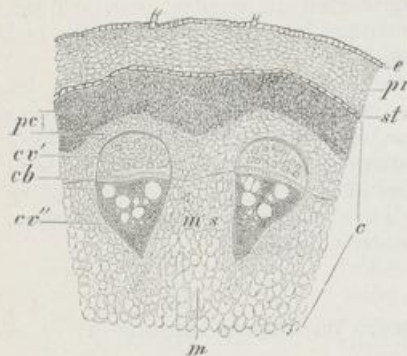


Fig. 127. Theil eines Querschnittes durch einen jungen Stamm von *Aristolochia Siphocampylus*. *e* Epidermis, *pr* primäre Rinde, *st* Stärkescheide, *c* Centraleylinder, *pc* Pericykel, in diesem Falle mit einem Ring von Sklerenchymfasern, *cv* Gefäßbündel und zwar *cv'* Vasalthteile, *cv''* Cribraltheile, *cb* Cambiumring, *m* Mark, *ms* primäre Markstrahlen. Vergr. 48.

(Fig. 127) in einem Kreise angeordnet, bei den Monocotylen (Fig. 126) ohne Ordnung zerstreut sind. Die Gefäßbündel kehren in allen diesen Fällen ihren Vasalthteil nach der Stengelmitte, ihren Cribraltheil nach der Stengeloberfläche. Das ausserhalb der Gefäßbündel gelegene, peripherische Gewebe des Centraleylinders wird als Pericykel (*pc*) oder Pericambium bezeichnet. Es ist als Ort für Neubildungen besonders bevorzugt. Sind die Gefäßbündel im Kreise angeordnet (Fig. 127), so gilt das von ihnen umschlossene Gewebe des Centraleylinders als Mark (*m*), das die Gefäßbündel seitlich trennende Gewebe als primäre Markstrahlen (*ms*). Bei zerstreuter Vertheilung der Gefäßbündel (Fig. 126) fehlt ein eigentliches Mark und könnte das gesammte die Gefäßbündel trennende Gewebe nur als primäres Markstrahlengewebe gelten. — Die Trennung der im Stengel

der höheren Gewächse vertretenen Gewebecomplexe in Oberhaut, primäre Rinde und Centraleylinder, zieht auch eine Unterscheidung der Grundgewebe in ein Grundgewebe der primären Rinde und ein Grundgewebe des Centraleylinders nach sich. Wo freilich eine scharfe Grenze zwischen der primären Rinde und dem Centraleylinder nicht ausgebildet ist, da entscheidet darüber nur der Vergleich, welche Gewebe noch zu der primären Rinde und welche bereits zu dem Centraleylinder gehören.

Das Grundgewebe der primären Rinde ist vorwiegend chlorophyllhaltiges Parenchym. Häufig ist ein Theil desselben, im Anschluss an die Epidermis, zu Collenchym- oder Sklerenchymsträngen ausgebildet. Solche die Epidermis mechanisch verstärkenden Gewebe hat man als Hypoderma zusammengefasst. Im Centraleylinder bestehen Pericykel, primäre Markstrahlen und Mark aus Grundgewebe. Vorwiegend handelt es sich dort um farbloses Parenchym; ein Theil des Pericykels ist häufig sklerenchymatisch ausgebildet (Fig. 127 *pc*); sklerenchymatische Elemente umgeben auch oft als Scheiden die einzelnen Gefäßbündel oder begleiten sie als Stränge an ihrer Cribralseite (Fig. 120, 122).

Wo Scheiden aus sklerenchymatischen Elementen die einzelnen Gefäßbündel umgeben, bleibt zu jeder Seite des Gefäßbündels, der Grenze von Gefäß- und Siebtheil entsprechend, ein Streifen in der Scheide parenchymatisch, oder schwächer

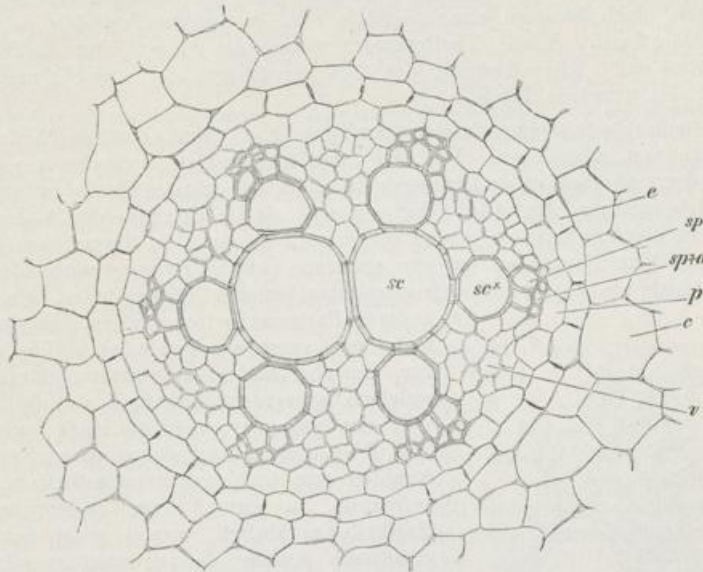


Fig. 128. Querschnitt durch eine Adventivwurzel von *Allium Cepa*. *e* primäre Rinde, *e* Endodermis, *p* Pericykel, *a* Ringtracheiden, *sp* Schraubentracheiden, *sc* und *sc\** Treppengefäße, *c* Cribraltheil. Vergr. 240.

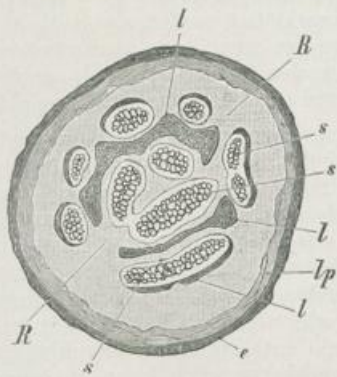


Fig. 129. Querschnitt durch das Rhizom von *Pteris aquilina*. *s* Gefäßbündelstränge (Teilcylinder), *l* Sklerenchymplatten, *lp* peripherischer Sklerenchymfaserring, *R* Rinde, *e* Epidermis. Vergr. 7.

Strasburger, Lehrbuch der Botanik. 4. Aufl.

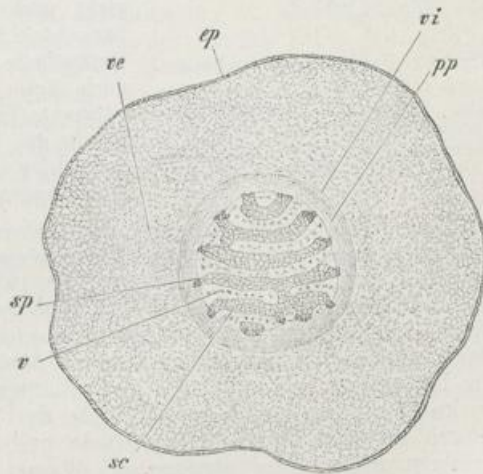


Fig. 130. Querschnitt durch den Stengel von *Lycopodium complanatum*. *ep* Epidermis, *ve*, *vi* und *pp*, äussere, innere und innerste Partie der primären Rinde. Diese umgiebt den Centralcylinder, in dem *sc* Treppentracheiden, *sp* Ring- und Schraubentracheiden, *v* Siebtheile sind. Vergr. 26.

verdickt und schwächer verholzt. Er erleichtert den Austausch von Wasser und von Nahrungsstoffen zwischen dem Gefäßbündel und dem Grundgewebe und wird als Durchlassstreifen bezeichnet.

Der Centralcylinder der Phanerogamen ist mehr oder weniger central orientirt und einfach; doch kommen einzelne Fälle vor, in welchen er sich in mehrere Theilcylinder theilt. Solche Theilcylinder weisen die Stengel der Aurikeln und der Gunnera auf. Alles Gewebe, das diese Centralcylinder umgiebt und trennt, entspricht der primären Rinde.

Die Gefäßbündelstränge der Pteridophyten (S. 91) sind ebenfalls Theilcylinder. Im Stamme fast aller Farne (Fig. 129) und Selaginellen verlaufen sie getrennt von einander, innerhalb eines Grundgewebes, das als primäre Rinde zu bezeichnen ist; bei *Lycopodium* (Fig. 130) hingegen sind sie im Centrum des Stammes mit einander zu einem einzigen Cylinder verschmolzen. Auch im Stamm von *Osmunda regalis* unter den Farnen ist nur ein einziger centraler Cylinder vorhanden, doch kann er nicht als ein Verschmelzungsproduct solcher Theilcylinder, wie sie die

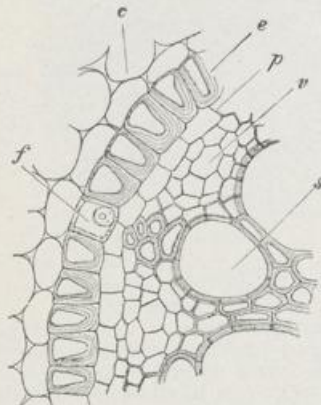


Fig. 131. Theil eines Querschnittes durch die Wurzel von *Iris florentina*. *e* Endodermis mit einseitiger Verdickung der Zellen, *f* Durchlasszellen, *p* Pericykel, *v* Cribraltheil, *s* Gefäß im Vasaltheil. Vergr. 240.

anderen Farne aufweisen, gelten. Er stellt vielmehr nur einen einzigen solchen Theilcylinder vor, der aber central im Stamm verläuft und in welchem ausserdem innerhalb des Gefäßtheils sich ein parenchymatisches Mark ausgebildet hat. Von diesem Mark gehen parenchymatische Strahlen aus, welche den Gefäßtheil in seitlich getrennte, zu einem Ringe angeordnete Gefäßtheile zerklüften, womit wohl der phylogenetische Anfang der getrennten collateralen Gefäßbündel gegeben war. Diese dürften somit aus einem einzigen solchen Gefäßbündelcylinder, von welchen die meisten Farne mehrere aufweisen, abzuleiten sein. Bei *Osmunda* umgiebt nach ZENETTI<sup>(58)</sup> noch ein zusammenhängender Siebtheil gemeinsam die getrennten Gefäßtheile, bei den Equiseten (Fig. 346) ist auch dieser durch die Markstrahlen in seitlich getrennte Theile zerklüftet worden, damit ist dort bereits der Typus der zum Ringe angeordneten, getrennten collateralen Gefäßbündel, wie sie die Gymnospermen und Dicotylen aufweisen, erreicht.

Innerhalb der Wurzel ist die Grenze zwischen primärer Rinde und Centralcylinder scharf gezogen. Die innerste Rindenschicht pflegt als Endodermis ausgebildet zu werden (Fig. 123, 128 *e*). Die Verkorkung des mittleren Membranstreifens in den Seitenwänden der Endodermiszellen bedingt einen festen und lückenlosen Verband dieser Zellen unter einander und damit auch einen entsprechenden Abschluss des Centralcylinders gegen die lufthaltigen Intercellularen der primären Rinde, während durch die nicht verkorkten Innen- und Aussenwände der Endodermiszellen der Wasseraustausch zwischen der primären Rinde und dem Centralcylinder ungehindert erfolgen und so dem letzteren das Wasser zugeführt werden kann, welches die Wurzelhaare, beziehungsweise die entsprechenden Stellen der Wurzeloberfläche dem umgebenden Boden entziehen. In etwas älter gewordenen Wurzeltheilen, welche der Wasseraufnahme aus dem Boden nicht mehr dienen, werden die Endodermiszellen vielfach verdickt und zwar meist in einseitiger Weise. Tritt solche Verdickung frühzeitig auf, so bleiben bestimmte, vor

den Vasalthellen gelegene Endodermiszellen von ihr ausgeschlossen und stellen dann die sogen. Durchlasszellen vor (*f* Fig. 131).

In den meisten Fällen ist es die Epidermis der Wurzel, welche innerhalb einer bestimmten Region die Wurzelhaare, falls solche vorhanden sind, trägt. Es kann aber die Epidermis auch frühzeitig mit der Wurzelhaube abgestossen werden und die äusserste Rindenschicht in ihre Function treten. Auch in den erstgenannten Fällen stirbt aber die Epidermis rasch ab und nimmt die darauf folgende Rindenschicht, deren Zellwände cutinisiren und die als Exodermis bezeichnet wird, die Oberfläche dann ein. An den Luftwurzeln bildet sich die Epidermis meist zu der uns schon bekannten mehrschichtigen Wurzelhülle (vgl. S. 89) aus.

Die primäre Rinde der Wurzel wird von farblosem Gewebe gebildet, das, von einzelnen Ausnahmen abgesehen, nur aus Parenchym besteht. In den äusseren Theilen dieser Rinde zeigen sich die Zellen lückenlos mit einander verbunden; erst in den inneren Rindentheilen treten zwischen ihnen Intercellularen auf. In manchen Fällen erweitern sich diese Intercellularen zu Luftlücken oder Luftcanälen. — Die äusserste Zellschicht des Centralcyinders der Wurzeln (*p* Fig. 123, 128, 129) bildet den meist einschichtigen Pericykel (Pericambium). Derselbe kann aber auch mehrschichtig sein, in bestimmten Fällen auch fehlen. Die Vasalthelle und Cribraltheile verlaufen als getrennte Stränge (S. 91) radial neben einander (Fig. 123, 129), und zwar kehren, wie uns schon bekannt, die Vasalstränge ihre engsten Elemente nach aussen. Nach der Zahl der vorhandenen Vasalstränge wird die Wurzel als diarch, triarch u. s. w. beziehungsweise als polyarch bezeichnet. So ist die in Fig. 123 dargestellte Wurzel octarch, diejenige der Fig. 128 hexarch. Die Vasalstränge stossen in der Mitte der Wurzel entweder zusammen, wie in Fig. 128, oder sie lassen dort, wie in Fig. 123 zu sehen ist, ein centrales Mark frei. Das zwischen den Vasal- und Cribralsträngen vertretene Gewebe kann nach Analogie mit dem Stengel als primäres Markstrahlgewebe gelten.

Die **Blätter** werden ihrer Hauptmasse nach von Grundgewebe gebildet, das nach aussen von der Epidermis umschlossen, im Innern von Gefässbündeln durchzogen ist. Das Grundgewebe des Blattes heisst Mesophyll. Um die Gefässbündel bildet es Scheiden, die selbst den feinsten Verzweigungen der Gefässbündel folgen und sie umschliessen. Die Zellen dieser Mesophyllscheidungen sind meist gestreckt und stets lückenlos verbunden. Ausser der Aufgabe, die Gefässbündel von dem Gewebe des Mesophylls abzusondern, kommt ihnen noch die wichtige Function zu, gelöste Kohlehydrate in sich aufzunehmen und sie aus dem Blatte in den Stengel abzuleiten. Stärkere Gefässbündel werden meist von Sklerenchymfasersträngen begleitet, welche dann an den feineren Auszweigungen schwinden. Auch laufen oft freie Sklerenchymstränge im Mesophyll und tragen zur Festigung des Blattes bei.

Das Mesophyll des Blattes geht innerhalb des Stengels in die primäre Rinde über, die Gefässbündel setzen sich in den Centralcyinder des Stengels fort. Die der primären Rinde und dem Centralcyinder des Stengels entsprechenden Gewebe bleiben auch im Blatte dauernd gesondert.

Das Mesophyll farbiger Blumenblätter der Angiospermen besteht meist aus einem ziemlich lockeren, von Intercellularen durchsetzten Gewebe, das sich ziemlich gleichartig zwischen der Epidermis der Ober- und der Unterseite ausbreitet und in welchem die Gefässbündel verlaufen. Die Spreite mancher assimilirender Laubblätter, besonders von Schattenpflanzen, kann fast ebenso einfach gebaut sein, im Allgemeinen pflegt sie einen complicirteren Bau zu besitzen und einen Gegensatz zwischen ihrer Ober- und Unterseite aufzuweisen (Fig. 132). Das Blatt ist alsdann dorsiventral und verhält sich

demgemäss äusseren Einflüssen gegenüber verschieden auf seinen beiden Seiten. Bei solcher dorsiventraler Ausbildung pflegt auf die Epidermis der Oberseite (Fig. 132 *ep*) eine oder mehrere senkrecht zur Oberfläche gestreckte Lagen cylindrischer Parenchymzellen, die als Palissadenzellen bezeichnet werden (*pl*), zu folgen. Diese Zellen sind besonders chlorophyllreich, sie bilden keine weiteren Intercellularen, sind aber doch meist seitlich von einander getrennt, wodurch die Strombahnen auf die Richtung ihrer Längsstreckung eingeschränkt werden. An dieses Palissadenparenchym schliesst ein chlorophyllärmeres Parenchym mit vorwiegend unregelmässig gestalteten Zellen und weiten Intercellularen an, das seiner Hauptmasse nach von ihm als Schwammparenchym (*sp*) unterschieden wird. Dasselbe erreicht die Epidermis der Unterseite (*ep''*). Die Palissadenzellen sind in der Richtung gestreckt, in welcher die Lichtstrahlen die Blattspreite durchsetzen, was sie für die assimilatorische Thätigkeit besonders geeignet macht. Das Schwammparenchym ist vornehmlich ein Durchlüftungsgewebe, für den Gasaustausch

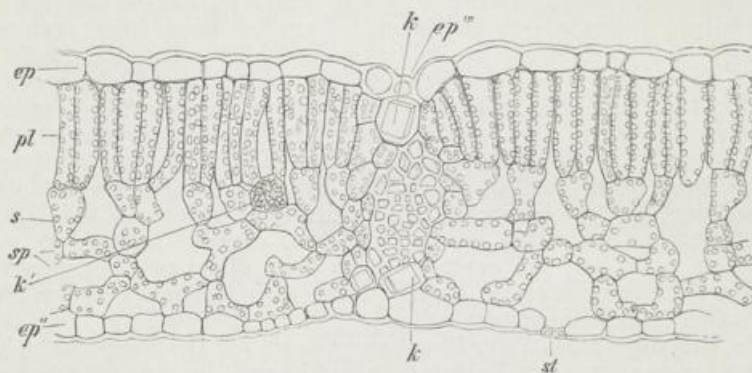


Fig. 132. Querschnitt durch das Blatt von *Fagus silvatica*. *ep* Epidermis der Oberseite, *ep''* Epidermis der Unterseite, *ep'''* gestreckte Epidermiszellen über einem Gefässbündel, *pl* Palissadenparenchym, *s* Sammelzellen, *sp* Schwammparenchym, *k* krystallführende Idioblasten, in *k'* eine Krystalldrüse, *st* Spaltöffnungen. Vergr. 360.

eingerrichtet, bildet demgemäss weite Intercellularen, die mit den Spaltöffnungen der unteren Epidermis in unmittelbarer Verbindung stehen. HABERLANDT<sup>(50)</sup> berechnet für einen Quadratmillimeter Blattfläche bei *Ricinus communis* durchschnittlich im Palissadenparenchym der Oberseite 403 200, im Schwammparenchym der Unterseite 92 000 Chlorophyllkörner, somit würden dort 82% der Chlorophyllkörner der Blattoberseite, 18% der Blattunterseite angehören. Die Palissadenzellen neigen mit ihren inneren Enden oft deutlich zu Büscheln zusammen (Fig. 132), um zunächst an sogen. Sammelzellen (*s*) anzuschliessen, die sich häufig an ihrer Ansatzstelle trichterförmig erweitert zeigen. Die Sammelzellen geben die Assimilate weiter an das Schwammparenchym ab, das somit nicht nur als Durchlüftungsgewebe, sondern auch als Zuleitungsgewebe thätig ist, indem es die Assimilate den die Gefässbündel umgebenden Mesophyllscheiden zuführt. Diese fungiren schliesslich als Ableitungsgewebe aus den Blättern in den Stengel.

An der Basis der Spreite zieht sich ihr Gewebe zusammen und tritt, falls ein Blattstiel vorhanden ist, in ihn ein. In einem Blattstiel ist der dorsiventrale Bau meist weniger scharf als in der Spreite ausgeprägt;



die Zellen zeigen sich vornehmlich in der Längsrichtung gestreckt, um Leitungszwecken zu dienen oder die mechanische Festigkeit des Gewebes zu erhöhen. Aus dem Blattstiel treten die Gefässbündel in den Stamm, um mit den Gefässbündeln in dessen Centraleylinder zu verschmelzen, oder sich zwischen sie zunächst einzureihen. Die Gefässbündel der Angiospermen zeigen sich im Blattstiel, meist unpaarig an der Zahl, zu einem nach oben offenen Bogen, auch wohl zu einer andern Figur angeordnet. Die Gefässbündelstränge in den Blattstielen der Farne werden von braunwandigen Sklerenchymsträngen oder Sklerenchymplatten wie im Stamme begleitet. Solche Sklerenchymmassen sind es, welche auf Querschnitten durch den Blattstiel des Adlerfarns (*Pteris aquilina*) das Bild eines Doppeladlers geben und dieser Pflanze ihren Namen verschafften.

Bei gewissen Familien der Dicotylen, vor Allem bei den Crassulaceen, bildet das Mesophyll der Blattlamina zwischen besonders angeschwollenen Gefässbündelendigungen und der Epidermis, Gewebepropfen aus, die von kleinen meist chlorophyllfreien, wasserreichen Zellen gebildet werden, die nur sehr kleine, mit Wasser erfüllte Intercellularen zwischen sich lassen. Diese Gewebepropfen nennt man Epitheme. Sie dienen activer Wasserausscheidung, sind demgemäss innere Hydathoden (vgl. S. 88). Vielfach sind über solchen Epithemen Wasserspalten (vgl. S. 85) angebracht.

**Gefässbündelverlauf**<sup>(60)</sup>. Die Gefässbündel zeigen innerhalb des Pflanzenkörpers einen ganz bestimmten Verlauf. Ein anschauliches Bild dieses Verlaufs ist unter Umständen aus Macerationspräparaten zu gewinnen. Lässt man krautartige Pflanzentheile in Wasser faulen, so gelingt es, aus ihnen fast alles Grundgewebe zu entfernen und schliesslich nur die resistenteren Gefässbündel zu behalten. Man stellt in solcher Weise sogen. Skelete von Stengel, Blättern, Früchten u. dergl. her.

Die aus den Blättern in den Stengel eintretenden Gefässbündel bilden in ihm die sogen. Blattspuren. Die Blattspur kann aus einem Gefässbündel oder aus mehreren Gefässbündeln bestehen. Man unterscheidet demgemäss ein- und mehrsträngige Blattspuren. Jedes Gefässbündel vereinigt sich in seinem Abwärtsverlauf schliesslich mit einem andern, das einem tiefer inserirten Blatte entstammt. Je nach der Länge des Weges, den die einzelnen Gefässbündel frei im Stengel zurücklegen, und der Richtung, die sie befolgen, ist das Bild des Gefässbündelverlaufes ein anderes. Einen relativ einfachen Fall bieten uns die Schachtelhalme (Equiseten). Ihre Blätter stehen in alternirenden Quirlen. Aus jedem Blatt tritt eine einsträngige Blattspur, somit ein einziges Gefässbündel in den Stengel ein; in dem nächst tieferen Knoten gabelt sich dieses Gefässbündel, und seine Gabeläste verschmelzen mit den dort aus den Blättern eintretenden Gefässbündeln. Das Bild dieses Verlaufs lässt sich am besten auf einer eben gelegten Cylinderfläche zur Darstellung bringen, wobei man sich den Stengel an der einen Seite der Länge nach aufgeschlitzt und dann flach ausgebreitet denkt. So ist die Figur 133 ausgeführt. In dieser Figur wurde auch der Anschluss der Gefässbündel der Seitensprosse an die Gefässbündel des Mutterstammes (bei *g*) eingetragen. Die Seitensprosse alterniren bei den Equiseten mit den Blättern des Blattquirles, der sie deckt, und treten ihre Gefässbündel daher zwischen zwei benachbarten Blattspuren in die Mutterachse ein. Zu je zwei Strängen ver-

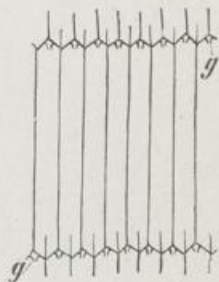


Fig. 133. Schema des Gefässbündelverlaufs bei *Equisetum arvense*, auf der in einer Ebene ausgebreiteten Cylinderfläche entworfen. *g* Anschluss der Gefässbündel der Seitensprosse.

schmolzen, schliessen sie dort an die beiden Gabeläste einer nächst höheren Blattspur an. — Wesentlich complicirter ist der in Figur 134 dargestellte Gefässbündelverlauf in einem Sprosse der Eibe (*Taxus baccata*), ungeachtet auch dessen Blattspuren einsträngig sind; denn jedes Gefässbündel bleibt dort frei durch zwölf Internodien, bevor es mit einem andern verschmilzt. Zunächst läuft es gerade abwärts durch vier Internodien, dann biegt es seitlich aus, um einer eintretenden Blattspur Platz zu machen und sich hierauf mit ihr zu vereinigen. Die Stellung der Blätter am Spross bestimmt naturgemäss den Eintrittsort ihrer Blattspur, demgemäss weist die Figur 134 in Uebereinstimmung mit der Blattstellung der *Taxus*-Sprosse  $\frac{5}{13}$  Divergenz für die eintretenden Blattspuren auf. Der weitere Verlauf der Blattspuren im Stengel ist von der Blattstellung hingegen unabhängig, und kann bei der nämlichen Blattstellung sehr verschieden sein.

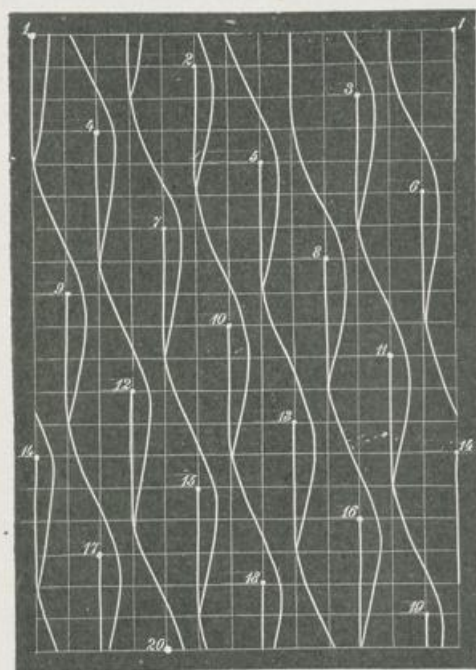


Fig. 134. Schema des Gefässbündelverlaufs in den Sprossen von *Taxus baccata*.

lasst. Besonders verbreitet bei den Monocotylen ist der Gefässbündelverlauf nach dem sogen. Palmentypus. Jede Blattspur wird in solchem Falle von zahlreichen Strängen gebildet, die aus einem stengelumfassenden Blattgrunde im ganzen Umkreise in den Stengel eintreten. Das mediane Gefässbündel dringt bis zur Mitte, die seitlich angrenzenden immer weniger tief in den Centralcylinder vor. In ihrem Abwärtsverlauf nähern sich die Gefässbündel langsam der Peripherie des Centralcylinders, um dort mit anderen Gefässbündeln zu verschmelzen. Die Zahl der Internodien, welche ein Gefässbündel dabei durchläuft, ist verschieden; für die medianen Gefässbündel besonders gross. Das Bild dieses Verlaufs soll uns der mediane Längsschnitt (Fig. 135) vorführen; das mediane Gefässbündel jeder Blattspur der zweizeilig alternirenden Blätter ist besonders hervorgehoben. — Auch

Die Blattspuren der Achsel sprosse pflegen bei den meisten Gymnospermen und Dicotyledonen zu zwei Strängen vereint in den Mutterspross einzutreten und an seine Blattspuren anzusetzen.

Im Allgemeinen ordnen sich bei den Gymnospermen und Dicotylen, wie uns bereits bekannt, die Blattspurstränge im Stengel zu einem Kreise an. Doch giebt es auch Dicotylen, bei denen die Gefässbündel zwei (*Phytolacca dioica*, *Piper*) oder mehr (*Amarantus*, *Papaver*, *Thalictrum*) Kreise bilden. Der innere Kreis pflegt dann wenig regelmässig zu sein.

Zerstrent über den ganzen Querschnitt fanden wir die Gefässbündel bei den Monocotylen (Fig. 126). Solche zerstreute Anordnung wird durch ein verschiedenes tiefes Eindringen der Blattspurstränge in den Centralcylinder des Stengels veran-

die Blattspuren der Achselsprosse treten hier in zahlreichen Strängen in den Mutterspross ein, um im Bogen abwärts zu verlaufen und mit peripherischen Bündeln zu verschmelzen.

Ausser den Blattspuren, deren Gefässbündel den Blättern und dem Stengel gemeinsam zukommen, kann es auch stammeigene und blatteigene Gefässbündel geben. Die ersteren sind solche, die nicht in die Blätter austreten, letztere solche, die gleich nach ihrem Eintritt aus dem Blatte in den Stengel sich dort mit stammeigenen Gefässbündeln vereinigen. So laufen bei den Pteridophyten stammeigene Gefässbündelstränge im Stengel fort, die blatteigenen aus den Blättern kommenden Gefässbündelstränge setzen sich ihnen an.

In den Stengeln mancher Dicotylen (Begonien, Aralien) sind ausser Blattspursträngen stammeigene Gefässbündel vorhanden. Sie verlaufen innerhalb des von den Blattspursträngen gebildeten Ringes im Mark; in den Knoten sind sie mit den Blattspursträngen durch Seitenzweige verbunden.

Im Centraleylinder der Wurzeln laufen die Vasal- und Cribralstränge in gerader Richtung fort. Verfolgt man in einer Keimpflanze den Uebergang der Gefässbündel aus dem Hypocotyl (S. 41) in die Hauptwurzel, so sieht man bei diesem Uebergang die Vasal- und Cribraltheile der collateralen Gefässbündel des Hypocotyls sich von einander trennen, die Vasaltheile sich gleichzeitig um  $180^\circ$  drehen, so dass ihr innerer Rand nach aussen gekehrt wird. Die Trennung der Cribraltheile von den Vasaltheilen kann sich ohne anderweitige Spaltungen vollziehen, und die getrennten Theile sich einfach neben einander anordnen, oder sie kann mit einer Spaltung der Cribraltheile und einer bestimmten Verschmelzung ihrer Theilhälften verbunden sein.

**Dickenzuwachs durch andauernde Vergrößerung vorhandener Grundgewebszellen.** Ein solcher Zuwachs kommt bei den Palmen vor und führt bei manchen zur Bildung bis zu 0,75 m dicker Stämme, die sich nach oben zu verjüngen. Dieses Dickenwachsthum beruht, wie EICHLER<sup>(61)</sup> zeigte, auf einem fortgesetzten Weiterwerden der Grundgewebszellen des Centraleylinders, wobei auch die Sklerenchymfaserstränge, welche die Gefässbündel an der Cribralseite begleiten, an Zellweite und Wandverdickung und daher auch an Mächtigkeit gewinnen. Neue Elemente werden dabei nicht gebildet.

**Massenzunahme durch andauernde Vermehrung des vorhandenen Grundgewebes.** Einen solchen Vorgang, bei welchem ohne Bildung neuer Meristeme eine bedeutende Volumenzunahme sich vollziehen kann, bieten uns vor allem die Früchte vieler Angiospermen. Durch fortgesetzte Zweitheilung werden die Zellen des Haut- und Grundgewebes vermehrt, um dünnwandig zu bleiben oder eine bestimmte Verdickung und Ausgestaltung weiter zu erfahren, wobei aus Anlagen von geringem Durchmesser schliesslich Früchte von einer solchen Grösse hervorgehen können, wie sie uns etwa in einem Kürbis entgegentreten.

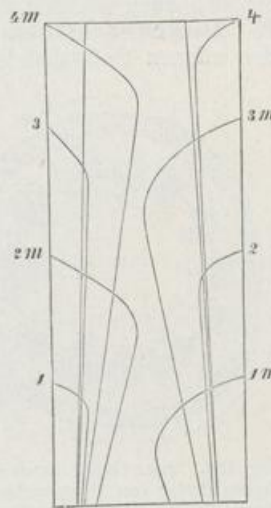


Fig. 135. Schema des Gefässbündelverlaufs beim Palmentypus, zweiseitig alternirende, stengelumfassende Blätter sind vorausgesetzt. Die Zahlen geben die Aufeinanderfolge der Blätter an, *m* mediane Gefässbündel. (Nach DE BARY)

B. Secundäre Gewebe<sup>(62)</sup>.

Wir wenden uns nunmehr zu den secundären Geweben der Pflanzen. Sie werden durch Thätigkeit cambialer Gewebe, sowohl primärer Meristeme, wie der Folgermeristeme (vgl. S. 82), den primären Geweben der Pflanze hinzugefügt, beziehungsweise ersetzen sie diese. Secundäre Gewebebildung trat in der phylogenetischen Entwicklung zuerst bei gewissen, jetzt nur aus fossilen Ueberresten bekannten Pteridophyten (Calamarien, Sigillarien, Lepidodendren) auf, bei den Phanerogamen gelangte sie aber erst zur allgemeinen Verbreitung. Sie blieb auch da im Wesentlichen nur auf die Stämme und Wurzeln eingeschränkt; nur in sehr geringem Maasse stellte sie sich auch bei den Blattgebilden ein.

**Die Dickenwachsthum der gymnospermen und dicotylen Stämme.** In den offenen Gefässbündeln der Gymnospermen und der in die Dicke wach-

senden Dicotylen folgt die Cambiumthätigkeit fast unmittelbar auf die Fertigstellung der primären Gewebe. Das zwischen dem Vasaltheil und Cribraltheil verbliebene primäre Meristem, das wir als Cambium bezeichnet haben, wird von nur wenigen Lagen dünnwandiger, protoplasmareicher Zellen gebildet. Eine mittlere Zelllage dieses Cambiums wirkt vornehmlich als Initialschicht, von ihr geht die Bildung neuer Gewebeelemente aus. Ihre Thätigkeit beruht auf einer fortgesetzten Theilung durch tangentiale, vereinzelt auch durch radiale Längswände. Die neuen Elemente werden nach der Vasal- wie nach der Cribralseite abgegeben. Sie erfahren zum Mindesten noch eine tangentiale Längstheilung, bei ausgiebigerem Dickenwachsthum auch mehrere, bevor ihre definitive Ausbildung zu Gewebezellen des Vasaltheils oder Cribraltheils erfolgt. Die Gefässbündel der zum Dickenwachsthum

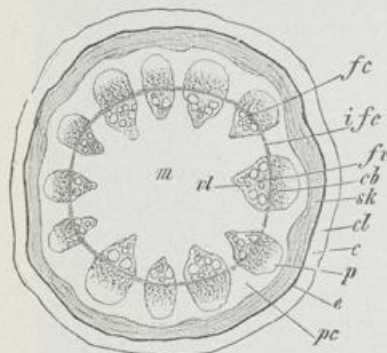


Fig. 136. Querschnitt durch einen 5 mm dicken Zweig von *Aristolochia Siphon*. *m* Mark, *fc* Gefässbündel und zwar *el* Gefässtheil, *cb* Siebtheil, *fc* Fascicularcambium, *ifc* Interfascicularcambium, *p* Cribralparenchym an der Aussenseite des Siebtheils, *pc* Pericykel, *sk* Sklerenchym, *e* Stärkescheide, *c* primäre Rinde, in dieser *cl* Collenchym. Vergr. 9.

befähigten Gymnospermen und Dicotylen sind im Allgemeinen im Kreise angeordnet. Nachdem die Cambiumthätigkeit in den Gefässbündeln begonnen hat, stellt sie sich auch zwischen ihnen, in den primären Markstrahlen ein. Eine Zone von Grundgewebszellen, welche an das Cambium des Gefässbündels anschliesst, beginnt sich dort tangential zu theilen. Das so erzeugte interfasciculare Cambium, welches somit ein Folgermeristem (S. 82) ist, ergänzt das innerhalb der Gefässbündel gelegene fasciculare Cambium, das wir als ein primäres Meristem kennen gelernt haben (S. 93), zu einem vollen Ringe. Die Figuren 136 und 137 geben diesen Vorgang für *Aristolochia Siphon* wieder, wo er sich in möglichst einfacher und übersichtlicher Weise vollzieht. In Fig. 137 ist bei stärkerer Vergrößerung ein einziges Gefässbündel der Fig. 136, nebst dem angrenzenden Interfascicularcambium, zur Darstellung gekommen. In diesem Gefässbündel (Fig. 137) ist die Cambiumthätigkeit bereits im vollen Gange. Im Besonderen fallen die in Ausbildung begriffenen Gefässe (*m'*) im Vasaltheile auf.

Innerhalb der primären Markstrahlen sind die Grundgewebszellen, die dem Interfascicularcambium den Ursprung gaben, noch deutlich zu erkennen. — Alles durch die Cambiumthätigkeit nach innen erzeugte Gewebe wird als secundäres Holz oder als Holzkörper, alles nach aussen erzeugte Gewebe als secundärer Bast oder als Bastzone bezeichnet. Das secundäre Holz stellt mit dem primären Gefäss- oder Holztheil zusammen das Holz, der secundäre Bast mit dem primären Sieb- oder Basttheil den Bast vor. Im

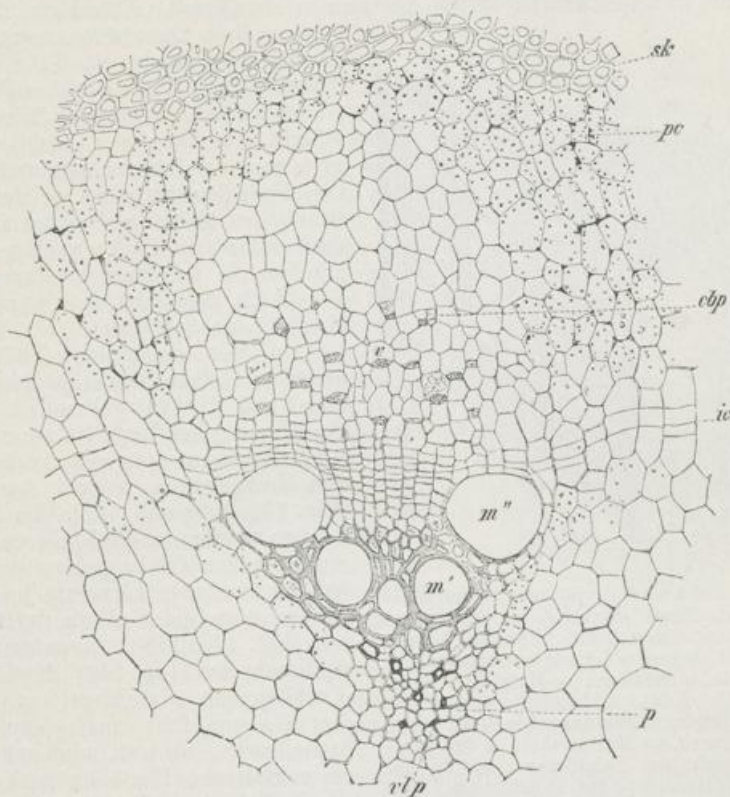


Fig. 137. Querschnitt durch einen Zweig von *Aristolochia Sipo*, im ersten Jahre seiner Entwicklung, ein Gefässbündel nach begonnener Cambiumthätigkeit zeigend. *p* Vascularparenchym; an dem Innenrande des Vasculartheils *vlp* Vascularprimordien, *m'* und *m'''* behöft getüpfelte Gefässe, *ie* Interfascicularcambium, sich in das Fascicularcambium fortsetzend, *r* Siebröhren, *cbp* Cribralprimordien, *pc* Gewebe des Pericykels, *sk* innerer Theil des Ringes aus Sklerenchymfasern. Vergr. 130.

Gegensatz zu der primären Rinde (S. 95) lassen sich auch alle durch die Thätigkeit des Cambiums nach aussen erzeugten Gewebe als secundäre Rinde zusammenfassen. Die Vasculartheile innerhalb des Holzkörpers bilden die Holzstränge, die Siebtheile innerhalb der Bastzone die Baststränge. — Durch die Thätigkeit des Interfascicularcambiums werden die primären Markstrahlen dauernd auf der Holz- und Bastseite verlängert. Bei zunehmender Breite der Holz- und Baststränge beginnen auch einzelne Streifen des Fascicularcambiums Markstrahlgewebe zu erzeugen. So werden die se-

undären Markstrahlen gebildet, die blind in den Holz- und Baststrängen endigen und um so weniger tief in dieselben reichen, je später ihre Anlage erfolgte. Die primären Markstrahlen werden auch vielfach als grosse, die sekundären als kleine unterschieden, statt Markstrahlen auch die Bezeichnung Querparenchym gebraucht. Das Gewebe aller dieser Markstrahlen ist in der That fast durchweg parenchymatisch. Die von der Initialschicht des Cambiums abgebenen Zellen, die einen Markstrahl verlängern, erfahren vornehmlich nur quere Theilungen, um die Markstrahlzellen zu erzeugen.

Die Cambiumzellen haben im Allgemeinen die Gestalt rechteckiger Prismen, deren radialer Querdurchmesser kleiner als der tangential ist. Die Enden dieser Prismen sind meist einseitig, abwechselnd nach rechts und links zugespitzt. Die Länge der Cambiumzellen ist je nach der Pflanzenart verschieden. Diejenigen Cambiumzellen, welche Markstrahlzellen bilden, stehen den anderen entsprechend an Länge nach. — Die primären in das Mark hineinragenden Vasaltheile der Holzkörper werden als Markkrone bezeichnet.

In der cambialen Thätigkeit unserer Holzgewächse macht sich eine Periodicität geltend, die durch die klimatischen Verhältnisse bedingt ist. Sie kommt in der Ausbildung von Jahresringen zum Ausdruck (Fig. 138, 140 und 146). Im Allgemeinen werden im Frühjahr zur Zeit, wo die neuen Triebe sich entwickeln, weitere tracheale Elemente im Holzkörper ausgebildet als in der Folgezeit (Fig. 140, 148). So entsteht ein weitlumigeres (Fig. 140 *f*) Frühholz (Frühlingsholz), welches vor Allem die Wasserzufuhr nach den Verbrauchsorten fördert, und späterhin ein englumiges (Fig. 140 *s*) Spätholz (Herbstholz), welches vor Allem die Festigkeit des Stammes erhöht. In der zweiten Augushälfte hört die Holzbildung in unseren Breiten auf und beginnt dann von Neuem im nächsten Frühjahr mit weitlumigeren Elementen. Demgemäss zeichnet sich da eine Grenze (*i* Fig. 138), die dem blossen Auge schon kenntlich ist und die zur Feststellung des Alters des betreffenden Pflanzentheils dienen kann. — Unter Umständen kann freilich die Zahl der Ringe im Holz die Zahl der Altersjahre überschreiten, wenn nämlich ein Austreiben der für die nächstjährige Vegetationsperiode bestimmten Knospen um die Johanniszeit, das heisst der sogen. Johannistriebe, wie sie unseren Eichen zukommen, oder wenn Blattverlust durch Raupenfrass und die dadurch bedingte Bildung neuer Triebe, eine Wiederholung der Frühholzbildung veranlasst. In den Holzgewächsen der Tropen können die Jahresringe ganz fehlen, so beispielsweise,

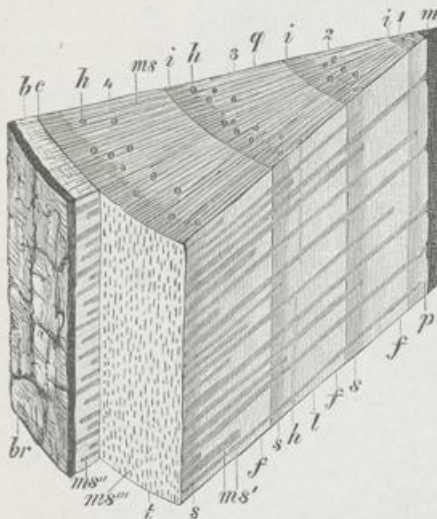


Fig. 138. Stück eines vierjährigen Stammtheils der Kiefer (*Pinus silvestris*) im Winter geschnitten, *q* Querschnitt, *l* radiale Längsschnitt-, *t* tangentiale Längsschnitt-Ansicht. *f* Frühholz, *s* Spätholz, *m* Mark, *p* primäre Vasaltheile, *1, 2, 3* und *4* die vier auf einander folgenden Jahresringe des Holzkörpers, *i* Jahresgrenze, *ms* Markstrahlen in der Querschnittsansicht des Holzkörpers, *ms'* in der Längsschnittansicht des Holzkörpers, *ms''* innerhalb der Bastzone, *ms'''* in der tangentialen Längsschnittansicht, *c* Cambiumring, *b* Bastzone, *h* Harzgänge, *br* die ausserhalb der ersten Peridermlage befindliche, der primären Rinde entsprechenden Borke. Vergr. 6.

Elementen. Demgemäss zeichnet sich da eine Grenze (*i* Fig. 138), die dem blossen Auge schon kenntlich ist und die zur Feststellung des Alters des betreffenden Pflanzentheils dienen kann. — Unter Umständen kann freilich die Zahl der Ringe im Holz die Zahl der Altersjahre überschreiten, wenn nämlich ein Austreiben der für die nächstjährige Vegetationsperiode bestimmten Knospen um die Johanniszeit, das heisst der sogen. Johannistriebe, wie sie unseren Eichen zukommen, oder wenn Blattverlust durch Raupenfrass und die dadurch bedingte Bildung neuer Triebe, eine Wiederholung der Frühholzbildung veranlasst. In den Holzgewächsen der Tropen können die Jahresringe ganz fehlen, so beispielsweise,

im Gegensatz zu unseren Nadelhölzern, bei den tropischen Nadelhölzern der Gattung *Araucaria*. Die Bildung von Jahresringen kann aber auch bei tropischen Holzgewächsen durch Unterbrechung der Vegetation während der Trockenperiode und eine auf diese folgende Triebbildung bedingt werden.

Nach vollendeter Holzbildung fährt das Cambium in unseren Breiten noch fort, so lange als es die Witterungsverhältnisse gestatten, Bast zu erzeugen. Es werden aber nach der Bastseite zu im Allgemeinen weit weniger Elemente als nach der Holzseite gebildet. — Sowohl im Holz wie im Bast pflegt die Grösse der Elemente bis zu einem gewissen Alter der Holzgewächse zuzunehmen.

Der Holzkörper der Bäume kann dauernd bis an das Mark hin seine lebenden Elemente in grösserer oder geringerer Vollständigkeit behalten. Solche Holzgewächse heissen Splinthölzer: Die Rothbuche kann als Beispiel dienen. In anderen Holzkörpern, den Kernhölzern, sterben die lebenden Elemente nach einer bestimmten Lebensdauer ab, so dass in einiger Entfernung vom Cambium nur noch tote Elemente zu finden sind. Vor dem Absterben pflegen die lebenden Zellen verschiedene organische Stoffe, besonders Gerbstoffe, zu erzeugen, die in die Membranen der umgebenden Elemente eindringen, und Schutz- oder Kerngummi, das ihre Hohlräume zum Theil verstopft. Die Gerbstoffe verleihen den toten Holztheilen eine bestimmte, oft sehr charakteristische Färbung, besonders dann, wenn sie in sogen. Holzfarbstoffe oder Xylochrome übergegangen sind. Die Gerbstoffe schützen den toten Holzkörper vor Zersetzung, während das Kerngummi die im toten Holze stets ausser Function gesetzten Wasserbahnen mehr oder weniger verschliesst. Der tote Holztheil wird als Kern dem lebenden ihn umgebenden Holze, dem Splint, gegenüber gestellt. Im Allgemeinen fällt der Splint unmittelbar schon durch seine hellere Färbung auf, es giebt aber auch Hölzer, bei welchen das Kernholz seine Farbe nicht verändert. Meist fehlen dann auch die schützenden Stoffe in diesem Kernholz, und es unterliegt leichter der Zersetzung. Stämme mit solchem ungeschützten Kernholz werden im Alter leicht hohl, so z. B. unsere Weiden.

Der Splint ist je nach der Holzart auf eine grössere oder kleinere Zahl letzterzeugter Jahresringe beschränkt; ihm fällt die Aufgabe der Wasserleitung allein zu. Am schärfsten setzt der Splint vom Kernholz dort ab, wo letzteres eine dunklere Färbung zeigt: so bei unserer Eiche mit braunem Kern oder beim Ebenholz (*Diospyros*), dessen Kern schwarz ist. Je dunkler das Kernholz, um so dauerhafter pflegt es zu sein. Unter den Farbhölzern fallen besonders auf: das Blauholz oder Campeche (*Haematoxylon campechianum* L.) mit rothem Kern, der das Haematoxylin liefert; das rothe Santelholz (*Pterocarpus santalinus* L. fil.), aus dessen dunkelrothem Kern das Santalin, das Fernambukholz, Rothholz (*Caesalpinia echinata* Lam. und *brasiliensis* L.), aus dessen rothem Holz das Brasilin, endlich das Gelbholz (*Maclura aurantiaca* Nutt.), aus dessen gelbem Kern das Morin gewonnen wird. — Auch anorganische Stoffe können

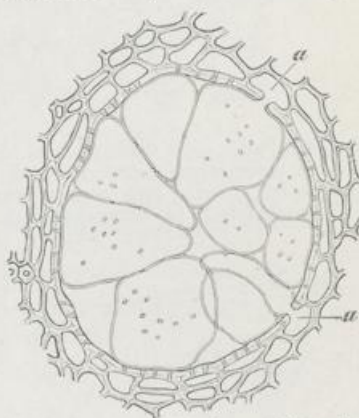


Fig. 139. Ein mit Thyllen erfülltes Gefäss, nebst den angrenzenden Elementen aus dem Kernholz der Robinie (*Robinia Pseudacacia*) im Querschnitt. Bei *a* und *a* ist der Zusammenhang der Thyllen mit ihren Ursprungszellen zu sehen. Vgr. 300.

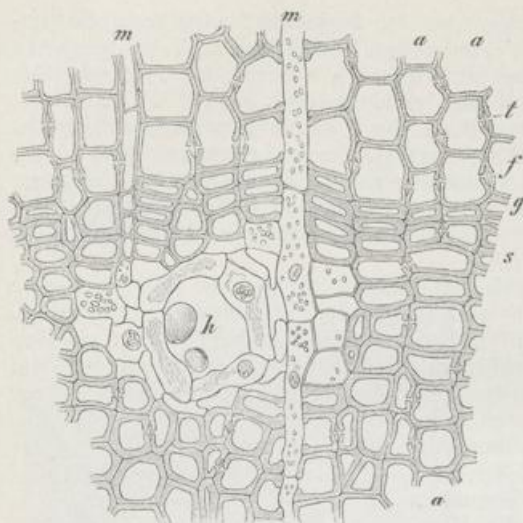


Fig. 140. Partie eines Querschnittes durch das Kieferholz an einer Jahresgrenze. *f* Frühholz, *s* Spätholz, *t* Hofstäpfel, *a* eine sich nach aussen verdoppelnde Tracheidenreihe, *h* Harzgang, *m* Markstrahlen. Vergr. 240.

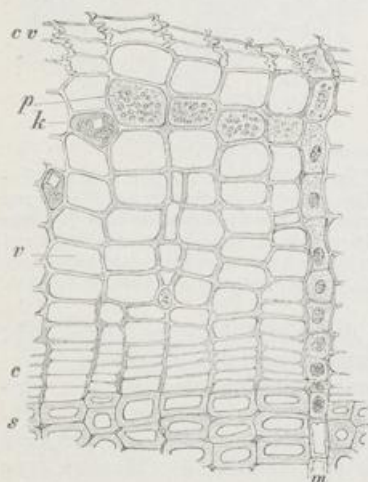


Fig. 141. Querschnitt aus dem Stamme der Kiefer, den äusseren Rand des Holzkörpers, das Cambium und den angrenzenden Bast in sich fassend. *s* Spätholz, *c* Cambium, *v* Siebröhren, *p* Bastparenchym, *k* krystallführendes Bastparenchym, *cv* ausser Function gesetzte Siebröhren, *m* Markstrahlen. Vergr. 240.

in den Kernhölzern abgelagert sein, bei *Ulmus campestris* und *Fagus silvatica* kohlenaurer Kalk, und zwar hauptsächlich in den Gefässen; in den Gefässen des Teakholzes (*Tectona grandis*) amorphe Kieselsäure. — Zu der Verstopfung der Wasserbahnen im Kernholz tragen nicht selten auch Thyllen bei (Fig. 139). Es sind das blasenförmige Ausstülpungen, welche während der Verkernung die den Gefässen angrenzenden lebenden Zellen in dieselben treiben. Die Thyllenbildung geht von den Schliesshäuten der Tüpfel aus, die in den Gefässraum vorgewölbt werden und dort zu immer grösseren, blasenförmigen Gebilden heranwachsen. Diese Blasen treffen auf einander und füllen schliesslich mehr oder weniger vollständig den Gefässraum aus.

— Die Schliesshäute der Hofstäpfel sind im Kernholze einseitig vorgewölbt, einer Tüpfelmündung mit ihrem Torus angeedrückt und verschliessen so die Tüpfel. — Harz dringt nach H. MAYR<sup>(63)</sup> in die Membranen der Holzzellen unter normalen Verhältnissen nicht ein, wohl aber verkiert das Holz unserer Nadelhölzer durch Imprägnierung der Zellwänden mit Harz dann, wenn es von Wunden aus, oder in Folge anderweitiger Ursachen, austrocknet. Im Kernholze der mit Harzgängen versehenen Coniferen werden diese Harzgänge durch Thyllen verstopft.

**Elemente des secundären Zuwachses im Holz.** Sie sind verschieden, je nachdem es sich um ein gymnospermes oder dicotyles Holzgewächs handelt. — Bei den Gymnospermen werden in den Holzsträngen fast nur Tracheiden erzeugt (Fig. 140). Dieselben tragen behöftete Tüpfel und zwar meist nur auf ihren radialen Wänden. Die Frühtracheiden (*f*) sind weitlumiger als die Spättracheiden (*s*). Ausser Tracheiden wird Holzparenchym in den Holzsträngen, doch stets nur in sehr beschränktem Maasse, gebildet und bei bestimmten Abietineen Harzgänge (Fig. 138 *h*) in dieses Holzparenchym eingeschaltet.

Die Gattung *Ephedra* ausgenommen, gehen den Gymnospermen im secun-



dären Zuwachs, eben so wie in den primären Vasaltheilen, echte Gefässe ab. Die vom Cambium aus erzeugten Tracheiden bilden im Holzkörper radiale Reihen, die von Zeit zu Zeit, durch Einschaltung einer radialen Wand im Cambium, verdoppelt werden (Fig. 140 a). Die Tracheiden sind wesentlich länger als die Cambiumzellen, aus denen sie hervorgehen, oft bis über 1 mm lang. Diese grössere Länge erreichen sie durch nachträgliches Wachstum, wobei sie sich mit ihren fortwachsenden Enden zwischen einander schieben. Bei Bildung von Holzparenchym gehen die Cambiumzellen quere Theilungen ein. In den holzparenchymatischen Zellenzügen der Kiefern, Fichten und Lärchen werden (S. 80) schizogene Harzgänge (Fig. 140 h) angelegt. Bei den anderen Coniferen ist die Bildung des Holzparenchyms auf einfache Zellreihen beschränkt, deren Zellräume sich weiterhin mit Harz füllen.

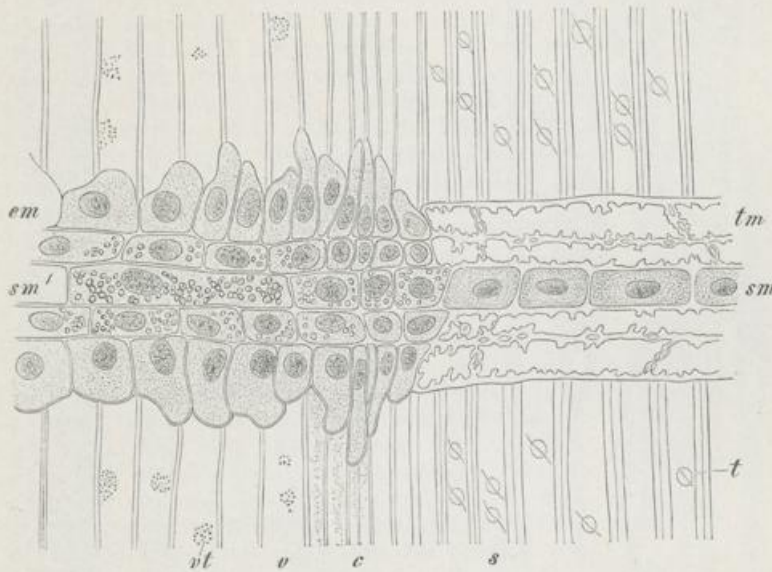


Fig. 142. Radialer Längsschnitt durch den Kieferstamm, den Aussenrand des Holzkörpers, das Cambium und den anschliessenden Bast, sowie einen Markstrahl in sich fassend. *s* Spättracheiden, *t* Hoftüpfel, *c* Cambium, *v* Siebröhren, *vt* Siebtüpfel, *tm* tracheidale Markstrahlzellen, *sm* stärkeführende Markstrahlzellen im Holzkörper, *sm'* im Bastkörper, *em* eiweissführende Markstrahlzellen. Vergr. 240.

Am Aufbau des secundären Zuwachses der Holzstränge der Dicotylen sind ausser den Tracheiden (*t*) und dem Holzparenchym (*hp*) auch echte Gefässe (Tracheen, *g*) und Holzfasern (*h*) beteiligt (Fig. 144 und 145). Die Zellen des Holzparenchyms zeichnen sich durch ihre Kürze und ihren Inhaltsreichtum aus, die Holzfasern durch ihre Länge, starke Verdickung und Zuspitzung der Enden. Im Frühholz werden weiltumigere Elemente erzeugt; es herrscht dort die Bildung der Wasserbahnen, besonders der Gefässe vor, im Spätholz sind die englumigen Elemente hauptsächlich vertreten, besonders die stark verdickten, die mechanische Festigkeit fördernden Holzfasern oder Fasertracheiden (S. 60). So wird auch in diesem Holze die Jahresgrenze deutlich markirt (Fig. 148).

Alle Elemente in den Holzsträngen der Dicotylen lassen sich aus einem tracheidalen und einem holzparenchymatischen Ursprung ableiten, aus den beiden

Gewebearten somit, die uns auch im Holz der Gymnospermen bereits entgegen-traten. — Zur trachealen Gewebeart gehören die Tracheiden und die Gefässe; zur holzparenchymatischen Gewebeart vor Allem das Holzparenchym, die sogen. Ersatzfaser (*ef*), welche den gleichen Inhalt wie das Holzparenchym führt, auch nicht stärker verdickt ist, aber eine weit grössere Länge aufweist, und die Holzfaser. Die Elemente der trachealen Gewebeart büssen frühzeitig ihren lebenden Inhalt ein und stellen im fertigen Zustande nur noch tote Zellräume vor. Sie sind vertreten: Durch relativ weitleumige, mit grossen Hoftüpfeln, eventuell auch Schraubenbändern versehene Tracheiden (*t* Fig. 144), die der Wasserleitung dienen; durch gefässartig ausgebildete, ähnlich verdickte und eben-

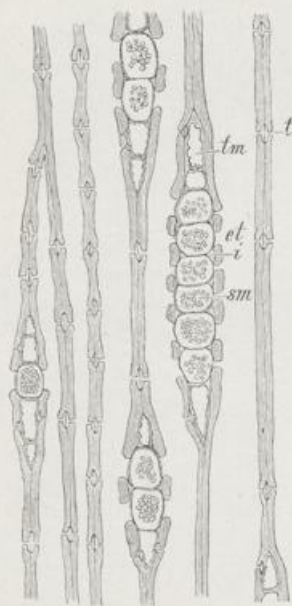


Fig. 143. Tangentialer Längsschnitt durch das Spätholz der Kiefer. *t* Hoftüpfel, *tm* tracheidale, *sm* stärkeführende Markstrahlzellen, *et* einseitig behöfte Tüpfel, *i* Intercellularen am Markstrahl. Vergr. 240.

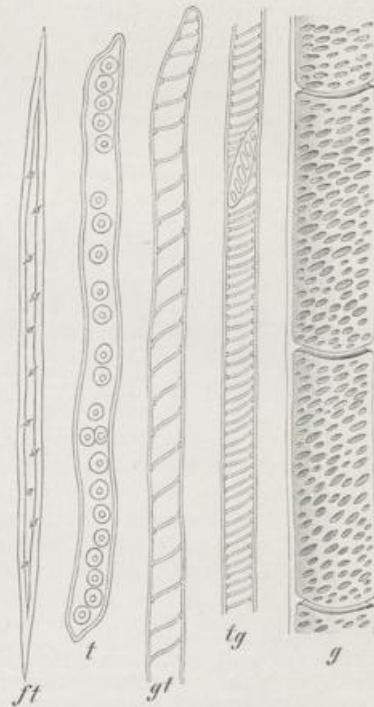


Fig. 144. Elemente der trachealen Gewebeart in schematischer Darstellung. Erklärung im Text.

so funktionirende Gefässtracheiden (*gt*); durch englumige, zugespitzte, spaltenförmig verengte, kleine Hoftüpfel führende Fasertracheiden (*ft*), die in extremer Ausbildung nur noch mechanische Functionen vollziehen; endlich durch Tracheen oder Gefässe (*g*) aus Zellfusionen hervorgegangen, mit allen jenen Verdickungsarten, welche die Ring-, Schrauben-, Netz-, Tüpfelgefässe kennzeichnen. Führen die Gefässe Hoftüpfel an den Seitenwänden, so haben sie dann häufig auch noch dünne Schraubenbänder als tertiäre Verdickungsschicht aufzuweisen (Fig. 149 *m*). Alle Gefässe dienen der Wasserleitung. Sind sie englumig und den Tracheiden ähnlich gestaltet, so lassen sie sich als Tracheidgefässe (*tg*) bezeichnen. — Die holzparenchymatische Gewebeart (Fig. 145) besteht aus Zellen, die ihren lebenden Inhalt im Allgemeinen behalten und niemals echte Hoftüpfel mit Torus

auf der Schliesshaut, wie sie für die wasserleitenden Elemente charakteristisch sind, ausbilden. Wohl alle holzparenchymatischen Gewebe sind aus dem Holzparenchym (Fig. 145 *hp*) abzuleiten. Letzteres wird durch Quertheilungen der Cambiumzellen erzeugt und weist demgemäss (*hp*) Zellreihen auf mit quergestellten Scheidewänden, welche den Quertheilungen entstammen, und schräge gestellten Scheidewänden, welche den einseitig zugeschärften Enden der Cambiumzellen entsprechen. Die Holzparenchymzellen führen einfache, runde oder elliptische, je nach der Holzart verschieden grosse Tüpfel, enthalten wenigstens zeitweise Stärke; einzelne unter ihnen nehmen Nebenprodukte des Stoffwechsels in sich auf. — Am nächsten steht diesem typischen Holzparenchym die Ersatzfaser (*ef*). Sie stimmt in ihrem Inhalt mit dem Holzparenchym überein, zeigt auch dieselbe Wandverdickung, ist aber aus einer ganzen cambialen Zelle hervorgegangen. Dabei hat sie sich mehr oder weniger stark gestreckt und faserförmig gestaltet. — Dieselbe Art der Entwicklung bei bedeutender Streckung und stärkerer Wandverdickung kommt der Holzfaser (Libriformfaser) zu (*h*). Dieselbe erhält zugleich spaltenförmig verengte, links aufsteigende kleine Tüpfel. Bei extremer Ausbildung (*h*) büsst die Holzfaser ihren lebendigen Inhalt vollständig ein, sie führt alsdann Luft und dient nur der mechanischen Festigung des Pflanzenkörpers. Die Holzfaser kann aber auch ihren lebenden Inhalt behalten. Unter Umständen stellt sich relativ spät noch eine Zelltheilung in der Holzfaser ein und führt zur Bildung einer gefächerten Holzfaser (*gh*). Die so erzeugte Querwand bleibt dünn und fällt um so mehr gegen die stärker verdickten Seitenwände auf.

Während die Aufgabe der trachealen Gewebeart in der Wasserleitung liegt, fällt der holzparenchymatischen Gewebeart die Leitung und Aufspeicherung der Assimilate, vor Allem der Kohlehydrate, beziehungsweise auch die Aufnahme der Nebenproducte des Stoffwechsels zu. Beide Gewebearten tragen zur Erhöhung der mechanischen Festigkeit des Pflanzenkörpers bei und liefern bei extremer Ausbildung solche Elemente, wie die Fasertracheiden einerseits und die inhaltleeren Holzfasern andererseits, die nur noch mechanischen Leistungen obliegen.

Aus den Elementen der trachealen und holzparenchymatischen Gewebeart werden die Holzstränge der dicotylen Gewächse aufgebaut, wobei meist nur ein Theil dieser Elemente in jedem Einzelfall vertreten ist.

Unter den Dicotylen haben nur die zur Gattung *Drimys* gehörenden, den Magnolien nah verwandten Bäume aus Tracheiden allein aufgebaute Holzstränge aufzuweisen. Sie ähneln in ihrem Bau auffallend den Nadelhölzern. Bei zahlreichen Leguminosen, bei Weiden, Pappeln, *Ficus*-Arten ist die tracheale Gewebeart andererseits nur durch Gefässe in den Holzsträngen vertreten. Die Gefässe allein haben dort somit das Wasser zu leiten, im Uebrigen weisen die Holzstränge noch Holzparenchym und der Hauptmasse nach Holzfasern auf.

Schlingende Holzgewächse (Lianen) sind durch sehr weite Gefässe ausgezeichnet. Die lebenden Elemente der Holzstränge zeigen in ihrer Vertheilung stets bestimmte Beziehungen zu den Wasserbahnen. Sie begleiten dieselben, hüllen sie auch mehr oder weniger vollständig ein. Ein Theil dieser

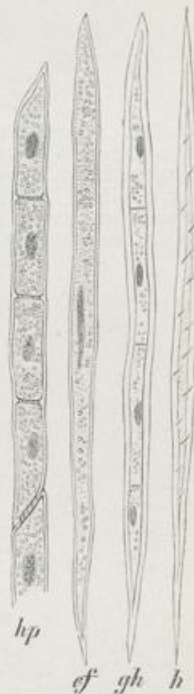


Fig. 145. Elemente der holzparenchymatischen Gewebeart in schematischer Darstellung. Erklärung im Text.

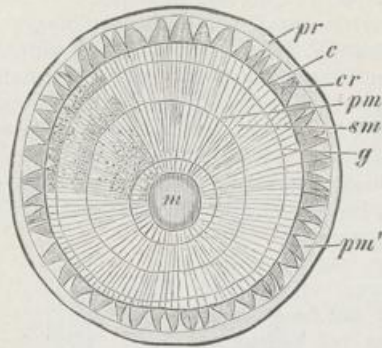


Fig. 146. Querschnitt durch einen im vierten Jahre stehenden Zweig der kleinblättrigen Linde (*Tilia parvifolia*). *pr* primäre Rinde, *c* Cambiumring, *cr* Bast, *pm* primäre Markstrahlen, *pm'* äusseres erweitertes Ende eines primären Markstrahls, *sm* sekundärer Markstrahl, *g* Jahresgrenze. Vergr. 6.

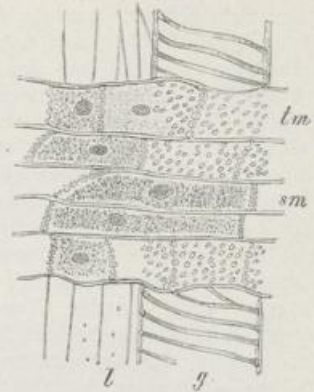


Fig. 147. Radialer Längsschnitt aus dem Holz von *Tilia parvifolia* mit einem kleinen Markstrahl. *g* Gefäss, *l* Holzfasern; *tm* mit den Wasserbahnen durch Tüpfel verbundene, *sm* der Leitung der Assimilate vornehmlich dienende Markstrahlzellen. Vergr. 240.

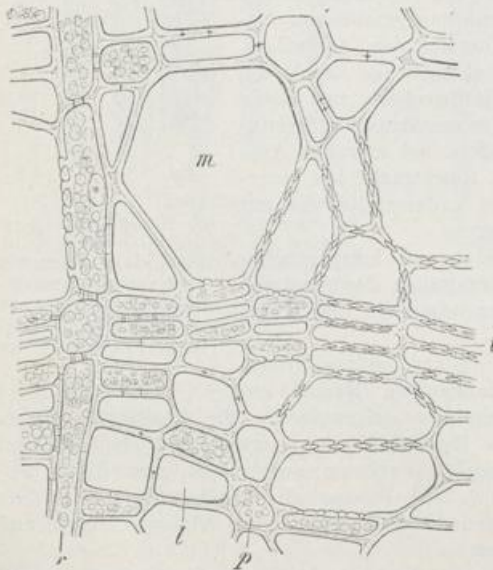


Fig. 148. Theil eines Querschnittes durch den Holzkörper von *Tilia parvifolia* an einer Jahresgrenze. *m* weites Tüpfelgefäss, *t* Tracheiden, *l* Holzfaser, *p* Holzparenchym, *r* Markstrahl. Vergr. 540.

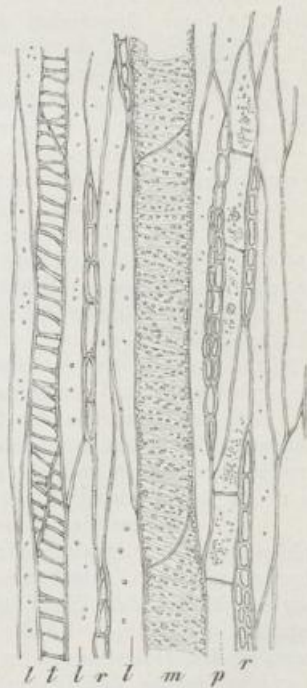


Fig. 149. Tangentialer Längsschnitt aus dem Holz von *Tilia parvifolia*. *m* Tüpfelgefäss, *t* mit Schraubebändern versehene Tracheiden, *p* Holzparenchym, *l* Holzfaser, *r* Markstrahlen. Vergr. 160.

lebenden Zellen communicirt durch einseitig behöft Tüpfel mit den Wasserbahnen. Solche Tüpfel sind ohne Hof in der lebenden Zelle, mit Hof in dem trachealen Element, auch im Gegensatz zu den echten, beiderseits behöft Hof-tüpfeln ohne Torus auf der Schliesshaut.

**Die Elemente des secundären Zuwachses im Bast.** Die Baststränge der gymnospermen und dicotylen Holzgewächse werden aus Siebröhren, beziehungsweise diesen mit ihren Geleitzellen, aus kurzzeitigem, inhaltsreichem Bastparenchym und englumigen, sehr langen, stark verdickten Bastfasern aufgebaut. Die Siebröhren dienen der Eiweissleitung; die Geleitzellen, und wo sie nicht vorhanden, besondere Zellreihen des Bastparenchyms, der Entnahme der Stoffe aus den Siebröhren; das Bastparenchym der Leitung und Speicherung der Kohlehydrate, auch der Aufnahme bestimmter Nebenprodukte des Stoffwechsels, besonders der Gerbstoffe und des Calciumoxalats.

Auch alle Elemente der Baststränge lassen sich von zwei Gewebearten ableiten, der cribralen und der bastparenchymatischen. Das cribrale Gewebe wird durch die Siebröhren, beziehungsweise diese und ihre Geleitzellen vertreten, das parenchymatische durch das Bastparenchym und die Bastfasern, deren extreme Formen an das Bastparenchym durch Zwischenformen sich anknüpfen lassen.

Bei den Gymnospermen bildet das Cambium (*c* Fig. 141) für den Bast Siebröhren (*v*) ohne Geleitzellen, Bastparenchym (*p* und *k*) und in bestimmten Fällen auch Bastfasern. Diese Elemente pflegen in Bändern abzuwechseln. — Die Function der fehlenden Ge-

leitzellen wird bei bestimmten Gattungen der Coniferen (Araucarien, Taxineen, Cupressineen) durch an die Siebröhren anschliessende Längsreihen von Bastparenchym vollzogen. — In einiger Entfernung vom Cambium erhalten die Siebplatten der Siebröhren Callusbelege. In der auf ihre Bildung folgenden Vegetationsperiode entleeren sich die Siebröhren und werden zerdrückt (Fig. 141 *cv*). Bei solchen Coniferen, die eiweisshaltige Bastparenchymzellen führen, erleiden diese dasselbe Schicksal wie die angrenzenden Siebröhren. Die stärkehaltigen Bastparenchymzellen hingegen verharren jahrelang am Leben und schwellen sogar dort, wo die Siebröhren zerdrückt werden, an.

In den Baststrängen der dicotylen Holzgewächse (Fig. 150) sind die Siebröhren (*v*) mit Geleitzellen (*c*) versehen, ausserdem werden dort Bastparenchym (*p*), Bastfasern (*l*) und die zwischen Bastparenchym und Bastfasern vorhandenen Uebergangsformen gebildet.

Wie die Holzfasern in den Holzsträngen, so können auch die Bastfasern in

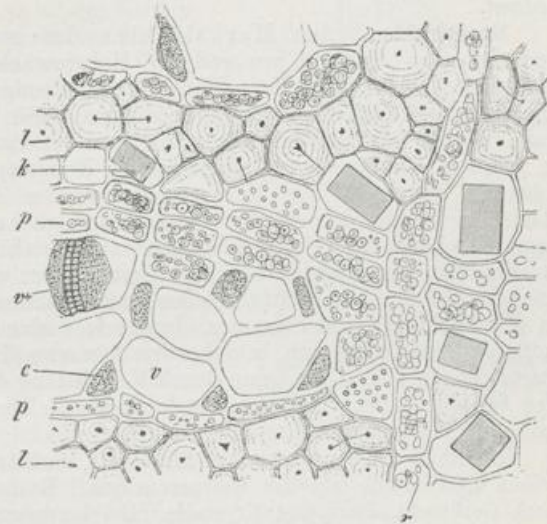


Fig. 150. Durchschnitt durch den Bast der Linde (*Tilia parvifolia*). *v* Siebröhren, bei *v\** eine Siebplatte getroffen, *c* Geleitzelle, *p* Bastparenchym, *k* krystallführende Zellen des Bastparenchyms, *l* Bastfasern, *r* Markstrahl. Vergr. 540.

den Baststrängen in unverdickter Form als Ersatzbastfasern, mit oder ohne lebenden Inhalt, mit Stärke angefüllt, endlich auch gefächert, auftreten.

Oft zeigen auch bei den Dicotylen die Elemente der Baststränge eine grosse Regelmässigkeit in ihrer Aufeinanderfolge, so wechseln mit einander bei der Linde (Fig. 150) Siebröhren (*v*) nebst Geleitzellen (*o*), stärkeführendes Bastparenchym (*p*), krystallführendes Bastparenchym (*k*), Bastfasern (*l*), flache Bastparenchymzellen (*p*) und endlich wiederum Siebröhren in Bändern ab. Wie bei den Gymnospermen haben auch bei den Dicotylen die Siebröhren eine kurze Funktionszeit, werden hierauf entleert und zerdrückt. Dasselbe Schicksal trifft die Schwesterzellen der Siebröhrenglieder, die Geleitzellen, während das stärkeführende Bastparenchym viele Jahre erhalten bleibt. Die Verschiedenheit im Aussehen der Baststränge bei den dicotylen Holzgewächsen wird vornehmlich durch die grössere oder geringere Weite der Siebröhren, das Vorhandensein oder das Fehlen von Bastfasern, endlich durch die Art der Vertheilung der Elemente bedingt.

**Markstrahlen.** Die Markstrahlen der gymnospermen (Fig. 138 *ms*) und dicotylen (Fig. 146 *pm* und *sm*) Holzgewächse sind bandförmige, radial verlaufende Gewebestreifen, die vorwiegend oder ausschliesslich von parenchymatischen Elementen gebildet werden. Sie haben vor Allem die Aufgabe, die in den Blättern erzeugten und im Bast abwärts geleiteten Stoffe in radialen Bahnen dem Cambium und Holzkörper zuzuführen. Durch die lebenden Elemente der Markstrahlen werden die lebenden Elemente der Baststränge mit denjenigen der Holzstränge verbunden, und so das gesammte lebende Gewebe des Stammes zu einer Einheit erhoben. — Ausserdem werden die Markstrahlen an ihren Seiten, oder wenn sie mehrschichtig sind auch im Innern, von luftführenden Intercellularen begleitet. Diese beginnen in der Peripherie des Stammes, durchsetzen das Cambium und communiciren mit allen Intercellularen, welche den lebenden Elementen in den Holz- und Baststrängen folgen. So kann durch Vermittlung der Markstrahlintercellularen der für die Lebensvorgänge der lebenden Zellen nothwendige Gasaustausch mit der Atmosphäre unterhalten werden.

Innerhalb des Holzkörpers führen die Markstrahlzellen im Wesentlichen dieselben Inhaltsstoffe wie das Holzparenchym. Es ist das vor Allem Stärke, doch auch Gerbstoffe, Harz und Krystalle. Bei bestimmten Gymnospermen, vor Allem den Kiefern, sind einzelne Zellreihen der Markstrahlen, meist die randständigen, ohne lebenden Inhalt, tracheidal ausgebildet, durch Hoftüpfel unter einander und mit den Tracheiden verbunden (*tm* Fig. 142 und 143). Sie sind bestimmt, den Wasseraustausch in radialer Richtung unter den Tracheiden zu erleichtern. Bei den anderen Nadelhölzern, welchen solche tracheidale Elemente in den Markstrahlen fehlen, sind tangentiale Hoftüpfel in den Tracheiden des Spätholzes vorhanden und eine radiale Bewegung des Wassers durch diese gefördert. Die lebenden Zellen der Markstrahlen des Holzkörpers zeigen dieselben Beziehungen zu den Wasserbahnen wie das Holzparenchym und hängen wie jenes durch einseitig behöftete Tüpfel mit ihnen zusammen. Sie nehmen Wasser aus den Wasserbahnen auf und geben es nach Bedarf an andere lebende Zellen ab; andererseits pressen sie im Frühjahr, zur Zeit der Knospenentfaltung, Assimilate, vor Allem Glukosen und geringe Mengen von Albuminaten in die Wasserbahnen ein, damit diese Stoffe möglichst rasch nach den Verbrauchsorten gelangen. Demgemäss ist während des Winters und im Beginn des Frühjahrs Zucker und Eiweiss in den trachealen Elementen nachzuweisen<sup>(61)</sup> und diese Stoffe auch in dem Blutungssaft enthalten, den man im Frühjahr durch Bohrlöcher aus Birken, Ahorn-Arten, Hainbuchen und anderen Bäumen gewinnen kann. Bei den Dicotylen sind es meist nur bestimmte Zellreihen des Markstrahls im Holzkörper, dessen Elemente

mit den Wasserbahnen sich inniger verbunden zeigen. Diese Zellreihen nehmen für gewöhnlich die Ränder des Markstrahls ein und sind höher; man hat sie daher auch als stehende Markstrahlzellen bezeichnet. Die mittleren Zellreihen des Markstrahls sind entsprechend niedriger, gestreckter, ohne besondere Verbindung mit den Wasserbahnen, vornehmlich auf Leitung und Speicherung der Assimilate eingerichtet; sie stellen die sogen. liegenden Markstrahlzellen dar<sup>(65)</sup>. — Innerhalb der Bastzone sind die Markstrahlen bei den Dicotylen einfacher gebaut als im Holzkörper. Die Aufgabe der Markstrahlzellen in der Bastzone, die innerhalb der Baststränge abwärts geleiteten Stoffe aufzunehmen, zeigt sich durch die Tüpfel an, die nicht nur die Zellreihen des Markstrahls mit dem Bastparenchym, sondern bei den Dicotylen auch mit den Geleitzellen der Siebröhren verbinden. — Bei denjenigen Nadelhölzern, welchen eiweissführende Bastparenchymzellen in den Baststrängen abgehen, so bei den Kiefern und anderen Abietineen, treten eiweissführende Zellreihen in den Markstrahlen an deren Stelle (em Fig. 142). Solche Markstrahlzellen sind den Siebröhren dicht angeschmiegt, mit ihnen durch Siebtüpfel verbunden. Sie werden auch mit den Siebröhren zugleich entleert und wie jene dann zusammengedrückt. Umgekehrt pflegen die stärkeleitenden Zellreihen der Markstrahlen in der Bastzone, ganz ähnlich wie das stärkeleitende Bastparenchym, zwischen den zerdrückten Siebröhren noch anzuschwellen und Jahre lang am Leben zu bleiben.

Die Höhe und Breite der Markstrahlen lässt sich leichter an tangentialen als an radialen Längsschnitten feststellen. An solchen tangentialen Längsschnitten erscheinen die Markstrahlen spindelförmig (Fig. 143 und 149). Ihre Grösse schwankt bei den meisten Hölzern nur innerhalb relativ enger Grenzen, doch bei gewissen Hölzern, so der Eiche und Rothbuche, sehr bedeutend. Die Eiche führt bis zu 1 mm Breite und fast 1 dm Höhe erreichende grosse Markstrahlen, dazwischen zahlreiche sehr enge kleine. Bei der Pappel, der Weide, dem Buxbaum sind alle Markstrahlen so klein, dass man sie auch mit der Lupe kaum unterscheiden kann. Besondere Höhe und Breite erreichen die primären, sich über die Länge eines ganzen Internodiums erstreckenden Markstrahlen bei vielen Lianen (S. 23). Diejenigen Nadelhölzer, welche Harzgänge in den Holzsträngen führen, besitzen sie auch innerhalb einzelner breiter Markstrahlen. Diese radialen Harzgänge stehen in Verbindung mit den verticalen. Daher so grosse Harzmengen aus einem verwundeten Kiefern- oder Fichtenstamm ausfliessen können.

**Dickenwachsthum der gymnospermen und dicotylen Wurzeln.** Bei denjenigen Gymnospermen und Dicotylen, deren Stamm in die Dicke wächst, kommt ein solches Dickenwachsthum auch den Wurzeln zu<sup>(66)</sup>. Wie wir gesehen haben (Fig. 123, 128), wechseln im Centraleylinder der Wurzel die Vasal- und Cribralstränge mit einander ab. Soll nun eine solche Wurzel in

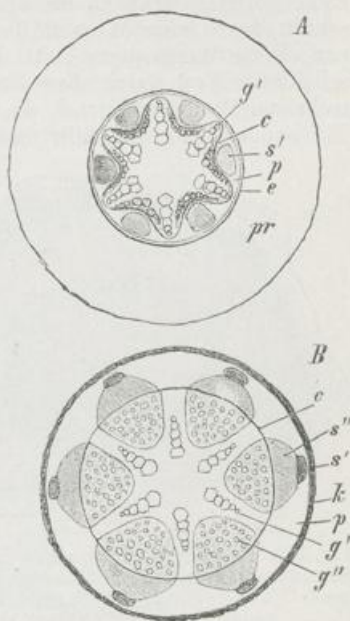


Fig. 151. Schematische Darstellung des Dickenwachsthums einer dicotylen Wurzel. In *A* bedeutet *pr* primäre Rinde, *e* Endodermis. In *A* und *B* sind *c* Cambiumring, *g'* primärer Vasalstrang, *s'* primärer Siebstrang, *p* Pericykel; in *B* bedeuten ausserdem *g''* sekundär erzeugtes Holz, *s''* sekundär erzeugter Bast, *k* Periderm.

secundäres Dickenwachsthum eintreten, so bilden sich an der Innenseite der Cribralstränge, durch Theilung des Grundgewebes, Cambiumstreifen aus, die nach innen Holz, nach aussen Bast bilden. Alsbald treffen die Ränder der Cambiumstreifen im Pericykel vor den Vasalsträngen zusammen, und nun ist ein vollständiger Cambiumring da, der im ganzen Umkreis seine Thätigkeit ausüben kann. Unsere schematische Figur 151 A soll zur Veranschaulichung dieses Vorgangs dienen. Der Cambiumring ist in dieselbe als dunkle Linie eingetragen. Die Buchten des Cambiumringes gleichen sich durch dessen Thätigkeit bald aus, so dass er kreisförmig wird. Vor den primären Vasalsträngen (*g'*) bildet er nur Markstrahlgewebe, und sind es daher die weitesten Markstrahlen, die später auf diese führen (Fig. 151 B). Der Querschnitt durch eine Wurzel, die bereits Jahre lang in die Dicke wuchs, ist von einem Stammquerschnitt ohne eingehendere Untersuchung nicht zu unterscheiden. Erst durch diese lässt sich das Vorhandensein der primären Gewebe inmitten der Wurzel, die für deren Natur entscheidend sind, feststellen. Ein anderer Umstand fällt dann gleichzeitig auf, nämlich der, dass das Holz der Wurzel weiltumiger als das entsprechende Stammholz ist, und seiner ganzen Masse nach bis zu einem gewissen Maasse die Eigenschaften von Frühholz besitzt. Die Grenze der Jahresringe ist demgemäss im Holzkörper der Wurzeln nur schwach markirt.

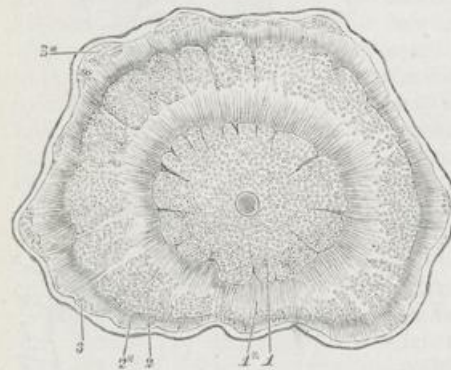


Fig. 152. Querschnitt durch einen Stamm von *Mucuna altissima*, 1, 2 und 3 aufeinander folgende Holzkörper. 1\* 2\* 3\* aufeinander folgende Bastzonen.  $\frac{3}{4}$  nat. Gr.

den Gymnospermen, bei Chenopodiaceen, Amarantaceen, Nyctagineen, Phytolaccaceen und noch anderen Familien unter den Dicotylen, hört der erste in gewohnter Weise entstandene Cambiumring alsbald zu functioniren auf, und es bildet sich ein neuer Cambiumring ausserhalb der Bastzone, meist im Pericykel oder einem von demselben abstammenden Gewebe. Dieser Cambiumring bildet nach innen Holz, nach aussen Bast nebst den zugehörigen Markstrahlen, dann erlischt er, und ein neuer, ausserhalb der Bastzone entstehender, tritt an seine Stelle. Der Vorgang wiederholt sich und führt zur Bildung concentrischer Holzbastringe. Solche lassen sich schon mit dem blossen Auge an Querschnitten durch eine Zuckerrübe unterscheiden. Deutlicher noch treten sie uns an dem in der Figur 152 dargestellten Stammquerschnitt einer zu den Papilionaceen gehörenden Liane, der *Mucuna altissima* entgegen. Der abgebildete Stamm zeigt einen inneren von einer Bastzone (1\*) umgebenen Holzkörper (1), einen nächst-äusseren Hohlcylander von Holz (2) und Bast (2\*), und endlich einen dritten (3 und 3\*), der in Bildung begriffen ist, innerhalb des Pericykels. — Ein ungewohntes Aussehen haben die Querschnitte von Stämmen, die mehrere Holzcylander in ihrem Innern aufweisen (Fig. 153). Ein solcher Bau ist verschiedenen tropischen Lianen S. 23 aus den Sapindaceen-Gattungen *Serjania* und *Paullinia* eigen. Er

**Besondere Formen des Dickenwachsthums dicotyler Stämme und Wurzeln**<sup>(67)</sup>. Von den gewohnten Vorgängen des secundären Dickenwachsthums, wie wir sie kennen gelernt haben, kommen in den Stämmen wie in den Wurzeln bei Gymnospermen und Dicotylen Abweichungen (Anomalien) vor. Wir greifen einige der häufigeren heraus. Bei den Cycadeen und bestimmten Gnetum-Arten unter



kommt dadurch zu Stande, dass die Gefässbündel in den primären Stammtheilen nicht im Kreise angeordnet sind, sondern einen tief ausgebuchteten Ring bilden und das Interfascicularcambium bei seinem Auftreten die Fascicularcambien der in den vorspringenden Theilen des Ringes gelegenen Gefässbündel zu je einem besonderen Cambiumring vereinigt. Jeder dieser Cambiumringe bildet dann für sich nach innen Holz, nach aussen Bast, was den in Fig. 153 für *Serjania Laruotteana* dargestellten Bau schliesslich bedingt. — Sehr auffällig ist endlich auch das Aussehen vieler zu den Bignoniaceen gehörenden Lianen, deren Holzkörper wie zerklüftet erscheint (Fig. 154). Die primären Stammtheile der Bignoniaceen zeigen zunächst die gewohnte Anordnung der Gefässbündel im Kreise. Der in Thätigkeit tretende Cambiumring erzeugt auch nach innen Holz, nach aussen Bast zunächst in gewohnter Weise und bildet so nach innen einen normal gebauten Holzcylinder, der als axiales Holz bezeichnet wird. Solche normal gebauten inneren Holzpartien kommen auch anderen im weiteren Verlauf der Entwicklung sich anomal verhaltenden Lianen zu. Bei den Bignoniaceen beginnt der Cambiumring nach Anlage des axialen Holzes, an einzelnen Stellen

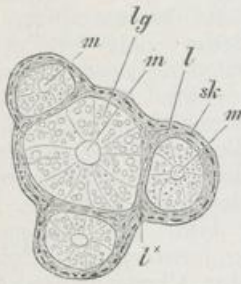


Fig. 153. Querschnitt durch den Stamm von *Serjania Laruotteana*. *sk* Theile des zersprengten Sklerenchymringes des Pericykels, *l* und *l'* Bastzonen, *lg* Holzkörper, *m* Mark. Vergr. 2.

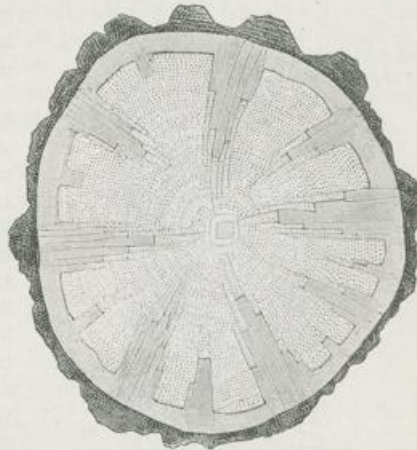


Fig. 154. Querschnitt durch den Stamm einer Bignoniee aus Blumenau. Nat. Gr.

nur noch wenig Holz nach innen, um so mehr Bast nach aussen zu erzeugen. Das hat zur Folge, dass tiefe Bastkeile, die stufenförmig nach aussen an Breite zunehmen, in das äussere, als periaxial bezeichnete Holz hineinreichen (Fig. 154). Das Cambium wurde dabei in Längsstreifen, breitere an den Holzvorsprüngen, schmalere im Grunde der Bastkeile, zerlegt. Das fortwachsende Holz, welches, wie auch sonst, vom Cambium aus nach innen erzeugt wird, muss nothwendiger Weise an den Bastkeilen, deren Gewebe an der Aussenseite des Cambiums entsteht, vorbeigleiten, so dass seitlich zwischen dem periaxialen Holze und den Bastkeilen keine Verbindung besteht.

**Dickenwachsthum monocotyler Stämme und Wurzeln.** Es giebt auch einige monocotyle Pflanzenfamilien und Gattungen, so vornehmlich Dracaenen, *Yucca*, Aloineen, Dioscoreaceen und einen Theil der Palmen<sup>(68)</sup> (S. 103), deren Stämme und Wurzeln befähigt sind einen Cambiumring auszubilden. Er entsteht im Allgemeinen ausserhalb der zerstreuten Gefässbündel, im Pericykel, aus Grundgewebe, ist somit ein Folgeremistem, und erzeugt dann nicht Holz und Bast in entgegengesetzter Richtung wie bei den

Gymnospermen und Dicotylen, vielmehr nach innen geschlossene Gefäßbündel und zwischen ihnen stark verdicktes parenchymatisches Grundgewebe, nach aussen nur parenchymatisches, dünnwandig bleibendes Grundgewebe (Fig. 155).

**Dickenwachsthum der Blätter**<sup>(69)</sup>. Es ist im Wesentlichen auf Nadelhölzer mit mehrjährigen Nadeln beschränkt, doch auch für einige Dicotylen mit immergrünem Laub nachgewiesen. Der Zuwachs geht von dem fascicularen Cambium aus, bleibt stets gering und findet vorwiegend, wenn nicht ausschliesslich, nach der Bastseite statt. Dem Holz werden bei solchem Dickenwachsthum fast nur wasserleitende Elemente, dem Bast vornehmlich Siebröhren hinzugefügt.

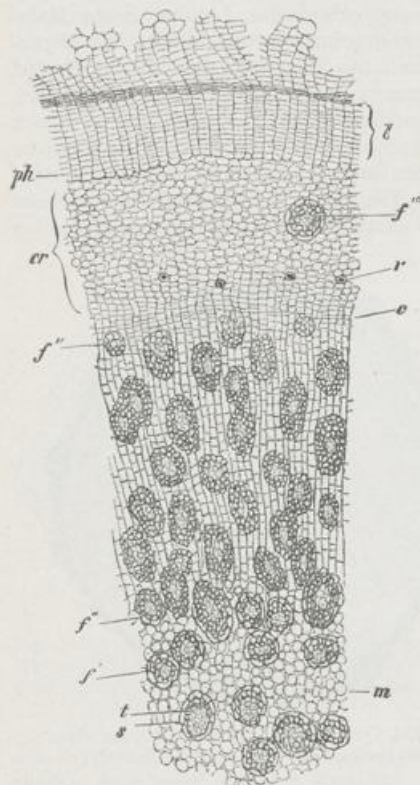


Fig. 155. *Cordyline (Dracaena) rubra*. Querschnitt durch den Stamm. *f* Gefäßbündel und zwar *f'* primäre, *f''* secundäre, *f'''* ein aus einem Blatte kommendes, noch innerhalb der primären Rinde befindliches Gefäßbündel, *m* parenchymatisches Grundgewebe, *s* Gefäßbündelscheide, *t* Tracheiden, *c* Cambiumring, *er* Rinde, etwa von *er* an nach aussen primär, nach innen secundär, *ph* Korkcambium, *l* Kork, *r* Raphidenbündel. Vergr. 30.

Querschnitte eines Lindenzweiges zu sehen ist (*pm'*). — Meist stellt sich schon in der ersten Vegetationsperiode, bald nachdem der secundäre Zuwachs begonnen hat, Peridermbildung an der Oberfläche des Stammes ein. Dann bräunt sich die Stammoberfläche, während sie hingegen grün bleibt, falls die Epidermis sich fortentwickelt. Die Peridermbildung wird durch Anlage eines Folgermeristems, das man als Korkcambium oder Phellogen

**Periderma**<sup>(70)</sup>. Nur ausnahmsweise vermag die Epidermis der Dickenzunahme eines Stammtheils dauernd und zwar durch Theilung ihrer Zellen, zu folgen. So ist es beispielsweise bei der Mistel (*Viscum album*), deren Epidermiszellen sich fort und fort durch Einschaltung neuer Seitenwände vermehren, ihre Aussenwände von innen aus verstärken, während deren ältere Verdickungsschichten gesprengt werden. Beim gestreiften Ahorn (*Acer striatum*) sind selbst fussdicke, vierzig und mehr Jahre alte Stämme noch mit lebender, fortwachsender Epidermis bedeckt. Im Allgemeinen wird aber die Epidermis an den in die Dicke wachsenden Stammtheilen nur passiv gedehnt und alsbald gesprengt. Leichter als die Epidermis folgen dem Dickenwachsthum des Stammes die Gewebe der primären Rinde und der nach aussen vom Cambiumringe gelegenen Theile des Centralcylinders. Dort werden die Zellen gedehnt und treten in Theilung ein. Dieses Wachsthum ist besonders auffällig an den zwischen den primären Siebtheilen gelegenen Enden der primären Markstrahlen. Sie zeigen sich nach aussen stark erweitert, so wie das beispielsweise an dem Fig. 146 dargestellten

bezeichnet, eingeleitet. Dieses Phellogen kann aus der Epidermis oder einer tieferen Zellschicht der primären Rinde, ja selbst des Pericykels hervorgehen. Die Zellen des Phellogens theilen sich durch tangentialen Wände, von Zeit zu Zeit auch, um dem Dickenwachsthum des Stammes zu folgen, durch radiale Wände. Vor Allem geben sie neue Zellen nach aussen ab, die meist tafelförmig gestaltet sind, intercellularfrei zusammenschliessen und verkorkte secundäre Membranschichten bilden. Sie werden als Korkzellen (Fig. 155 *l*) bezeichnet. Die Wände der Korkzellen sind meist braun gefärbt; dünnwandige Korkzellen führen für gewöhnlich Luft; stark verdickte weisen oft rothbraune Inhaltsstoffe (Phlobaphene), die vornehmlich aus Gerbstoff und seinen Zersetzungsproducten bestehen, auf. Oefters sind die Korkzellen einseitig verdickt, manchmal mit so starken Wänden versehen, dass der erzeugte Kork als Steinkork bezeichnet wird. Vielfach wechseln im Kork Lagen dickwandiger engerer und dünnwandiger weiterer Zellen periodisch ab. Diese Lagen entsprechen Jahresproductionen. — Schon dünne Korkhäute setzen die Transpirationsgrösse an der Oberfläche der Pflanzentheile bedeutend herab; auch bieten stärkere Korklagen mechanischen Schutz und verhindern das Eindringen der Schmarotzer.

Der Kork der Korkeiche (*Quercus Suber*) wird von breiten Lagen weicher, weiter Korkzellen gebildet, mit welchen dünne, die Grenzen der Jahresproduction bezeichnende, flache Lagen abwechseln, wie sie an Korkstöpseln zu erkennen sind. Der erste spontan erzeugte Kork der Korkeiche wird bis auf das Phellogen vom



Fig. 156. Querschnitt aus der Oberfläche eines einjährigen Zweiges von *Pirus communis* zu Beginn der Peridermbildung, *ph* Phellogen. Vergr. 300.

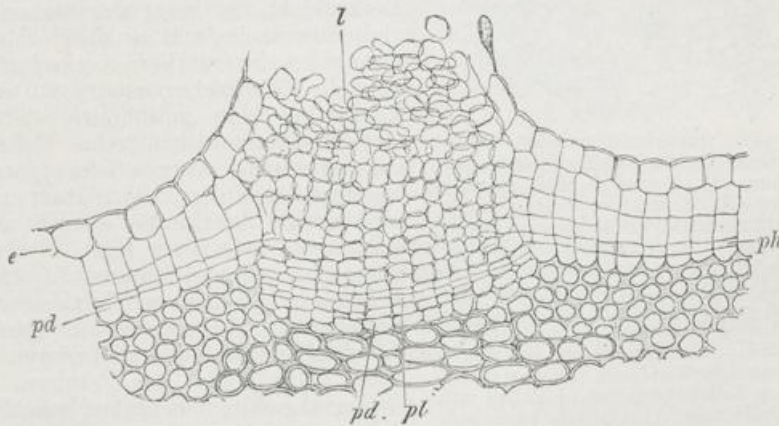


Fig. 157. Querschnitt durch eine Lenticelle von *Sambucus nigra*. *e* Epidermis, *ph* Phellogen des Periderms, *pd* Phelloderma, *pl* Phellogen der Lenticelle, *l* Füllzellen. Vergr. 90.

Stamm entfernt, worauf einige Zelllagen tiefer sich ein neues Phellogen bildet, das den technisch verwertbaren Kork liefert. Dieser wird alle sechs bis acht Jahre geschält.

In zahlreichen Fällen geht das Phellogen aus der Epidermis hervor (Fig. 156 *ph*). So ist es bei der Weide, bei sämtlichen Pomaceen und bei einer Anzahl anderer

Holzgewächse. Die Epidermiszellen werden alsdann in eine äussere und eine innere Zelle zerlegt, welche letztere als Phellogenzelle fungirt. Am häufigsten wird die auf die Epidermis folgende Zellschicht zur Phellogenbildung verwendet, so z. B. beim schwarzen Hollunder (Sambucus nigra). Das Phellogen geht bei ihm aus der äussersten Collenchymschicht (*ph* Fig. 157, *ph*) hervor. Die Epidermis liegt demgemäss der in Bildung begriffenen Korkschicht auf.

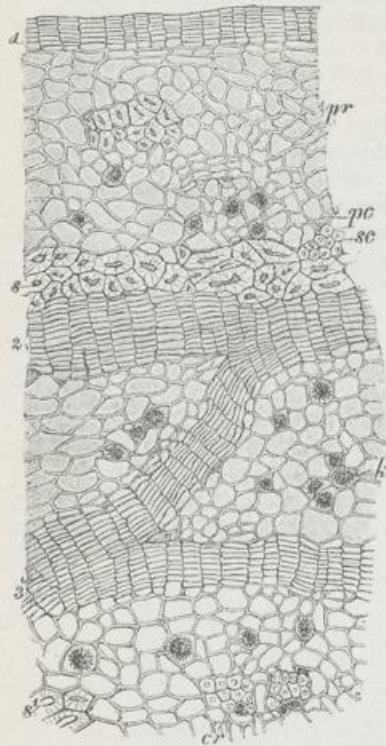


Fig. 158. Querschnitt aus der Stammoberfläche der Steineiche (*Quercus sessiliflora*). 1, 2 und 3 nach einander erzeugte Korkschichten; die innere Korkschicht noch hell, die äusseren gebräunt. *pr* primäre, durch nachträgliche Wachstumsvorgänge veränderte Rinde. Von *pc* an Pericykel, *sc* Sklerenchymfasern aus einem zersprengten Sklerenchymfaserringe des Pericykels, *s* nacherzeugte Steinzellen, *s'* Steinzellen im sekundären Zuwachse, *cr* Bastfasern von krystallführenden Zellen begleitet, *k* Zellen mit Krystalldrusen. Alles Gewebe ausserhalb der innersten Korkschicht abgestorben und gebräunt, in Borke verwandelt. Vergr. 225.

die Borke in Schuppenform, als Schuppenborke abgeworfen, so bei der Kiefer oder Platane; bilden die Peridermlagen hingegen geschlossene Cylinder, so werden hohlcylindrische Rindenmassen als Ringelborke entfernt, so beim Weinstock, Kirschbaum, Clematis, Caprifolium. Schwer sich ablösende Borke wird während der Dickenzunahme des Stammes nur rissig, was das rissige

Ausser Kork nach aussen bildet das Phellogen in den meisten Fällen auch sogen. Korkrinde oder Phellogerm nach innen. Die so erzeugten Phellogermzellen sind meist chlorophyllhaltig, runden sich ab und bilden Intercellularen. Sie behalten ihren lebenden Inhalt und verstärken die vorhandene Rinde. — Kork und Korkrinde werden in der Bezeichnung Periderma vereinigt.

**Borke.** Was vom Phellogen nach aussen zu liegen kommt, wird von weiterer Nahrungszufuhr abgeschnitten und muss absterben. Wird die erste Korkschicht gleich in grösserer Entfernung von der Stammoberfläche angelegt, so sterben auch sofort grössere peripherische Gewebemassen ab und bilden Borke. Nur selten bleibt das erste Phellogen dauernd in Thätigkeit. Bildet es nur eine dünne Korkschicht, so zeigt der Stamm eine glatte Oberfläche, z. B. bei der Rothbuche; erzeugt es eine stärkere Korkschicht, so wird die Oberfläche rissig, z. B. bei der Korkeiche. Für gewöhnlich stellt das erste Phellogen alsbald seine Thätigkeit ein, und es wird ein neues tiefer im Stamme angelegt. Auch dessen Thätigkeit erlischt nach einiger Zeit, und es entsteht wieder ein neues, so wie es Fig. 158 für die Steineiche zeigt. Schliesslich sind es nicht mehr primäre, sondern sekundäre Gewebe, die Parenchyme der Bastzone, in welchen das neue Phellogen sich bildet. Die durch das Periderm nach aussen abgeschnittenen Basttheile haben sich von Nahrungsstoffen entleert und führen nur Nebenproducte des Stoffwechsels. Umfassen die Peridermlagen nur Stücke der Stammoberfläche, so wird

Aussehen der Rinde der meisten alten Bäume bedingt. Die braune oder rothe Färbung, welche die Borken meist zeigen, wird durch ähnliche Derivate von Gerbstoffen wie die Färbung der Kernhölzer veranlasst. Diese antiseptisch wirksamen Stoffe bedingen die grosse Widerstandsfähigkeit der Borke. Die ungewohnte weisse Färbung der Birkenborke rührt von Betalin (Birkenharz) her, das als feinkörniger Inhalt die Zellen füllt.

In den Wurzeln, welche in die Dicke wachsen, geht das Phellogen in der Regel aus dem Pericykel hervor (Fig. 151 *B, k*). Die primäre Rinde der Wurzel stirbt in Folge dessen ab und wird abgestreift. Spätere Phellogenanlagen werden ganz wie am Stamm gebildet.

**Lenticellen**<sup>(71)</sup>. Bei den meisten Holzgewächsen, vornehmlich den Dicotylen, werden, zu Beginn der Peridermbildung, auch Rindenporen oder Lenticellen (Fig. 157) erzeugt. Bei peripherischer Korkbildung findet die Anlage der Lenticellen fast stets unter den Spaltöffnungen statt. Es bildet sich dort ein Phellogen (*pl*), das nach aussen nicht Korkzellen, sondern sogen. Füllzellen (*l*), die durch Interzellularen getrennt werden, nach innen Phellogerm erzeugt. Die Füllzellen durchbrechen alsbald die Epidermis und heben sie lippenförmig empor. Wo die Füllzellen locker zusammenhängen, bildet das Phellogen, abwechselnd mit ihnen, Schichten fester verbundener Zellen, sogen. Zwischenstreifen, oder Verschlusschichten, welche weiterhin gesprengt werden. Das korkbildende Phellogen vereinigt sich alsbald mit dem lenticellenbildenden (Fig. 157). Beginnt die Korkbildung gleich tiefer im Gewebe, so werden auch die Lenticellen entsprechend tief angelegt. Die Lenticellen vermitteln den Gasaustausch der inneren Gewebe mit der Atmosphäre.

**Trennungsschichten**<sup>(72)</sup>. Am Grunde abzuwerfender Laubblätter entsteht secundär eine Trennungsschicht, welche den Blattwurf vermittelt. Sie wird durch quere Theilung aller lebenden Zellen, auch der innerhalb der Gefässbündel befindlichen, erzeugt. In der so gebildeten queren Gewebeplatte erfolgt später die Resorption einer mittleren Zellschicht und vollzieht sich so die Trennung. Die trachealen Elemente und Siebröhren der Gefässbündel müssen durchrissen werden. Die Trennungsschicht bildet sich meistens erst kurz vor dem Blattfall, doch in manchen Fällen auch viel früher. Die am Stammtheil zurückbleibende Blattnarbe trocknet entweder einfach ein, so bei den Farnen, oder sie wird durch eine Korkschicht abgeschlossen, die in geringer Entfernung von der Oberfläche entsteht und an das Periderma des Stammtheils ansetzt. Diese Korklamelle kann schon vor dem Blattfall angelegt sein, fehlt dann aber innerhalb der lebenden Elemente der Gefässbündel und wird in letzteren erst nach dem Blattfall ergänzt. Die Enden der trachealen Elemente an der Blattnarbe füllen sich mit Schutzgummi, sie werden ausserdem, so wie auch die Enden der Siebröhren, durch das sich bildende Periderm zusammengedrückt, später gestreckt und durchrissen.

**Wundenheilung.** Im einfachsten Falle trocknen Wundflächen am Körper der Landpflanzen nur aus, und die trocknen und gebräunten äusseren Zellen schützen dann das tiefer gelegene Gewebe. So verhält es sich ganz allgemein bei den Cryptogamen, ausnahmsweise hingegen nur bei den Phanerogamen. Bei letzteren pflegen die Wunden durch Kork sich abzuschliessen. Dieser Kork wird als Wundkork bezeichnet. Er geht aus einem Korkcambium hervor, das unter der Wundfläche angelegt wird. Damit ist bei krautartigen und parenchymatischen Pflanzentheilen die Heilung meist vollzogen. Bei holzigen Gewächsen kommt es für gewöhnlich zur Bildung eines sogen. Callus. Es wuchern alsdann alle an die Wunde grenzenden lebendigen Zellen aus ihr

hervor und schliessen dann zusammen. Diese Wucherung kann unmittelbar verkorken und so den nöthigen Schutz gewähren; in den meisten Fällen bildet sich aber in der Peripherie des Callus ein Phellogen, das Kork erzeugt. Wunden am Stamm der Gymnospermen und Dicotylen, die bis in den Holzkörper reichen, werden überwallt. Es wuchert alsdann das an die Wundränder grenzende Stammcambium wulstartig hervor. Der Wulst schliesst sich durch Kork nach aussen ab und differenzirt in seinem Innern eine Cambiumschicht, welche das Stammcambium fortsetzt. Dieses Cambium bildet wie das angrenzende nach innen Holz, nach aussen Bast. So vergrössern sich die Ueberwallungswulste und decken allmählich die Wundfläche. Gelingt es den Ueberwallungswulsten, sich mit den Rändern zu erreichen, so verschmilzt ihr Cambium und bildet fortan eine zusammenhängende Holzschicht nach innen und Bastschicht nach aussen. Das deckende Holz wächst nicht mit dem bei der Verwundung blossgelegten. Letzteres ist gebräunt und abgestorben. Daher in Stämme eingeschnittene Zeichen, die bis auf den Holzkörper reichen, in diesem später wiederzufinden sind. Durch Ueberwallung vom Cambiumringe aus werden auch Aststumpfe mehr oder weniger vollständig abgeschlossen. Das auf den Wunden erzeugte Holz ist in seinem Bau von normalem Holze zunächst verschieden und wird daher als Wundholz bezeichnet. Es besteht aus fast isodiametrischen Zellen, auf die erst allmählich gestrecktere Zellformen folgen.

**Maserbildung.** Sie beruht auf einem ungewohnten tangential geschlängelten Verlauf der Elemente des Holzkörpers und liefert die in der Holzindustrie so geschätzte „Maser“. Die Veranlassung zu ihrer Entstehung giebt meist das gedrängte Auftreten zahlreicher Adventivknospen, welche die Elemente des Holzkörpers von ihrem Verlauf ablenken; in manchen Fällen sind es die Markstrahlen, die stark anschwellen, in tangentialem Durchschnitt fast kreisrund erscheinen und den Verlauf der Holzelemente dann ebenfalls beeinflussen.

#### Phylogenie der inneren Gestaltung.

Die phylogenetische Differenzirung des inneren Baues der Pflanzen deckt sich nicht vollständig mit derjenigen ihrer äusseren Gliederung. Selbst einzellige Pflanzen haben in der Abtheilung der Schlauchalgen (Siphonocéen) einen hohen Grad äusserer Ausgestaltung erreicht. Das tritt uns besonders bei *Caulerpa* (Fig. 251) entgegen, die einzellig ist, dessenungeachtet aber in stamm-, blatt- und wurzelähnliche Glieder sich äusserlich gesondert zeigt. Nicht minder lernten wir unter den rothen Meeresalgen (Florideen) Pflanzenformen kennen, welche, wie das in Fig. 9 dargestellte *Hydrolapathum*, in ihrer Gliederung an diejenige der höchst organisirten Pflanzen erinnern und doch aus Zellen fast nur einer Art aufgebaut sind. Die innere Sonderung, die solche Algen aufweisen, ist nur so weit gediehen, dass die äusseren, die rothen Chloroplasten führenden, assimilirenden Gewebe aus isodiametrischen, die inneren farblosen, der Leitung dienenden Gewebe aus longitudinal gestreckten Zellen bestehen. Den relativ höchsten Grad innerer Differenzirung erlangen unter den Algen die braunen, zu den Phaeophyceen gehörenden Laminarien. In den stammartigen Achsen, die nicht unbedeutende Dicke bei diesen Pflanzen erreichen, haben die äusseren Gewebe vielfach Schleimgänge, die inneren sogar siebröhrenförmige Zellgänge aufzuweisen. Diese Achsen wachsen in die Dicke durch fortgesetzte Theilung der Zellen einer äussersten Zellschicht, beziehungsweise einiger äusserer Zellschichten. Die

inneren Producte dieser Theilungsthätigkeit bilden eine Art Rinde, die sogar concentrische Schichtung aufweisen kann und deren innerste Zellen sich successive strecken, um zu dem innern, als Mark bezeichneten Gewebe überzugehen. — Der auf eine Verflechtung von Hyphen zurückzuführende Körper auch der massigsten Pilze beschränkt seine innere Differenzirung im Wesentlichen auf ein festeres oder lockereres Gefüge, eine mehr oder weniger innige Verbindung der verflochtenen Elemente. Im äussersten Falle wird diese Vereinigung so fest, dass Querschnitte den Eindruck eines parenchymatischen Gewebes machen (Fig. 105 und 106). In einem solchen Gewebe können sogar, bei nachträglicher Verdickung der Wände, die Tüpfel benachbarter Hyphen auf einander treffen. Im Fruchtkörper zahlreicher Hut- und Bauchpilze führen bestimmte, besonders lange und stärker angeschwollene Hyphen einen homogenen oder trüben, stark lichtbrechenden, unter Umständen auch gefärbten Inhalt und dienen allem Anschein nach zu Leitungszwecken. — Die Gewebssonderung schreitet erst bei den Bryophyten wesentlich weiter fort. Zur Abgrenzung einer Epidermis von Grundgewebe kommt es auch bei diesen Gewächsen nur ausnahmsweise. So setzt sich

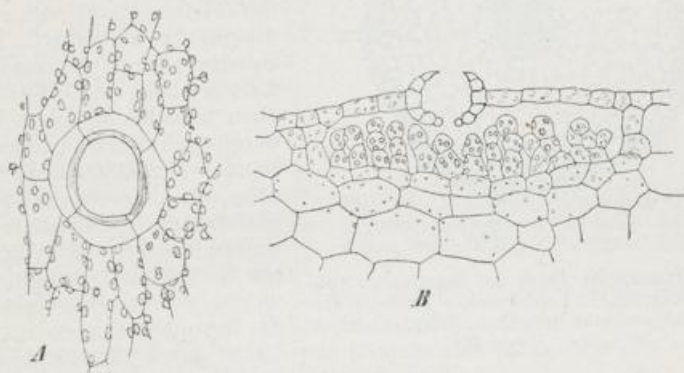


Fig. 159. Oberflächenansicht und Querschnitt des Thallus der *Marchantia polymorpha*. In A eine Athemöffnung von oben, in B im Querschnitt. Vergr. 240.

am Thallus der Marchantien unter den Lebermoosen und an der Basis der Sporenkapseln der Bryineen unter den Laubmoosen eine äusserste Zellschicht gegen das innere Gewebe ab. Bei den Marchantien ist sie von Oeffnungen (Fig. 159) durchsetzt, die als Athemöffnungen bezeichnet werden, aber andern Ursprungs wie die Spaltöffnungen der höheren Gewächse sind. Die Athemöffnungen stellen nämlich, wie LERTGEB<sup>(73)</sup> zeigte, die Mündungsstellen von Höhlungen dar, die einer Ueberwölbung bestimmter Stellen der Oberfläche durch andere stärker wachsende ihre Entstehung verdanken. In der äussersten Zellschicht, am Grunde der Laubmoos-Kapseln, werden hingegen ebenso gebaute Spaltöffnungen wie bei den Pteridophyten und Phanerogamen erzeugt. Dass jene Spaltöffnungen der Bryineen den Spaltöffnungen der höheren Pflanzen homolog sein sollten, ist, da diese Pflanzen nicht direct zusammenhängen, ganz unwahrscheinlich, vielmehr liegt hier eine jener Analogieen vor, wie solche, wohl aus inneren Entwicklungsursachen, so oft vorkommen. Die Marchantien besitzen auch Schleimgänge, welche durch Verschleimung einzelner Zellen oder ganzer Zellreihen entstehen. Bestimmte Marchantien haben dunkelwandige Stränge stark ge-

streckter Zellen aufzuweisen. Allen Lebermoosen sind Oelkörper eigen, unregelmässig traubenförmige Gebilde, die besondere Zellen erfüllen. Hervorgehoben muss werden, dass die Marchantien, welche die höchste Stufe in der Gewebesonderung unter den Lebermoosen erreichen, in der äusseren Gliederung ihrer Körper durchaus nicht zu den höchsten Formen dieser Pflanzen gehören, somit hier wieder innere und äussere Differenzirung nicht in gleichem Maasse fortgeschritten ist.

Unter den Laubmoosen zeichnen sich die Torfmoose oder Sphagnen durch eine Hülle aus porösen Zellen an der Oberfläche ihrer Stämmchen aus (Fig. 321). Diese Hülle erinnert an diejenige mancher Luftwurzeln (S. 89), sie besteht auch bei den Torfmoosen aus todtten, porösen, mit Schraubenbändern versehenen Zellen. In jener Hülle wird das Wasser capillar festgehalten, auch aus der Tiefe emporgesogen und an die Blätter übermittelt, in deren Spreite todtte poröse Zellen ebenfalls vertheilt sind. Den Stämmchen mancher Bryineen kommen bereits sehr einfach gebaute Leitbündel (Fig. 160) zu, auch haben diese Laubmoose in der einschichtigen Blattspreite einen mehrschichtigen Mittelnerv, der ein Leitbündel enthält, aufzuweisen. Immerhin lassen sich die Bryophyten noch, so wie es 1813 durch AUGUSTE PYRAME DE CANDOLLE<sup>(74)</sup> bei Aufstellung

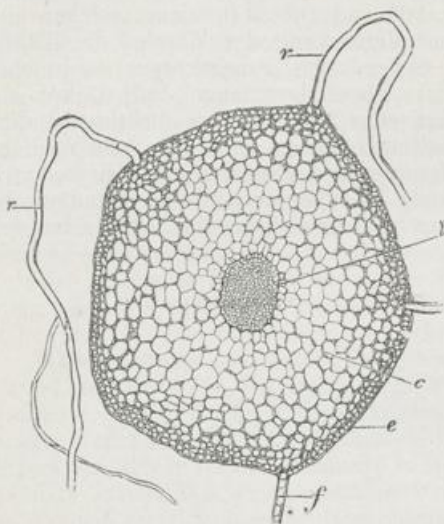


Fig. 160. Querschnitt durch das Stämmchen von *Mnium undulatum*. *l* Leitbündel, *c* Rinde, *e* die äusserste Zellschicht derselben, *f* Blattflügel, *r* Rhizoide. Vergr. 90.

seines natürlichen Systems des Pflanzenreichs geschah, mit den andern niederen Cryptogamen als Zellenpflanzen zusammenfassen und den Gefässpflanzen, d. h. den von den Pteridophyten und Phanerogamen vertretenen Gewächsen gegenüber stellen. Erst bei den Gefässpflanzen kommt die Sonderung der inneren Gewebe in Hautgewebesystem, Grundgewebesystem und Gefässbündelsystem zu Stande und vollzieht sich innerhalb dieser Gewebesysteme eine weitgehende Differenzirung.

#### Ontogenie der inneren Gestaltung.

Mag die Entwicklung einer Pflanze von einer ungeschlechtlich erzeugten Spore oder einem befruchteten Ei ausgehen, sie beginnt mit einer einzigen Zelle. Bei einzelligen kugeligen oder stäbchenförmigen Organismen von so einfacher Gestaltung wie etwa *Gloeocapsa polydermatica* (Fig. 1) oder *Bakterien* (Fig. 4), wird der ganze Entwicklungsgang mit der Zweitheilung, welche neue selbstständig werdende Individuen liefert, abgeschlossen (Fig. 1). Bleiben bei fortgesetzter, nur in einer Richtung fortschreitender Zweitheilung die erzeugten Zellen mit einander verbunden, so entsteht ein Zellfaden (Fig. 4 *a*\*). Zellflächen werden erzeugt, wenn die Theilungen zwar nach



verschiedenen Richtungen, doch in derselben Ebene erfolgen; Zellkörper entstehen, wenn die Theilungswände nach drei Richtungen des Raumes orientirt sind. Der entstehende Organismus bleibt auf einer sehr niedrigen Entwicklungsstufe stehen, wenn alle seine Zellen gleichwerthig sind und sich in gleicher Weise weiter vermehren. Einen höheren Grad der Differenzirung erreicht die Pflanze mit Ausbildung von Scheitel und Basis. Ein Vegetationspunkt wird angelegt, der fast stets den Scheitel einnimmt (Fig. 5). Eine einzige Zelle bildet ihn zunächst. Immer deutlicher prägt sie sich als eine Scheitelzelle aus, von der die Gliederung des Pflanzenkörpers ausgeht. So bei der braunen Meeresalge *Cladostephus verticillatus*, die in Fig. 7 dargestellt ist. Die vielzelligen Hauptachsen dieser Alge laufen in kegelförmige Scheitelzellen aus. Jede dieser Scheitelzellen theilt sich durch quere Wände und bildet so die scheibenförmigen Segmente des Körpers. Diese theilen sich zunächst durch Längswände, dann durch Querwände in eine grössere Anzahl von Gewebezellen. Aus bestimmten Randzellen der Segmente wachsen in akropetaler Folge die Seitenzweige hervor, die den Habitus der Pflanze bestimmen (Fig. 7). — Auch flache bandartig gestaltete Pflanzenkörper können eine kegelförmige, meist entsprechend abgeflachte Scheitelzelle besitzen, so die in Fig. 8 dargestellte braune Meeresalge *Dictyota dichotoma*<sup>(75)</sup>. Von ihrer Scheitelzelle (*a* Fig. 161 *A*) werden durch concave Querwände flache Segmente abgeschnitten, die des Weiteren sich durch Längswände theilen. Wir stellten früher schon (S. 9, 13) die dichotomische Verzweigung bei dieser Alge fest. Diese Gabelung wird durch eine Längswand eingeleitet, welche die Scheitelzelle in zwei gleiche neben einander gelegene Hälften zerlegt (*B a, a*).

In diesen beiden neuen Scheitelzellen wird hierauf je eine concave Querwand gebildet, auf welche andere entsprechende Querwände scheidelwärts folgen, worauf beide Gabelzweige sich vorzuwölben beginnen. — Bei anderen bandartigen, Algen und ähnlich gestalteten Lebermoosen, wie *Metzgeria* und *Aneura*<sup>(76)</sup>, erhält die Scheitelzelle eine keilförmige Gestalt (Fig. 162). Sie giebt durch aufeinander folgende, sich abwechselnd schneidende Scheidewände nach zwei Seiten hin Segmente ab, die, sich weiter theilend, den Pflanzenkörper aufbauen. Die scheinbar rein gabelige Verzweigung der mit solchem Vegetationspunkt versehenen

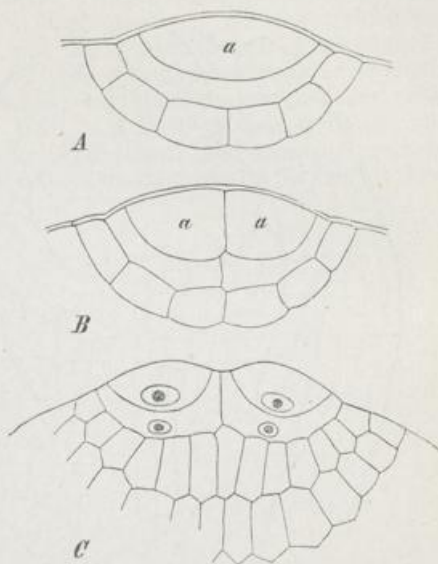


Fig. 161. Der Vegetationspunkt von *Dictyota dichotoma* und dessen Gabelung. *a* die Scheitelzellen. Nach E. DE WILDEMAN, Vergr. ca. 500.

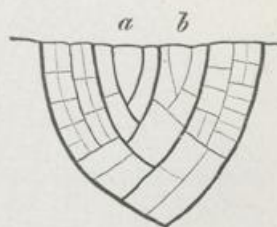


Fig. 162. Schema des Vegetationspunktes von *Metzgeria furcata* im Augenblick der Verzweigung. Von der Rückenfläche gesehen. *a* die Scheitelzelle des Muttersprosses, *b* des Tochtersprosses. (Nach KNY.) Vergr. ca. 370.

Lebermoose ist auf die frühzeitige Anlage neuer Scheitelzellen aus der randständigen Hälfte junger Segmente (Fig. 162 bei *b*) zurückzuführen. — Bei

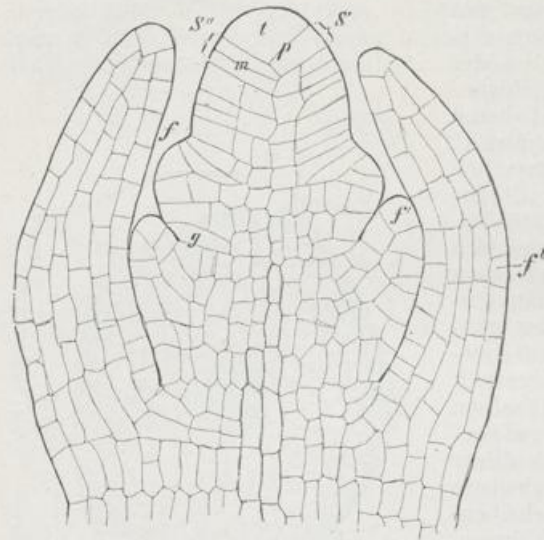


Fig. 163. Medianer Längsschnitt durch den Vegetationskegel von *Equisetum arvense*. Die Erklärung der Buchstaben im Text. Vergr. 240.

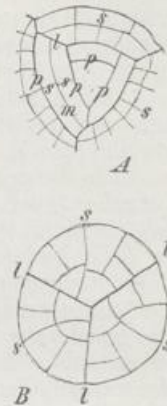


Fig. 164. *A* Scheitelansicht des Vegetationspunktes von *Equisetum arvense*. *B* optischer Durchschnitt desselben Vegetationskegels unter der Scheitelzelle. *l* Seitenwände der Segmente. Die Erklärung der übrigen Buchstaben im Text. Vergr. 240.

den aufrecht wachsenden radiär gebauten Sprossen der Laubmoose, der meisten Farne und der Schachtelhalme pflegt die Scheitelzelle die Gestalt einer dreiflächig zugespitzten Pyramide<sup>(77)</sup> mit vorgewölbter Grundfläche zu besitzen.

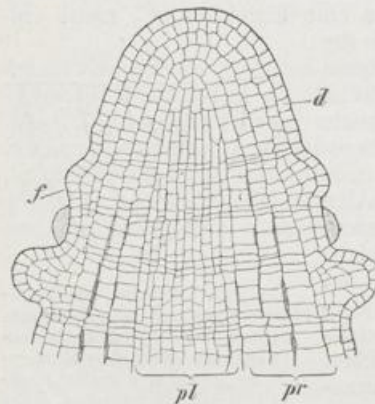


Fig. 165. Medianer Längsschnitt durch den Vegetationskegel von *Hippuris vulgaris*. *d* Dermatogen, *pr* Periblem, *pl* Plerom, *f* Blattanlagen. Vergr. 240.

Sie nimmt den Scheitel des konischen Vegetationskegels ein, wie er für die höher organisierten Gewächse charakteristisch ist. Die Scheitelzelle (Fig. 163 und 164) an den Hauptsprossen des Äcker-schachtelhalms (*Equisetum arvense*) kann als Beispiel dienen. Sie erscheint vom Scheitel aus gesehen (Fig. 164 *A*) als gleichseitiges Dreieck, in welchem die neuen Scheidewände parallel zu den Hauptwänden (*p*) angelegt werden und einer Schraubenlinie folgen. Jedes Segment (*S'*, *S'''*) wird durch eine Scheidewand (*m* Fig. 163, 164) in eine obere und untere Hälfte zerlegt, dann jede dieser Zellen, wie der optische Durchschnitt unter der Scheitelzelle (Fig. 164 *B*) am besten zeigt, durch eine Sextantenwand (*s*) in zwei neben einander liegende Hälften

geteilt. Die später auftretenden Wände wollen wir nicht im Einzelnen verfolgen und nur noch ganz allgemein hervorheben, dass alle Wände, welche

eine der Oberfläche eines solchen Vegetationskegels, oder eines anderen Pflanzentheils, gleichsinnige Krümmung zeigen, als perikline Wände, oder Periklinen, alle Wände, deren Krümmungen derjenigen der Oberfläche des Pflanzentheils, sowie auch der Periklinen entgegengesetzt sind, als antikline Wände oder Antiklinen bezeichnet werden. Wände, welche die Wachstumsachse in sich aufnehmen und die Oberfläche des Pflanzentheils rechtwinklig treffen, heissen radial. In einiger Entfernung von der Scheitelzelle erhebt sich aus dem Vegetationskegel von *Equisetum arvense* der erste Blattwirtel (*f*), der als kreisförmiger Wall in seinem ganzen Umfange mit keilförmigen Randzellen, die abwechselnd nach innen und aussen Segmente abgeben, wächst. Weiter abwärts folgen die nächstälteren Blattwirtel (*f'* und

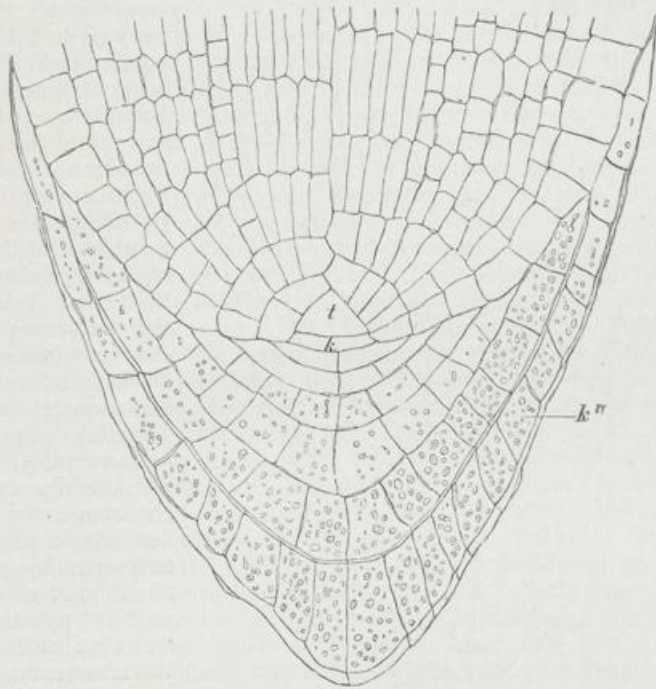


Fig. 166. Medianer Längsschnitt durch die Wurzel von *Pteris cretica*. *t* Scheitelzelle, *k* Haubeninitiale, *k'''* Wurzelhaube. Vergr. 240.

*f''*) auf einander. In der Achsel des zweiten Blattwirtels ist eine der für die Seitensprosse bestimmten Initialzellen (*g*), die zu einer dreiflächig zugespitzten Scheitelzelle später wird, zu erkennen.

Schon bei den an der Spitze der Pteridophyten stehenden Lycopodineen geht die Scheitelzelle am Vegetationskegel des Stammes verloren, und bei den Phanerogamen kommt schliesslich eine Vertheilung der Zellen im Vegetationskegel zu Stande, wie sie durch die Fig. 165 veranschaulicht wird. Diese zeigt das embryonale Gewebe des Vegetationskegels von *Hippuris vulgaris*, angeordnet zu mantelförmigen Zellschichten, deren Scheidewände, wie das SACHS<sup>(78)</sup> erkannte, eine Schaar confocaler Parabeln bilden. Die äusserste Zellschicht, welche den Vegetationskegel deckt und als ein-

fache Zellschicht auch die sich vorwölbenden Blattanlagen überzieht, wird als Dermatogen (*d*) bezeichnet<sup>(79)</sup>; die Zellen, mit welchen der innere Gewebekegel, der Centralcylinder, abschliesst, als Plerom (*pl*); die zwischen beiden gelegenen Zellschichten als Periblem (*pr*). Deutlich tritt uns in dieser Figur auch die von SACHS zuerst hervorgehobene rechtwinklige Schneidung der Scheidewände entgegen. Die rechtwinklig die Oberfläche treffenden Antiklinen bilden eine Schaar orthogonaler Trajektorien für die gleichsinnig mit der Oberfläche gekrümmten Periklinen.

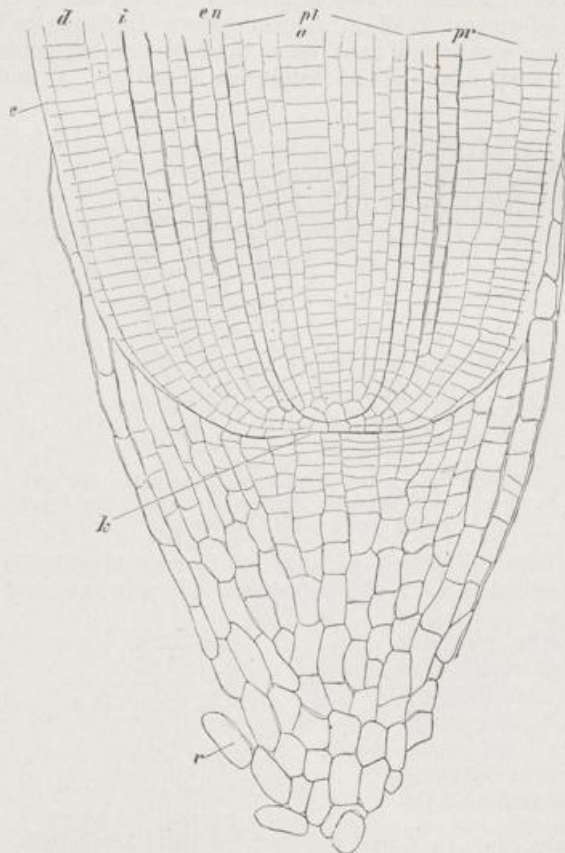


Fig. 167. Medianer Längsschnitt durch die Wurzelspitze der Gerste (*Hordeum vulgare*). *k* Kalyptrogen, *d* Dermatogen, *c* verdickte Aussenwand desselben, *pr* Periblem, *pl* Plerom, *en* Endodermis, *i* mit Luft sich füllende Intercellularen, *a* Zellreihe, welche das centrale Gefäss bildet, *r* abgestossene Zellen der Wurzelhaube. Vergr. 180.

Während SACHS die rechtwinklige Schneidung zum obersten Princip des Verlaufs der Scheidewände erhebt, sucht ERRERA<sup>(80)</sup> nachzuweisen, dass die Krümmung und der Ansatz der Scheidewände denselben Gesetzen folgt wie bei gewichtslosen Flüssigkeitslamellen. Die Zellmembran hat im Augenblick ihrer Entstehung das Bestreben, diejenige Gestalt anzunehmen, wie eine gewichtslose Flüssigkeitslamelle (etwa aus Seifenwasser) sie unter denselben Bedingungen annehmen würde.

Die Wurzeln, welche zum ersten Mal bei den Pteridophyten auftreten, wachsen dort zunächst mit einer dreiseitig pyramidalen Scheitelzelle<sup>(81)</sup> (Fig. 166). Ausser den Segmenten, welche diese Scheitelzelle nach dem Innern des Wurzelkörpers abgiebt, bildet sie solche auch nach aussen (*k*). Die nach aussen erzeugten Segmente sind kappenförmig, sie bauen, indem sie sich weiter theilen, die Wurzelhaube auf. Bei den Lycopodineen verlieren auch die Vegetationskegel der Wurzeln ihre Scheitelzelle, bei den Phanerogamen bilden sich dann mehrere Typen des Wurzelwachstums aus, die zwar von einander nicht unwesentlich abweichen, in der Anordnung ihrer Elemente aber denselben Gesetzen wie die Stammvegetationskegel folgen. Als Beispiel soll uns daher die Vertreterin eines dieser Typen, eine Gramineen-Wurzel (Fig. 167) genügen<sup>(82)</sup>. Von dem phanerogamen Stamm-

vegetationskegel (Fig. 165), den wir zuvor betrachteten, weicht der Vegetationskegel dieser Wurzel besonders durch seine Haube ab. Die Mantelschichten seines Dermatogens (*d* Fig. 167) und Periblems (*pr*) vereinigen sich am Scheitel in einer einzigen Zelllage. Ausserhalb dieser liegt hier diejenige Zelllage, welche die Wurzelhaube bildet, das sogen. Kalyptrogen (*k*). Bei vielen andern Wurzeln wird hingegen die Bildung der Wurzelhaube durch perikline Theilungen des Dermatogens vollzogen, und ist letzteres seinerseits auch am Scheitel vom Periblem getrennt. Bei den Gymnospermen sind Periblem, Dermatogen und Kalyptrogen am Scheitel überhaupt nicht gesondert. Der Pleromecylinder (*pl*) schliesst hingegen in der Wurzel so wie im Stamm fast stets mit deutlich abgegrenzten Initialen ab.

Eine qualitative Sonderung im embryonalen Gewebe vollzieht sich in geringer Entfernung von den Vegetationspunkten. Dort tritt dieses Gewebe aus dem meristematischen Zustande bereits heraus, um in die, dem betreffenden Pflanzenkörper zukommende Differenzirung einzutreten. Bei den eine Sonderung in Epidermis, primäre Rinde und Centraleylinder aufweisenden Gewächsen bildet das Dermatogen im Allgemeinen die Epidermis, das Periblem die primäre Rinde, das Plerom den Centraleylinder; doch brauchen diese Beziehungen nicht überall zu bestehen und hört die Gewebesonderung in dem embryonalen Gewebe der Vegetationspunkte auf. Thatsächlich sind es mechanische Momente, welche die Zellordnung dort bestimmen. — Jedes Gefässbündel muss das Periblem durchsetzen, um in ein Blatt zu gelangen. Das Periblem ist somit befähigt, nicht allein die primäre Rinde, sondern auch Gefässbündeltheile nebst den sie begleitenden Geweben des Centralecyllinders zu erzeugen. Die Termini Dermatogen, Periblem und Plerom sollen somit nur die kurze Bezeichnung bestimmter Zellenschichten des Vegetationskegels erleichtern, nicht aber das Vorhandensein distincter Gewebebildner, Histogene, wie man sich ausgedrückt hatte, dort bedeuten. Die äussere Zellschicht, aus welcher die Epidermis hervorgeht, pflegt einschichtig zu bleiben. Die Anlagen für die Gefässbündel beginnen sich alsbald als procambiale Stränge im Centraleylinder zu sondern. In den Wurzeln wird aus der innersten Rindenschicht frühzeitig die Endodermis erzeugt.

An den Vegetationskegeln der mit einer Scheitelzelle wachsenden Sprosse werden neue Blatt- und Sprossanlagen aus einzelnen peripherischen Zellen oder Zellgruppen angelegt (Fig. 163). Nicht nur die neuen Sprosse erhalten dabei eine Scheitelzelle, auch die Blattanlagen beginnen meist ihre Entwicklung mit einer solchen. Weiterhin büssen sie ihre Scheitelzelle meist ein, um ihre Ausbildung durch Randwachsthum zu vollenden.

Die ohne Scheitelzelle wachsenden Sprosse (Fig. 17, 165) bilden neue Blatt- und Sprossanlagen in Gestalt vielzelliger Höcker (Fig. 165). Die Anlage solcher Höcker pflegt durch perikline Zelltheilungen in dem Periblem eingeleitet zu werden, das Dermatogen aber nur rechtwinklig zur Oberfläche sich zu theilen. Werden die Vegetationspunkte für die neuen Sprosse erst in grösserer Entfernung vom Vegetationspunkte des Muttersprosses angelegt, so bleibt embryonales Gewebe für ihre Bildung an jenen Orten aufgespart. An austreibenden Sprossen unserer Sträucher und Bäume im Frühjahr kann, wie LUDWIG KOCH<sup>(83)</sup> zeigte, die Anlage der Knospen bis auf die Achsel des acht-, ja selbst zehntjüngsten Blattes verschoben werden. Sie erfolgt dann an Orten, in deren Umkreis die Gewebedifferenzirung schon begonnen hat.

Der Vegetationskegel der sich rein dichotomisch verzweigenden Sprosse (vgl. S. 15) vermehrt zunächst in Richtung der künftigen Gabelungsebene die Zahl seiner Zellen, um sich hierauf in zwei Vegetationspunkte zu sondern.

Sehen wir von den Wurzeln jener Pteridophyten ab, die sich dichotomisch, ähnlich wie ihr Stamm verzweigen (vgl. S. 37), so ist die normale Verzweigung aller andern Wurzeln, sowohl der mit, wie der ohne Scheitelzelle wachsenden, akropetal und stellt sich erst in merklicher Entfernung vom Vegetationspunkt der Mutterwurzel ein, an Orten, an welchen die Gewebedifferenzirung bereits vollendet ist. Das Gewebe, welches die neuen Wurzeln bildet, ist bei den Phanerogamen der Pericykel, bei den Pteridophyten die innerste Rindenschicht. Die Seitenwurzeln haben somit, um nach aussen zu treten, die ganze Dicke der primären Rinde ihrer Mutterwurzel zu durchsetzen. Sie stehen entweder vor den Vasalsträngen der Mutterwurzel, oder vor den Zwischenräumen, welche Vasal- und Cribralstränge trennen. Die Zahl der Reihen, welche die Seitenwurzeln an der Mutterwurzel bilden, ist demgemäss, wie VAN TIEGHEM<sup>(84)</sup> zeigte, entweder gleich der Zahl der Vasalstränge, oder doppelt so gross wie diese. Da der Verlauf der Gefässbündelstränge in den Wurzeln ein gerader ist, so stehen auch die Seitenwurzeln in geraden Reihen. Der seitliche Abstand dieser Reihen ist gleich gross, wenn die Seitenwurzeln vor den Gefässsträngen entspringen; je zwei Reihen sind einander genähert, wenn die Seitenwurzeln rechts und links von jedem Gefässstrang stehen.

Indem eine vielzellige Pflanze ihre Entwicklung aus der Spore oder dem befruchteten Ei mit einem einzelligen Zustande beginnt, dann in einen mehrzelligen und einen vielzelligen Zustand übergeht und allmählich die ihr zukommende Gewebedifferenzirung erlangt, wiederholt sie in ihrer Ontogenie ihre Phylogenie. Daher es auch zu unserer Aufgabe gehören wird, im speciellen Theile die Ontogenie sowohl des ganzen Pflanzenkörpers, als auch seiner einzelnen Glieder, in den verschiedenen Abtheilungen des Pflanzenreichs zu verfolgen. Der Gang der inneren ontogenetischen Ausgestaltung hat freilich, im Verhältniss zu seiner phylogenetischen Entstehung, vielfach tiefgreifende Aenderungen erfahren. Doch weist Manches darauf hin, dass diese Aenderungen oft geringer waren, als diejenigen, welche die Ontogenie der äusseren Gestaltung gleichzeitig erfuhr. Denn individuelle Abweichungen in der inneren Structur dürften weniger Angriffspunkte für Auslese durch natürliche Zuchtwahl geboten haben, als die individuellen Abweichungen der äusseren Form. So wird die Ontogenie der inneren Differenzirung oft wichtige Anknüpfungspunkte für die Beurtheilung verwandtschaftlicher Beziehungen abgeben. Auch von der inneren Differenzirung lässt sich im Allgemeinen sagen, dass jeder Zustand derselben um so allgemeinere Bedeutung beansprucht, je früher er in der embryonalen Entwicklung am Keim und je näher er dem Vegetationspunkt, der die embryonale Entwicklung an der erstarkten Pflanze fortsetzt, sich einstellt. Dann pflegt er auch einem grösseren Kreis von Organismen gemeinsam zu sein. Umgekehrt ist ein Merkmal um so bezeichnender für die engere Verwandtschaft, je später es in der ontogenetischen Entwicklung in die Erscheinung tritt.

#### Bildungsabweichungen<sup>(85)</sup>.

Vertreter der nämlichen Pflanzenart gleichen einander nicht vollständig. Ein jedes Individuum zeigt bestimmte, ihm nur zukommende Merkmale, durch welche es sich von den anderen Individuen derselben Species unterscheidet. Einzelne dieser besonderen Merkmale können auf Atavismus oder Rückschlag beruhen, d. h. eine Rückkehr sein zu bestimmten Eigenschaften der Voreltern. Die meisten individuellen Abweichungen sind aber

neu auftretende Merkmale, d. h. sie beruhen auf individueller Variation. Stärkere Abweichungen, welche erblich werden, führen zur Bildung neuer Species-Varietäten. Abweichungen, die unvermittelt erscheinen und sich bedeutend von dem Typus der Art entfernen, stellen Missbildungen dar. Ziehen sie Functionsstörungen nach sich, so werden sie gleichzeitig zur Ursache von Krankheit. Die Lehre von den regelwidrigen Bildungen der Pflanzen hat man als Phytoteratologie bezeichnet. Die Entwicklung der Pflanze kann durch innere, in ihr selbst gegebene, oder durch äussere, ihr fremde Ursachen in abnorme Bahnen gedrängt werden. Aus inneren Ursachen treten z. B. die sogen. Knospvariationen bei der Pflanze auf, welche eine abweichende Ausbildung einzelner Sprosse veranlassen. Von solchen Knospvariationen rühren unter andern alle die geschlitzt-blätterigen Formen der Gewächse her, die in unseren Gärten durch Pfropfung vermehrt werden. Aus inneren Ursachen ändert sich in manchen Fällen die Zahl der Glieder in einem Blüten- oder Laubblattquirl und kommen solche Pflanzen wie etwa eine *Paris quadrifolia* zu Stande, die sechsgliedrig statt viergliedrig in Laub und Blüthe ist. Aus inneren Ursachen ändert sich endlich auch der innere Bau, wie das besonders auffällig in der verschiedenen Ausbildung der Wasserbahnen oder der mechanischen Elemente oder einer abweichenden Zahl der vorhandenen Gefässbündel werden kann. Einflüsse der Ernährung sind bei solchen Veränderungen oft nachweisbar im Spiel, und sie sind es, welche die Pflanzenzüchter zu Hülfe nehmen, um bestimmte Culturformen der Gewächse zu erzielen. Unter den äusseren Ursachen sind besonders die Einflüsse auffällig, die parasitische Organismen auf die Entwicklung einzelner Pflanzentheile ausüben. Die von dem Rostpilz (*Aecidium Euphorbiae*) befallene Cypressenwolfsmilch (*Euphorbia Cyparissias*) wird unfruchtbar, bleibt unverzweigt, erhält kürzere und breitere Blätter und erscheint in ihrem ganzen Aussehen so verändert, dass man sie kaum wieder erkennt. Blattläuse können Vergrünungen der befallenen Blüthensprosse veranlassen, wobei statt Blumenblätter laubblattähnliche Gebilde entstehen. Besonders eigenartig sind die Gallen oder Cecidien, deren Bildung durch Pilze und vornehmlich durch Thiere bedingt wird. Der Eingriff dieser Organismen in die normale Entwicklung der befallenen Pflanze ist mehr oder weniger bedeutend, je nachdem er die embryonale Substanz der Vegetationspunkte, oder ein schon angelegtes, jedoch noch in der Ausbildung begriffenes, oder endlich ein schon fertiges Glied des Pflanzenkörpers trifft. Die Larve der Gallmückenart *Cecidomyia rosaria* lebt über dem Vegetationspunkt der befallenen Weidensprosse. Sie veranlasst demgemäss die Verbildung der ganzen Sprosse, die Entstehung jener Gallen, die als Weidenrosen bekannt sind und Blattschöpfe aus stark veränderten Blättern und gestauchten Achsentheilen darstellen. Verschiedene Fliegen (Diptera) legen ihre Eier in noch unfertige Blätter und regen um so stärkere Anschwellungen und Rollungen derselben an, je jünger der Zustand, in dem sie dieselben befielen. Unverändert in seiner Gesamtausbildung bleibt hingegen das Blatt der Eiche, das erst im ausgewachsenen Zustande von Gallwespen der Gattung *Cynips* angestochen wird. Das von der Mutterwespe eingeführte Gift und die aus dem Ei sich entwickelnde Larve veranlassen hier nur eine locale Wucherung des Blattgewebes, die zur Bildung der kugeligen gelben oder rothen, an den Seitenrippen der Blattunterseite sitzenden Gallen führt. — Der auf die befallene Pflanze sich geltend machende Reiz bewirkt, je nach der Art des Erregers, die Entstehung verschieden gestalteter Gallen. Diese Gallen weichen so stark von einander ab, dass man meist die Pilze oder Thiere angeben kann, welche deren Bildung veranlassten. — Als Ur-

sache der Missbildungen, welche die Pflanze aus sich selbst erzeugt, sind ebenfalls stoffliche Erreger anzunehmen, welche den Gang der Entwicklung aus den gewohnten Bahnen ablenken. Je früher sich diese Einflüsse auf eine Anlage geltend machen, um so bedeutender die Ablenkung, welche die Entwicklung erfährt. Wird die embryonale Substanz eines Vegetationspunktes in solcher Weise beeinflusst, so kann ein ganz anderes Gebilde an Stelle des zu erwartenden treten. Oder es bilden sich Mittelformen von mehr oder weniger monströser Gestalt aus. Die embryonale Substanz der Vegetationspunkte ist ja noch als solche zu Bildungen befähigt, welche den ganzen Formenkreis der Species umfassen, und so mag an Stelle einer Blüte ein vegetativer Spross sich bilden, ja selbst der Vegetationspunkt einer Wurzel sich unmittelbar als Spross weiter entwickeln. Schon angelegte Blätter werden sich unter verändertem Einfluss in ihrer Umbildung vornehmlich innerhalb des Formenkreises der Blattmetamorphose halten. Es werden z. B. an Stelle von Staubblättern oder Fruchtblättern Blumenblätter entstehen. Je später der Einfluss auf die Anlage sich geltend macht, um so unvollkommener wird ihre Umwandlung werden. Daher alle die mehr oder weniger verunstalteten Mittelformen, welche zwischen zwei Gebilden mit grösserer oder geringerer Annäherung an eines derselben sich einstellen. Die Fähigkeit, in den embryonalen Zustand zurückzukehren, die ja selbst den fertigen Geweben in der Anlage von Folgemeristemem noch zukommt, kann endlich bedingen, dass auch an Stelle schon ausgegliederter Anlagen morphologisch völlig abweichende Glieder sich bilden, statt einer Sporenkapsel beispielsweise ein Spross entsteht. Wenn somit verschiedene Glieder des Pflanzenkörpers bei einem abnormen Entwicklungsvorgang einander vertreten, dann auch durch Mittelformen verbunden erscheinen, so ist daraus ein Schluss auf ihren phylogenetischen Zusammenhang nicht zu ziehen. Missbildungen sind somit nur in den seltensten Fällen für morphologische Schlussfolgerungen zu verwenden. Sie wären es nur so weit, als sie für Rückschlagerscheinungen gelten könnten, doch das sind sie sicherlich nur ausnahmsweise.



## Zweite Abtheilung.

### Physiologie.

Die Pflanze ist wie das Thier ein lebendes Wesen. Meist aus winzigen und höchst einfachen Anfängen entstehend, aus inneren Ursachen sich vergrößernd und in bestimmter Weise sich gestaltend, vollendet sie einen angeerbten Entwicklungsgang. Umgeben von einer Welt, die stofflich sehr verschieden ist vom eigenen Körper, erzeugt sie ihre besonderen Baustoffe aus den ihr gebotenen Rohstoffen. Sie ist dabei befähigt, die zu ihrem Leben günstige Lage und Richtung ihrer Körpertheile durch selbständige Bewegungen aufzusuchen. Wie alles Lebendige ist auch der Pflanzenkörper mehr oder weniger rasch vergänglich, aber ungeachtet der begrenzten Lebensdauer und Zahl der Individuen wird das Fortbestehen und die Ausbreitung der Arten ermöglicht durch Erzeugung gleicher Nachkommen.

Ernährung, selbstthätig gestaltendes Wachsthum, Bewegungsvermögen und Fortpflanzung sind neben der Athmung die auffälligsten Erscheinungen, welche die Pflanze als lebendiges Wesen kennzeichnen und von leblosen Körpern scharf trennen.

Wie das Leben der einfachsten bestehenden Pflanzenarten uns zeigt, ist ein einzelliges Wesen zu allen diesen Lebensäußerungen befähigt. Bei Pflanzen jedoch, welche sich aus vielen Hunderten oder Tausenden von Zellen dreidimensional zusammensetzen, können die einzelnen Zellen schon aus räumlichen Gründen unmöglich in einem gleichartigen Verhältniss zur Aussenwelt stehen. Die Zellen im Innern des Zellenkörpers müssen da unter ganz andern Verhältnissen leben als die, welche mit der Aussenwelt in unmittelbarer Berührung und in directem Austausch stehen. Demgemäss müssen die verschieden gelagerten Elemente sich auf eine verschiedene Lebensweise einrichten. Sie müssen in verschiedener Art thätig sein oder, wie man sagt, sich differenziren.

Die derart nothwendig gewordene Arbeitstheilung hat zur Ausbildung äusserer Organe und innerer Structuren geführt, welche in überraschender Weise ihre Aufgaben im Dienste der ganzen Pflanze zu lösen im Stande sind. Je nach den Verwandtschaftskreisen sind die Einrichtungen zwar sowohl in der Form als auch in der Wirkungsweise etwas verschieden; bei allen Pflanzen haben sich aber diejenigen Organe, welchen gleiche Verrichtungen zukommen, den leistungsfähigsten Formen so genähert, dass beispielsweise Wurzeln und Blätter der allerverschiedensten Pflanzen ähnliche Grundformen zeigen. Das beweisen schon die ganz allgemeinen Bezeichnungen „Blatt“, „Wurzel“, „Stamm“ und „Blüthe“, deren einheitliche Bedeutung noch unbefangener im Volksmunde zum Ausdruck kommt als in der botanischen Fachsprache, welche diese Begriffe aus formalen Gründen nachträglich schärfer umgrenzt und eingeschränkt hat.

Das ähnliche Aussehen und der ähnliche innere Bau deuten aber auf Functionen und Aufgaben, welche den Organen gemeinsam sind; die durchgängigen Abweichungen, die sich dabei in Gestalt und Ausbau zwischen ungleichnamigen Organen — wie Blatt und Wurzel — geltend machen, weisen andererseits auf eine verschiedene spezifische Wirksamkeit derselben für die Pflanze hin. Es liegt also schon in der verschiedenen morphologischen und

anatomischen Ausbildung ein unverkennbarer Hinweis, dass die Organe einer Function wegen da sind und dass sie nicht zufällige Ausgestaltungen des Pflanzenkörpers darstellen.

Die Eigenschaften und Verrichtungen der Organe wie auch der einzelnen Zellen bilden den Gegenstand für das physiologische Studium der Pflanzen. Es leuchtet aber ein, dass die Physiologie nur auf der Grundlage der Kenntniss vom äusseren und inneren Bau der Pflanzen verständlich wird, ebenso wie der Gang und die Leistungen einer Maschine erst durch die Bekanntschaft mit ihrer Construction erklärlich werden. Aeusserer und innere Morphologie erhalten andererseits durch die Physiologie ihren tieferen Sinn und ihre geistige Belebung.

Es liegt in der Natur der Sache, dass die Physiologie zunächst die übereinstimmenden Momente in der Mannigfaltigkeit der Einzelercheinungen aufsuchen muss, welche eben dadurch wesentliche functionelle Bedeutung verathen. Umgekehrt muss die Systematik gerade die Abweichungen, also die Stammeseigenheiten verwerthen, welche sich daneben geltend machen, weil gerade sie von der grössten Wichtigkeit für die Erkenntniss der Verwandtschaften sind. So genügt es für das physiologische Verständniss der Blüten zu wissen, dass sie die Organe der sexuellen Fortpflanzung bei den höheren Pflanzen sind; es genügt zu wissen, dass die männlichen Zellen in Staubblättern ausgebildet werden, welche sich irgendwie öffnen und die Pollenkörner frei legen; dass die weibliche Zelle, in Samenanlagen eingeschlossen, durch die erreichte Vereinigung mit der männlichen Zelle des Pollenschlauchs zum Embryo, also zu einer jungen Pflanze heranwächst. Diese wichtigen Thatsachen sind bei allen Blüten dieselben; verschieden ist nur deren besondere jeweilige Ausgestaltung.

In gewissem Sinne kommen specielle Ausgestaltungen freilich auch physiologisch in Betracht, sofern sie nämlich besonderen Verrichtungen dienstbar gemacht sind, wie sie in den Beziehungen der Pflanze zu ihrer Umgebung zur Geltung kommen (Bestäubung, Samenverbreitung, Wasseröconomie etc.). Diese speciellere Seite der physiologischen Betrachtung pflegt man als die biologische oder ökologische zu bezeichnen und fasst ihr Studium unter dem Begriffe der Biologie, oder — da dieses Wort im Auslande die allgemeinere Bedeutung der Lehre von den Lebewesen überhaupt gewonnen hat — noch besser als Oecologie zusammen.

### Physikalische und vitale Eigenschaften der Pflanzen. Allgemeine Lebensbedingungen.

Abgesehen von den mehr oder minder flüssigen Entwicklungsstadien einiger niederer Organismen, wie sie als Amöben und Plasmodien der Myxomyceten (S. 45) erwähnt wurden, haben wir es bei den Pflanzen, trotz des hohen Wassergehalts, mit festen Körpern zu thun. Die physikalischen Eigenschaften der festen Körper im Allgemeinen kommen demnach auch bei dem Pflanzenkörper zur Geltung. Schwere, Festigkeit, Elasticität, Leitungsfähigkeit für Licht, Wärme, Elektrizität u. s. w., das sind Eigenschaften, welche der Pflanzenkörper mit andern, auch den leblosen Körpern gemein hat. So wichtig diese Eigenschaften nun auch für das Bestehen und für das Leben der Pflanze zum Theil sind, so bedingen sie doch noch nicht das Leben selbst.

Die Lebenserscheinungen sind ausschliesslich an das lebendige Protoplasma gebunden. Keine andere Substanz zeigt auch nur ähnliche merkwürdige und mannigfaltige Erscheinungen, die sich mit dem

Leben vergleichen liessen. Da die Physik und die Chemie sich absichtlich darauf beschränkt haben, die Eigenschaften der leblosen Körper zu untersuchen, so wäre es natürlich ein fruchtloses Beginnen und ein Verkennen der Sachlage, die Lebenserscheinungen lediglich aus Befunden an leblosen Körpern, also aus sogenannten physikalischen und chemischen Gesetzen erklären zu wollen. Die physikalischen Eigenschaften der Luft, des Wassers, des Glases und einiger Metalle, die man bisher zu physikalischen Apparaten verwandt hat, können niemals Erscheinungen wie die Ernährung, die Athmung, das Wachsthum, Reizbewegungen und Fortpflanzung erklären; es wäre eigentlich überflüssig das hervorzuheben, wenn man nicht von Zeit zu Zeit in jenen Irrthum verfallen wäre das ganze Leben aus bekannten physikalisch-chemischen Erscheinungen erklären zu wollen.

Die Lebenserscheinungen können nur an lebenden Wesen studirt und ergründet werden und zwar durch sorgfältige Beobachtungen und kritisch angestellte Versuche. Dabei bleibt natürlich stets festzustellen, in wie weit rein physikalische und chemische Eigenschaften, die allen Körpern jederzeit dienlich sind, bei den Lebenserscheinungen mitspielen und der Lebensführung Vorgänge innerhalb des Organismus erscheint aber ganz besonders wünschenswerth, weil es sich dabei um Erscheinungen handelt, mit denen wir hinsichtlich ihrer Ursache und Wirkung besser vertraut sind. Bei den eigentlichen Lebenserscheinungen ist das aber durchaus nicht der Fall. Es ist bei diesen von vorn herein gar nicht abzusehen, welche Folgen eine bestimmte Einwirkung haben wird. Setzen wir das freie Ende eines biegsamen Stabes in horizontaler Lage dem Einfluss der Schwerkraft aus, so wird sich derselbe unter seinem Gewicht bis zu einem bestimmten Punkte abwärts biegen. Dasselbe thut jeder Pflanzentheil auch und bei toten Pflanzentheilen, z. B. dünnen Stengeln, bleibt es dabei. Haben wir zu dem Versuche jedoch einen lebendigen, wachsenden Stengel benutzt, dann zeigt sich in diesem eine Wirkung der Schwerkraft, welche im Vergleich zu ihrer rein physikalischen Wirkungsweise durchaus überrascht: Der wachsende Theil des Stengels krümmt sich und richtet sich durch eigene Thätigkeit wieder auf, er bewegt sich dem Zug der Schwere gerade entgegen. Machen wir den Versuch mit einer Pfahlwurzel, so wird diese dem Zuge der Schwerkraft bis zur senkrechten Lage scheinbar folgen, ein Rhizom dagegen würde seine wachsende Spitze unter allen Umständen wagerecht einstellen, wenn es durch sein Gewicht aus der Horizontalen gesunken wäre.

Bei diesen drei Versuchen waren die physikalischen Bedingungen jedesmal die gleichen: Die Erdschwere wirkte auf einen biegsamen Pflanzentheil. Das Resultat fiel aber so verschieden wie nur möglich aus.

Die Erklärung für dieses auffällige Verhalten ist darin zu suchen, dass die Schwerkraft nicht bloss physikalisch auf die lebendige Substanz einwirkt, indem sie deren Gewicht veranlasst, sondern ausserdem noch in eigener Weise als ein Reiz, welcher innere Thätigkeiten des Pflanzenkörpers zur Auslösung bringt. In unseren Versuchen sind es die das Wachsthum verursachenden Vorgänge und Kräfte, welche durch die Schwerkraft local gefördert oder gehemmt werden und so eine Wirkung hervorbringen, die mit der bekannten physikalischen Wirkungsweise derselben weder qualitativ noch quantitativ in einem erkennbaren Zusammenhang steht. Die lebendige Substanz wird von Reizwirkungen beherrscht; ihre eigenartige Reizbarkeit ist ihre wichtigste Eigenschaft, denn die Reizbarkeit allein ermöglicht das, was wir Leben nennen.

Unter Reizbarkeit versteht man aber den uns im Einzelnen unbekanntem,

jedoch sicher vorhandenen causalen Zusammenhang zwischen einer gewissen Einwirkung und der eigenartigen lebendigen Rückwirkung des Organismus. Verschiedenartigkeit von Einwirkung und Rückwirkung liegt ja auch beim Gebrauche unserer Dampfmaschinen und Feuerwaffen vor. Der geringe Fingerdruck beim Abfeuern eines Geschützes steht mit den zerschmetternden Wirkungen des Geschosses ebenso wenig in qualitativer und quantitativer Relation, wie die augenblickliche kleine Mühe des Hahnöffnens bei der Locomotive mit der stundenlang dauernden Fortbewegung eines schweren Güterzuges. An einer ungeheizten Maschine ist die Arbeit des Hahnöffnens ohne Wirkung; nur durch die Auslösung der in dem Maschinenkessel vorhandenen Spannkraft erhält dieser Eingriff die erwähnten grossartigen Folgen. Bei unseren Apparaten kennen wir den inneren Zusammenhang zwischen der äusseren Einwirkung und deren Folgen; bei den Reizwirkungen des Protoplasmas kennen wir ihn nicht, denn die im Plasma sich abspielenden Auslösungen bleiben auch dem bestbewaffneten Auge unsichtbar. Wir haben aber trotzdem keine Veranlassung zu der Annahme, dass der innere Zusammenhang zwischen Reizursache und Reizwirkung in dem Plasma durch Vorgänge bewirkt würde, die der Materie sonst fremd wären und die sie erst unter dem Einfluss einer besonderen Kraft, der „Lebenskraft“, entfalten könnte. Früher glaubte man einmal, nicht nur die Lebensäusserungen, sondern auch die Stoffbildung in den Lebewesen nur durch die Wirkung einer besonderen Lebenskraft erklären zu können. Dieser Anschauung haben aber schon die Fortschritte der Chemie theilweise den Boden entzogen (vgl. S. 5). Ganz abgesehen davon, dass auch die Lebensäusserungen die Annahme einer Lebenskraft heutzutage durchaus nicht verlangen, bräuchte es vielmehr die allergrössten Schwierigkeiten mit sich, die unendliche Mannigfaltigkeit der Lebenserscheinungen auf die Aeusserung einer einzigen „Kraft“ zurückzuführen.

Wenn wir aber auch dazu kommen, eine besondere Lebenskraft aus der Physiologie auszuschliessen und nur Wirkungen anzunehmen, die der Materie an sich, unter besonderen Umständen, zukommen, so müssen wir doch der ganzen Eigenart der Lebenserscheinungen insofern Rechnung tragen, als wir eigenthümliche innere Structuren der lebendigen Substanz annehmen, die so beschaffen sind, dass sich gewisse Einwirkungen und Zustände mit bestimmten Lebensäusserungen irgendwie causal verketteten. Es sind also jene besonderen reizbaren Structuren, welche das lebendige Protoplasma von den übrigen Körpern unterscheiden und welche auch die fundamentale Verschiedenheit zwischen lebendigem und totem Plasma bedingen. Dieser Annahme stehen aber keinerlei Bedenken entgegen, zumal schon einfachere chemische Körper, ja chemische Elemente, wie Schwefel, Phosphor u. a. in verschiedenen „Modificationen“ mit grundverschiedenen Eigenschaften auftreten können. Bei lebendigen Organismen haben wir es mit einer reizbaren oder lebendigen Modification der plasmatischen Substanz zu thun, und die Aufgabe der Physiologie besteht hauptsächlich darin, die Eigenschaften und Aeusserungen dieser lebendigen Modification plasmatischer Substanzen zu erforschen.

Diese Eigenschaften und Aeusserungen sind so eigenartig, dass sie eine tiefe Kluft zwischen der lebendigen und der gesammten übrigen Materie schaffen und dass wir uns keinerlei Vorstellung machen können, wie auf unserem ehemals wohl feuerflüssigen Planeten die lebendige Substanz aus lebloser Materie entstanden ist. Die Annahme einer Descendenz gestattet uns zwar, die Entstehung des Lebens auf der Erde in geologische Zeitalter zurückzusetzen, von denen uns wohl Jahrtausende trennen und von deren Charakter und Schöpfungsbedingungen wir keine Ahnung haben können.

Das aber können wir im Hinblick auf die Eigenschaften der lebendigen Substanz doch wohl behaupten: Die äusseren Lebensbedingungen können damals von den heute auf dem Erdballe herrschenden nicht allzu verschieden gewesen sein; denn es ist eine höchst merkwürdige Eigenthümlichkeit der Lebewesen, dass ihre Lebensthätigkeit, ja ihre ganze Existenz, nur zwischen auffallend engen Grenzen kosmischer Einwirkungen möglich ist. Innerhalb eines Spielraums von etwa 60° C. erhält sich nur die Lebensfähigkeit des pflanzlichen Plasmas; in noch viel engeren Grenzen bewegt sich seine volle Lebensthätigkeit. Ein Zuviel von Licht vernichtet sein Leben wie ein Zuwenig von Wärme, und es genügen unwägbare Mengen von gewissen sogen. giftigen Stoffen, um in einem Augenblicke jenen geheimnissvollen Bau unwiederbringlich zu zertrümmern, in dem doch die Fähigkeit schlummert, unter günstigen Umständen ganze Welten zu bevölkern.

Trägt die lebendige Pflanze nun auch vornehmlich in sich selbst die Bedingungen für die Art und Weise ihrer Lebensäusserungen, so ist sie doch auch durch enge Wechselbeziehungen mit ihrer Umgebung verknüpft und ganz und gar abhängig von deren Zustand. Die Aussenwelt liefert nicht nur die stoffliche Grundlage für den Pflanzenkörper, sondern spendet auch in Form von Bewegungen, zumal in Licht- und Wärmeschwingungen, Energie, welche in mannigfachen Vorgängen im Getriebe des Lebens wieder nutzbar gemacht wird; die Einflüsse der Aussenwelt wirken zudem als Reizursache, auf welche das pflanzliche Plasma ständig mit Lebensäusserungen reagirt. Diese äusseren Einwirkungen werden aber, wie erwähnt, nur bei bestimmter und eng begrenzter Intensität dem Leben nutzbar gemacht. Die untere Grenze für ihre Wirksamkeit bezeichnet man als das Minimum, die obere als das Maximum, und hebt denjenigen Intensitätsgrad als das Optimum noch besonders hervor, unter dessen Einwirkung eine bestimmte Lebenserscheinung ihren Höhepunkt erreicht (vgl. auch S. 207). Für die verschiedenen Lebensvorgänge innerhalb einer Pflanze und für verschiedene, zumal an abweichende Lebensverhältnisse gewöhnte Pflanzen sind diese sogenannten „Cardinalpunkte“ aber meist verschieden.

So verlangen gewisse Pflanzen zu ihrem vollen Gedeihen das ungeschwächte Sonnenlicht; andere dagegen, die sogen. Schattenpflanzen, kommen nur im gedämpften Lichte des Waldesschattens zu voller Entwicklung. Das Lichtbedürfniss wechselt aber nicht nur bei verschiedenen Pflanzenarten und innerhalb einer Art auch wieder individuell, sondern es kann bei demselben Einzelwesen sich das Optimum der Lichtwirkung unter Umständen verschieben. Viele der tropischen Culturpflanzen verlangen z. B. während ihrer Jugend Schatten und müssen daher besonders angepflanzte schattenspendende Bäume (*Albizzia moluccana* u. a.) zunächst geschützt werden, während sie später die volle Tropensonne vertragen oder gar nöthig haben.

Bei niederen Temperaturen, die um den Gefrierpunkt des Wassers liegen, tritt bei den meisten Pflanzen eine Tötung durch Erfrieren ein. Empfindliche Pflanzen können schon erfrieren bei Temperaturen über 0° und lange bevor es in ihren Geweben zur Eisbildung kommt. Andere dagegen ertragen selbst die Eisbildung in ihrem Innern, die aber meist nicht in den Zellen selbst, sondern in den Intercellularräumen beginnt und fortschreitet auf Kosten des sich mehr und mehr concentrirenden Zellsaftes. Daher tritt die Eisbildung auch erst bei Temperaturen unter Null ein und schreitet mit zunehmender Kälte nur allmählich weiter fort<sup>(1)</sup>.

## I.

## Die Festigung des Pflanzenkörpers.

Eine der wichtigsten und nothwendigsten physikalischen Eigenschaften des Pflanzenkörpers ist seine Festigkeit, denn ohne Festigkeit ist keine bleibende Gestaltung möglich. Die Pflanzen, welche sich bei der zierlichsten Ausgestaltung und Gliederung ihrer Organe bis zu gewaltigen Höhen erheben und sich dabei in der Luft frei ausbreiten, sind aber ganz besonders auf die Festigung ihres Körpers angewiesen, weil es bei ihnen auf ein starres Festhalten der einmal gewonnenen Lage ankommt. Das Vermögen, nach gewaltsamen Störungen durch selbständige Bewegungen in die günstigste Lage zurückzukehren, ist bei einem Baum oder Strauch, ja schon bei erstarkenden Kräutern, auf die äussersten wachsenden Zweigspitzen beschränkt.

Welche Ansprüche an die Festigkeit und den Zusammenhalt der Theile bei Pflanzen gestellt werden, das leuchtet sofort ein, wenn man sich beispielsweise einen Roggenhalm vergegenwärtigt, welcher aus Hunderttausenden einzelner kleiner Bausteine (der Zellen) zusammengesetzt, bei einer Höhe von 1500 mm kaum 3 mm Durchmesser an seiner Basis erreicht. Bis zu 3000 mm erheben sich die schlanken Schäfte des Pfeilrohrs bei einer Grundfläche von nur 15 mm Durchmesser. Die Höhe des Pfeilrohrs beträgt das 200fache, die des Roggenhalms gar das 500fache des Grunddurchmessers. Dabei trägt aber der Roggenhalm an seiner Spitze noch die schwere Last der Aehre, der schlanke Palmstamm die schweren und im Winde noch wie Segel wirkenden Blätter (welche bei der allerdings kurzstämmigen *Lodoicea Sechellarum* 7 m Länge und 3 bis 4 m Breite erreichen), deren Gewicht bei der schlanken *Cocospalme* noch durch die erhebliche Last der Früchte vermehrt wird.

Zudem kommt es bei den Pflanzen nicht auf die möglichste Unbeweglichkeit an wie bei den Werken menschlicher Architektur, und sie besitzen eine Eigenschaft, die wir unseren Bauten nicht geben, schon weil wir sie ihnen in dem Maasse nicht zu verleihen vermögen; das ist die ausserordentliche Elasticität. Der Roggenhalm weicht der Gewalt des starken Windes aus, indem er seine Spitze bis zum Boden herabbeugt, er schnellert aber in die frühere Lage zurück, wenn die Wirkung des Windes aufhört. Die technischen Leistungen des Pflanzenkörpers sind also einzig in ihrer Art und sie sind höchst vollkommen für dessen Bedürfnisse. Von dem festen und zugleich elastischen Baumaterial, welches die Pflanze sich herstellt, macht ja auch die Technik aller Völker den ausgedehntesten Gebrauch, indem sie Holz zu Stützen und Trägern, Bastfasern zu Fäden und Tanen verwendet.

Anders als bei holzigen harten Stämmen und Stengeln wird die Festigkeit bei jungen Pflanzentheilen und bei jenen, zumal niederen Pflanzen zeitlebens erreicht, in denen die festen und elastischen Holz- und Sklerenchymfasern fehlen. Der Hauptbestandtheil (oft 90 und mehr Procent) dieser Pflanzen bezw. Pflanzentheile ist flüssiges Wasser, das einzig Feste an ihnen sind die äusserst zarten, dünnen Membranen. Derartige Pflanzentheile erreichen aber trotzdem eine ansehnliche Festigkeit und Elasticität und zwar durch die elastische Spannung dieser Membranen.

**Der Turgor.** Wenn Luft oder Wasser in einen elastischen Schlauch z. B. einen Gummischlauch unter hohem Druck eingepresst wird, dann dehnt sich die Wand desselben, der Schlauch wird länger und dicker. Dabei ist der vorher schlaaffe Schlauch um so steifer und fester geworden, je höher der Innendruck und je elastischer und dünner seine Wandung ist. Auf solchem Zusammenwirken elastischer Wandungen mit dehrenden Kräften

beruht auch die Festigkeit und Elasticität der dünnwandigen Pflanzenzellen und aller aus solchen Zellen zusammengesetzten Organe. Die Wandung der parenchymatischen Zellen ist trotz ihrer Zartheit äusserst fest, aber auch elastisch dehnbar; sie ist daher im Stande, die mechanischen Eigenschaften des eben betrachteten Gummischlauches anzunehmen, sobald ein starker Innendruck sie spannt. Dieser Innendruck ist nun in der That vorhanden, und es ist nur die Frage: Wie kommt er in der ringsum geschlossenen Zelle zu Stande? Um das zu verstehen, müssen wir uns der vom Botaniker DUTROCHET 1823 zuerst untersuchten, später zumal von PFEFFER und DE VRIES genauer studirten physikalischen Erscheinung der *Diosmose* erinnern<sup>(2)</sup>. Wir wollen uns dabei an die gegebenen einfachen Wahrnehmungen halten und hier von den neueren theoretischen Anschauungen absehen, wonach der osmotische Druck gleich dem Gasdruck durch den Stoss der bewegten isolirten Moleculé bzw. der Ionen gegen die Wände erklärt werden soll. Wir nehmen also an, die *Diosmose* beruhe darauf, dass sich die kleinen Theilehen fester Körper und ihrer Lösungsmittel anziehen. Sie beruht also auf den molecularen Anziehungen, welche überhaupt feste Körper in Lösungen überführen und welche es bewirken, dass sich der gelöste Stoff im Lösungsmittel gleichmässig vertheilt.

Wird daher zwischen zwei Lösungen ungleicher Concentration oder, was auf dasselbe hinausläuft, zwischen eine Lösung und das reine Lösungsmittel eine Trennungswand gestellt, welche für beide Theile durchdringbar oder permeabel ist, so erfolgt die Anziehung und Bewegung der beiden Stoffe durch die Wand hindurch. Ist nun die trennende Wand für einen der beiden Stoffe leichter durchdringbar als für den andern, so wird dieser eine in grösserer Menge durchwandern als der andere. Falls die Trennungswand nur für einen der beiden Stoffe permeabel, für den andern aber undurchlässig ist, so wird ausschliesslich der durchgelassene Stoff durch die Wand zu dem zurückgehaltenen sich bewegen. Eine mit concentrirter Kochsalzlösung gefüllte und in reines Wasser eingetauchte Schweinsblase lässt das Wasser rascher einströmen als die Kochsalztheilchen nach aussen treten. Die Folge ist ein erheblicher Ueberdruck in der geschlossenen Blase, welcher dieselbe prall auftreibt und den vorher schlaffen faltigen Sack zu einem sehr harten Gebilde macht.

Der hier von der Kochsalzlösung erzeugte Innendruck wird in den Pflanzenzellen bedingt durch die im Zellsaft aufgelösten Stoffe, also vornehmlich durch organische und unorganische Säuren und Salze sowie Zuckerarten. Von diesen im Zellsaite gelösten Körpern lässt das lebendige Protoplasma nichts nach aussen durch — mit Ausnahme des Verkehrs der Zellen unter einander, wobei Stoffwanderung und Stoffaustausch in ausgedehntem Maasse vorkommen — sie werden, wie das ja auch bei den im Zellsaft gelösten Farbstoffen direct zu beobachten ist, von dem Plasma, speciell von dessen Hautschichten (S. 48), im Innern der Zelle zurückgehalten. Diese Stoffe ziehen demnach das Wasser durch die Zellmembran und das Plasma einseitig und mit Gewalt an und erzeugen so einen Druck in der Zelle, der häufig 3—5 Atmosphären, in einzelnen Fällen aber 10, 15, 20 und mehr Atmosphären (Zellen des Cambiums und der Markstrahlen von Bäumen) erreicht. Das sind Spannungen, welche zum Theil weit über die Dampfspannung in unseren stärksten Locomotiven hinausgehen. Durch diese Druckkräfte wird die Membran oft ansehnlich elastisch gedehnt, so dass die Zellen unter dem Einfluss dieses Druckes, des „Turgors“, länger und umfangreicher sind als es dem ungedehnten Zustand ihrer Membran entspricht.

Wird einer solchen turgescenzen Zelle irgendwie Wasser entzogen, dann

vermindert sich natürlich der Innendruck, die elastisch gespannte Membran (deren Dehnung 10—20% betragen kann) zieht sich zusammen, die Zelle wird kürzer und schmaler und verliert dabei ihre Festigkeit und Elasticität; sie wird weich und schlaff.

Dieser Zustand tritt unter natürlichen Verhältnissen ein, wenn eine krautige Pflanze durch die Verdunstung mehr Wasser verliert als ihr ersetzt werden kann. Man sagt dann die Pflanze welkt. Eine welke Pflanze zeigt durch ihr Schlaffwerden aber deutlich an, dass sie sich nicht durch die Festigkeit ihres Zellhautgerüsts, sondern nur durch den inneren Wasserdruck aufrecht erhalten konnte; eine reichliche Zufuhr von Wasser lässt denn auch den früheren Zustand alsbald wiederkehren.

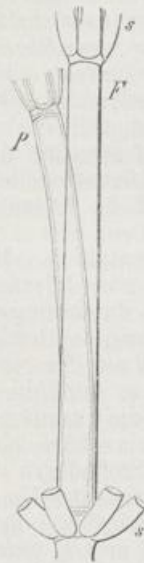


Fig. 168. Einzelliges Stammglied einer Nitella (Characee) etwa 6 Mal vergrössert. *F* frisch und durch Turgor gespannt. *P* dasselbe nach zerstörtem Turgor, schlaff, kürzer und schmaler; das Plasma faltig von der Membran abgehoben. *s, s* Seitenglieder.

Ausser durch Verdunstung kann das Wasser den Zellen aber auch durch dieselben Molecularkräfte entzogen werden, welche den Druck in ihrem Innern erzeugen. Wird nämlich die Zelle von einer Lösung umspült, welche ebenfalls anziehend auf Wasser wirkt, so wird je nach der wasseranziehenden Kraft der letzteren der Turgor der Zelle geschwächt oder ganz aufgehoben. Geht die Wasserentziehung weiter, so löst sich der Protoplasmakörper von der Zellwand los und zieht sich mehr oder weniger kugelig zusammen. Auch bei dieser Wasserentziehung durch sogen. Plasmolyse schwindet mit der Spannung der Zellwand die Festigkeit; die Zellen werden schlaff und welk, obgleich sie von wässriger Flüssigkeit rings umgeben sind (Fig. 168). Durch Ueberführen in reines Wasser kann, wenn das Plasma nicht von der Salzlösung stark gelitten hat, der frühere turgesciente Zustand auch hier rasch wiederhergestellt werden. Ist das Plasma jedoch abgestorben, dann ist es vollkommen durchlässig geworden und die Bedingung für einen einseitigen Ueberdruck ist zerstört. Frische, lebendige Scheibchen der Zuckerrübe und der rothen Rübe lassen, in reines Wasser gelegt, weder Zucker noch Farbstoff aus den unverletzten Zellen in dieses übertreten. Wird das Protoplasma aber durch Erfrieren oder Kochen getötet, dann entweichen Zucker und Farbstoff in das umgebende Wasser, die Scheibchen verlieren dabei ihre Festigkeit und werden schlaff.

Die Plasmolyse hat insofern eine grosse wissenschaftliche Bedeutung, als sie uns in den Stand setzt, den in Pflanzenzellen herrschenden Druck durch Vergleich zu messen. Wenn eine Salpeterlösung von bestimmtem Procentgehalt einen osmotischen Druck von fünf Atmosphären erzeugt (eine einprocentige Kalisalpeterlösung entwickelt nach PFEFFER'S Untersuchungen einen osmotischen Druck von ca.  $3\frac{1}{2}$  Atmosphären) und diese Lösung gerade hinreichend ist, den Turgor einer Pflanzenzelle aufzuheben (was bei elastisch gedehnten Zellen sich schon durch das Aufhören der Verkürzung kundgibt), dann zeigt sie an, dass der Zellsaft annähernd mit derselben Kraft und bis zu einem gleichen Ueberdruck Wasser anzuziehen vermag. Auch die mechanischen Zugkräfte, welche nöthig sind, ein welkes oder plasmolysirtes elastisches Organ auf seine frühere Länge auszudehnen, können, wenn auch nur ein ungefähres Maass für die im turgescienten Pflanzentheil herrschenden Druckkräfte liefern.

Bei der Turgorspannung sehen wir bekannte, rein physikalische Vorgänge



die Kräfte zur Festigung der Pflanze liefern. Der physikalische Hergang ist aber insofern abhängig von vitalen Leistungen der Pflanze, als nur das lebendige Plasma in Verbindung mit dem Bau und den Eigenschaften der Zelle die Bedingungen dafür herzustellen vermag. Auch bei Gelegenheit anderer physikalischer Leistungen werden wir doch immer wieder die primäre und wesentliche Bedeutung der vitalen Prozesse kennen lernen, insofern sie es sind, welche die ersteren in den Dienst des Lebens zwingen, sie heranzuziehen, auszuschliessen und abzuändern vermögen. So kann auch die lebende Pflanzenzelle ihren Turgor reguliren, erhöhen, herabsetzen, ja plötzlich ganz aufheben (vgl. Variationsbewegungen).

**Die Gewebespannung.** Die Festigkeit parenchymatischer Gewebe, welche wesentlich bedingt ist durch die Turgorspannungen ihrer einzelnen Zellen, wird noch erheblich verstärkt durch ähnliche Spannungen, die zwischen inneren und äusseren Gewebecomplexen, vornehmlich zwischen dem Mark und dem Haut- (und äusseren Rinde-) Gewebe bestehen. Das Mark spielt in diesem höheren System gewissermaassen die Rolle des Zellsaftes, indem es an Volumen zu gewinnen strebt; das Hautgewebe dagegen gleicht in seiner Wirkung der elastisch gespannten Membran der Einzelzelle, indem es von dem Markcylinder über seine eigentliche Länge elastisch ausgedehnt wird. Dieses Spannungsverhältniss wirkt natürlich auf das ganze Organ in gleicher Weise festigend wie der Turgor auf die einzelne Zelle.

Das Vorhandensein der Gewebespannung lässt sich sehr leicht nachweisen, wenn man bei einem turgescirenden Spross (z. B. einer Sonnenrose, oder Iva) einen Streifen der peripheren Gewebe abtrennt und das Mark für sich herauschält. Das Aussengewebe wird sofort kürzer, das Mark für sich länger werden als beide im Verbands des Sprosses waren. Hatte das benutzte Sprosstück eine Länge von 50 cm, so wird der Aussenstreifen z. B. auf 46 cm sich zusammenziehen, das Mark aber sich rasch auf 60–70 cm verlängern. Die natürliche Länge des intacten Sprosses war also die Gleichgewichtslage zwischen dem Ausdehnungsbestreben des Marks und dem Contractionsstreben der äusseren Gewebe. Die zwischen Mark und Hautgewebe liegenden Rindenschichten vermitteln zwischen diesen Spannungsextremen allmählich den Uebergang, indem die inneren Schichten wie das Mark zusammengepresst, die äusseren wie das Hautgewebe gedehnt sind. Auch bei der einfachen Längsspaltung eines frischen markigen Sprosses kommt die Gewebespannung zum Ausdruck und zwar dadurch, dass sich die Längshälften nach aussen stark concav krümmen, indem das Mark die längere convexe, die Epidermis die kürzere concave Seite bildet.

Selbst zwischen den inneren und äusseren Gewebeschichten hohler Pflanzenorgane bestehen meist starke Spannungen. Sehr ausgeprägt zeigen sich dieselben beispielsweise bei den Blüthenschäften des Löwenzahns (*Taraxacum officinale*). Aus denselben herausgeschnittene Längsstreifen krümmen sich, zumal im Wasser, sehr energisch und rollen sich in engen Windungen auf. — Da Gewebespannungen überall dort auftreten, wo resistente, ungleich gespannte Gewebe mit einander in Verband stehen, so sind sie in den Pflanzen sehr verbreitet, auch da, wo sie nicht wie bei Stengeln und bei Blättern zur Fixirung der Gestalt beitragen. Längs- und Querspannungen treten insbesondere auch da auf, wo bei secundärem Dickenwachsthum neu gebildete und wachsende Gewebe den Widerstand anderer zu überwinden haben. So wird die primäre, dann die secundäre Rinde der Bäume durch den Cambialzuwachs stark gedehnt. Der von einem Stamme abgelöste Rindenring schliesst daher, wieder angelegt, selbst bei grossem Kraftaufwand nicht mehr zusammen, weil er sich bei der Loslösung tangential stark verkürzt hat.

Die Meristeme der Vegetationspunkte weisen noch keine nennenswerthe

Gewebespannung auf, welche erst während der eigentlichen Streckung der Gewebe ihren höchsten Werth zu erreichen pflegt. Haben dann die Organe ihre schliessliche Grösse erreicht, dann nehmen mit der Elasticität der Membranen und mit der Zellspannung auch die Gewebespannungen wieder ab. Die Aufgabe der Festigung übernehmen für die Folge dann besondere Zellgruppen, die ihre Wände stark verdicken und verhärten und ein an sich festes Gerüstwerk bilden, etwa wie es das Knochenskelet der höheren Thiere darstellt.

**Mechanische Gewebe (Stereome)**<sup>(3)</sup>. Als **Skeletgewebe**, welche starken Knochen oder feinen Gräten vergleichbar den Pflanzenkörper durchsetzen, dienen vornehmlich die dickwandigen Elemente des Holzes, die sklerenchymatisch verdickten Fasern des Grundgewebes und des Bastes, ferner auch Steinzell-Complexe. Der Widerstand, welchen diese Gewebeformen dem Schneiden, dem Zerreißen und Brechen, dem Zerdrücken und scheerenden Kräften entgegensetzen, verräth schon genugsam ihre Härte, Zähigkeit und

Festigkeit. SCHWENDENER's genaue Untersuchungen nach physikalischen Methoden haben auch bestimmte Anhaltspunkte und Vergleichszahlen für ihre mechanischen Eigenschaften ergeben. Danach kommt die Tragfähigkeit der Sklerenchymfasern im Allgemeinen der des besten Schmiedeeisens gleich, sie erreicht bei einzelnen Pflanzen sogar die des gehämmerten Stahls. Dabei ist aber die Dehnbarkeit zehn bis fünfzehn Mal grösser als die des Schmiedeeisens. Wie die mechanische Widerstandsfähigkeit ihrer Substanz, so entspricht auch die Anordnung der Skeletgewebe im Pflanzenkörper ihrer besonderen Aufgabe in vollkommener Weise. Sie ist, wie SCHWENDENER zeigte, je nach den Ansprüchen, welche an die Biegefestigkeit, an Zug- oder Druckfestigkeit gestellt werden, verschieden. Zur Erreichung der Biegefestigkeit ist die günstigste Anordnung der harten Gewebe die peripherische. Wenn ein gerader prismatischer Stab gebogen werden soll, dann muss die convexe Seite nothwendig verlängert, die concave mehr oder minder zusammengepresst und verkürzt werden. Wie die nebenstehende

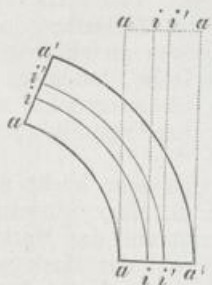


Fig. 169. Längsdurchschnitt durch einen elastischen Cylinder vor der Biegung (punktirt), und nach derselben (ausgezogen). Vor der Biegung sind alle Längskanten, die äusseren ( $aa, a'a'$ ) und die inneren Längslinien ( $ii, i'i'$ ) gleich lang (= 31,4 mm). Nach der Biegung ist die Aussenkante  $a'$  auf 37,6 mm verlängert,  $a$  auf 25,1 mm verkürzt. Die inneren Längslinien erfahren dabei nur geringe Dimensionsänderungen,  $i'$  ist von 31,4 auf 32,6 verlängert,  $i$  von 31,4 auf 30,1 verkürzt.

$a$  und  $a'$ ,  $a'$  des gebogenen Stabes die grössten Längendifferenzen erfahren, während die Längsstreifen  $i, i$  und  $i', i'$  im Innern nur wenig verlängert oder verkürzt werden. Wären die Skelettheile hier im Innern, bei  $i, i'$ , ausgebildet, dann könnte mit Hilfe geringer Längendifferenzen derselben immerhin noch diese ansehnliche Biegung des Organs zu Stande kommen; je weiter dieselben aber nach aussen liegen, um so mehr müssten sie gedehnt bzw. comprimirt werden, um so grösseren Widerstand setzen sie demnach der Biegung entgegen. In der That finden wir bei aufrechten Stengeln und Blüthenschäften, bei denen es auf Biegefestigkeit ankommt, die mechanischen Elemente vorzugsweise aussen angeordnet, oft sogar in vorspringende Kanten verlegt. (Fig. 170, 1 und 2.) Bei Wurzeln, bei vielen Rhizomen und Stolonen, die sich zwischen Hindernissen durchwinden müssen, ist das Skeletsystem central angeordnet, wo es, ohne die Seitenbewegungen zu beeinträchtigen, stets als Ganzes seine volle Zugfestigkeit entfalten kann (Fig. 170, 4). Einen

Querschnitt durch das bandartige, bis zu zwei Meter lang werdende Blatt von *Phormium tenax*, dem neuseeländischen Flachs, giebt Fig. 170, 3 wieder und zeigt, wie diese riemenartigen harten Blätter durch Sklerenchymplatten und -Stränge (*s*) gefestigt werden. Die mechanischen Elemente dieses Blattes liefern bekanntlich die festesten englischen Schiffstane.

Wo es so ausschliesslich auf Druckfestigkeit abgesehen ist, wie bei Samenhüllen (Pflaumenkernen, Hasel- und Wallnüssen), finden wir Gewölbe aus Steinzellen vor, die oft, wie auch die Sklerenchymfaserzellen, durch mineralische Einlagerungen noch verhärtet sind.

Die Stämme von Bäumen, welche die schwere und oft sehr ausgedehnte Krone zu tragen haben, werden auf Säulenfestigkeit beansprucht; sie müssen zugleich druck- und biegungsfest gebaut sein.

Alle stark verdickten und starren Skelet-Elemente haben die Fähigkeit zu wachsen eingebüsst und können daher keine Verwendung finden in Pflanzentheilen, die noch in lebhafter Streckung begriffen sind. Bedürfen solche jungen Pflanzentheile ausser der Festigkeit, welche Zell- und Gewebespannung ihnen verleihen, noch einer besonderen Verstärkung, so wird dieselbe durch Collenchym (S. 54) erreicht. Dieses Gewebe, in seiner Beschaffenheit an gequollenen Leim erinnernd, besitzt nach AMBRONN'S Untersuchungen neben einer ansehnlichen Festigkeit gegen Zerreißen die Eigenschaft, durch Zugkräfte leichter dauernd verlängert zu werden<sup>(4)</sup>. Es giebt dem Wachstum seiner Umgebung dabei um so mehr nach, als es selbst am Wachstum noch activ theilnimmt. Es repräsentirt also sozusagen das

Knorpelgewebe der Pflanzen. In manchen Organen, zumal Blattstielen, bildet das Collenchym die bleibende Art der Versteifung.

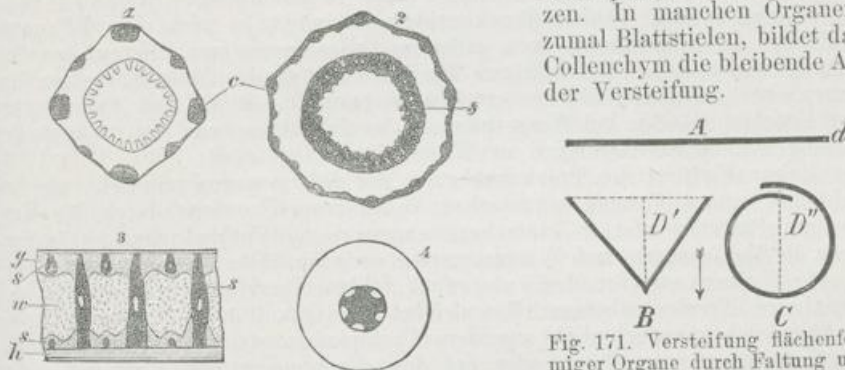


Fig. 170. Festigung von Pflanzentheilen durch Skeletgewebe. 1 Querschnitt durch einen jungen Sambucus-spross, 2 Querschnitt durch den Blüthenschaft von *Eryngium*, 3 Querschnitt durch das Blatt von *Phormium tenax*, 4 Querschnitt einer Wurzel, *c* Collenchym und *s* Sklerenchym als Skeletgewebe dunkel gehalten, *g* grünes, *w* farbloses Blattparenchym, *h* Hypoderma der Oberseite.

Fig. 171. Versteifung flächenförmiger Organe durch Faltung und Rollung. (Organe im Querschnitt gedacht.) Bei der Beugung in der Richtung des Pfeils kommt bei der ebenen Fläche *A* nur die Dicke *d*, bei dem gefalteten Organ *B* aber der Durchmesser *D'*, bei dem gerollten (*C*) der Durchmesser *D''* in Betracht.

Die an Fig. 169 geknüpft Betrachtung von dem mit der Entfernung von der Mittellinie wachsenden Biegungswiderstand der Gewebe lässt es selbstverständlich erscheinen, dass ein flächenartig entwickeltes Organ, wenn es in einer Ebene ausgebreitet ist, leicht gebogen werden kann, dass die Widerstände gegen die Beugung aber bedeutend zunehmen, wenn das flache Organ gefaltet oder gerollt ist. Die so häufige Faltung und Rollung (Fig. 171) der Blätter erhöht demnach auch ohne Zuhilfenahme besonderer Gewebe ihre Steifigkeit bedeutend.

## II.

## Die Ernährung.

Unter Ernährung versteht man den, die Körpersubstanz liefernden Stoffwechsel. Ohne Ernährung, ohne Zufuhr von neuem Bildungsmaterial und seine Verarbeitung ist kein Wachstum und keine Entwicklung möglich, aber auch nicht einmal ein Verharren auf einem gegebenen Entwicklungszustand ist ohne ständige Ernährung erreichbar, denn der Lebensprocess ist verbunden mit steten stofflichen Veränderungen, mit Umsetzungen und Ausscheidungen. Diese gehen auch bei unterbrochener Nahrungszufuhr weiter, so dass ein lebendiger Organismus nothwendig an Selbstverzehrung zu Grunde gehen, d. h. verhungern muss, wenn die verbrauchten Stoffe nicht wenigstens wieder ersetzt werden. Nur ein Ueberschuss über dieses Mindestmaass ermöglicht das Wachsen und die weitere Ausbildung des Organismus.

**Die Bestandtheile der Pflanzensubstanz.** Ueber die in den Pflanzen vorkommenden Stoffe giebt die chemische Analyse die genaueste Auskunft. Es bedarf der Analyse jedoch nicht, um festzustellen, dass ein sehr grosser, oft der weitaus grösste Antheil an dem Gewicht einer Pflanze dem Wasser zufällt, welches die Pflanze durchtränkt. Wasser füllt nicht nur den grössten Raum in den lebendigen erwachsenen Zellen aus, es durchdringt auch das Protoplasma, die Zellwände und alle organischen Gebilde. Durch Trocknen bei  $110^{\circ}$ — $120^{\circ}$  C. lassen sich aber auch die letzten Spuren des Wassers entfernen und es bleibt dann die ihres Wassers beraubte Trockensubstanz der Pflanze zurück. Diese Trockensubstanz macht je nach dem Pflanzentheile oder der Pflanzenart einen grösseren oder geringeren Betrag des Gesamtgewichts aus. Bei holzigen Theilen kann sie bis 50 % desselben betragen, bei saftigen Kräutern erreicht sie nur 20—30 %, bei Succulenten und Früchten 5—15, bei Wasserpflanzen, zumal Algen, gar nur 2—5 % des Frischgewichts; alles Uebrige ist Wasser.

Bekanntlich ist die Trockensubstanz der Pflanzen verbrennlich; sie besteht aus sauerstoffarmen organischen Verbindungen, welche durch die Verbrennung zerstört und in einfachere anorganische Verbindungen, grösstentheils in Kohlensäure und Wasser, zerlegt werden. Die Elemente Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bilden die Hauptbestandtheile der brennbaren Trockensubstanz; ihnen folgt der Quantität nach der Stickstoff, welcher vornehmlich aus dem Protoplasma stammt. Wie man bei der Holzfeuerung in Oefen oder bei dem Verbrennen von Kartoffel- oder Bohnenstroh auf dem Felde sehen kann, hinterlassen die Pflanzen nach der Verbrennung aber einen unverbrennlichen Rest als Asche. Das sind die mineralischen Bestandtheile, welche in der Substanz der Pflanze enthalten waren, die aber während der Verbrennung Umsetzungen erfahren und sich in der Asche in andern chemischen Bindungen als in der lebenden Pflanze vorfinden. Die sehr zahlreichen Aschenanalysen, welche von den verschiedenartigsten Pflanzen gemacht wurden, haben das Ergebniss geliefert, dass so ziemlich alle, auch die selteneren Elemente, in Pflanzen vorkommen können.

Ausser den vier genannten sind es Schwefel, Phosphor, Chlor, Jod, Brom, Fluor, Selen, Tellur, Arsen (das u. a. mit Superphosphaten in den Culturboden gelangt), Antimon, Silicium, Zinn, Titan, Bor, Kalium, Natrium, Lithium, Rubidium, Calcium, Strontium, Baryum, Magnesium, Zink, Kupfer, Silber, Quecksilber, Blei, Aluminium, Thallium, Chrom, Mangan, Eisen, Kobalt, Nickel, die man in Pflanzenaschen antraf.

Viele dieser Elemente finden sich freilich nur vereinzelt und zufällig, andere dagegen begegnen dem Analytiker fast in jeder Asche, so S, P, Cl,

Si, Ka, Na, Ca, Mg und Fe. Wie das bloss gelegentliche Vorkommen und Fehlen vieler Elemente schon andeutet, sind nicht alle die in Pflanzen aufgefundenen Grundstoffe auch durchaus nothwendig für die Ernährung; ihre Anwesenheit vermag wohl zuweilen einzelne Eigenschaften der Pflanzen zu verändern (stark zinkhaltiger Boden trägt sogen. Galmeivarietäten, wie *Thlaspi alpestre* var. *calaminare*, *Viola lutea* var. *calaminaria* u. a.), nicht aber über die ganze Existenzfähigkeit zu entscheiden.

**Die eigentlichen Nährstoffe.** Die chemische Analyse, welche uns alle die in Pflanzen überhaupt vorkommenden Stoffe vorführt, klärt uns also keineswegs auch darüber auf, ob dieselben für die Ernährung nothwendig sind oder nicht. Nur sorgfältige Culturversuche mit chemisch controllirten Nährböden können darüber Auskunft geben, und durch derartige künstliche Ernährungen von Pflanzen ist es erwiesen, dass ausser den, die verbrennliche Trockensubstanz vornehmlich bildenden Elementen **Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff**, noch die Elemente **Schwefel, Phosphor, Kalium, Calcium, Magnesium** und **Eisen** im Allgemeinen allen höheren Pflanzen durchaus unentbehrlich sind, so dass keine normale Entwicklung möglich ist, wenn auch nur eines dieser Elemente fehlt.

Pilze begnügen sich nach MOLISCH mit 9 dieser Elemente; es ist aber nicht etwa das Eisen, welches denselben entbehrlich ist, sondern der Kalk. Andererseits genügen die genannten zehn Grundstoffe vollkommen, um die meisten grünen Pflanzen ausreichend zu ernähren, wenn es auch nicht zu verkennen ist, dass gewisse andere Stoffe und Stoffgemische der Pflanze nützlich und zu ihrem Gedeihen förderlich werden können, ohne gerade unentbehrlich zu sein. So gedeihen viele Pflanzen, z. B. der Buchweizen, besser, wenn ihnen Chloride zur Verfügung stehen, und die Kieselsäure wirkt u. a. in hohem Grade nützlich durch die Widerstandsfähigkeit, welche sie den Geweben verleiht. Auch hat man gefunden, dass die Gegenwart gewisser, an sich nicht werthvoller Stoffe auf die Aufnahme der echten Nährstoffe oft fördernd, gleichsam appetitanregend, einwirkt (vgl. S. 147). Sogar bei den sehr giftigen Kupfersalzen hat man neuerdings die Erfahrung gemacht, dass sie, wenn in Berührung mit Blättern gebracht (wie beim Bespritzen der Pflanzen mit Bordeaux-Brühe gegen Schädlinge), deren Chlorophyllgehalt, Assimilation, Transpiration und Lebensdauer günstig beeinflussen<sup>(5)</sup>. Auch andere Gifte fördern in minimalen Dosen oft das Gedeihen.

Die Nährstoffe werden natürlich nicht als Elemente, sondern grösstentheils in chemischen Bindungen von den Pflanzen aufgenommen. Der wichtigste Bestandtheil, welcher die Grundlage jeder organischen Substanz bildet, der Kohlenstoff, entstammt bei grünen Pflanzen lediglich der Kohlensäure der Luft und wird vornehmlich durch die Blätter aufgenommen. Die anderen Stoffe werden fast sämmtlich durch die Wurzeln dem Boden entzogen. Der Wasserstoff ist mit Sauerstoff im Wasser geboten, der Sauerstoff ausserdem frei in der Atmosphäre und gebunden in vielen Salzen und Oxyden. Der Stickstoff wird von höheren Pflanzen nur in der gebundenen Form, zumeist in Gestalt von salpetersauren Salzen oder Ammoniaksalzen, von gewissen Pilzen und Carnivoren aber auch in Form von Pepton, Amiden, selbst von Harnstoff, aufgenommen. Da das durch Bodenbakterien aus organischen Abfallstoffen gebildete Ammoniak aber mit Hilfe der sogen. „nitrificirenden“ Bodenbakterien (Nitrit- und Nitratbakterien, STUTZER's Nitromicrobium) im gut durchlüfteten Boden in salpetrigsaure und schliesslich salpetersaure Verbindungen übergeführt wird, so kommt für die Pflanzen zumeist nur der in Nitraten gebundene Stickstoff in Betracht<sup>(6)</sup>.

Bakterien sind überhaupt durch besondere, von denen der höheren Gewächse abweichende Beziehungen zum Stickstoff ausgezeichnet. Ausser den oben ge-

nannten, durch ihre Nitrification den grünen Pflanzen nützlichen Bodenbakterien kommen andere vor, welche Stickstoff mit Hilfe der Verarbeitung organischer Kohlenstoffverbindungen aus seinen Verbindungen befreien und ihn damit für die Ernährung der grünen Pflanzen unbrauchbar machen. Umgekehrt vermögen andere Bacterienformen (z. B. *Clostridium Pasteurianum*) wieder den freien Stickstoff der Atmosphäre zu binden und ihn in solche Bindungen überzuführen, welche nicht nur ihnen selbst, sondern auch höheren Pflanzen unmittelbar als Stickstoffnahrung dienen können. Diese bemerkenswerthe Eigenschaft von Bacterien hat zu einer Lebensgemeinschaft (Symbiose) derselben mit höheren Pflanzen (Leguminosen) geführt, bei welcher der Spaltpilz an die höhere Pflanze assimilirbare Stickstoffverbindungen, diese an den Spaltpilz dagegen organische Kohlenstoffverbindungen abgibt, welche letzterer wiederum sich nicht herzustellen vermag. (Vgl. S. 152 und Fig. 157.)



Fig. 172. Buchweizen (*Fagopyrum esculentum*) in Wassercultur. I in Nährlösung, welche Kali enthält, II in Nährlösung ohne Kali. [Verkleinert, nach NOBBE.]

Schwefel und Phosphor bilden, ebenso wie der Stickstoff, wichtige Bestandtheile des Protoplasmas. Sämmtliche Proteinsubstanzen enthalten Schwefel. Der Schwefel findet im Allgemeinen mit schwefelsauren Salzen, der von den Pflanzen noch reichlicher aufgenommene Phosphor mit phosphorsauren Salzen Eingang in die Pflanze. Kali, im Gegensatz zu Natron ganz unentbehrlich zum Leben der Pflanze und, wie man glaubt, bei der Assimilation und bei den Synthesen der Plasmakörper hervorragend betheiligt, wird ebenfalls in Form von Salzen und zwar bis zu 3, 4 und 5 % des Trockengewichtes eingeführt. Die Magnesia, wie das Kali bei den wichtigsten Synthesen mitwirkend, findet sich, an verschiedene Säuren gebunden, vornehmlich in Reservestoffbehältern (in Samen bis 2 %) und an den Vegetationspunkten (in Blättern nur bis  $\frac{1}{2}$  %). Auch der Kalk wird in Gestalt seiner vielverbreiteten Salze aufgenommen und zwar in sehr erheblichen Mengen (2—8 %). Er spielt im Stoffwechsel der grünen Pflanze eine wichtige Rolle, wohl keine so unmittelbare bei der Entstehung der plasmatischen Körper, sicher aber als Transportmittel und Bindungsmittel für schädliche Nebenproducte des Stoffwechsels (?). Das Eisen ist in allen Pflanzen, oft nur in sehr geringen Mengen, enthalten, ist aber trotzdem von der grössten Bedeutung, u. a. auch für die Bildung des Chlorophylls.

Die künstliche Ernährungsweise, welche vor allen anderen geeignet ist über den Nährwerth eines Stoffes Aufschluss zu geben, ist die Methode der Wassercultur (Fig. 172). Bei dieser Cultur zieht man die Pflanzen aus Samen oder kleinsten Stecklingen und lässt das Wurzelsystem statt in Erde sich in Wasser entwickeln. Dem benutzten destillirten Wasser fügt man die Nährsalze in chemisch reinem Zustande bei. Sind alle Nährsalze in dem Wasser geboten, dann entwickeln sich darin auch Landpflanzen, z. B. Mais, Bohnen, Getreide, zu voller Kraft und machen den ganzen Ent-

wickelungsgang bis zur Reife ihrer Samen durch, so, als ob sie in gutem Feldboden wurzelten. Für eine Kohlenstoffverbindung braucht man dabei in der Nährlösung nicht zu sorgen, obgleich der Kohlenstoff etwa die Hälfte des Trockengewichtes der erwachsenen Pflanze ausmacht. Wie schon erwähnt, nimmt nämlich die Pflanze dieses wichtige Element nicht durch die Wurzeln auf, sondern mit Hilfe ihrer Blätter aus der Kohlensäure der Luft.

In reinem, destillirtem Wasser würde sich die junge Pflanze vorerst zwar ebensogut aus dem Samen entwickeln wie in der Nährlösung; das dauert aber nur so lange, bis der im Samen vorhandene Vorrath an Nährstoffen erschöpft ist, dann geht die junge Pflanze langsam ein. Lässt man eines der oben genannten Salze aus der Nährlösung weg, so entwickelt sich die Pflanze zwar besser als in reinem Wasser, aber auf die Dauer auch nicht normal. Versäumen wir es z. B., der Nährlösung Spuren von Eisen zuzusetzen, so werden die jüngeren Blätter nicht mehr grün (obwohl der Chlorophyllfarbstoff selbst kein Eisen enthält), sondern kommen fahlgelb zur Entfaltung; sie sind „chlorotisch“ und so nicht im Stande, die Kohlensäure zu zerlegen und die Pflanze zu ernähren. Ein Zusatz von Eisen zum Wasser lässt die chlorotischen Blätter aber in kurzer Zeit nachträglich ergrünen.

Die Form, in welcher die nöthigen Nährstoffe geboten werden, kann wie die procentische Zusammensetzung der Nährlösung (soweit sie nicht zu concentrirt ist) sehr verschieden sein. Die Pflanze vermag diese Stoffe sehr verschiedenen Verbindungen zu entziehen und hat ausserdem das Vermögen, dieselben in anderen Verhältnissen aufzunehmen, als sie ihr von aussen geboten werden. Aus concentrirteren Nährlösungen wird im Allgemeinen die Aufnahme von Wasser bevorzugt, umgekehrt werden aus sehr verdünnten Lösungen vorzugsweise Salze aufgenommen. Auch übt die Anwesenheit gewisser Stoffe auf die Aufnahme anderer oft einen lebhaften, meist befördernden Einfluss aus. So fördern z. B. Kalksalze die Aufnahme von Kali- und Ammoniaksalzen. — Eine recht brauchbare Nährlösung unter vielen anderen empfohlenen ist die folgende: In 1—1½ Litern Wasser löst man Kalisalpeter 1 gr, schwefelsaure Magnesia 0,5 gr, Gyps 0,5 gr, Kalk- oder Kaliphosphat 0,5 gr, Eisensalz: Spuren. Die Nährlösung, welche die genannten Stoffe auch in anderer Bindung enthalten könnte, so statt Kalisalpeter und phosphorsaurem Kalk Kaliphosphat und Kalknitrat, ist zur Vermeidung von Algen-Ansiedelungen dunkel zu halten und beim Gebrauch zu Culturversuchen von Zeit zu Zeit zu durchlüften.

Als das wichtigste Ergebniss solcher künstlicher Culturen haben wir es also zu betrachten, dass die höheren Pflanzen nur die genannten zehn Elemente zu ihrer Entwicklung durchaus nöthig haben; alle anderen Elemente, wenn sie auch in grossen Mengen in der Pflanze vorkommen, sind von untergeordneter Bedeutung für das Leben. Das gilt vom Natrium, welches mit Chlor verbunden in einigen Pflanzen geradezu vorherrscht und den Habitus mancher succulenten Salzpflanzen beeinflusst, vom Silicium, das als Kieselsäure in die Membranen mancher Gewächse, der Schachtelhalme, Gräser, Cypergräser und Diatomeen so reichlich eingelagert ist (bei Weizen-Stroh bis 70 %, bei Schachtelhalmen 70—97 % der Asche), dass nach dem Verbrennen der organischen Substanz ein festes Kieselskelet der Membran zurückbleibt. Die Härte und Festigkeit der Membran wird durch diese Einlagerung derart erhöht, dass Schachtelhalme geradezu zum Scheuern und Poliren benutzt werden und man sich an dem Blattrand von manchen Gräsern wie an einer scharfen Säge gefährlich verwunden kann. Die verkieselten Schalen von Diatomeen bilden als Kieselguhr sogar geologische Ablagerungen von zuweilen bedeutender Mächtigkeit. Von räthselhafter Bedeutung sind die im Innern der Bambusrohre abgeschiedenen und als

„Tabaschir“ bezeichneten Kieselknollen. Das Aluminium, welches wie die Kieselsäure überall im Boden reichlich vorhanden ist, wird merkwürdiger Weise nur ausnahmsweise aufgenommen. Bei den Lycopodiaceen ist aber Aluminium (Thonerde) in der Asche nachgewiesen worden; einzelne Lycopodien enthalten sogar so viel essigsäure bezw. weinsäure Thonerde, dass der Saft zu Färberbeize benutzt werden kann; die gleichen Thonerdesalze sind auch in den Weinbeeren enthalten. Das Jod, im Meerwasser kaum in Spuren analytisch nachweisbar, wird von den Meeressalgen trotzdem in grosser Menge aufgespeichert, so dass die letzteren lange Zeit das Ausgangsmaterial für die technische Jodgewinnung bildeten.

Entbehrliche Aschenbestandtheile können der Pflanze auch insofern nützlich sein, als sie die unentbehrlichen Bestandtheile in allgemeineren Eigenschaften (als Basen zur Neutralisation von Säuren u. dergl.) vertreten und so die unentbehrlichen Stoffe für ihre speciellen unersetzbaren Wirkungen in vollem Umfang disponibel machen. So kann Na das K und Ca das Mg partiell ersetzen.

Dass die mineralischen Inhaltsstoffe der Pflanzen, von denen man auch einmal angenommen hatte, sie entstünden als Product der Lebenskraft in der Pflanze selbst, wesentliche Bestandtheile der Pflanzennahrung ausmachen, sprach zuerst BERTHOLLET 1803 aus; später betonte es C. SPRENGEL, dann auch LIEBIG. Exakt bewiesen wurde diese wichtige Thatsache aber erst durch WIEGMANN und POLSTORFF<sup>(8)</sup>.

Die thatsächliche Vertheilung der wichtigsten Aschenbestandtheile bei einigen bekannten Culturpflanzen geht aus nachfolgend zusammengestellten Aschenanalysen von E. WOLFF hervor<sup>(9)</sup>, welche zugleich zeigen, welche Ansprüche die genannten Ernteproducte an den Boden stellen, bezw. welche Stoffe sie demselben — neben Nitraten, die nicht als solche in der Asche erscheinen — entziehen.

Pflanzentheile	Asche in 100 Thln. der Trockensubstanz	In 100 Theilen der Asche sind enthalten:									
		K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Cl
Roggen (Körner) .	2,09	32,10	1,47	2,94	11,22	1,24	—	47,74	1,28	1,37	0,48
„ (Stroh) . .	4,46	22,56	1,74	8,20	3,10	1,91	—	6,53	4,25	49,27	2,18
Erbsen (Samen) . .	2,73	43,10	0,98	4,81	7,99	0,83	—	35,90	3,42	0,91	1,59
„ (Stroh) . .	5,13	22,90	4,07	36,82	8,04	1,72	—	8,05	6,26	6,83	5,04
Kartoffel (Knolle) .	3,79	60,06	2,96	2,64	4,93	1,10	—	16,86	6,52	2,04	3,46
Weintraube/Beere	5,19	56,20	1,42	10,77	4,21	0,37	—	15,88	5,62	2,75	1,52
Thee (Blätter) . .	5,20	34,30	10,21	14,82	5,01	5,48	—	14,97	7,05	5,04	1,84
Kaffee (Bohnen) . .	3,19	62,47	1,64	6,29	9,69	0,65	—	13,29	3,80	0,54	0,91
Tabak (Blätter) . .	17,16	29,09	3,21	36,02	7,36	1,95	—	14,66	6,07	5,77	6,71
Baumwolle (Faser)	1,14	36,96	13,16	17,52	5,36	0,60	—	10,68	5,94	2,40	7,60
Fichte (Holz) . . .	0,21	19,66	1,37	33,97	11,27	1,42	23,96	2,42	2,64	2,73	0,07

Man beachte in den oberen Reihen vorstehender Tabelle den grossen Gehalt der Samen an wichtiger Phosphorsäure und den im Verhältniss zum Stroh geringen Gehalt an unwichtiger Kieselsäure und Kalk.

Kartoffel, Weintraube, Kaffee werden ihres besonders grossen Kali-Bedürfnisses wegen kurzweg auch als Kalipflanzen bezeichnet.

Bezüglich der mitgetheilten Zahlen ist noch zu bemerken, dass dieselben keine constanten Verhältnisse ausdrücken, dass vielmehr die Zusammensetzung der Asche je nach dem Culturboden wechseln kann. So



schwankt u. a. der Kaligehalt des Klees je nach dem Boden zwischen 9—50 %, der Kalkgehalt des Hafers zwischen 4—38 %.

**Die Stoffaufnahme**<sup>(10)</sup> muss bei den Pflanzen in der Regel durch die feste Zellmembran hindurch stattfinden, und da dieselbe keine Oeffnungen besitzt, so ist eine Aufnahme fester Nahrung bei den Pflanzen ausgeschlossen. Nur nackte amöboide Entwicklungsformen niederer Pflanzen (Amöben, Plasmodien) sind im Stande gröbere Theile (lebendige oder tote Organismen, organische und anorganische Körperchen) in ihr Plasma aufzunehmen, bezw. wieder auszuscheiden.

Die lückenlose Umkleidung der Pflanzenzellen mit fester Membran gestattet nur gasförmigen oder gelösten (bezw. flüssigen) Stoffen den Eintritt in das Innere der Zellen. Da die Körper aber in diesem Zustande unserer Wahrnehmung entgehen, so erklärt es sich, dass man über die Ernährungsweise der Pflanzen so lange im Unklaren blieb und erst im Laufe des vorigen Jahrhunderts die wichtigsten Thatsachen derselben kennen lernte.

Von der grössten Wichtigkeit für die Ernährung ist die Durchlässigkeit der Zellmembranen für Gase, für Wasser und Lösungen. An der lebenden Zelle ist die Zellhaut von Wasser innig durchdrungen („imbibirt“) und dieses „Imbibitionswasser“ bedingt mit die physikalischen Eigenschaften der Membran, ihre Geschmeidigkeit, Elasticität und Dehnbarkeit. Die Menge des Imbibitionswassers bleibt in bestimmten Grenzen, so dass die Membran ihren Charakter als festen Körper nicht einbüsst.

Durch künstliche Eingriffe (Einwirkung von Kalihydrat, Schwefelsäure u. s. w.) kann allerdings erreicht werden, dass die Membran durch eine Mehreinlagerung von Wasser zu gallertartigen Massen aufquillt oder gar in einen dünnen Schleim zerfliesst. Solche Quellung ist eine gesteigerte Imbibition, die Imbibition der gewöhnlichen Membranen eine auf ein bestimmtes, bescheidenes Maass beschränkte Quellung. Die Wände der Holzzellen nehmen etwa  $\frac{1}{3}$  ihres Gewichts an Imbibitionswasser auf<sup>(11)</sup>; die bei Wasserzutritt verquellenden Membranen mancher Algen und einzelner Samen- und Fruchtschalen aber vielmal mehr als ihr eigenes Trocken-Volumen.

Von besonderer Bedeutung für die Nahrungsaufnahme ist es aber, dass die in die Membran eindringende Flüssigkeit nicht nur aus reinem Wasser besteht, sondern dass auch gelöste Stoffe leicht die Membran durchdringen und mit den Wassertheilchen darin fortbewegt und verschoben werden können. Zellwände, die für Wasser schwer oder gar nicht permeabel sind (cutinisirte Membranen), kommen für die Stoffaufnahme also nur so weit noch wesentlich in Betracht, als sie für Gase permeabel bleiben.

Um in das Innere der lebendigen Zelle zu gelangen, müssen die von aussen osmotisch aufzunehmenden Stoffe aber auch von dem Protoplasma ein- und durchgelassen werden; sie müssen auf ihrem Wege in die Zelle zunächst die der Membran dicht anliegende äussere Hautschicht des Protoplasten passiren. Hier tritt den von der Membran unterschiedlos aufgenommenen Stofftheilchen nun aber eine lebendige Substanz entgegen, welche keinesweges in gleicher Weise für dieselben permeabel ist, vielmehr gewissen Stoffen den Eintritt vollständig verwehrt, andern denselben leichter oder schwerer gestattet und überdies noch im Stande ist, ihre Permeabilität für bestimmte Stoffe nach Umständen zu verändern. Hier bei der äusseren Hautschicht liegt also die wesentliche Entscheidung, ob ein die Zelle aussen bespülender Stoff in das Innere gelangen kann oder nicht. Bei dem Uebertritt der Stoffe aus dem Plasma in den Zellsaft vermag die innere Hautschicht (Vacuolenhaut)

wieder eine derartige, von der äusseren unter Umständen abweichende Auswahl zu treffen. Derselbe Einfluss der Hautschichten kommt auch in Betracht beim Austritt von Stoffen aus dem Zellinnern. Durch diese von den Hautschichten ausgeübte Wahl ist es ermöglicht, dass trotz ständiger osmotischer Vorgänge der Inhalt der Zellen stofflich so ganz anders beschaffen sein kann als ihre unmittelbare Umgebung. In dieser für das Leben hochwichtigen Eigenschaft der Hautschichten ist also die Ursache für das merkwürdige Wahlvermögen der Zellen zu suchen, welches sich darin so auffallend kundgibt, dass verschiedene Zellen oder die Wurzeln verschiedener Pflanzen aus dem gleichen Nährboden ganz verschiedene Bestandtheile sich aneignen. Aus demselben Erdgemisch vermag die eine Pflanze vorzugsweise die Kieselsäure, die andere vornehmlich den Kalk, eine dritte das Kochsalz zu ziehen, während die Thonerde zumeist überhaupt keinen Eingang findet. — Besonders lehrreich in dieser Beziehung sind die Meeressalgen, welche von einer Lösung umspült werden, die etwa 3% Kochsalz, dagegen wenig Kalisalze enthält. Trotzdem nehmen ihre Zellen verhältnissmässig wenig Kochsalz auf, dagegen sammeln sie reichlich Kalisalze, auch Phosphate, Nitrate und Jod an, also Körper, welche die chemische Analyse im Meerwasser wegen ihres äusserst geringen procentischen Antheils kaum nachzuweisen vermag.

Für die osmotische Bewegung und Speicherung der Stoffe ist es von wesentlicher Bedeutung, dass die von aussen in die Zellen diosmirenden Stoffe durch die Thätigkeit des Protoplasmas, oder sonstwie, Umwandlungen erfahren. Eine locale Ansammlung von Zucker oder von andern löslichen Reservestoffen in Früchten, in Samen, Zwiebeln und Knollen wäre sonst nicht möglich, denn die ungehinderte Osmose müsste zu einer gleichmässigen Vertheilung der diosmirenden Substanzen innerhalb aller Zellen der Pflanze führen. Wird der leicht diosmirende Stoff von gewissen Zellen oder Geweben aber in einen nicht diosmirenden verwandelt, so kann fortwährend leicht diosmirender in die Zellen weiter einströmen, und das nicht diosmirende Umwandlungsproduct wird darin gespeichert. Besonders deutlich wird dieser Vorgang bei der Umbildung von osmotisch wandernden Glykosen in unlösliche Stärke. Da die in Knollen und Samen eintretende Glykose beständig in diesen unlöslichen Körper umgewandelt wird, so wird ständig neue Glykose in jene zuckerarmen Zellen einströmen und ein grosser Vorrath von Reservestoffen sich local dort ansammeln können.

Zum Schlusse mag noch einmal darauf hingewiesen sein, dass wir in der osmotischen Stoffbewegung zwar einen rein physikalischen Vorgang zu sehen haben, dass aber auch hier wieder, gerade wie bei der Festigung der Pflanzen, das Protoplasma diesen Vorgang regiert und in den Dienst des Lebens einstellt, indem es einerseits die Osmose auf Grund seiner Permeabilität zulässt, sie andererseits aber auch auszuschliessen und zu modificiren vermag.

#### Das Wasser und die Mineralstoffe.

Ohne Wasser kein Leben; die lebendigen Theile aller Lebewesen sind von Wasser innig durchtränkt; nur in diesem durchfeuchteten Zustande spielen sich überhaupt Lebensvorgänge ab. Das Protoplasma, der eigentliche Träger des Lebens, ist im Leben von schleimiger bis dünnflüssiger Consistenz und in trockenem Zustande tot oder doch völlig unthätig.

Der Umstand, dass gewisse Pflanzen oder die ruhenden Entwicklungszustände von Pflanzen, so besonders Samen und Sporen, das Austrocknen bis zu einem gewissen Grade und während einer begrenzten Dauer ertragen, bildet keine Aus-

nahme von dieser Regel. Die eigentlichen Lebensfunctionen erlöschen nämlich in diesen Pflanzengewebe mit der Austrocknung und beginnen erst wieder bei der erneuten Durchtränkung der Zellen mit flüssigem Wasser.

Bei den meisten Pflanzen führt das blosse Austrocknen schon unabänderlich den Tod herbei und es ist als eine, besonderen äusseren Lebensbedingungen entgegenkommende Ausnahme zu bezeichnen, wenn ausgetrocknete ganze Pflanzen oder deren Fortpflanzungskörper bei nachheriger Durchfeuchtung wieder zum Leben gebracht werden. So überdauern einige algerische Arten von *Isoëtes*, ebenso wie die auf den regenarmen steinigten Hochebenen Centralamerikas wachsende *Selaginella lepidophylla*, die monatelange Dürre bei voller Sommengluth in lufttrocknem Zustande<sup>(12)</sup>. Der erste Platzregen aber lässt sie wieder aufleben und weiter wachsen. Ebenso vermögen viele Laub- und Lebermoose, Flechten und Algen, die auf nackten Felsen, Baumrinden oder dergleichen ihren Sitz haben, ohne Schaden völlig auszutrocknen. Samen und Sporen sind nach ihrer Ablösung von der Mutterpflanze und bei ihrer Verbreitung stets dem Austrocknen ausgesetzt und ertragen dasselbe oft lange Zeit. Samenkörner der *Mimosa pudica*, welche 60 Jahre lang trocken aufbewahrt wurden, erwiesen sich ebenso keimfähig wie eben geerntete; dergleichen Moossporen, welche 50 Jahre im Herbarium gelegen hatten. Die behauptete Keimung von ägyptischem Mumienweizen beruhte aber auf einem Irrthum. — Manche Samen verlieren ihre Keimkraft im Trocknen schon nach einem oder wenigen Jahren, manche schon nach Tagen, und wieder andere (so die der Weide) sollen ein Austrocknen überhaupt nicht vertragen. Dagegen ist für die Samen gewisser Wasserpflanzen ein vorheriges Eintrocknen zur Erlangung der Keimfähigkeit nützlich oder nothwendig (*Eichhornia*)<sup>(13)</sup>. — Es muss aber hervorgehoben werden, dass die oben angeführten Pflanzentheile auch im Zustande völliger Lufttrockenheit immer noch hygroskopisch gebundenes Wasser in ansehnlicher Menge (etwa 9—14%) enthalten; selbst über der Schwefelsäure des Exsiccators bewahren Samen wochenlang noch sechs und mehr Procent ihres Gewichts an Wasser. Die Entziehung dieser letzten hygroskopisch gebundenen Wassermengen tötet nach den bisherigen Erfahrungen aber alle Gewebe ohne Ausnahme<sup>(14)</sup>.

In der Pflanze spielt das Wasser aber noch eine ganz andere und mannigfaltigere Rolle als die der Durchtränkung und Activirung der Zellen. Es ist nicht nur mittelbar als Lösungs- und Transportmittel dem Stoffwechsel unentbehrlich, sondern auch unmittelbar dadurch, dass seine Substanz (die Elemente H und O) zur Bildung organischer Verbindungen, also unmittelbar zur Ernährung verwandt wird; das hierzu benutzte Wasser (vgl. S. 172) kann als Constitutionswasser bezeichnet werden. Zur Bildung von je 100 gr Stärke oder Cellulose werden 55 gr Wasser in dieser Weise verbraucht. Wasser wird weiterhin zur Festigung der parenchymatischen Zellen durch den Turgor (siehe S. 138) benutzt. Es dient ferner dem Wachsthum der Pflanzenzellen, welche es in grossen Mengen in sich aufnehmen und mit Hilfe seines Volumens sich vergrössern und ausbreiten, ohne dazu eines grossen Aufwandes von organischer Substanz zu bedürfen.

Ein weiterer wichtiger Dienst, den das Wasser der Pflanze leistet, besteht in der Einführung der Bodennährstoffe in den Pflanzenkörper. Werden zur Festigung und zumal zur Organvergrösserung schon ansehnliche Mengen Wassers im Pflanzenkörper festgehalten (bis zu 96% in saftigen Geweben), so passiren im Dienste der Nahrungszufuhr noch viel grössere Mengen beständig den Körper der Pflanze, werden durch die Wurzeln aufgenommen und durch die erleichterte Verdunstung in den Blättern wieder ausgeschieden. — Die Transpiration der oberirdischen Theile hebt deren Sättigung mit Wasser stets auf, veranlasst und ermöglicht dadurch den Zu-

strom von den wasserreicheren Wurzeln her und führt auch wieder zum Verlust der nachgerückten Wassermengen. Die dadurch veranlasste Wasserströmung bezeichnet man deshalb als den Transpirationsstrom. Bei der Verdunstung können nur Wasserdampf und Gase aus dem Pflanzenkörper wieder austreten. Da das von den Wurzeln aufgenommene flüssige Wasser aber auch Salze, Oxyde und andere nicht flüchtige Stoffe in Lösung enthält, so bleiben diese bei der Verdunstung des Wassers in der Pflanze zurück und sammeln sich in ihr mehr und mehr an. Auf diese Zunahme der Mineralstoffe ist es bei dem Transpirationsstrom aber gerade abgesehen. Sie ist durchaus nothwendig, denn das von den Wurzeln aufgenommene Nährwasser ist so arm an Mineralsubstanzen (es enthält kaum mehr feste Bestandtheile als ein gutes Trinkwasser), dass die Pflanze zu wenig von diesen wichtigen Aschenbestandtheilen erlangen würde, wenn sie nur so viel Wasser aufnehmen könnte, als sie in einem gegebenen Augenblick zu fassen vermag.

Die Einrichtungen der Pflanze, welche die Verdunstung des Wassers ermöglichen oder fördern, sind demnach vornehmlich der Ernährung dienstbar. Wäre die Transpiration zur Gewinnung der Mineralstoffe nicht im höchsten Grade nützlich, ja nothwendig, dann würden bei den Pflanzen jedenfalls Vorkehrungen getroffen worden sein, um dieselbe auf das geringste Maass zu beschränken. Erhöht doch die Transpiration das Wasserbedürfniss der Pflanzen im Vergleich zu ihrem bleibenden Wassergehalt ganz unverhältnissmässig, und setzt sie doch die Pflanzen dadurch in erhöhtem Grade der Gefahr des Welkens und Verdorrens aus.

Trotz der damit verbundenen Gefahr des Vertrocknens sehen wir die Transpiration durch verschiedene Einrichtungen sogar entschieden gefördert (s. S. 161 ff.); wir sehen sie bei gesteigertem Wasserbedürfniss einen starken Wasserstrom erzeugen, der mit Nährsalzen beladen einströmt und mit Hinterlassung seiner gelösten festen Bestandtheile unsichtbar als Wasserdampf wieder austritt. Die Pflanze verfährt, um zu ihren festen mineralischen Nährstoffen zu kommen, also in ähnlicher Weise mit dem Wasser wie gewisse niedere Thiere, welche zu ihrer Ernährung ständig einen starken Wasserstrom durch ihren Körper bewegen (Schwämme, Ascidien), um die in demselben suspendirten Körperchen in sich anzuhäufen.

**Die Aufnahme des Wassers.** Wenn im Folgenden von der Aufnahme des „Wassers“ in den Pflanzenkörper die Rede ist, so muss immer daran gedacht werden, dass es sich dabei nicht um chemisch reines Wasser handelt, sondern um eine, wenn auch sehr verdünnte wässrige Lösung, welche die verschiedensten Stoffe aus der Atmosphäre, aus den Bodenmineralien und aus dem organischen Humus enthält. Man muss sich weiterhin noch einmal vergegenwärtigen, dass die lebendige Pflanze dieses „Nährwasser“ — wie es im Folgenden bezeichnet werden mag — nicht wie ein Filzgewebe unverändert in sich aufsaugt, sondern kraft ihres Wahlvermögens (S. 150) eine gewisse Auslese unter den gebotenen Stoffen trifft.

Niedere Pflanzen, deren Vegetationskörper noch nicht oder nur wenig differenzirt ist, vermögen das Wasser und die gelösten Stoffe überall an ihrer Oberfläche aufzunehmen. Dasselbe gilt im Allgemeinen auch von den untergetauchten Wasserpflanzen, selbst von denen aus den phanerogamen Familien. Die Wasserpflanzen werden ja am ganzen Körper von dem Nährwasser umspült, besitzen oft überhaupt keine Wurzeln (*Utricularia*, *Salvinia*), oder ihre Wurzeln dienen vornehmlich als Haftorgane, die der Pflanze lediglich einen Halt und einen festen Standort verbürgen. Anders liegen

aber die Verhältnisse bei allen Pflanzen des trockenen Landes, welche Stämme und Blätter in der freien Luft entfalten und welche bei ihrem Wasserbedürfniss auf das im Boden capillar festgehaltene spärliche Wasser angewiesen sind. Um dieses Wasser in hinreichender Menge zu erlangen, sind Organe nöthig, welche sich in dem Boden ausbreiten, das festgehaltene Wasser überall aufsuchen und mit ihm in die engste Berührung treten. Diese Organe müssen das Wasser dem Boden kräftig entreissen und den oberirdischen Theilen zuleiten können. Die genannte Aufgabe erfüllt das Wurzelsystem der Landpflanzen, welches neben der Wasserversorgung die mechanische Aufgabe der Befestigung zu lösen hat, also allen den Einwirkungen widerstehen muss, die zu einer Lockerung der Pflanze auf ihrem Standorte führen könnten<sup>(15)</sup>.

Umgekehrt wird natürlich auch lockerer Boden von den darin sich verzweigenden Wurzeln erfolgreich zusammengehalten, ein Umstand, welchen man technisch benutzt, um das lockere Erdreich von Dünen, Dämmen, Abhängen oder Schwemmböden durch Anpflanzung zu befestigen.

Die kleine Scholle Erde, die bei der dichten Besetzung aller geeigneten Standorte der einzelnen Pflanze zur Verfügung steht, wird von einem gut entwickelten Wurzelsystem durch ein wunderbar zweckmässiges Verhalten im höchsten Grade ausgenützt.

Beobachtet man diese Bodenerschliessung beispielsweise an einer keimenden Bohne oder Eiche, so findet man, dass die erstarkende Keimwurzel sofort senkrecht in den Boden eindringt und in immer grössere Tiefen hinabgeht. Aus dieser Hauptwurzel, die wie ein Pfahl in den Boden eingetrieben wird, brechen dann Seitenwurzeln hervor, die entweder wagrecht oder schräg abwärts gerichtet den Boden rings um die Pfahlwurzel durchsetzen. Aus diesen Seitenwurzeln „erster Ordnung“ brechen dann ringsum wieder Seitenwürzelehen „zweiter Ordnung“ hervor, die von den ersteren nach allen Richtungen seitlich ausstrahlen und so die gelassenen Zwischenräume ausfüllen und der Ernährung dienstbar machen. In dieser Weise kann die Verzweigung des Systems noch weiter gehen, so dass in dem ganzen Wurzelbereich einer grossen Pflanze auch nicht ein Cubikcentimeter Erde zu finden ist, der nicht von einem Wurzelästchen durchwachsen und ausgebetet würde. Die Gesamtlänge aller dieser Fasern eines Wurzelsystems erreicht bei einer Getreidepflanze in kurzer Zeit 600 Meter, soll bei einem erwachsenen Kürbis aber einige Kilometer betragen können.

Nicht alle Pflanzen bilden aber tiefgehende Pfahlwurzeln, wie Eiche, Weisstanne, rothe Rübe, Luzerne u. v. a.; andere Gewächse beschränken sich mehr darauf, die oberflächlichen Bodenschichten mit einem seitlich reich verzweigten Wurzelsystem auszubeuten (z. B. Kiefer, Getreidearten). Die Land- und Forstwirtschaft müssen darauf ebenso Rücksicht nehmen, wie auf das unbehinderte Gedeihen des oberirdischen Verzweigungssystems: Pflanzen, welche verschiedene Bodenschichten ausnutzen, lassen sich ohne grossen Nachtheil neben einander und nach einander in demselben Boden cultiviren. Zur Bepflanzung der öffentlichen Wege an Feldern wird man aus gleichem Grunde z. B. die tiefgehende Rüster der flach ihre Wurzeln ausbreitenden Pappel vorziehen müssen.

Ganz besonders tief pflegen nach den Beobachtungen von VOLKENS die Wurzeln von Wüstenpflanzen zu gehen, welche sich in jenen Tiefen, wo sie Wasser finden, erst reichlich verzweigen.

Zu der Durchsetzung des Bodens mit Wurzelfasern kommt nun eine noch ausgiebigere und vor Allem eine noch viel innigere Erschliessung hinzu. Es bewirken dieselbe dicht bei einander stehende, von der Wurzeloberfläche ringsum gerade abstehende, äusserst zahlreiche und äusserst feine

Schläuche, welche die engsten Bodeneanäle durchdringen, die kleinsten Bodentheilechen umspinnen und sich so innig an dieselben anlegen, dass sie förmlich mit denselben verwachsen (bezw. verklebt) erscheinen (Fig. 173). Diese letzten Auszweigungen, die in dem Boden auch das letzte Wassertropfen auffinden und die verborgensten Winkel nach Nährstoffen durchsuchen, sind zarte schlauchförmige Auswüchse der Epidermiszellen, die Wurzelhaare (S. 86). Obwohl nur eine mittlere Zellenstärke im Durchmesser erlangend und dem freien Auge nur als feine glänzende Linien erscheinend, erreichen sie doch oft mehrere Millimeter Länge, so dass sie die wasseraufnehmende Oberfläche einer Wurzel ganz ungemein vergrössern. (Bei *Pisum*, wo etwa 230 Haare auf dem Quadratmillimeter stehen, wird nach F. SCHWARZ die behaarte Wurzeloberfläche durch sie auf das Zwölfache vergrössert.)

Es ist bemerkenswerth, dass die Wurzelhaare keineswegs die ganze Oberfläche der Wurzeln, nicht einmal die der jüngsten Wurzeln ganz überziehen, sondern nur eine verhältnissmässig kurze Zone hinter der fortwachsenden Wurzelspitze bedecken. Kurze Zeit schon, nachdem sie ihre grösste Länge erreicht haben und mit den Bodentheilechen



Fig. 173. Die Spitze eines Wurzelhaars, mit Bodentheilechen verwachsen. Vergr. ca. 240.

an ihrer Spitze in engste Berührung getreten sind, sterben sie wieder ab. Die Wurzelepidermis erscheint dann wieder nackt (Fig. 174). Man kann sich am besten von dieser Thatsache überzeugen, wenn man geeignete junge Pflanzen aus einem lockeren und nicht zu trocknen Boden, in dem die Haarbildung besonders gefördert wird, vorsichtig herausnimmt. Nur hinter den fortwachsenden Wurzelen findet man dann die Bodenpartikelechen in dichter Hülle (als „Hös'chen“) mit der Wurzel fest verbunden; das sind aber die Stellen, wo die Theilechen von Wurzelhaaren festgehalten werden. Die älteren Wurzeltheile, zumal auch die der mehrjährigen Gewächse, betheiligen sich später nicht mehr unmittelbar an der Aufnahme des Nährwassers; sie umhüllen sich mit Kork, vermehren durch Dickenzuwachs ihre Leitungsbahnen und dienen dann fast ausschliesslich der Fortleitung des aus den jüngeren Wurzeltheilen ihnen zuströmenden Wassers. An diesen jungen Theilen scheint sich die Aufnahme des Wassers vornehmlich auf die behaarte Region oder bei unbehaarten Wurzeln auf eine entsprechend gelegene Zone zu beschränken.

Die innige Verbindung der jüngsten Würzelchen mit dem Boden gestattet denselben, selbst die äusserst dünnen Wasserhüllen sich noch nutzbar zu machen, welche so fest an den Bodentheilechen anhaften, dass der Boden

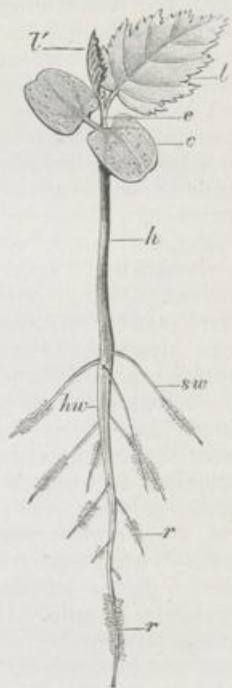


Fig. 174. Keimpflanze der Weissbuche, *Carpinus Betulus*. Bei *r* nahe den Wurzelspitzen die Region der Wurzelhaare.

unserem Auge und Gefühl schon trocken erscheint. Die letzten Procente werden aber von dem Boden derart festgehalten, dass sie ihm auch von den Wurzeln nicht mehr entzogen werden können. So fand SACHS, dass eine Tabakpflanze in Ackererde 12%, in Lehm Boden 8% und in Sand 1½% Wasser zurückliess, welches sie dem Boden nicht mehr entreissen konnte. Auch hartgefrorenem Boden oder Eisblöcken vermag die Pflanzenwurzel noch gewisse Mengen Wasser zu entziehen.

Die Absorptionskraft des Bodens beruht theils auf chemischen Umsetzungen und Bindungen, die sich in demselben vollziehen, zum Theil aber auch wohl auf physikalischen Bindungen (durch Oberflächenkräfte). Die im Boden stattfindenden Umsetzungen haben zur Folge, dass vornehmlich Kali- und Ammoniaksalze, sowie auch Phosphate festgehalten werden, indem erstere schwer lösliche Silicate oder Doppelsilicate bilden, während die Phosphorsäure hauptsächlich durch Kalk oder Eisen gebunden wird. Magnesia- und Kalksalze werden dagegen nur wenig absorbiert; sie unterliegen gleich den Chloriden, den sehr wichtigen Nitraten und z. Th. auch den Sulfaten, stark der Auslaugung. So kommt es, dass von aufgegossener Kalisalpeterlösung das Kali im Boden gebunden bleibt, während Kalinitrat dafür in Lösung geht.

Eine gewisse Rolle bei den Umsetzungen im Boden spielen einerseits auch die Humussäuren, andererseits die Bodenbakterien, denen z. Th. starke oxydierende oder reducierende Wirkungen innewohnen. (Vgl. S. 145.)

Die Bodenabsorption, welche übrigens keine absolute ist und in verschiedenen zusammengesetzten Böden verschieden ausfällt (Sandboden absorbiert schlecht), wirkt sehr nützlich durch Aufspeicherung von Nährstoffen, die rasch in grösseren Mengen angesammelt und dann allmählich an die Pflanzen abgegeben werden können.

Als wasserhaltende Kraft wird die Fähigkeit des Bodens bezeichnet, das Wasser capillar so festzuhalten, dass es nicht abfliessen kann. Der von SACHS untersuchte Ackerboden hielt 46%, der Lehm 52% und der Sand nur 21% Wasser auf diese Weise fest.

Die jungen Wurzeln, zumal aber die Haare, scheiden ausser der ausgeathmeten Kohlensäure, welche zur Aufschliessung des Bodens jedenfalls mit beiträgt, oft noch eine stärkere Säure oder saure Salze aus, welche sonst unlösliche Mineralstoffe local auflösen. Polirte Gesteinsplatten, wie Marmor, werden von den darüber wachsenden Wurzeln so angeätzt, dass die Ätzfiguren ein genaues Bild des Wurzelverlaufs darstellen. Dass die ätzende Substanz eine Säure ist, erkennt man aus der Röthung von Lakmuspapier, welches mit Wurzeln in Berührung kommt.

Das vom Wurzelsystem aufgesuchte und durch dessen chemische Thätigkeit an gelösten Bestandtheilen noch bereicherte Nährwasser wird durch die Zellmembranen der Epidermiszellen und ihrer Haare zunächst in die Epidermis aufgenommen und durch die Zellen der Wurzelrinde und die Endodermis hindurch (S. 98) dem Centrcylinder der Wurzel zugeführt.

**Die Bewegung des Wassers im Pflanzenkörper.** I. Der Blutungsdruck der Wurzeln. Welche Ursachen die Richtung und Stärke der Wasserbewegung durch die lebendigen und mit Wasser prall gefüllten Zellen der Wurzelrinde nach dem Gefässbündel hin bedingen, das ist noch nicht ganz aufgeklärt. Die Thatsache selbst, dass das Wasser in die Gefässbündel eintritt, unter Umständen sogar durch namhafte Druckkräfte hinein gepresst wird, lässt sich aber unzweifelhaft und leicht feststellen. Schneidet man nämlich eine starke Staudc, eine Sonnenrose, eine Dahlia, eine Maispflanze oder dergl. dicht über der Erde am sogen. Wurzelhals ab und beobachtet die Schnittfläche, die zunächst abgetrocknet wurde, mit einer Lupe, so sieht man nach einiger Zeit aus den Gefässbündeln, und zwar nur aus dem Ge-

fäss- oder Holztheil derselben, Wasser hervorkommen, die Wunde „blutet“. Bei genauem Beobachten lässt sich auch feststellen, dass das Wasser lediglich aus den Gefässen und Tracheiden selbst hervorquillt. Besonders reichlich ist der Wasseraustritt, wenn die Erde sehr feucht und warm erhalten wird; er dauert dann oft mehrere Tage an und das ausgeschiedene Wasser beträgt bis zu einem halben Liter und mehr. Wie die Untersuchung zeigt, ist dies aber kein reines Wasser, sondern es hinterlässt beim Verdampfen reichlich sowohl anorganische als auch organische Rückstände.

Setzt man auf den Wurzelstumpf eine hohe Glasröhre mittels eines dicht schliessenden Kautschukrohres auf, dann wird das ausgestossene Wasser bis zu beträchtlicher Höhe darin hinaufgepresst. Wie gross dabei die Druckkräfte sind, welche das Wasser aus den Gefässen und Tracheiden pressen, lässt sich leicht feststellen, wenn man ein Schenkelrohr auf den Stumpf aufsetzt und mit Quecksilber absperrt (Fig. 175). Die Quecksilbersäule wird dann bei gewissen Pflanzen bis zu 50 und 60, unter günstigen Bedingungen aber bis zu 140 Centimetern und weit höher emporgedrückt. Es sind die Druckkräfte, welche also zum Theil weit über einen Atmosphärendruck hinausgehen können und eine Wassersäule bis zu 6, 8 und 18 Metern zu heben vermöchten. Bei *Schizolobium excelsum* auf Java fand FIEDOR sogar einen Wasserdruck von 8 Atmosphären. Da die lebendigen Zellen der Wurzelrinde, welche diesen Blutungsdruck zu Stande bringen, über weit höhere Turgorkräfte verfügen, so liegt in den beobachteten Druckhöhen keine überraschende Leistung vor<sup>(16)</sup>.

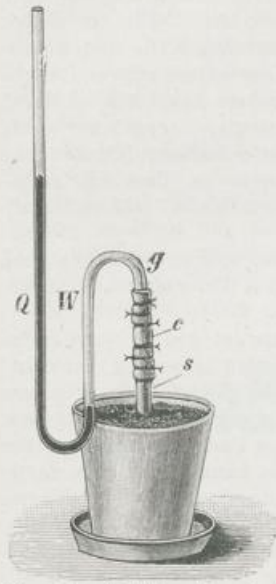


Fig. 175. Kräftige Ausscheidung von Wasser aus einem bewurzelten Stumpf der Georgine (*Dahlia variabilis*) durch Wurzelndruck. Auf den glatt abgeschnittenen Stumpf *s* ist mittels Kautschukschlauchs *c* das gebogene Glasrohr *g* aufgesetzt. Das aus der feuchten Erde durch die Wurzel aufgenommene Wasser *W* wird aus den Gefässen der Pflanze so kräftig ausgepresst, dass es den Druck der Quecksilbersäule *Q* überwindet.

Beobachtet man statt der Druckwirkung die stündliche Ausflussmenge, dann lässt sich die merkwürdige Thatsache feststellen, dass die Wurzel täglich zu bestimmten Stunden mehr, zu anderen Stunden regelmässig weniger Wasser ausscheidet (Perioden des Blutungsdrucks).

Da der Wurzelndruck über so namhafte Kräfte verfügt, so hat man einmal geglaubt, den Auftrieb des Wassers bis in die Krone hoher Bäume durch denselben erklären zu können. Folgende Wahrnehmungen schliessen diese Möglichkeit aber vollkommen aus: Bei vielen Pflanzen erreicht der beobachtete Wurzelndruck nur sehr geringe Höhe. Auch bei den

Pflanzen mit kräftigem Wasserauftriebe ist die vom Wurzelndruck gelieferte Wassermenge zu Zeiten erheblich geringer als die bei der Transpiration verbrauchte. Bei einigermaassen starker Transpiration, wie sie an einem Sommertag herrscht, kommt der Wurzelndruck daher in der geschilderten Weise überhaupt nicht zur Geltung. Wird eine kräftig verdunstende Pflanze am Wurzelstumpf abgeschnitten, so tritt aus demselben zunächst gar kein Wasser hervor, im Gegentheil, der Stumpf saugt dargebotenes Wasser begierig in sich auf. Erst dann, wenn er selbst mit Wasser gesättigt ist, beginnt die Auspressung des Ueberschusses. Im Freien kommt der Wurzelndruck nur dann in der Pflanze zur Geltung, wenn bei



feuchter kühler Luft, wie zumal des Nachts, die Transpiration sehr vermindert ist. Am günstigsten liegen die Umstände dazu im Frühjahr, wenn bei beginnender Wurzelthätigkeit und höchstem Wassergehalt des Holzes das transpirierende Laub noch nicht entfaltet ist. Bei Verwundungen des Holzkörpers quillt dann der „Saft“ aus Gefässen und Tracheiden in Tropfen hervor.

Das „Bluten“ oder „Thränen“ beschnittener Bäume und Sträucher (besonders auffallend bei der Rebe) ist theils durch den Blutungsdruck der Wurzel verursacht, die Wurzelzellen werden aber auch von den lebendigen Zellen des Stammes (Holzparenchym, Markstrahlen) unterstützt. Denn auch die lebendigen Zellen aller anderen Organe sind wie die der Wurzel unter Umständen zur Auspressung von Blutungswasser befähigt. Neben einer Ueberfülle von Wasser können Wundreize bei der Erscheinung bedingend oder doch fördernd mitwirken (Blüthenstände von Palmen nach MOLISCH). Der durch den „Blutungsdruck“ ausgepresste „Blutungssaft“ führt ausser mineralischen Salzen zuweilen erhebliche Mengen von organischen Körpern (gelöste Eiweissstoffe, Asparagin, Säuren, besonders aber Kohlehydrate) mit sich; bei einigen Pflanzen ist der Zuckergehalt dieses Saftes so gross, dass Zucker technisch daraus gewonnen werden kann (der Zuckerahorn Nordamerikas mit 2—3½% Zucker im Saft liefert ca. 2—3 Kilo von einem Baum) oder dieser Saft gleich Most oder Biermaische zu berauschenden Getränken vergohren wird. (Birken-Wein, Palm-Wein; die „Pulque“ der Mexikaner aus dem Schafte blühreifer Agaven, wobei ein einzelner Schaft in 4—5 Monaten an 1000 Liter Saft ausscheiden kann.)

Auf wesentlich anderen Ursachen beruht es, wenn mitten im Winter an wärmeren Tagen, besonders bei Sonnenschein, Wasser aus Bohrlöchern oder anderen frischen Holzwunden von Bäumen austropft. Da liegt eine rein physikalische Erscheinung vor, welche durch die Wärmeausdehnung der Luftblasen im Holz verursacht ist und welche bei jedem winterlich frisch abgeschnittenen wasserreichen Holzstück, das man in den Ofen legt, beobachtet werden kann. Bei entsprechender Abkühlung wird die ganze Menge dieses Wassers natürlich wieder eingesogen.

II. Die Wasserbahnen in der Pflanze. In den lebendigen Geweben einer Pflanze, deren Zellen zeitweise mehr oder weniger Wasser zu ihrem Wachsthum, zur Erhaltung oder Steigerung ihres Turgors und zum Ersatz ihrer Wasserverluste benöthigen, finden ständig kleine Wasserbewegungen zwischen den einzelnen Zellen statt. Dieser Wasseraustausch zwischen concurrirenden Zellen erfolgt aber viel zu langsam, um die ansehnlichen Verdunstungsverluste ausgedehnter und hoch über dem Boden entfalteter Laubflächen zu ersetzen. Um das Wasser aus den Wurzeln rasch und in grossen Mengen zu den Laubflächen zu befördern, bedient sich die Pflanze nicht des lebendigen Parenchyms, sondern ihrer Gefässbündel und zwar des Gefäss- oder Holztheils derselben. Die Zellelemente, in welchen das Wasser sich hier bewegt, besitzen zumeist kein lebendiges Plasma mehr. Sie sind als tote Elemente zu betrachten, deren Protoplasma in der Ausbildung ihrer eigenartigen Membranstructur aufging.

III. Der Transpirationsstrom. Dass sich der als Transpirationsstrom bezeichnete ausgiebige Wasserstrom, welcher nach den Orten des grössten Verbrauchs gerichtet ist, bei holzführenden Pflanzen lediglich im Holzkörper bewegt, ist eine schon sehr lang bekannte Thatsache, die sich aus der Beobachtung ergab, dass Pflanzen, bei denen absichtlich oder durch Zufall die Rinde bis zum Holzkörper entfernt worden war, sich trotzdem frisch erhielten. Die umstehende Abbildung, einem der ersten Bücher entnommen, welche die Lebensvorgänge in Pflanzen exact behandelten

(Essays of vegetable statics von STEPH. HALES 1727), zeigt einen dies beweisenden Versuch. An dem Aste *b* (Fig. 176) sind bei *z* alle Gewebe bis auf den dünnen Holzkörper fortgenommen worden. Dass trotzdem die Blätter dieses Astes eben so frisch bleiben wie die des andern Astes *c*, beweist, dass der Transpirationsstrom nicht durch die Rinde, sondern durch den Holzkörper sich bewegt. Entfernt man dagegen aus einem Zweige sorgfältig eine Strecke weit den Holzkörper und lässt die Rinde im Zusammenhang, so welken die Blätter über der Operationsstelle so rasch wie an einem völlig abgeschnittenen Zweige. — Zu den gleichen Ergebnissen führten Versuche mit krautigen Pflanzen, in denen der Gefässtheil der Gefässbündel die Wasserleitung besorgt.



Fig. 176. HALES' Versuch, das Saftsteigen im Holze demonstrierend. Bei *Z* wurde der Holzkörper von der Rinde entblösst; trotzdem bleiben die Blätter des Zweiges *b* ebenso frisch wie die des unverletzten Zweiges *c*; *x* ein Gefäss mit Wasser. Facsimile aus HALES: Vegetable Statics 1727.

mellien, von Philadelphus u. a., in denen sich die gefärbten Gefässbündel anschaulich abheben.

Entsprechend dieser Aufgabe der Gefässtheile findet man letztere in Wasserpflanzen und Succulenten, in denen die Transpiration fehlt bzw. nur schwach auftritt, sehr spärlich entwickelt. Die höchste und massigste Ausbildung erreichen dagegen die sekundären Gefässtheile als Holzkörper in den Landpflanzen, besonders bei Bäumen mit starker Belaubung. Es ist freilich nicht das gesammte Holz eines dicken Stammes, welches der Wasserleitung dient; dieselbe ist vielmehr stets auf die jüngsten Jahresringe, den Splint beschränkt. Wo Kernholz gebildet wird, ist dieses unter allen Umständen von der Leitung ausgeschlossen; im Splinte sind die jüngsten Jahresringe die bestleitenden.

Eine verdünnte Lösung von Lithiumsalpeter, die man in der unverletzten Pflanze aufsteigen lässt, bewegt sich, wie man spectralanalytisch nachweisen kann, zunächst ausschliesslich im Holzkörper, bevor sie von da in die anderen Gewebe seitwärts eintritt. Mit Hilfe dieser Lösung haben MAC NAB, PFITZER und SACHS auch die Geschwindigkeit des Transpirationsstromes festgestellt; je nach der Pflanze und den äusseren Transpirationsbedingungen ist dieselbe natürlich verschieden gross, erreicht unter Umständen nahezu 1 m und kann bis zu 2 m und mehr in der Stunde betragen<sup>(17)</sup>. — Die vorerst ausschliessliche Färbung des Holzkörpers, welche bei dem Aufsteigen von Farbstofflösungen beobachtet wird, kann die ausschliessliche Beteiligung des Holzes an der Leitung des Transpirationsstromes zwar nicht einwurfsfrei beweisen und ebenso wenig zur Bestimmung der maximalen Geschwindigkeit des Transpirationsstromes dienen, weil der Farbstoff der Lösung entzogen und dabei zurückgehalten wird. Doch lässt sich mit Hilfe aufsteigender geeigneter Farbstoffe, welche das Holz färben, immerhin die Bahn des Transpirationsstromes deutlich hervorheben. Besonders geeignet hierzu sind die durchsichtigen Stengel der *Impatiens parviflora*, die Blätter von stark panachirtem Mais, die Blütenblätter von weissen Tulpen, Ca-

Ueber die bewegenden Kräfte des Transpirationsstromes ist man heute noch nicht im Klaren. Die Transpiration selbst schafft vor Allem den Platz für nachkommendes Wasser. Durch Wegnahme von Imbibitionswasser, welches wieder aus dem osmotisch wirksamen Zellinnern ersetzt wird, macht sie auch thatsächlich Kräfte frei, die auf ein Nachrücken von Wasser aus den angrenzenden Leitungsbahnen hinwirken. Ob aber diese zunächst geringe Störung des Gleichgewichts genügt, um die Wassermassen unter Mitwirkung ihrer Cohäsion innerhalb des Holzes auf weite Entfernungen in rasche Bewegung zu versetzen, ist noch zweifelhaft. Jede Arbeitsleistung setzt aber entsprechende Kräfte voraus und die Leistung, welche das Heben grosser Wassermassen bis in den Gipfel hoher Bäume, in die Krone von Pappeln oder gar der 150 m hohen Eucalypten bewirkt, ist zudem recht namhaft. Es würde schon eine ziemlich kräftige Maschine dazu gehören, um das Wasser auf diese Höhen hinauf zu schaffen. Eine allseitig anerkannte, ausreichende Erklärung des vielumstrittenen Problems ist bis heute noch nicht gegeben<sup>(18)</sup>.

Dass der Wurzeldruck den Auftrieb während der Transpiration nicht besorgen kann, wurde S. 156 erörtert.

Osmotische Strömungen verlaufen zu langsam, um hier in Betracht zu kommen, und es fehlt ausserdem auch die für eine solche Bewegung nothwendige bestimmte Vertheilung osmotisch wirksamer Stoffe.

Auf Capillarität kann der Transpirationsstrom auch nicht beruhen. Erstens fehlen die zusammenhängenden Capillaren in Nadelhölzern beispielsweise vollständig, in anderen Pflanzen sind sie nur auf verhältnissmässig kurzen Strecken gegeben. Zweitens stehen den concaven Menisken im Holzkörper keine flacheren oder gar convexen Wasserflächen gegenüber, wodurch erstere doch nur wirksam werden könnten. Auch würde die capillare Steighöhe, die in Gefässen und Tracheiden noch geringer ist als in gleich engen Glasröhren, nicht entfernt an die Höhe eines mittelgrossen Baumes heranreichen; im Uebrigen nimmt die Bewegung capillar gehobener Flüssigkeit mit zunehmender Steighöhe so rasch ab, dass eine ausgiebige Bewegung schon aus diesem Grunde nicht möglich wäre.

Auch der Luftdruck ist nicht die Kraftquelle der Transpirationsströmung. Zwar enthalten die Gefässe und Tracheiden lebhaft transpirirender Pflanzen neben kurzen Wassersäulchen verdünnte Luft, wie das Eindringen von Quecksilber in dieselben beweist, wenn unverletzte verdunstende Pflanzen unter Quecksilber durchschnitten werden. Da die Wasserbahnen aber alle ringsum gegen die Atmosphäre fest abgeschlossen sind, so kommt der äussere Luftüberdruck in diesem System gar nicht zur Geltung. Die Luftverdünnung innerhalb der Pflanze lässt aber auch keine solche Vertheilung erkennen, die zu einer continuirlichen Wasserströmung Anlass geben könnte. Wenn man ausserdem daran denkt, dass der volle Atmosphärendruck einer Wassersäule von nur etwa 10 Metern das Gleichgewicht halten kann, dass das Wasser aber auch in die Kronen von 60 und 100 m hohen Wellingtonien leicht hinauf steigt, und dass Zweige oft einer starken Sängung entgegen Wasser aufzunehmen vermögen (vgl. S. 160), so wird man die ganze Unzulänglichkeit des Luftdruckes sofort übersehen.

Dem gasförmigen Aufsteigen in den Hohlräumen und der darauf folgenden Condensation in den Blättern steht sowohl der anatomische Bau des Holzes, die Unterbrechung der Hohlräume durch Wassersäulchen wie auch die Temperaturvertheilung in der Pflanze im Wege. Aber ganz abgesehen davon, wäre auch die eigentliche Aufgabe des Transpirationsstromes, die Beförderung der Nährsalze, auf diesem Wege nicht zu erfüllen.

Es lag bei alledem nahe, an eine Mitwirkung der lebendigen Zellen zu denken, welche in dem Holzkörper überall vertheilt sind, die auch allerorts

über namhafte osmotische Druckkräfte verfügen und zudem eine regulatorische Reizbarkeit in den Dienst dieser Function stellen könnten. STRASBURGER'S Versuche, welche ergaben, dass selbst die giftigsten Lösungen, die sofort alles lebendige Plasma abtöten, tagelang in grosser Menge bis in die obersten Gipfel hoher Bäume befördert werden, schliessen aber auch die Mitwirkung dieser lebendigen Elemente bei dem Transpirationsstrom wohl endgültig aus.

In neuester Zeit suchten JOLY, DIXON und ASKENASY die unmittelbare Fortpflanzung der Transpirationssaugung bis zu den entferntesten Wurzelspitzen durch die Cohäsion des Wassers zu erklären. Es steht noch dahin, ob alle nothwendigen Voraussetzungen ihrer Theorie zutreffen. Die Thatsache, dass in den Wasserbahnen Luft- und Dampfblasen vorhanden sind, und der Umstand, dass eine Bewegung des Wassers seine gegen Zug sehr widerstandsfähige Cohäsion sehr leicht aufhebt<sup>(10)</sup>, stehen ihr entgegen. (Vgl. auch das S. 159 Gesagte.)

Die neueren Untersuchungen haben übereinstimmend zu der Erkenntniss geführt, dass sich der Transpirationsstrom vorwiegend in den Hohlräumen der Holzelemente und zwar innerhalb der Gefässe und Tracheiden bewegt.

In anderer Weise suchte die SACHS'sche Imbibitionstheorie die Frage zu lösen, indem sie annahm, dass das Wasser vorwiegend innerhalb der verholzten Wände sich bewege, und dass die Kräfte in molecularen Anziehungen und Gleichgewichtsstörungen zwischen Wasser und Membransubstanz zu suchen seien.

IV. Die Saugkraft transpirirender Sprosse. Ein abgeschnittener und mit der Schnittfläche in Wasser gestellter Spross zeigt durch sein Frischbleiben an, dass er das Wasser bis in seine obersten Zweigspitzen zu heben vermag. Die Saugkraft des Laubsprosses ist mit dieser Leistung aber noch nicht erschöpft: Luftdicht mit einem langen wasser-gefüllten Rohre verbunden, vermag ein solcher Spross leicht eine Wassersäule von 2 Metern und mehr zu tragen und emporzusaugen. Wird das untere Ende des Rohres in Quecksilber gebracht, wie es Fig. 177 zeigt, dann sieht man, wie selbst das schwere Quecksilber von dem transpirirenden Spross bis zu ansehnlicher

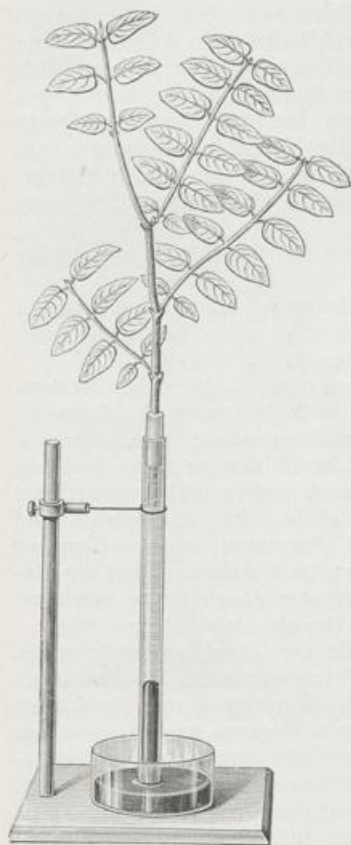


Fig. 177. Saugkraft eines transpirirenden Sprosses. Der beblätterte Spross ist luftdicht in ein wasser-gefülltes Glasrohr eingeführt, dessen unteres offenes Ende in Quecksilber taucht. Durch die Saugung des Zweiges bei der Transpiration wird das Quecksilber gehoben. (Aus DETMER, *physiol. Prakt.*)

Höhe emporgehoben wird. Kräftige, sonst unverletzte Coniferenzweige nehmen sogar noch unter der Saugung einer vollen Atmosphäre Wasser durch die Schnittfläche auf, sind also im Stande, das Quecksilber bis zu Barometerhöhe, mit Hülfe der Cohäsion des Wassers auch noch höher (bis zu 920 mm) zu heben, ohne dabei zu welken. Bedingung für eine solche Bethätigung der Saugung

ist natürlich ein luftdichter Abschluss der Wasserbahnen, der in der Pflanze thatsächlich gegeben ist<sup>(20)</sup>.

**Die Abgabe des Wassers.** Wie erwähnt, wird der die Nährsalze zuführende Wasserstrom nur dadurch in seiner Stärke unterhalten und ermöglicht, dass der Pflanzenkörper andererseits ständig Wasser verliert. Diese Ausscheidung von Wasser aus der Pflanze erfolgt aber auf zweierlei Weise: Durch Verdunstung und durch Ausstossung in tropfbar flüssigem Zustand. Die gasförmige Ausscheidung durch die Spaltöffnungen und Zellwände hindurch, die Transpiration, ist für Landpflanzen das ergiebigste Ausscheidungsmittel. Seltener und auch weniger leistungsfähig tritt die Tropfenausscheidung hinzu.

I. Die Transpiration. In der Umbüllung mit Kork, Cuticula und Wachs stehen der Pflanze sehr wirksame Mittel gegen erhebliche Wasserverluste zur Verfügung. Eine mit dicker Cuticula und Wachs überzogene Kürbis-Frucht erleidet selbst nach monatelangem Abtrennen von der Mutterpflanze keine erheblichen Wasserverluste, und ebenso verhält sich eine von dünner Korkschicht umhüllte Kartoffel-Knolle oder ein Apfel. Die grünen Ernährungsorgane sollen zur Concentrirung der Nährsalze aber Wasser verdunsten; deshalb machen sie von solchen Einrichtungen nur wenig Gebrauch, wir finden sie sogar mit Einrichtungen ausgestattet, welche die Verdunstung geradezu fördern.

Sämtliche Zellhäute lebender Organe sind mit Wasser durchtränkt, und wenn die Cuticularschichten der Oberhaut nicht zu stark entwickelt sind, so verdunstet aus den Oberhautzellen stets etwas Wasser. Die Menge desselben ist natürlich auch um so grösser, je grösser die verdunstenden Flächen sind. In der flachen Ausbreitung der Laubblätter liegt demnach bereits eine Einrichtung vor, welche die Transpiration begünstigt. Die grösste Förderung erfährt die Verdunstung aber durch die zahllosen Spaltöffnungen (Luftspalten), welche die Epidermis durchsetzen und welche den Wasserdampf, von dem die Luft der Inter-cellulargänge nahezu gesättigt ist, auch aus dem Innern der Pflanze ungehindert austreten lassen. Diese Spalten besitzen zwar eine sehr geringe Weite (0,0006 mm und weniger), so dass kein Staub, aber auch kein Wasser durch sie in das Innere eindringen können. Gewöhnlich sind sie aber in so ungeheurer Anzahl vorhanden (vgl. S. 85), dass dadurch ihre Kleinheit in der Gesamtwirkung wieder ausgeglichen wird. Wenn man berücksichtigt, dass ein einziges mittelgrosses Kohl-Blatt (*Brassica oleracea*) mit ca. 11 Millionen, ein Blatt der Sonnenrose (*Helianthus annuus*) mit ca. 13 Millionen Luftspalten versehen ist, so kann man ermessen, wie sehr die Verdunstung durch diese feine siebartige Durchlöcherung der Oberhaut gefördert werden muss.

In den Luftspalten besitzt die Pflanze zudem eine Vorrichtung, um die Verdunstung zu reguliren. Die Spalten, welche die Ausmündungen der Inter-cellularräume bilden, sind von den beiden Schliesszellen umgeben (S. 84). Wie der Name „Schliesszellen“ schon andeutet, vermögen dieselben den Luftspalt zwischen sich zu verschliessen und dadurch die Verdunstung erheblich einzuschränken. Das Schliessen und Oeffnen des Spaltes erfolgt durch Turgoränderungen in den Schliesszellen oder den benachbarten Epidermiszellen. Vermöge der eigenartigen Wandverdickungen, der Elasticität und seitlichen Anheftung der Schliesszellen führen Turgorschwankungen in denselben nämlich zu Gestaltsveränderungen, derart, dass eine Steigerung der Turgescenz die Zellen höher, eine Verminderung des Innendruckes sie aber flacher werden lässt. Der

erste Vorgang hat demgemäss das Oeffnen, der zweite den Verschluss des Spaltes zur Folge, wie das aus den untenstehenden Abbildungen Fig. 178 und 179 ohne Weiteres hervorgeht.

Die sogen. Nebenzellen (S. 84) der Schliesszellen greifen bei manchen Pflanzen in diese Arbeitsleistung ein, die in ihren Einzelheiten, je nach dem wechselnden Bau dieser Gebilde, etwas verschieden ausfällt. Das Oeffnen und Schliessen des Spaltes erfolgt auf äussere wie auf innere Einwirkungen hin; dabei arbeiten aber die Spaltöffnungsapparate bei verschiedenen Pflanzenarten keineswegs immer in der gleichen Weise, im Grossen und Ganzen aber doch so, dass sich dieselben bei eintretendem Wassermangel (noch vor Eintritt sichtbaren Welkens) oder bei Eintritt der Nacht zu schliessen beginnen, sich dagegen öffnen, wenn eine lebhaftere Transpiration für die Pflanze von Vortheil ist (im Licht, warmer feuchter Luft u. s. w.). Auch die Quantität und Qualität der im Transpirationswasser gelösten Stoffe wirkt, wie auch die Natur der umgebenden Gase, auf die Oeffnungsweite der Spalten stark und rasch ein. Ihre Weite und mit ihr die Verdunstung vermindert sich, wenn mit dem Transpirationsstrom mehr Nährsalze als gewöhnlich zugeführt werden und die Concentration derselben in schädlicher Weise zunehmen könnte.

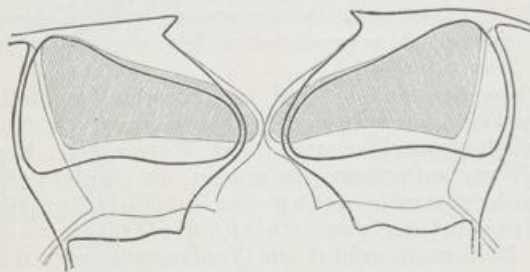


Fig. 178. Spaltöffnung von *Helleborus spec.* im Querschnitt. Die dicken Linien zeigen die Form der Schliesszellen bei geöffnetem Spalt, die feineren Linien bei geschlossenem Spalt. (Nach SCHWENDENER.) Der Hohlraum der Zellen im geschlossenen Zustand wurde hier schraffirt; er ist sichtlich kleiner als bei geöffneten Schliesszellen.

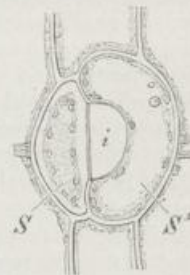


Fig. 179. Spaltöffnung vom Perigonblatt der *Galtonia candidans*. *S* Schliesszelle bei aufgehobenem Turgor mit gerader Spaltwand, *S'* stark turgeszierende Schliesszelle mit gewölbter Spaltwand, den Spalt teilweise öffnend. Nach LEITGEB.

Alkalien führen im Allgemeinen eine Steigerung, Säuren eine Verminderung der Transpiration herbei: So feinfühlig ist der Apparat in verschiedener Abstufung aber nur bei Landpflanzen. Bei Sumpf- und Wasserpflanzen reagirt er aus leicht begreiflichen Gründen weniger prompt<sup>(21)</sup>.

Es wurde bereits im morphologischen Theil darauf hingewiesen, dass die Spaltöffnungen vorzugsweise auf den Blattflächen zu finden sind; die Blätter sind demnach geradezu als Organe der Transpiration (und Assimilation S. 167) zu betrachten. Dies lehrt auch die ausserordentlich reiche Verzweigung der wasserführenden Bahnen in den Blattflächen. Wie sich nämlich der dicke Röhrenstrang einer Wasserleitung an dem Verbrauchsorte in ein Netz kleiner Röhrenzweige auflöst, so verzweigen sich auch die Gefässbündel, die unverzweigt und langgestreckt durch den Stengel liefen, nun mit einem Male, sobald sie in die Blattspreite eintreten. Die beigegebene Abbildung Fig. 180 stellt die Nervatur, d. h. den Gefässbündelverlauf in einem *Crataegus*-Blatte dar, wobei die feinsten Auszweigungen, die nur mikroskopisch zu verfolgen sind, nicht einmal wiedergegeben sind. Durch dieses Zulieferungssystem kann jedem Quadratmillimeter das Nähr-

wasser reichlich und unmittelbar aus den Wurzeln zugeführt werden. Dass aber gerade die Blätter so reichlich damit versorgt werden, das hat seine bestimmte Ursache. Die Blätter sind nämlich die Laboratorien der Pflanze, in welchen aus der Kohlensäure der Luft, aus Wasser und den Nährsalzen des Bodens die organischen Baustoffe dargestellt werden; deshalb finden wir hier auch die gleichmässige Ausbreitung und die geförderte Eindampfung des Nährwassers. Die Leistungen der Blätter im Verdunsten des Wassers sind denn auch geradezu überraschend. Eine kräftige Stauden, beispielsweise eine Sonnenrose von Manneshöhe, verdunstet an einem heissen Tage über ein Liter Wasser. Man hat nachgerechnet, dass ein Morgen mit Kohlpflanzen in vier Monaten zwei Millionen Liter, ein solcher mit Hopfen drei bis vier Millionen Liter Wasser verdunstet. Was ein einziger grosser Baum täglich verbraucht, rechnet nach Hunderten von Litern. Für eine einzeln stehende Birke mit etwa 200 000 Blättern berechnete VON HÖHNEL das verdunstete Wasser an einem heissen trocknen Tage auf ca. 400 Liter, im Durchschnitt auf 60—70 Liter. Ein Hektar Buchenhochwald verdunstet im Durchschnitt 30 000 Liter täglich<sup>(22)</sup>.

Auf je 100 gr Blattsubstanz berechnet, verbraucht in einer Vegetationsperiode die Rothbuche 75 Liter, die Tanne aber nur 7 Liter. Im Durchschnitt muss nach DIETRICH eine Pflanze für jedes Gramm Trockensubstanz, das sie bildet, 250—400 gr Wasser verdunsten.

**Transpirationsversuche.**  
Die Verdunstung der Pflanzen, welche sich, so lange kein Welken eintritt, unserer unmittelbaren Wahrnehmung entzieht, lässt sich mit einfachen Hilfsmitteln nachweisen und in ihrer Grösse bestimmen. Zunächst ist das möglich durch Benutzung der Wage, welche den durch die Verdunstung entstehenden Gewichtsverlust anzeigt.

— Wird andererseits der transpirirende Pflanzentheil luftdicht in einen geschlossenen Raum (Glasglocke) eingeführt, in dem concentrirte Schwefelsäure oder Chlorcalcium die Wasserdämpfe absorbirt, so hat man umgekehrt an der Volumzunahme oder an der Gewichtszunahme dieser Substanzen ein Maass für das von der Pflanze abgegebene Wasser. — Der Wasserverbrauch einer Pflanze lässt sich aber auch unmittelbar sehen, wenn man das aufzunehmende Wasser einer engen Röhre entziehen lässt. Schon bei geringem Verbrauch verschiebt sich der Wasserstand in einer solchen Röhre ganz bedeutend und zwar um so schneller, je enger dieselbe ist. Ein entsprechend zusammengestellter Apparat (Potetometer) kann daher den Wasserverbrauch eines transpirirenden Zweiges sehr anschaulich vorführen.



Fig. 180. Gefässbündelverlauf (Nervatur) in dem Blatte einer Crataegus. Lichtdruck in nat. Gr.

Sehr einfach lässt sich nach STAHL die hervorragende Rolle der Spaltöffnungen für die Transpiration durch die Kobaltprobe zeigen. Diese beruht darauf, dass das in wasserfreiem Zustande tiefblaue Kobaltchlorür durch Wasseraufnahme zu hellem Rosa sich entfärbt. Wird ein mit jenem Kobaltsalz getränkter und scharf getrockneter Papierstreifen zwischen Glasplatten um ein Blatt gelegt, so entfärbt sich zuerst das Papier an der mit Spaltöffnungen besetzten Blattseite und zwar je nach der Oeffnungsweite der Spalten schneller oder langsamer. Es kann daher das Kobaltpapier wie auch das seiner Zeit von MERGET benutzte Eisenchlorid-Palladiumchloridpapier Verwendung finden, um die Oeffnungsweite der Spalten festzustellen. FR. DARWIN benutzte dagegen ein feines Hygrometer, um daran die Schwankungen der Spaltöffnungsweite fortlaufend verfolgen zu können.

Man wird bei allen Versuchen die Erfahrung machen, dass gewisse Pflanzen in der Zeiteinheit mehr, andere weniger Wasser verdunsten, was mit ihrer Flächenentwicklung und ihrer sonstigen feineren Organisation (Zahl und Weite ihrer Luftspalten, Cuticula, Kork, Behaarung, Wasserreichthum und -Zufuhr) zusammenhängt.

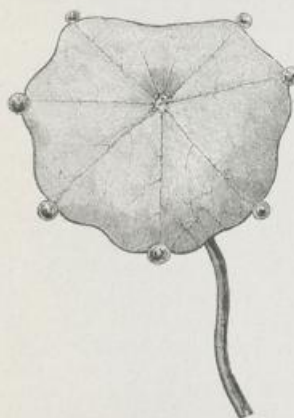


Fig. 181. Ausscheidung von Wassertropfen aus einem Blatte der Kapuzinerkresse (*Tropaeolum majus*).

Aber auch ein und derselbe Spross transpirirt nicht immer gleichmässig; das kommt daher, dass äussere und innere Ursachen nicht nur die Weite der Spaltöffnungen verändern, sondern dass äussere Verhältnisse die Transpiration auch rein physikalisch ebenso beeinflussen wie die Verdunstung eines freien Wasserspiegels. Wärme, Trockenheit und Bewegung der Luft steigern die Verdunstung physikalisch, während Beleuchtung dieselbe physiologisch fördert. Beide Momente wirken zusammen dahin, dass am Tage die Verdunstung im Allgemeinen weit stärker ist als des Nachts. Manche Pflanzen, die, wie *Impatiens parviflora*, an heissen trocknen Tagen leicht welken, werden daher mit dem Eintritt der Nacht wieder frisch.

## II. Ausscheidung flüssigen Wassers.

Nicht so allgemein wie die Wasserabgabe durch Verdunstung ist die Wasserausscheidung in tropfbar flüssigem Zustand aus unverletzten Pflanzen. Beobachtet man junge Gräser, Blätter der *Alchemilla* oder der Kapuzinerkresse frühmorgens nach einer regenlosen, aber feuchtwarmen Nacht, dann

sieht man an den Blattspitzen und Rändern glitzernde Wassertropfen sitzen, die langsam an Grösse zunehmen, abfallen und durch neue kleine Tröpfchen ersetzt werden, die also keine Thautropfen sind, obwohl man sie meist mit solchen verwechselt. Diese Wassertropfen werden aus dem Blatte selbst abgeschieden: Beim Mais nahe der Blattspitze, bei *Alchemilla* an jedem Blattzähnen, bei der Kapuzinerkresse an den stumpfen Ecken der Blattfläche, nach denen die sieben Hauptnerven hinlaufen (Fig. 181). Steigt dann später die Sonne höher, wird die Luft wärmer und relativ trockner, dann verschwinden diese Tropfen, können aber auch am Tage alsbald wieder zum Vorschein kommen, wenn man eine Glasglocke über die Pflanzen stülpt oder sonstwie die Verdunstung herabsetzt. Wenn dann die Pflanze durch die Wurzelthätigkeit wieder von Wasser strotzt, wird das Uebermaass von neuem in Tropfen ausgepresst. Diese kommen entweder aus besonderen Wasserspalten (S. 85) hervor, in andern Fällen jedoch aus gewöhnlichen Spaltöffnungen (Luftspalten), aus Grübchen der Epidermis, oder werden durch verschieden geformte Haare



ausgeschieden; bei *Datura* hat man beobachtet, dass dieselben durch die Wände gewöhnlicher Oberhautzellen austreten.

Durch künstliches Einpressen von Wasser in abgeschnittene Sprosse kann man die Tropfenausscheidung an Blättern ebenfalls hervorbringen.

Ganz besonders auffallend ist die Tropfenausscheidung bei manchen grossblättrigen Aroideen, an deren Blattspitzen das Wasser oft in kurzen Zwischenräumen (zuweilen jede Secunde) abtropft. Bei einer *Colocasia* werden diese Tropfen sogar auf kurze Strecken fortgeschleudert. Bei *Spathodea*, einer westafrikanischen Bignoniacee, und einigen anderen Pflanzen wird merkwürdiger Weise der vom Kelch umschlossene Hohlraum, worin sich die jungen Blüthentheile entwickeln, ganz mit Wasser angefüllt<sup>(23)</sup>. — Auch an einzelligen Pflanzen, besonders an Schimmelpilzen (*Mucor*, *Pilobolus*, *Phycomyces*) ist oft eine reichliche Ausscheidung von Wassertröpfchen durch die Zellwand und die in einzelnen Fällen, wie z. B. auch bei Wasserpflanzen, leicht durchlässige Cuticula hindurch wahrzunehmen.

Die wasserausscheidenden Organe, welche HABERLANDT unter dem Namen Hydathoden zusammenfasst (S. 88), sollen diesem Forscher zufolge zum Theil das Wasser gleich thierischen Schweissdrüsen selbstthätig auspressen, zum anderen Theil dagegen das Wasser lediglich durchfiltriren lassen, wenn der Blutungsdruck in der Pflanze eine bestimmte Höhe erreicht und die Intercellularräume zu infiltriren droht.

Die Ausscheidung flüssigen Wassers kann, indem sie auch unter ungünstigen Transpirationsbedingungen (*Lathraea*) einen Zufluss von Nährwasser aus den wasseraufnehmenden Organen ermöglicht, die Verdunstung in gewissem Sinne vertreten oder ersetzen<sup>(24)</sup>. Ihre physiologische Bedeutung für die Pflanze deckt sich aber insofern nicht mit der Transpiration, als bei der Tropfenausscheidung fast immer mineralische oder organische Substanzen mit ausgeschieden werden. Diese Stoffe sind manchmal so reichlich im ausgestossenen Wasser enthalten, dass sie nach der Verdunstung der Tropfen als kleine Krusten zurückbleiben (Kalkschüppchen der Steinbrech-Arten).

Die mit dem Wasser ausgeschiedenen und in demselben gelösten Stoffe spielen geradezu die physiologische Hauptrolle bei den Aussonderungen der Nectarien, bei denen der Verdauungsdrüsen der Insectivoren und beim Ausscheiden der klebrigen Narbenfeuchtigkeit. Dadurch, dass die ausgeschiedenen Substanzen das Wasser auch osmotisch aus den Zellen ansaugen, ist die Thätigkeit der Nectarien vom Blutungsdruck unabhängig gemacht. Einzelne Wüstenpflanzen (*Reaumuria*, *Tamarix* u. a.) scheiden dagegen so stark hygroskopische Salze aus, dass sich ihre Blätter auch in verhältnissmässig trockner Luft, und bei völliger Dürre ringsum, mit zahllosen Wassertropfen bedecken<sup>(25)</sup>. — Von einzelnen Pflanzen wird überschüssiges Wasser in hohlen Stammgliedern und Blattstielen abgeschieden (*Kürbis*) und bei Wassermangel aus diesen Reservoiren wieder absorbiert.

**Besondere Einrichtungen der Wasserversorgung.** In der Verschlussfähigkeit der Spaltöffnungen besitzen die meisten Landpflanzen eine Einrichtung, welche es ihnen ermöglicht die Transpiration bei zeitweiligem Wassermangel zu vermindern. In Gegenden, wo der Wassermangel nicht zu den Ausnahmen gehört, sondern wochen- und monatelang die Regel bildet, wie in Wüsten, Felseinöden oder regenarmen Landstrichen, da können nur Pflanzen ihr Leben fristen, welche entweder ein völliges Austrocknen ohne Schaden ertragen (S. 151), oder welche mit dem spärlich gebotenen Wasser lange Zeit hauszuhalten vermögen. Das Letztere ist nur möglich durch eine äusserste Einschränkung der Verdunstung

und durch die Ausbildung von Organen, in welchen ein zeitweiliger Wasserüberschuss für die Zeit der Noth aufgespeichert werden kann.

Als Schutzmittel gegen die Verdunstung dienen Kork und starke Cuticularüberzüge, beschränkte Anzahl und geringe Weite der Spaltöffnungen, deren Verlegung in Höhlen und Einsenkungen, sowie mehr oder minder weitgehende Verstopfung der Spalte durch wachsartige Substanzen. Das Einrollen der Blätter (zumal der mit Luftspalten besetzten Seite), ihre Umhüllung mit Haarfilz, ihre Bedeckung mit Stern- und Schuppenhaaren oder ihre senkrechte Stellung, welche der vollen Besonnung ausweicht, sind ebenso häufige Schutzmittel gegen starke Transpiration. Den wirksamsten Schutz gegen letztere bietet aber entschieden die Reduction der transpirirenden Flächen, also die Verkleinerung der Blattflächen oder deren gänzliches Schwinden.

Senkrechte Blattstellung oder der Ersatz der Blätter durch senkrecht gestellte, verbreiterte Blattstiele (Phyllochien) zeichnet vor Allem die Flora Australiens aus. Dichte Behaarung



Fig. 182. *Euphorbia globosa*, eine succulente Wolfsmilch. An den oberen kugeligen Sprossen sind die verkümmerten Blättchen zu sehen, die alsbald abfallen. Etwas verkleinert.

dagegen überzieht z. B. die Blätter einiger südafrikanischer Proteaceen (*Leucadendron argenteum*). Einzelne Gräser (*Stipa capillata*, *Festuca alpestris*, *Sesleria tenuifolia* und *punctoria* u. a.) rollen oder klappen ihre Blätter zur Zeit der Dürre mit Hilfe besonderer Charniere zu einer engen Röhre zusammen, in deren Innenraum die luftspaltentragende Blattfläche vor Verdunstung geschützt liegt. Reduction der Blätter ist eingetreten bei Ginsterarten und *Sarothamnus*, wie auch bei den cypressenartigen Coniferen. Vollständiger Verlust aller Blattflächen ist bei den meisten Cacteen zu bemerken, bei welchen ausserdem der Stamm zu einem Wasserreservoir fleischig angeschwollen ist (vgl. Fig. 28). Diese als Succulenz bezeichnete Anschwellung hat sich auch bei den Bewohnern trockner Standorte aus anderen Familien eingestellt, so bei vielen Euphorbiaceen (Fig. 182), bei Compositen (*Kleinia articulata*), *Asclepiadaceen* u. a. Man hat berechnet, dass die Verdunstung eines grossen Kugelcactus dank der succulenten Ausbildung nur den 6000sten Theil der Verdunstung einer gleichschweren Schlingpflanze (*Aristolochia*) beträgt<sup>(26)</sup>. — Statt des Stammes

können auch die Blätter selbst succulent entwickelt sein wie bei unserer Hauswurz und anderen *Sempervivum*-Arten, bei vielen *Sedum*-, *Aloë*- und *Agave*-Arten. Stamm und Blätter sind dagegen gleichmässig succulent bei manchen *Mesembryanthemum*-Arten. Als Wasserspeicher dient anderen Pflanzen das Parenchym von Stammknollen (epiphytische Orchideen) oder verdickte Wurzeln (Oxalideen). Viele epiphytische *Bromeliaceen* fangen das Regenwasser in ihren wasserdicht zusammenschliessenden Blattrosetten auf und saugen dasselbe durch Schuppenhaare, welche die Blattflächen bedecken, begierig ein, wie z. B. *Tillandsia*-Arten. In ähnlicher Weise versorgt sich in der alten Welt *Eria ornata* mit Wasser. Baumbewohnende Orchideen und Aroideen sammeln das Regenwasser in einem Schwammgewebe, welches sich durch Wucherung aus der einfachen Wurzelepidermis entwickelt (*Velamen radicum* S. 89). Andere epiphytische Orchideen, Aroideen und Farne (*Asplenium Nidus* z. B.) bereiten sich künstlich ein schwammartig wirkendes Wasserreservoir, indem sie in ihren trichterartig zusammenschliessenden Blattrosetten oder in Luftwurzelmassen den hineinfallenden Humus sammeln. In diese Composterde wächst nach oben ein dichtes Geflecht

von Nährwurzeln, welches dem feuchten Humusneste Wasser und Nährstoffe entnimmt. Manche Frullanien (an Buchenrinde häufige Lebermoose) besitzen andererseits capillare krugartige Wasserbehälter auf der Unterseite ihres Thallus (Fig. 320). Ein besonders merkwürdiger Fall liegt aber bei der epiphytischen *Dischidia Rafflesiana* vor, wo eine Anzahl der Blätter als tiefe Urnen mit schmaler Eingangsöffnung ausgebildet werden und die Wurzeln der Pflanze zum Theil in diese Behälter hineinwachsen und sich darin verzweigen. — Es erscheint im ersten Augenblick widersinnig, dass auch Pflanzen, welche wie die Mangrove-Bäume ganz im Wasser stehen, gewisse Schutzrichtungen gegen starke Transpiration besitzen. Da diese Bäume aber im Meereswasser oder stark brakigem Salzwasser wachsen, so ist erstens die Wasseraufnahme physikalisch erschwert, zweitens kommt es hier, wie bei anderen Halophyten, auch darauf an die Anhäufung allzu grosser Salzengen in den Geweben zu verhindern. — Im hohen Norden, wo der Boden monatelang hart gefroren der Pflanze kein Wasser zur Verfügung stellt, treffen wir aus diesem Grunde in der Flora ähnliche Schutzrichtungen gegen starke Transpiration, wie in heissen Wüstengegenden<sup>(27)</sup>.

#### Die Aneignung (Assimilation) des Kohlenstoffes.

Wenn man bei Stoffen, die sämmtlich nothwendig sind zur Ernährung eines Organismus, überhaupt noch zwischen wichtigeren und unwichtigeren unterscheiden könnte, so müsste man den Kohlenstoff unstreitig für den wichtigsten unter den Nährstoffen einer Pflanze erklären. Alle und jede organische Substanz enthält Kohlenstoff; es giebt kein anderes Element, welches hier den Kohlenstoff zu ersetzen und Substanzen in so unübersehbarer Mannigfaltigkeit und Fülle zu bilden vermöchte, wie sie der Kohlenstoff in den Organismen sowohl, als im chemischen Laboratorium schafft. Die ganze organische Chemie ist ja die Chemie des Kohlenstoffes. Die aus organischen Stoffen aufgebauten Organismen verdanken die Möglichkeit ihrer Existenz in letzter Linie also den Eigenschaften des Kohlenstoffes.

Dass die Pflanze wirklich Kohlenstoff, freilich in versteckter Form, enthält, das braucht uns aber nicht erst die chemische Analyse zu lehren. Jeder brennende Holzspahn, jedes glimmende Streichholz zeigt durch seine „Verkohlung“ den Gehalt an diesem Stoffe an. Die Betrachtung eines Stückes Holzkohle, in welchem sich die feinste Holzstruktur erhalten hat, lässt weiterhin darauf schliessen, wie gleichmässig die Vertheilung des Kohlenstoffes in der Substanz und wie vorherrschend seine Masse in derselben ist. Genaue Wägungen haben dem auch ergeben, dass der Kohlenstoff etwa die Hälfte des Trockengewichtes (der wasserfreien Substanz) einer Pflanze ausmacht. — So sind auch die ungeheuren Steinkohlenmassen tieferer Erdschichten die verkohlten Ueberreste vorweltlicher Pflanzen; Braunkohle und Torf zeigen ihre Abkunft noch durch sehr deutliche Structuren an.

Woher kommt nun der Kohlenstoff in die Pflanze? Die „Humustheorie“, welche lange Zeit die Botanik und Landwirthschaft beherrschte, nahm an, dass der kohlenstoffreiche Humus des Bodens die Kohlenstoffquelle für die Pflanze sei, dass der Kohlenstoff also ganz wie die übrigen Nährstoffe durch die Wurzeln aufgenommen werde. Pflanzen, welche in humusfreiem Sande oder gar in der Wassercultur kräftig wachsen und dabei ihre Trockensubstanz und demgemäss ihren Kohlenstoff mehren, beweisen jedoch klar, dass diese Humustheorie falsch war, dass der Kohlenstoff anderswoher kommen muss. Stammt doch auch der Kohlenstoff des Humus umgekehrt erst aus verwesenden Pflanzenresten. Die Entdeckung, dass der Kohlenstoff der Pflanze der Kohlen-

säure der Luft entnommen und durch die grünen Blätter gewonnen und in Kohlehydrate überführt wird, knüpft sich vornehmlich an die Namen INGENHOUS, SENEBIER, THEOD. DE SAUSSURE und JUL. SACHS; sie fällt in ihren Anfängen in das Ende des vergangenen Jahrhunderts. Diese Entdeckung ist eine der bedeutsamsten naturwissenschaftlichen Leistungen, denn es war gewiss nicht leicht, den unsichtbaren Gasaustausch in der Luft als den wichtigsten Ernährungsvorgang der Pflanze aufzufinden, und es gehörte der Muth einer festen Überzeugung dazu, die Tausende von Centnern Kohlenstoff, welche ein Walddistrict in sich anhäuft, aus dem procentisch äusserst geringen Kohlensäuregehalt der Atmosphäre (0,033%) herzuleiten.

10,000 Liter Luft enthalten also  $3\frac{1}{3}$ — $3\frac{1}{2}$  Liter Kohlensäure, die etwa 7 gr wiegen; davon sind aber  $\frac{8}{11}$  des Gewichts Sauerstoff und nur  $\frac{3}{11}$  Kohlenstoff. In den 10,000 Litern Luft sind demnach nur etwa 2 gr Kohlenstoff enthalten. Nehmen wir dagegen aus einem Waldbestande nur einen Baum von 100 Centnern Trockengewicht, so sind darin angesammelt etwa 50 Centner oder 2500 Kilo = 2,500,000 gr Kohlenstoff. Um diesen zu erlangen, muss der Baum also ca.  $1,250,000 \times 10,000$  Liter = etwa 12 Millionen Cubikmeter Luft von ihrer Kohlensäure befreit haben. Bei der Berücksichtigung solcher Zahlen findet man es begreiflich, dass die Entdeckung INGENHOUS' ungläubig aufgenommen, später ganz zurückgewiesen und vergessen wurde. Erst LIEBIG brachte sie in Deutschland wieder zur Geltung, und heute steht sie über allen Zweifel erhaben da. Auch die angeführten Zahlen haben nichts Ungeheuerliches mehr, wenn man andererseits bedenkt, dass trotz des geringen Procentgehaltes der Atmosphäre an Kohlensäure sich der thatsächlich vorhandene Vorrath von diesem Gase auf etwa 3000 Billionen Kilo berechnet, in welchen 800 Billionen Kilo Kohlenstoff enthalten sind. Dieser Vorrath würde aber auf lange Zeit für die Vegetation der Erde hinreichen, auch wenn der Luft nicht ständig grosse Kohlensäuremengen durch die Athmung und Verwesung von Organismen, durch Verbrennung von Holz und Kohle wiedergegeben und durch vulkanische Thätigkeit neu zugeführt würden. Ein erwachsener Mensch athmet täglich etwa 900 gr Kohlensäure (245 gr C) aus; die ganze Menschheit, zu 1400 Millionen gerechnet, also allein schon etwa 1200 Millionen Kilo  $\text{CO}_2$  (340 Mill. Kilo C). Die aus sämtlichen Schornsteinen der Erde entweichende Kohlensäure liefert schon enorme Werthe, da nach den Angaben von CREDNER jährlich 460,000,000,000 kg Kohlen gefördert und, zu ca. 1,265,000 Millionen kg Kohlensäure verbrannt, der Atmosphäre übergeben werden<sup>(28)</sup>. Den Pflanzen steht aber der ganze Vorrath des Luftmeeres zur Verfügung, da sich die Kohlensäure durch Diffusion und Luftströmung immer wieder gleichmässig ausbreitet.

Nicht alle Pflanzen und nicht alle Theile einer Pflanze sind aber im Stande, der Kohlensäure den Kohlenstoff zu entreissen. Nur die durch Chlorophyll grün gefärbten Organe sind zu dieser Thätigkeit befähigt, denn die Chlorophyllkörper selbst sind die Laboratorien, in denen sich dieser für die gesammte Lebewelt wichtigste chemische Process ausschliesslich abspielt. Aus diesen Laboratorien stammt der gesammte Kohlenstoff, welcher die organische Substanz aller Lebewesen, aller Pflanzen wie aller Thiere, zusammensetzt. Kein Thier ist im Stande, das wichtigste Element seiner Körpersubstanz aus anorganischer Quelle zu gewinnen, es kann dasselbe nur in organischer Substanz aufnehmen, die in letzter Linie in Pflanzen erzeugt worden ist. Aber auch alle chlorophyllfreien Pflanzen, wie Pilze und vereinzelte höhere Schmarotzergewächse, sind bei ihrer Ernährung auf die fertige organische Substanz angewiesen, die von Chlorophyllkörpern ihren Ausgang nahm.

Die chlorophyllfreien Theile (Wurzeln etc.) grüner Pflanzen sind in ihrer Ernährung von den grünen Blättern abhängig, wie in den grünen Zellen

selbst das farblose Protoplasma von der Thätigkeit der Chlorophyllkörner. Bei rothblättrigen Aarten grüner Pflanzen, wie der Blutbuche und dem Rothkohl, ist das Chlorophyll ganz wie in den grünen Stammformen entwickelt und nur unserem Auge durch einen rothen Farbstoff in der Epidermis oder den tieferliegenden Zellen verdeckt; bei den roth oder braun aussehenden Algen ist dagegen das Chlorophyllgrün durch Farbstoffe verdeckt, die in den Chromatophoren selbst, neben dem Chlorophyll, enthalten sind.

Die Gewinnung des Kohlenstoffs aus der Kohlensäure und seine Ueberführung in organische Substanz hat man schlechthin als die Assimilation der Pflanzen bezeichnet. Im weiteren Sinne, und besonders für das Thierreich, wird zwar das Wort Assimilation von allen Ernährungsprocessen gebraucht, bei denen eine Umbildung der gebotenen Nährstoffe in die Körpersubstanz der Organismen stattfindet. Es hat sich aber in der Botanik die Gewohnheit herausgebildet, dass unter „Assimilation“ speciell die Kohlenstoffassimilation der Chlorophyllkörper gemeint ist. Durch diese vollzieht sich jedenfalls der wichtigste Schritt aller weiteren sogen. „Assimilationsvorgänge“, die sich auf dieser ersten Grundlage nur nachträglich fortzusetzen vermögen.

Höchst bemerkenswerth ist es aber, dass die Chlorophyllkörper nur mit Hilfe von Lichtschwingungen aus Kohlensäure und Wasser organische Substanz bereiten können (Photosynthese). Im Dunkeln assimilirt der Chlorophyllapparat nicht, auch wenn sonst alle Bedingungen für eine rege Assimilation vorhanden sind. Mit eintretender Beleuchtung, die aus künstlichen Lichtquellen ebenso wie aus kosmischen Quellen stammen kann, beginnt dann erst die Assimilation und steigt in gewissen Grenzen proportional mit der Intensität der wirksamen Strahlen. Ungünstige Bedingungen (Kälte, Gifte etc.) vermögen den Chlorophyllapparat für längere Dauer in Unthätigkeit zu versetzen.

Die Lichtschwingungen des Aethers liefern die Energie zur Kohlenstoffumsetzung, so wie die Wärmeschwingungen die Energie zum Betrieb einer Dampfmaschine abgeben. Bei der Assimilation des Kohlenstoffs ist nämlich eine ansehnliche chemische Arbeit zu leisten und von den dadurch geschaffenen Spannkraften werden vornehmlich die Lebensvorgänge der Organismen unterhalten. Auch die durch unsere Dampfmaschinen erzeugten und zu den mannigfaltigsten Arbeitsleistungen verwandten Kräfte sind auf die Assimilationsarbeit jener Pflanzen zurückzuführen, deren verkohlte Reste unter dem Maschinenkessel verbrennen. Denn beim Verbrennen der reducirten Kohlenstoffverbindungen zu Kohlensäure wird nur jene Arbeitsleistung wieder frei, welche umgekehrt nöthig war, die Kohlensäure in jene Brennstoffe überzuführen.

Zum Betrieb der Assimilationsthätigkeit sind aber durchaus nicht alle Aethersehwingungen, die sich unserem Auge als Licht bemerkbar machen, gleich befähigt. Wie die Strahlen von verschiedener Wellenlänge, welche das uns weiss erscheinende Mischlicht zusammensetzen, sowohl auf unser Auge als auch auf die photographischen Zersetzungen verschieden einwirken, so beeinflussen sie auch die Assimilation in ganz verschiedenem Maasse. Man könnte vermuthen, dass die sogen. chemisch wirksamen Strahlen, also die blauen und violetten, welche vornehmlich die Zersetzung der Silbersalze und anderer chemischer Verbindungen bewirken, auch bei den Umsetzungen im Chlorophyllkorn die wirksamen seien. Es hat sich aber gerade das Gegentheil herausgestellt. Die stark brechbaren „chemischen“ Strahlen sind bei der Assimilation viel schwächer betheilig als die rothen, orangen und gelben Strahlen. Der sogenannte leuchtende Theil des Spectrums ist für die Assimilation am wirksamsten<sup>(20)</sup>.

Bei den blaugrünen Süßwasseralgen sowie den braunen und rothen Meeresalgen, welche in den Chromatophoren neben ihren besonderen Farbstoffen, wie erwähnt, noch echtes Chlorophyll enthalten, liegt die maximale Assimilation nach ENGELMANN'S Angaben in anderen Theilen des Spectrums als bei den rein grünen Pflanzen und zwar verschoben nach dem Theil des Spectrums, welcher der vorherrschenden Farbe complementär ist<sup>(30)</sup>. Den Pflanzen in der freien Natur stehen im Allgemeinen alle Strahlen des gemischten weissen Lichtes zu Gebot: nur die in grösseren Meerestiefen (bis höchstens 400 m unter der Oberfläche) lebenden Pflanzen wachsen in vorwaltend blauem Lichte, während die tieferliegenden Gewebe der Landpflanzen in röthlichem Lichte leben, da dieses am tiefsten in die parenchymatischen Gewebe eindringt.

Um die Assimilation in verschiedenen Lichtarten zu untersuchen, bedient man sich entweder der einzelnen Farben des Sonnenspectrums, oder man vergleicht die Assimilation der Pflanzen hinter farbigen Gläsern oder farbigen Lösungen. Hierzu eignen sich besonders doppelwandige Glasglocken, deren Wandraum mit Kalibichromat oder Kupferoxydammoniak gefüllt werden kann. Hinter der ersten Lösung, welche Roth, Orange und Gelb durchlässt, assimiliren die Pflanzen nahezu ebenso stark wie in weissem Licht, hinter der zweiten Lösung, welche vornehmlich die sogen. photochemischen Strahlen passiren lässt, ist die Assimilation erheblich schwächer.

Ueber die photosynthetischen Vorgänge, die sich bei der Assimilation in den grünen Zellen abspielen, weiss man noch äusserst wenig. Man weiss zwar, dass nur die grünen Chlorophyllkörper dazu befähigt sind, ist aber über die Rolle, die dem grünen Farbstoff dabei zufällt, noch durchaus im Unklaren. Der Farbstoff, den man seiner plasmatischen Grundsubstanz durch verschiedene Lösungsmittel entziehen kann und der nur einen geringen Bestandtheil (ca. 0,1%) des Chlorophyllkorns ausmacht, giebt isolirt in seinen Reactionen keinerlei Anhaltspunkte für seine Bedeutung. Auch seine optischen Eigenschaften (Lichtabsorptionen) stehen in keiner direct erkennbaren Beziehung zu den Assimilationsbedingungen, da die Assimilationsgrösse mit der Stärke der Absorptionen nicht proportional ist. Nach DETLEFSEN wird überhaupt kaum der hundertste Theil der einem Blatte zustrahlenden Lichtenergie zur Assimilation verwandt<sup>(31)</sup>. Man hat auch noch nicht erkannt, in welcher Weise die Mineralbestandtheile des Transpirationsstroms in den Process eingreifen. Andererseits ist aber auch die plasmatische Grundsubstanz der Chlorophyllkörper nicht im Stande kräftig zu assimiliren, wenn sie den Farbstoff nicht enthält, d. h. wenn sie verhindert wird, zu ergrünen. Die Bildung des grünen Farbstoffs, die von der Wärme, von der Gegenwart des Sauerstoffs, des Eisens, von Kohlehydraten u. a. Nährstoffen, und, mit wenigen Ausnahmen (Farne, Coniferen-Keimblätter), auch von der Einwirkung des Lichtes abhängig ist, kann nämlich durch die Entziehung dieser Bedingungen verhindert werden. Dann bleiben die sonst ergrünenden Chromatophoren gelb (in Blättern) oder weiss (in Stengeln).

In den letzten Jahren ist wiederholt festgestellt worden, dass gewisse nitrificirende Bacterien in Berührung mit Karbonaten, Kohlensäure und Ammoniak ebenfalls geringe Mengen organischer Substanz zu bilden vermögen. Die Bildungsart der organischen Kohlenstoffverbindung ist hier aber von der in grünen Pflanzen gänzlich verschieden, da jene Bacterien kein Chlorophyll enthalten und ihre Ernährungsthätigkeit vom Licht ganz unabhängig ist. Statt der Photosynthese, wie sie in den Chlorophyllkörpern stattfindet, besteht hier eine durch den Energiegewinn bei der Verbrennung des Ammoniaks zu Salpetersäure (oder dieser zu Salpetersäure) betriebene Umsetzung (Chemosynthese). Noch nicht genugsam aufgeklärt ist die Bildung von organischer Substanz in den sogen. Purpurbacterien, in denen ebenfalls Photosynthese stattfinden soll.

Von den Umsetzungsproducten der Assimilation sind bislang nur bekannt

das vorläufige Endproduct und ein Nebenproduct. SACHS machte die Entdeckung, dass die organische Verbindung, welche als erstes nachweisbares Endproduct erscheint, bei höheren Pflanzen ein Kohlehydrat ist, das entweder gelöst bleiben oder aber in der Form von Stärkekörnern am Orte seiner Entstehung mikroskopisch sichtbar werden kann. Bei einer Anzahl von Pflanzen (z. B. Algen) ist das erste sichtbare Erzeugniss oft nicht Stärke, sondern fettes Oel, Protein, oder ein anderes secundäres Umwandlungsproduct.

Nach begommener Assimilationsthätigkeit treten oft schon nach kurzer Zeit, in einzelnen Fällen schon nach fünf Minuten im Sonnenlicht, in den Chloroplasten winzige Stärkekörnchen auf, die sich weiterhin stetig vergrössern und die Substanz der Chloroplasten oft an Masse weit überholen. Hört die Assimilationsthätigkeit auf, was regelmässig des Nachts geschieht, dann verschwinden diese Stärkekörner und wandern als gelöste Kohlehydrate — Glukosen (= Glykosen) etc. — aus ihren Zellen aus. Bei manchen Pflanzen (vielen Monocotylen) kommt es in den Chloroplasten überhaupt nicht zur Bildung von Stärke und das Assimilationsproduct tritt gelöst in den Zellsaft über. Ausnahmsweise, wie bei Ueberfüllung mit Glukosen, Zucker u. dergl., kann aber auch hier (wie übrigens auch in den anders gefärbten Chromatophoren der Blüthen, Früchte) Stärke gebildet werden; so führen die Spaltöffnungsschliesszellen auch jener Monocotylen Stärke. Diese erscheint demnach als das in fester Form abgeschiedene Lagerproduct der Assimilation. Bei Tropaeolum geht die Entstehung von Rohrzucker der Stärkebildung in den Chloroplasten voraus.

Auch ohne Mikroskop lässt sich die Entstehung der Stärke als eine Folge der Assimilation nachweisen mit Hülfe der Jodreaction: Belässt man ein Blatt so lange im Finstern bis seine Stärke völlig gelöst und ausgewandert ist, und bringt man es nach Entfärbung in heissen Alkohol dann in Jodlösung, so nimmt es darin eine gelblichbraune Färbung an. Unterwirft man dagegen ein Blatt, nachdem es im Lichte kräftig assimilirt hat, derselben Behandlung, so färbt es sich, dank der in seinen Zellen jetzt reichlich enthaltenen Stärke, tief blauviolett bis blauschwarz („Jodprobe“). Fig. 183 zeigt das Ergebniss der Jodprobe an einem Blatte, um welches ein Streifen von dunklem Papier oder Stanniol fest angelegt war. Die durch den Stanniol-Streifen verdunkelten Zellen haben keine Stärke gebildet, die belichteten Partien sind dagegen mit Stärke dicht gefüllt und durch Jod dunkel gefärbt. — Wird ein grünes Blatt in kohlenstoffreicher Luft dem vollen Lichte ausgesetzt, dann lässt sich ebensowenig Stärke darin nachweisen wie in einem verdunkelten Blatte.

Das beim Assimilationsprocess frei werdende Nebenproduct ist reiner Sauerstoff. Sein Volumen ist annähernd das gleiche wie das der zersetzten Kohlensäure. Wenn Pflanzentheile in einem abgemessenen Raume kohlenstoffreicher Luft assimiliren, bleibt das Volumen daher annähernd unverändert. Daraus geht aber hervor, dass etwa so viel Sauerstoff frei wird als in der verarbeiteten Kohlensäure gebunden war:

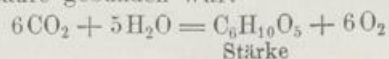


Fig. 183. Ein der Jodprobe unterworfenen Blatt. Während der Assimilation im Lichte war dasselbe durch einen querüber gelegten Streifen Stanniol theilweise verdunkelt geblieben. Im so verdunkelten Theil des Blattes wurde keine Stärke gebildet, er bleibt bei der Jodprobe weiss.  $\frac{3}{4}$  nat. Grösse.

Wie man aus dieser chemischen End-Gleichung<sup>(32)</sup> ersieht, werden bei der Assimilation auch die Elemente des Wassers verbraucht. (Vgl. S. 151.) — Die wahre Formel der Stärke entspricht wohl einem Vielfachen der angegebenen Verhältnisszahlen, also  $n(C_6H_{10}O_5)$ , so dass die ganze Gleichung mit  $n$  zu multipliciren wäre.

Die Sauerstoffausscheidung grüner Pflanzen, die in der Luft natürlich nicht direct wahrnehmbar ist, macht sich bei Wasserpflanzen aber sehr auffallend bemerkbar und so kam es, dass man dieses Nebenproduct der Assimilation lange vor dem Endproducte kennen lernte.

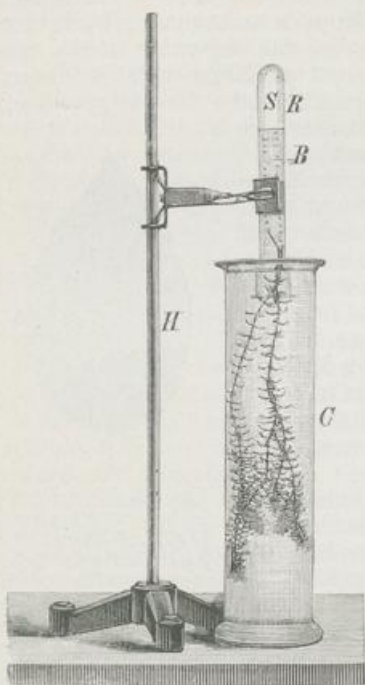


Fig. 184. Ausscheidung von Sauerstoff durch assimilirende Pflanzentheile. In dem Glaszylinder *C* befindet sich in Wasser eine frisch abgeschnittene Wasserpflanze (*Elodea canadensis*). Die Schnittflächen sind in ein ebenfalls mit Wasser gefülltes Probirröhrchen *R* eingeführt. Die ausgeschiedenen Sauerstoffbläschen *B* steigen in demselben auf und sammeln sich oben bei *S*.

erreicht dieselbe nach KREUSLER im Sonnenschein ihr Maximum, bei noch höherem Gehalt sinkt sie wieder. Es steht der 300fachen  $CO_2$ -Bereicherung (von 0,033 % der Atmosphäre auf 10 %) aber nur eine 4—5fach erhöhte Stärkebildung gegenüber<sup>(33)</sup>.

Kohlenoxydgas ( $CO$ ) kann von grünen Pflanzen überhaupt nicht verarbeitet werden; es kann also die Kohlensäure nicht ersetzen. Es ist übrigens für die Pflanze weit weniger giftig als für höhere Thiere.

Unter gleichen äusseren Bedingungen ist die Assimilation verschiedener Pflanzen aus inneren Ursachen verschieden; in gleicher Zeit bildet die eine mehr,

Durch die Ausscheidung von Sauerstoffbläschen wurde INGENHOUS überhaup erst auf die Ernährungsthätigkeit der Blätter aufmerksam gemacht. Um erstere zu sehen, genügt es, eine untergetauchte Wasserpflanze zu verletzen und von der Sonne bescheinen zu lassen. Aus der Wunde, welche die grossen Intercellulargänge öffnete, steigt dann eine Reihe kleiner Luftbläschen auf, die man auffangen und sammeln kann (Fig. 184). Die Prüfung des so gewonnenen Gases ergibt, dass es aus Sauerstoff besteht, dem bei so einfacher Versuchsanstellung aber Spuren von Stickstoff und Kohlensäure, aus dem Wasser und der Pflanze selbst, durch Diffusion beigemischt sind. Da das Wasser viel weniger Sauerstoff löst als Kohlensäure (bei  $14^\circ C$ . lösen 100 Vol. Wasser nur 3 Vol. Sauerstoff, dagegen 100 Vol. Kohlensäure), so tritt nur der abgeschiedene Sauerstoff in freien Bläschen auf, während die von der Pflanze aufgenommene Kohlensäure im Wasser unsichtbar gelöst bleibt und der Pflanze durch Diffusion, zumal auch durch Vermittelung von Strömungen, aus allen Theilen des Wassers zugeführt wird.

Eine künstliche Bereicherung des Wassers durch Einleiten von Kohlensäure vermehrt bis zu einem gewissen Grade die Sauerstoffausscheidung, also die Assimilation. Auch eine künstliche Steigerung des Kohlensäuregehalts der Luft hat vermehrte Assimilation bei Landpflanzen zur Folge; bei einem Kohlensäuregehalt von etwa 10 %



die andere weniger Kohlehydrat mit der gleichen Blattfläche. In diesem Sinne spricht man von einer specifischen Assimilations-Energie, welche zum Theil wohl durch die verschiedene Zahl und Grösse der Chloroplasten sowie durch die verschiedene Durchlüftung der Blätter bedingt ist, jedenfalls aber auch in deren kräftigeren oder schwächeren Thätigkeit selbst ihren Grund hat.

Als Beispiel für eine mittlere Leistung seien die Blätter der Sonnenblume und des Kürbis angeführt, die unter günstigen Assimilationsbedingungen während eines Sommertages von 15 Stunden etwa 25 gr Stärke pro Quadratmeter bilden. (Der Kohlenstoff zu dieser Stärkemenge war in 50 Cubikmetern Luft vorrätzig. Ein mässig grosses Zimmer von 120 Cubikmetern würde demnach die Kohlensäure für 60 gr Stärke enthalten.) Aus diesen Zahlen lässt sich auf die enorme Assimilationsarbeit schliessen, welche in dem jährlichen Mehlerbrauch einer grossen Stadt oder gar eines Landes zum Ausdruck gelangt. Allein in Roggen, Weizen und Gerste betrug die deutsche Ernte an Assimilaten im Jahre 1884 über 10,000 Millionen Kilo!

#### Die Verwerthung der Assimilate in der Pflanze.

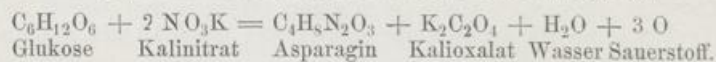
**Die Bildung der Eiweisskörper.** Die Chlorophyllkörper liefern der Pflanze als organische Nahrung ein Kohlehydrat. Wenn nun auch ein grosser Theil der organischen Pflanzensubstanz nur aus Kohlehydraten sich zusammensetzt — wie z. B. das Zellhautgerüst —, so besteht doch der lebendige und darum wichtigste Bestandtheil des Pflanzenkörpers, das Protoplasma, aus eiweissartiger Substanz. Die Eiweisskörper haben aber eine ganz andere Zusammensetzung als die Kohlehydrate, sie enthalten neben C, O und H noch Stickstoff, Schwefel und häufig Phosphor, davon den Stickstoff in erheblicher Menge (etwa 15%). In der Pflanze muss also auch eine Neubildung von Eiweissstoffen aus Kohlehydraten stattfinden. Man hat gewisse Anzeichen dafür, dass die Bildung von Eiweisskörpern aus Kohlehydraten zum Theil schon in den grünen Zellen der Blätter erfolgt, aber auch in nichtgrünen Zellgeweben von gewissen Pilzen z. B. muss diese Neubildung vor sich gehen.

Ueber den Verlauf der Synthese der Eiweisskörper in der Pflanze weiss man ebenso wenig wie über die der Kohlehydrate aus Kohlensäure und Wasser. Dass dieselbe aber aus Kohlehydraten und den genannten Mineralstoffen erfolgt, schliesst man aus der beobachteten Zufuhr und dem Verbrauch dieser Stoffe an den Plasmabildungsstätten. Die dabei zur Verwendung kommenden Kohlehydrate scheinen vornehmlich die Glukosen (Traubenzucker, Dextrose  $C_6H_{12}O_6 + H_2O$ , Fruchtzucker, Lävulose  $C_6H_{12}O_6$ ) und die Maltose ( $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O$ ) zu sein, denn, mag das vorgebildete Kohlehydrat Stärke, Inulin, Rohrzucker, Reservecellulose oder Glukogen gewesen sein, immer werden daraus vor der Verarbeitung zu Eiweiss zunächst Glukosen oder Maltose gebildet.

Die mineralischen Nitrate, Sulfate und Phosphate greifen vornehmlich als Kali- und Magnesiasalze in den Process ein. Den Nitraten und Sulfaten werden dabei N und S unter Zerstörung des Säureradikals entrissen, während aus den Phosphaten die Säuregruppe als solche Verwendung findet bei der Bildung der Nucleine im Zellkern. Das Eisen, welches allen Pflanzen, auch den nichtgrünen, unentbehrlich ist, scheint ebenfalls vornehmlich im Nuclein organisch gebunden zu sein. Kalksalze scheinen keine unmittelbare Rolle bei der Eiweissynthese zu spielen oder doch dabei entbehrlich zu sein. Ihre Bedeutung, ja Nothwendigkeit für den Stoffwechsel der meisten Pflanzen liegt zumeist in ihrer Function als Transportmittel der Mineralsäuren und in der Neutralisirung

bezw. Fällung schädlicher Nebenproducte bei der Eiweissbildung. Als das häufigste Nebenproduct dabei tritt nämlich die Oxalsäure ( $C_2H_2O_4$ ) auf, welche sowohl als freie Säure wie auch als lösliches Kalisalz auf sehr viele Pflanzen giftig wirkt. Das z. B. aus Kalinitrat zunächst entstehende oxalsaure Kali setzt sich aber mit vorhandenen Kalksalzen um und es entsteht oxalsaurer Kalk, welcher nur in sehr geringen Mengen löslich ist und bei steigender Production auskrystallisirt und unschädlich wird. Ueberall da, wo in der Pflanze Bildungsstätten von Eiweiss und Nuclein sind, da sind auch die Orte für die Oxalsäurebildung, deren Kalksalz man gewöhnlich ganz in der Nähe in Form von Drusen, Raphiden oder von winzigsten Kryställchen (Krystallsand) oft massenhaft abgelagert findet.

Die Bildung der Oxalsäure bezw. ihres Kalisalzes könnte man sich nach der folgenden Gleichung (die auf theoretischer Annahme fusst) vorstellen:



Von Glukosen und Kalinitrat ausgehend, erhalten wir also neben oxalsaurem Kali, Wasser und Sauerstoff (der wohl meist gleich bei der Athmung verbraucht wird, der als frei werdender Sauerstoff aber auch in manchen Fällen nachgewiesen oder berechnet wurde) einen Amidokörper, das Asparagin,  $C_4H_8(NH_2)(CONH_2)(COOH)$ . Das Asparagin ist nun ein Körper, der wie die Oxalsäure im Pflanzenreich thatsächlich eine grosse Verbreitung besitzt. Besonders stark angehäuft findet man diesen zuerst im Spargel (*Asparagus*) aufgefundenen Stoff in etiolirten Papilionaceen-Keimlingen (1 Liter Saft von Bohnen-Keimlingen enthält etwa 12—15 gr), immer aber unter Umständen, welche auf die Möglichkeit hinweisen, dass das Asparagin, oder aber andere Amide, bei der Synthese von Eiweisskörpern mitwirkt. Wahrscheinlich geht seine Bildung derjenigen der eigentlichen Proteinstoffen voraus. Das Asparagin besitzt eine für seine Aufgabe sehr wichtige Eigenschaft: Es ist löslich in Wasser und wässrigen Säften und dadurch befähigt die Zellmembran leicht zu durchdringen, was die colloidalen Eiweissstoffe nicht in gleichem Maasse vermögen.

#### Die Wanderung der Assimilate.

Wo Proteinstoffe von Zelle zu Zelle transportirt werden sollen, wie z. B. aus proteinreichen Samen in den Keimling, da sieht man dieselben unter Bildung löslicher Amide zerfallen, diese letzteren nach den Verbrauchs-orten wandern und dort mit Kohlehydraten und Mineralsäuren zu erneuter Bildung von Eiweiss zusammentreten.

Ausser und neben dem Asparagin sind in Pflanzen noch andere, aber weniger verbreitete Amide aufgefunden worden, so das Leucin, das Tyrosin (welches ähnlich dem Asparagin beim Einlegen der Pflanzen in Alkohol in seidenglänzenden Sphäriten ausfällt), das Glutamin (im Kürbis), Betaïn (in der Rübe), selbst Allantoin u. a. m.

Neben dem Transport stickstoffhaltigen Bildungsmaterials in Form von Amidn durch allseitig geschlossene Parenchymzellen scheint der Ferntransport fertiger Eiweisskörper in den offenen Siebröhren des Bastes vor sich zu gehen. Hier in den Siebröhren, deren im Leben dünnflüssiger Eiweisschleim auch Kohlehydrate, Oeltröpfchen und Leptomin (S. 65) führt, scheint sich besonders der Abfluss der organischen Bildungsstoffe aus den Blättern in die Wurzeln zu vollziehen. Schon lange kennt man die Erscheinung, dass sich bei Holzgewächsen die Rinde oberhalb eines bis auf's

Holz gehenden und die Verbindung mit der Wurzel unterbrechenden Ringelschnitts stark verdickt, und schon lange hat man daraus auf einen in der Rinde den Wurzeln zufließenden Strom von Nahrungssäften geschlossen.

Die Zufuhr der Kohlehydrate zu den Verbrauchsorten kann überall da, wo geschlossene Zellen zu passiren sind, nur in gelöster Form erfolgen. Wo dieselben also nicht schon am Ausgangspunkt als Glukosen, Maltose, Zucker oder Inulin gelöst vorkommen, müssen sie erst in lösliche Substanzen übergeführt werden. Das gilt vor Allem von der Stärke und von der Reservecellulose. Sie werden in lösliche Kohlehydrate umgewandelt und zwar die Stärke unter dem Einfluss der Diastase.

Die Diastase gehört zu jenen eigenartig wirkenden Körpern, die man als Fermente oder Enzyme bezeichnet, deren Bildung in der Pflanze z. Th. deren jeweiligen Bedürfnissen entsprechend geregelt wird, und deren auffallendste Eigenschaft es ist, gewisse organische Verbindungen zu zerlegen oder umzuwandeln, ohne bei diesem Wirken selbst merklich verändert oder verbraucht zu werden. Dadurch sind sie im Stande, fast unbegrenzte Mengen gewisser Substanzen zu verändern. Nach ihren wichtigsten physiologischen Eigenschaften unterscheidet man diastatische (stärkelösende), peptonisirende oder proteolytische (eiweisslösende) und invertirende (zuckerumwandelnde) Fermente. Mit diesen Gruppen ist aber die mannigfaltige Wirkungsweise dieser Körper nicht erschöpft, welche in dem nassen und kalten Verfahren, mit dem der pflanzliche Chemismus arbeitet, eine sehr grosse Rolle spielen. So kennt man noch trypsinartige, Eiweiss bei alkalischer Reaktion lösende Enzyme, dann membranlösende (Cellulose, Holz, Chitin verdauende) glukosidspaltende, ölzersetzende Fermente (Steaptine). Zweifellos werden sich noch eine Reihe anderer Umsetzungen als Folge von Fermentwirkungen, deren oft verschiedene neben einander hergehen, zu erkennen geben. Die Angaben BUCHNER's über ein aus der Hefe befreites, Gährung bewirkendes Enzym (die Zymase) werden von anderer Seite heute wieder bestritten.

Fermente oder Enzyme sind stickstoffhaltige, eiweissartige Körper, welche, vom Plasma erzeugt, in ihren Eigenschaften an die sogen. katalytische Wirkungsweise anderer Stoffe erinnern. Da auch anorganische Stoffe derartige Wirkungen hervorbringen können — fein zertheiltes Iridium z. B. zersetzt Ameisensäure in  $\text{CO}_2$  und  $\text{H}_2$  —, so liegt in der Fermentwirkung keine speciell vitale Aeusserung vor. Sie wirken denn auch ausserhalb des Organismus, können gefällt, wieder gelöst werden u. s. w., ohne an Wirksamkeit zu verlieren. Diastase beispielsweise kann aus keimender Gerste mit Wasser oder Glycerin aufgenommen, durch Alkohol gefällt, zu Pulver getrocknet, in Wasser wieder gelöst werden und ist dann immer noch im Stande, grosse Mengen von Stärkekleister in Zucker zu verwandeln.

Der Gersten-Diastase ähnliche, Stärke lösende Stoffe finden sich im Pflanzenreich weit verbreitet und werden zusammen als diastatische Fermente bezeichnet. Sie treten besonders reichlich in keimenden stärkereichen Samen, Knollen und



Fig. 185. Corrodirte Stärkekörner aus keimender Gerste. 1, 2, 3, 4 auf einander folgende Stadien der Auflösung, die sich neben einander vorfinden.

Zwiebeln, in Blättern und jungen Trieben auf, sind aber merkwürdiger Weise auch an Orten und zu Zeiten nachgewiesen, wo ihnen gar keine Gelegenheit zur Stärkeauflösung geboten ist. Die diastatische Umwandlung und Lösung der Stärkekörner erfolgt oft auf recht eigenthümliche Weise. Die Stärke, zumal der Reservebehälter, wird dabei meist nicht etwa wie sonst Krystalle oder Sphärökrystalle gleichmässig von der Oberfläche her aufgelöst, sondern es bilden sich enge Kanäle, welche in das Korn eindringen und es derart zerklüften, dass es schliesslich in kleinen Bruchstückchen aus einander fällt. Fig. 185 stellt derartige, durch Diastase in Auflösung begriffene „corrodirt“ Stärkekörner der Gerste dar.

Die Auflösung der tagsüber in den Chlorophyllkörpern gebildeten Stärkekörner findet in der Regel des Nachts vollständig statt, da die Wirkung der diastatischen Fermente dann nicht durch Neubildung der Stärke überboten wird. Die in den Blättern entstehende Glukose wandert aus den Mesophyllzellen zunächst in die langgestreckten Zellen, welche die Gefässbündelscheiden bilden und in diesen Leitscheiden wandern die Glukosen bzw. die Maltose durch den Blattstiel in den Stengel, in welchem sie, wie es scheint vornehmlich in den Leitbahnen der Gefässbündel, entweder zu den jungen Gipfelsprossen und Knospen emporgeführt oder zu den Wurzeln abgeleitet werden, also dahin fliessen, wo sie zur Ernährung verbraucht oder zur Speicherung vorläufig niedergelegt werden. Nicht selten findet in den Zellen unterwegs wieder eine Umwandlung der Glukosen und der Maltose in andere Kohlehydrate statt, besonders in Stärke, die sich als transitorische Stärke gewöhnlich durch die Kleinheit der Körner auszeichnet. Am Verbrauchsorte werden aber immer wieder die zur Ernährung, wie es scheint, allein unmittelbar tauglichen Glukosen gebildet.

#### Die Speicherung der Assimilate.

Nicht alle Assimilate werden von der Pflanze sofort wieder verbraucht. Dessen ungeachtet arbeitet der Assimilationsprocess ungeschwächt fort so lange die über den augenblicklichen Bedarf angehäuften Mengen aus den assimilirenden Zellen abgeführt werden. Jene werden dann an anderen Stellen als Nahrungsvorrath, als sogen. Reservestoffe in der Pflanze für spätere Wachstumsvorgänge oder für die erste Ernährung der Nachkommen abgelagert. In unseren Kräutern, Sträuchern und Bäumen wird alljährlich gegen Ende einer Vegetationsperiode, wenn das Wachstum keinen Verbrauch mehr bedingt und die assimilirenden Flächen ihre grösste Ausdehnung und Leistungsfähigkeit erlangt haben, der Ueberschuss an Assimilaten am stärksten. Gerade dann werden aber auch neue Anziehungseentren für dieselben geschaffen, indem in besonderen Reservestoffbehältern grosse Quantitäten von Nährvorräthen für die künftigen Jahrestriebe oder für die Nachkommenschaft aufgespeichert werden, da sich die jugendlichen Theile vor der Entwicklung und Entfaltung eigener Assimilationsflächen nicht selbständig ernähren können. In die Zellen des Embryo, oder in das ihn umgebende Gewebe der Samen, in unterirdische Rhizome, Knollen, Zwiebeln und Wurzeln, oder in die Rinde, die Markstrahlen, das Holzparenchym (bzw. die Ersatzfasern) und das Mark ausdauernder Stämme wandern dann die Assimilate ein, um in verschiedener Form dort aufgespeichert zu werden. In diesen Reservestoffbehältern gehen Glukosen und Maltose wieder in andere Kohlehydrate über; meist wird unter Vermittlung der Stärkebildner wieder Stärkemehl gebildet, in anderen Fällen Rohrzucker (so bei der Zuckerrübe, deren Zuckergehalt von 5—8% durch

Zuchtwahl bis zu 18% gesteigert worden ist), Inulin (Compositen) oder Reservecellulose (Frucht von Phytelephas, der Elfenbeinpalm). Merkwürdiger ist die Umwandlung von Kohlehydraten in Fette und Öle, wie sie besonders in reifenden und reifen Samen beobachtet wird, wie sie bei manchen Pflanzen aber auch in den vegetativen Geweben und im Fruchtfleisch (Olive, Oelpalme) eintritt. Auch in dem Holzkörper vieler Bäume verwandelt sich die Stärke winterlich in Öl, welches im Frühjahr wieder in Stärke zurückverwandelt wird. Beim Austreiben der Knospen geht dann auch die Stärke wieder in Glukosen oder Maltose über, welche mit dem Transpirationsstrom den jungen Trieben zugeführt werden. Andere Reservestoffbehälter enthalten fast keine Kohlehydrate, dafür aber um so mehr Eiweissstoffe in Form von dichtem Plasma, oder von Aleuronkörnern, Proteinkristallen und neben Eiweiss Fett (Same von Ricinus). Dass bei dem Keimen der jungen Pflanzen aus ganz verschiedenem Bildungsmaterial gleiche Gewebe mit Plasma, Zellkern, Membranen u. s. f. entstehen, beweist, dass die Pflanzen alle diese Stoffe als Baustoffe fast gleich gut zu verwenden vermögen. Das rührt eben daher, dass die Pflanze Kohlehydrate, Fette und Eiweisskörper, scheinbar ohne jede Schwierigkeit, in einander überführt, was uns mit den umständlichsten chemischen Verfahren und Hilfsmitteln noch nicht gelingt.

#### Andere Stoffwechselproducte.

Mit den hier erwähnten Stoffen ist aber der Chemismus der Pflanzenzellen keineswegs erschöpft; die Zahl der in Pflanzen gefundenen und aus der Substanz der ersten Assimilate sich ableitenden chemischen Körper ist geradezu unüberschbar; von den meisten kennt man aber weder die Art ihrer Entstehung, noch ihre volle Bedeutung im Stoffwechsel. Nicht einmal von den im Zellsafte der Pflanzen sehr häufigen organischen Säuren (Aepfel-, Wein-, Citronensäure u. a., die zum Theil als Producte unvollständiger Athmung betrachtet werden) und von den so sehr verbreiteten Gerbstoffen kennt man die Bedingungen des Auftretens und Wirkens. Im Unklaren ist man auch noch über die Rolle der Glukoside; es sind das stickstofffreie oder stickstoffhaltige wasserlösliche Verbindungen, welche einzeln keine grosse Verbreitung besitzen und durch Fermente oder verdünnte Säuren leicht zerlegt werden, wobei unter Wasseraufnahme neben anderen Spaltungsproducten Glukosen entstehen. Es wäre also denkbar, dass es sich bei Bildung der Glukoside (und Gerbstoffe) um locale Bindung derartiger sonst leicht diosmirender Stoffe handelte. — In Amygdalaceen tritt das Amygdalin auf, das bei Spaltung durch Fermente des thierischen Speichels, wie durch das in besonderen Speicherzellen daneben vorkommende Amygdalinferment, Blausäure liefert, in den Solaneen das giftige Solanin, in Cruciferen (Senf-Samen) die Myronsäure, in der Rinde der Rosskastanien das stark fluorescirende Aesculin, in Digitalis-Arten das giftige Digitalin u. s. w. In verholzten Zellwänden, besonders aber im Cambialsafte der Coniferen, ist das Coniferin enthalten, welches in letzter Zeit eine technische Bedeutung erlangt hat insofern, als das Vanillin, der stark riechende Bestandtheil der Vanille, künstlich daraus gewonnen wird. Das Coniferin zerfällt nämlich durch Ferment- oder Säurewirkung in Glukose und Coniferylalkohol, durch dessen Oxydation als Aldehyd das Vanillin entsteht.

Unbekannt ist es noch, welche Rolle die Bitterstoffe, wie z. B. das Lupulin des Hopfens, das Aloin der Aloë-Arten, das Absynthin des Wermuthes und die Alkaloide im Stoffwechsel der Pflanze spielen. Da die meisten Alkaloide, das Strychnin, Brucin, Veratrin, Coniin, Muscarin, Atropin,

Chinin, Morphin, Codein, Coffein (= Thein), Theobromin, Aconitin, Colchicin, Nicotin, Pilocarpin, Cocaïn und viele andere für den thierischen Körper heftige Gifte sind, so gewähren diese Pflanzenbasen, ebenso wie die abstossenden Bitterstoffe, thierischen Feinden gegenüber einen gewissen Schutz. Dabei ist natürlich nicht ausgeschlossen, dass Gifte im Pflanzenkörper selbst zunächst eine bedeutsame Rolle spielen können, wie es bei der ebenfalls giftigen Oxalsäure thatsächlich der Fall ist und wie es weiterhin zutreffen scheint bei der Blausäure, die nach TREUB z. B. in *Pangium edule* beim Transport und der Bildung von Proteinstoffen eine ähnliche Rolle spielt wie in anderen Pflanzen die Amide<sup>(34)</sup>. — Es mag nebenbei bemerkt werden, dass die Alkaloide auch auf das pflanzliche Protoplasma im Allgemeinen vergiftend wirken.

Wenn auch nur in geringen Gewichtsmengen vorhanden, so machen sich die Farbstoffe und ätherischen Oele unserem Gesichts- und Geruchssinn doch ganz besonders auffällig bemerkbar. Sie stellen augenscheinlich nur Neben- und Endproducte des Stoffwechsels dar, welchen, wenn man vom Chlorophyll absieht, in der Pflanze selbst keine bedeutsame Rolle mehr zufällt, die aber der Thierwelt gegenüber ganz besonders hervortreten und dadurch dem Gedeihen der Pflanzen, sei es durch Anlockung der Thiere (in Blüten und Früchten) oder durch Abstossung derselben, förderlich werden. Ihre Bedeutung in der äusseren Lebensführung (Oecologie S. 134) ist uns daher weit bekannter als ihre Rolle in den inneren Lebensvorgängen. So wie die ätherischen Oele Ausscheidungsproducte des Pflanzenkörpers sind, welche häufig in besonderen Drüsenräumen untergebracht werden, so treten auch die Harze, die Gummiharze und Gummischleime meist in besonderen Canälen oder Drüsenhöhlen auf (vgl. S. 80); sie sind oft mit ätherischen Oelen gemischt. Ob ihre Bildung ein nothwendiges Glied im normalen Stoffwechsel der harzführenden Pflanzen darstellt, ist ganz unbekannt. Jedenfalls werden sie der Pflanze nützlich bei Verwundungen (S. 121), als Schutz gegen Austrocknung und gegen das Eindringen von Parasiten.

In ihrer Bedeutung für die Pflanze noch weniger erkannt sind die sogen. Federharze, Kautschuk und Guttapercha in den Milchsäften. In Milchsäften treten ausser diesen Federharzkügelchen aber auch noch andere Harze, sodann ätherische Oele, Alkaloide (im Opium), Leptomin, Stärkekörner und andere Kohlehydrate, Oeltröpfchen und Eiweisskörper auf. Das Vorkommen von werthvollen Baustoffen in den Milchsäften wie auch besonders der gelegentliche Gehalt derselben an wirksamen Enzymen (peptonisirende bezw. tryptische Fermente sind im Milchsaft von *Ficus Carica* und *Carica Papaya* gefunden) legen die Vermuthung nahe, dass die Milchröhren und -Gefässe dem Transport von Nährstoffen dienen könnten. Man hat jedoch gefunden, dass selbst in hungernden Pflanzentheilen der Milchsaft nicht verbraucht wird, so dass sich der uns bis jetzt bekannte Nutzen dieser oft ätzend scharfen und giftigen Säfte auf äusserliche Verhältnisse beschränkt. Durch die eben genannten Eigenschaften gewähren sie der Pflanze einestheils Schutz gegen Thierfrass, und da bei Verletzungen der Milchsaftbehälter der Milchsaft von den umgebenden turgescirenden Geweben oder von der elastisch gedehnten Behälterwand selbst hervorgepresst wird, so bilden die dicken, an der Luft gerinnenden und eintrocknenden Tropfen andertheils einen wirksamen Wundverschluss. Dem gleichen Zwecke dient bei anderen Pflanzen, besonders bei Holzgewächsen, Wund-Gummi.

#### Besondere Ernährungsweisen.

**Parasiten, Saprophyten, Symbionten und Insectivoren.** Die Gewinnung der organischen Substanz durch die Assimilationsthätigkeit grüner

Zellen ist die bei den Pflanzen weitaus häufigste Art der Ernährung, weshalb sie auch wohl als die „normale“ bezeichnet worden ist. Erst auf Kosten der von grünen Pflanzen reichlich producirt organischen Substanz konnten gewisse Pflanzen zu anderer Ernährungsweise übergehen, bei welchen sie von fertig zubereiteter organischer Substanz zehren. Dieses Verhältniss besteht, wie erwähnt, schon zwischen den farblosen und den grünen Zellen, zwischen Blättern und Wurzeln aller grünen Pflanzen. Was hier aber die chlorophylllosen Zellen thun, darauf verlegen gewisse Pflanzenarten ihre ganze Lebensweise; sie verzichten auf die Ausbildung eines ausreichenden Chlorophyllapparates und haben damit die Fähigkeit eingebüsst, aus anorganischen Stoffen sich ihre Nahrung zu formen.

Ein ganzes Heer derartiger nichtgrüner Pflanzen zehrt von der organischen Körpersubstanz abgestorbener Thier- und Pflanzenreste. Ihm fällt alle bestehende und vergängliche Materie nach längerer oder kürzerer Zeit des Lebens einmal zu und es ist vorzugsweise das Verdienst der Ernährungs- und Zersetzungsthätigkeit jener chlorophylllosen Pflanzen, wenn die abgestorbenen Pflanzen- und Thierkörper bei der Jahrtausende langen Zufuhr nicht in hohen Schichten die Erdoberfläche bedecken. — Mit der Besitzergreifung solcher herrenlos gewordener Materie begnügen sich jene eigenartigen Pflanzen jedoch nicht allein, und es kommt ein geradezu gewalthätiger Zug in die sonst so friedliche Pflanzenernährung, wenn lebende Organismen, Thiere wie Pflanzen, von ihnen angefallen, getötet und verzehrt werden.

Es ist vor Allem die zahllose Heerschaar der Spaltpilze (der Bacterien) und der echten Pilze, welche von fremden organischen Stoffen parasitisch (d. h. von der Körpersubstanz lebender Wesen) oder saprophytisch (d. h. von abgestorbenen Resten und leblosen organischen Stoffen) sich ernähren. Aber auch aus der Reihe der höheren phanerogamen Pflanzen sind einige Arten aus verschiedenen Familien zu solcher Ernährungsweise übergegangen.

Merkwürdig sind die Wandlungen, welche die Organisation und die Functionen dieser höheren Pflanzen durch die veränderte Ernährungsweise erfahren haben, und welche uns zugleich vor Augen führen, wie sehr die Chlorophyllernährung die uns geläufige Ausgestaltung der grünen Pflanzen beeinflusst hat. Mit dem Zurücktreten oder dem Verschwinden des Chlorophylls in den Schmarotzern verschwinden die, speciell für die Assimilation eingerichteten und vorzüglich geeigneten grossen Blattflächen; die Blätter werden zu unscheinbaren Schuppehen, denn das Licht spielt keine Rolle mehr bei ihrer Ernährung. Auch eine lebhaftere Transpiration zur Unterstützung der Assimilation ist nicht mehr nöthig, die Vasaltheile der Gefässbündel bleiben daher schwach entwickelt, und eine nachträgliche Holzbildung findet in grösserem Umfange nicht statt. Diesem Fortfall der Assimilations-einrichtungen steht aber die Ausbildung neuer Fähigkeiten gegenüber, welche es dem Parasiten gestatten, in den Körper des befallenen Organismus einzudringen und derart in dessen Stoffwechsel und seine Bahnen einzugreifen, dass eine ausgiebige Beraubung erfolgen kann. — Handelt es sich dagegen nur um die Aufnahme organischer Substanzen aus abgestorbenen Organismen, dann können die äusseren Einrichtungen zur Nahrungsaufnahme diejenigen zur Erlangung der Mineralsalze ähnlicher bleiben; es kommt dann nur auf eine innige Berührung mit den organischen Resten an.

Als Beispiel einer parasitisch lebenden Phanerogamen sei hier die zur Familie der Convolvulaceen gehörige *Cuscuta europaea* betrachtet, obgleich deren Chlorophyllgehalt, wenn er auch nur sehr gering ist, noch an die normal assimilirenden Pflanzen erinnert. Die Einrichtungen der parasitischen Ernährung liegen hier aber im Gegensatz zu anderen Parasiten, welche ihre Wirthspflanzen unter-

irdisch befallen, so klar zu Tage und sind so auffallend, der Chlorophyllgehalt ist zudem so unwesentlich, dass *Cuscuta* als ein vorzüglich ausgerüsteter Parasit zu betrachten ist.

Rechts unten in Fig. 186 sind *Cuscuta*-Keimlinge dargestellt, wie sie sich im Frühjahr aus den Samen, in denen sie schlangentartig aufgerollt lagen, entwickeln.

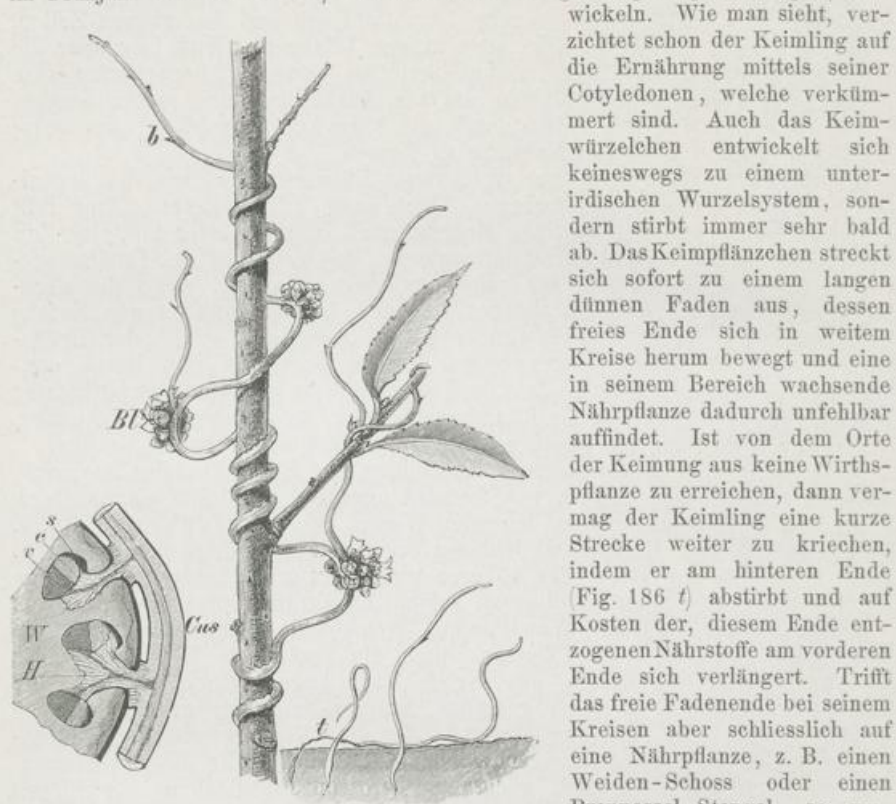


Fig. 186. In der Mitte ein Weidenzweig, umwunden von der schmarotzenden *Cuscuta europaea*. An den warzenförmigen Anschwellungen des *Cuscuta*-Stengels treten Saugwürzelchen in die Weide ein. *b* reducirte Blättchen, *Bl* Blütenknäuel. Links: Verbindung des Schmarotzers (*Cus*) mit einer Wirthspflanze *W*. Die Saugwürzelchen (*Haustorien* *H*) dringen theils in das Rindenparenchym, theils legen sie sich dicht an den Vasaltheil *v* und den Cribraltheil *c* der Gefässbündel an, deren Sklerenchymkappe *s* sie zum Theil abheben. Rechts: Keimende *Cuscuten*; der längste Keimling auf dem Boden kriechend, indem er vorn auf Kosten des absterbenden Theils *t* weiterwächst.

Sangorgane, der *Haustorien* (*H*) nach. Es sind das eigenartig entwickelte Adventivwürzelchen, die, aus dem Innern des Parasiten hervorbrechend, in erhöhtem Grade die Fähigkeit besitzen mit Hilfe lösender Fermente und des beim Wachsen ausgeübten Druckes in den Körper der Wirthspflanze tief einzudringen. Sie breiten sich scheinbar ohne Schwierigkeit im fremden Gewebe aus, legen sich eng an

Wie man sieht, verzichtet schon der Keimling auf die Ernährung mittels seiner Cotyledonen, welche verkümmert sind. Auch das Keimwürzelchen entwickelt sich keineswegs zu einem unterirdischen Wurzelsystem, sondern stirbt immer sehr bald ab. Das Keimpflänzchen streckt sich sofort zu einem langen dünnen Faden aus, dessen freies Ende sich in weitem Kreise herum bewegt und eine in seinem Bereich wachsende Nährpflanze dadurch unfehlbar auffindet. Ist von dem Orte der Keimung aus keine Wirthspflanze zu erreichen, dann vermag der Keimling eine kurze Strecke weiter zu kriechen, indem er am hinteren Ende (Fig. 186 *t*) abstirbt und auf Kosten der, diesem Ende entzogenen Nährstoffe am vorderen Ende sich verlängert. Trifft das freie Fadenende bei seinem Kreisen aber schliesslich auf eine Nährpflanze, z. B. einen Weiden-Schoss oder einen Brennnessel-Stengel, so umschlingt es dieselbe gleich einer Schlingpflanze und unmittelbar darauf entwickeln sich aus der, der Wirthspflanze angeschmiegt Seite zunächst papillöse Wucherungen der Epidermis, welche in die Gewebe der Wirthspflanze eindringen. Finden diese Prähaustorien dort zusagende Verhältnisse vor, dann folgt ihnen sehr rasch die Ausbildung der eigentlichen



dessen Gefässbündel an und einzelne, aus dem Körper des Haustoriums hervorsprossende freie Zellreihen dringen wie Pilzfäden in dem zarten Parenchym vor und entnehmen diesem weitere Nahrung. Da, wo sich das Haustorium an den Gefäss- und Siebtheil eines Gefässbündels herangedrängt hat, erfolgt ein directer Anschluss der Strombahnen des Schmarotzers an die der Wirthspflanze. In dem vorher zartwandigen Haustoriumgewebe bilden sich nämlich sowohl Elemente des Gefässtheils als des Siebtheils aus, welche sich einerseits an die Gefässtheile und Siebtheile des Wirthes organisch anschliessen, andererseits aber mit den Gefässbündeln des Schmarotzerstengels in Verbindung treten (Fig. 186 links). Wie ein der Wirthspflanze angehöriges Seitenorgan entnimmt dann der Schmarotzer sein Transpirationswasser deren Gefässtheil und seine plastischen Nährstoffe ihrem Parenchym und Siebtheil. Das Habitusbild in der Mitte der Fig. 186 zeigt eine von dem Schmarotzer schlangentartig umwickelte Weide. Man sieht die warzenartigen Erhebungen, aus welchen die Haustorien hervorbrechen, der Weidenrinde anliegen und bemerkt, dass die Blättchen des Schmarotzers als kleine unscheinbare Schüppchen entwickelt sind, während die kleinen weisslichen Blüten haufenweise beisammenstehen. — Die ebenfalls schmarotzenden Orobanchen senden ihre Haustorien lediglich in die Wurzeln ihrer Nährpflanze und es kommen nur die hellgelblichen, hell röthlichbraunen oder amethystblauen spargelartigen Blüten sprosse aus der Erde neben dem Stengel des Wirthes hervor. Auch die Orobanchen enthalten noch geringe Mengen von assimilirenden Chlorophyllkörpern. Beide, *Cuscuta* und Orobanchen, sind gefürchtete Feinde der Landwirthschaft, da sie an Culturgewächsen, erstere als sogen. „Teufelszwirn“, „Flachs- und Klee-seide“, letztere als „Würger“ grossen Schaden anrichten und schwer von einem Acker auszurotten sind.

Manche ausländische Schmarotzerpflanzen, so besonders die Rafflesiaceen, sind derart in ihrer parasitischen Lebensweise aufgegangen, dass sie überhaupt keine frei auftretenden Pflanzenkörper mehr bilden, sondern ganz innerhalb der Wirthspflanze wachsen, aus der dann zeitweise die fremdartigen Blüten des Schmarotzers überraschend hervorbrechen. So ist der Vegetationskörper der *Pilostyles*-Arten in einzelne Zellreihen aufgelöst und durchwuchert ganz wie ein Pilz-Mycelium kleinasiatische *Astragalus*-Arten. Nur die Blüten des Schmarotzers brechen seitlich aus den Blattachseln der Nährpflanze hervor<sup>(35)</sup>.

Gegenüber diesen Schmarotzern, welche in die grösste Abhängigkeit von ihrer Nährpflanze gerathen sind, giebt es aber auch Parasiten, welche äusserlich noch sehr selbständig auftreten, grosse grüne Blätter besitzen und damit kräftig assimiliren können. Trotzdem entwickeln sich diese Pflanzen nur dann völlig normal, wenn ihr Wurzelsystem mittels scheibenförmiger Haustorien fremde Wurzeln (oder zur Noth selbst die Wurzeln von Individuen der eigenen Art) befällt. Diese merkwürdige Ernährungsweise zeigen sowohl die einheimische Santalaceen-Gattung *Thesium* als auch die Rhinanthaceen *Rhinanthus*, *Euphrasia* und *Pedicularis*. Unsere einheimische in Holzgewächsen wurzelnde Mistel (*Viscum album*) besitzt, wie viele ihrer fremdländischen Verwandten unter den Loranthaceen, ebenfalls noch stattliche Blätter und ist so reich an Chlorophyll, dass sie ihren Bedarf an Kohlehydraten wohl vollständig selbst zu decken vermag, während ihr reducirtes Wurzelsystem, wie es HEINRICH auch für die obengenannten Rhinanthaceen wahrscheinlich gemacht hat, auf das Nährwasser einer Wirthspflanze mit leistungsfähigeren Wurzeln angewiesen ist. Unter den Rhinanthaceen hat sich dagegen *Melampyrum* nebenher auf saprophytische Ernährung eingerichtet<sup>(36)</sup>.

Ganz auf saprophytische Lebensweise sind vornehmlich einige humusbewohnende Orchideen (*Neottia*, *Coralliorrhiza* u. a.), sowie die Monotropeen

angewiesen, deren einheimischer Vertreter, der Fichtenspargel (*Monotropa Hypopitys*), ebenso wie die genannten Orchideen, die verwesende Lauberde unserer Wälder ausnutzt. Die dicken Wurzeln oder Rhizome dieser Pflanzen bieten der Nahrungsaufnahme jedoch wenig Oberfläche dar, so dass es den Anschein gewinnt, als ob Pilz-Fäden, welche stets in den äusseren Zelllagen jener unterirdischen Organe knäuelartig aufgerollt sind und deren freie Enden sich im Waldhumus ausbreiten, bei der Nahrungsversorgung dieser Saprophyten irgendwie mitwirkten<sup>(37)</sup>.

Auch die Wurzeln grüner Pflanzen, welche humusreichen Boden bewohnen, werden häufig von Pilzfäden bewohnt, die wie bei den genannten Orchideen theils in den Wurzelzellen aufgerollt, andertheils im Humus ausgebreitet sind. Zuweilen umspinnen und umhüllen verfilzte Massen von Pilzfäden die jungen Wurzelspitzen so dicht, dass ein directer Stoffaustausch zwischen Wurzelrinde und Boden ausgeschlossen erscheint. In dieser Weise werden nach FRANK die Wurzelspitzen unserer waldbildenden Cupuliferen und Coniferen, wie auch der haidebildenden Ericaceen stets von einer Pilzscheide überzogen und bilden so die Mykorrhiza. Diese Pilz-Vegetation bringt den Wurzeln augenscheinlich keinen Schaden, sie scheint den befallenen Pflanzen vielmehr nützlich zu sein, wie der Ausfall von Culturversuchen ohne Mykorrhiza vermuthen lässt. Einen tieferen Einblick in das gegenseitige Verhältniss hat man hier aber noch nicht gewonnen; möglich, dass hier eine vortheilhafte Lebensgemeinschaft, wie man sie nach DE BARY als „Symbiose“ bezeichnet, vorliegt, indem die im Boden sich ausbreitenden Pilz-Hyphen die Function der Wurzelhaare bei unseren Waldbäumen ersetzen oder unterstützen, oder indem, wie JANSE vermuthet, die Mykorrhiza-Pilze der Wurzel den Stickstoff der Luft in gebundener Form zugänglich machen, dafür aber einen Theil der Nahrung von den Bäumen erhalten<sup>(38)</sup>.

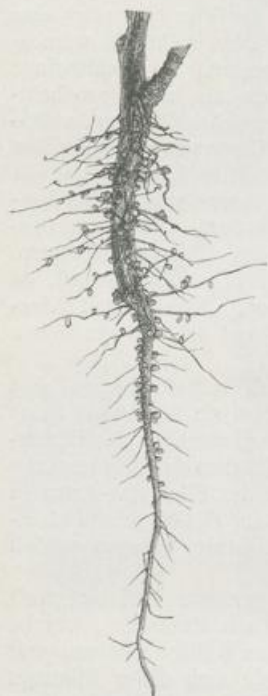


Fig. 187. Eine aus dem Boden gehobene Wurzel der Feldbohne (*Vicia faba*), dicht besetzt mit Bacterienknöllchen. Verkleinert.

Derartige merkwürdige Beziehungen zwischen Wurzel und Bacterien treten in der That bei den Leguminosen auf. Es ist eine verbreitete und deshalb längst bekannte Erscheinung, dass allgemein die Wurzeln unserer Leguminosen, der Bohnen, Erbsen, der Lupinen, des Kleees u. a. eigenartige Auswüchse, sogen. Wurzelknöllchen, tragen (Fig. 187). Vor nicht langer Zeit entdeckte man erst, dass diese Knöllchen, von denen man bis zu 4000 an einer Erbsenpflanze zählen kann, von gewissen Bodenbacterien, zumal von verschiedenen Rassen des *Bacillus radicecola* (*Rhizobium leguminosarum*), verursacht werden. Diese Bacterien dringen durch die Wurzelhaare in die Rinde der Wurzel ein, verursachen hier die genannten Wucherungen und füllen dieselben mit einer Bacterien-Masse an, welche zum grössten Theil aus übergrossen und abnorm gebildeten (Involutionenformen) sogen. Bacteroiden, zum kleineren Theil aus normal gebliebenen Bacterien besteht. Erstere scheinen von der Nährpflanze schliesslich zum Theil resorbirt zu werden, letztere bleiben mit den Wurzelresten im Boden für die Fortpflanzung erhalten. Auch hier handelt es sich, wie die Entdeckungen HELLRIEGEL'S

und die Untersuchungen von NOBBE, BEYERRINCK, FRANK u. a. bewiesen haben, um eine Symbiose, bei welcher die Kohlehydrate den Bacterien von der Leguminose geliefert werden, wogegen dem Rhizobium die Fähigkeit zukommt, den freien Stickstoff in eine Form überzuführen, in der er von der Leguminose verarbeitet werden kann (vgl. S. 146). Dabei nimmt die Leguminose mehr Stickstoff auf, als die Bacteroiden selbst enthalten, und zwar schon lange vor dem endlichen Zerfall der Bacteroiden (Lupinen pro ha über 200 kg!). — Die Thatsache, dass derartige knöllchenbildende Leguminosen, abweichend von anderen Pflanzen, selbst auf armen sandigen Böden gut zu gedeihen vermögen, war schon PLINIUS bekannt und die Leguminosen wurden schon längst als bodenbereichernde Pflanzen bezeichnet.

Ausser durch die Lieferung von werthvollem Stickstoff scheint der Bacillus noch überhaupt fördernd auf das Gedeihen der befallenen Leguminose einzuwirken. Erbsen und Lupinen gedeihen auch in fruchtbarem Boden nicht so gut, wenn durch Sterilisiren der Bacillus darin getödtet wurde und keine Knöllchen entstehen können. Setzt man zu solchen Culturen aber unsterilisirten Boden hinzu, der diese Bacillen enthält, so entstehen die Wurzelknöllchen noch nachträglich und die Pflanzen entwickeln sich bei lebhafterem Stoffwechsel und Wachsthum mit einem Male viel kräftiger.

Stehen der Leguminose genügend mineralische Nitate im Boden zur Verfügung, dann tritt freilich mit der vegetativen Erstarkung die Infection und Knöllchenbildung aber mehr oder weniger zurück. — Ausser den Leguminosen, von denen man bisher nur Gleditschia triacanthos knöllchenfrei gefunden hat, vermögen nach NOBBE und HILTNER auch Elaeagnus, Alnus und Podocarpus sich die Quelle des freien atmosphärischen Stickstoffs zu erschliessen, wenn ihre Wurzeln durch Infection mit anderen niederen Organismen Knöllchen ausbilden<sup>(34)</sup>.

Während unter den höheren Pflanzen nur vereinzelte Arten ganz zur parasitischen oder saprophytischen Lebensweise übergegangen sind, andere nur gelegentlich und nebenher tote organische Substanz oder andere Lebewesen sich dienstbar machen, treten unter den niederen Pflanzen grosse Verwandtschaftskreise mit unzähligen Gattungen und Arten, nämlich die Pilze und Bacterien, als ausschliessliche Parasiten und Saprophyten auf. Pilze und Bacterien sind theils reine Parasiten, die oft auf bestimmte Pflanzen und Thiere, ja auf engbegrenzte Theile derselben angewiesen sind, theils reine Saprophyten; andere sind beides zugleich, je nach Umständen. Was das Verhalten vieler Bacterien und Pilze ihrem organischen Nährboden gegenüber ganz besonders merkwürdig macht, ist ihre Eigenschaft, die gebotenen Nährstoffe nicht völlig zu ihrer Ernährung auszunutzen, sondern oft den weitaus grössten Theil durch fermentative Wirkungen so zu zersetzen und zu zerstören, dass sogar ihre eigene Entwicklung sehr bald gehemmt wird. Wenn sich in einem Liter Traubensaft Hefe-Zellen entwickeln, dann verbrauchen dieselben nur sehr geringe Mengen (ca. 1%) des grossen Nährstoffvorrathes zu ihrer eigenen Substanzvermehrung; bei weitem der grösste Theil des Substrats wird durch fermentative Wirkungen (S. 175) völlig zersetzt. Er vergährt, indem aus der Traubenzuckerlösung unter Bildung von Kohlensäure schliesslich eine alkoholische Flüssigkeit mit geringen Beimengungen von Bernsteinsäure und esterartigen Körpern entsteht, in welcher die Hefe nicht mehr gedeihen kann. Die in dem Liter Traubensaft enthaltenen Nährstoffe würden aber hingereicht haben, bedeutend grössere Mengen von Hefe zu bilden, als es bei der eintretenden Gährung möglich war. Wird ein Apfel von einem Mucorpilz befallen, so begnügt sich dieser nicht mit der Wegnahme der äusserst geringen Stoffmenge, die er zu seiner Entwicklung benöthigt, sondern er macht durch seine Einwirkung den

ganzen Apfel bald durch und durch faul, indem er dessen festes Gewebe unter Verfärbung in eine weiche, übelriechende Masse verwandelt. — Neben der eigenartigen Ernährungsthätigkeit wirken meist besondere Athmungsvorgänge, die man als intermoleculare (S. 191) bezeichnet, bei den Vorgängen der Gährung und der Fäulniss mit. Diese Processe sind so energisch, dass oft eine erhebliche Wärmeentwicklung dabei stattfindet. Die Wärmeentwicklung in faulendem Mist wird bekanntlich in den Mistbeeten ausgenützt; feuchtes, gährendes Heu und feuchte Rohbaumwolle sollen sich oft (wohl mit Hülfe leicht brennender Gase) bis zur Selbstentzündung erhitzen, und bei keimender Gerste hat man Temperatursteigerungen von 40—70 und mehr Grad beobachtet. Dieselben sind in dieser Höhe aber nicht durch die Athmung der Gerstensamen bedingt, sondern, nach COHN, durch die zersetzende Thätigkeit eines Schimmelpilzes, des *Aspergillus fumigatus*. Die Erhitzung der feuchten Rohbaumwolle, die schon zu Schiffsbränden Anlass gegeben, wird dagegen durch einen *Micrococcus* veranlasst. — Geronnenes Eiweiss und coagulirte Gelatine werden von vielen Pilzen und Bacterien verflüssigt und die auftretenden Fäulnissgase (Kohlensäure, Schwefelwasserstoff, Schwefelammonium, Ammoniak, Wasserstoff u. a.) beweisen, wie tiefgreifend die Zersetzung des Substrates ist. Solche gründlichen Zersetzungen bewirken hauptsächlich die erwähnte Wegräumung der abgestorbenen Organismen. Die äusserst giftigen Substanzen, welche nebenbei oft gebildet werden, veranlassen die schweren Krankheitsercheinungen, welche Pilze und Bacterien in dem Körper lebender Wesen hervorrufen können (Kartoffel-Krankheit, Brand des Getreides, Cholera, Typhus, Diphtheritis, Milzbrand u. s. w.). Pflanzen und zumal Thiere vermögen sich ihrerseits gegen den Angriff jener Mikroorganismen dadurch zu schützen, dass sie Stoffe (Alexine, Antitoxine) besitzen oder nachträglich ausbilden, welche für jene Bacterien spezifische Gifte sind, ein Umstand, den die Therapie mehr und mehr mit Erfolg zur Bekämpfung der Infectionskrankheiten benutzt.

Während man bisher als Erreger der ansteckenden Krankheiten stets Mikroorganismen annehmen zu müssen glaubte, ist von BEYERINCK kürzlich ein unorganisirtes, aber im Plasma vermehrungsfähiges Contagium fluidum als Ursache der Fleckenkrankheit der Tabaksblätter entdeckt worden<sup>(40)</sup>.

Neben der merkwürdigen und für ihre Existenz höchst unvortheilhaft erscheinenden Eigenschaft, den eigenen Nährboden durch Gährung und Fäulniss zu zerstören, besitzen Pilze und Bacterien aber auch die Fähigkeit, einen nicht geeigneten Nährboden für sich brauchbar zu machen. Durch invertirende Fermente können sie den für sie ungeeigneten Rohrzucker in brauchbaren Invertzucker überführen und sie vermögen andererseits durch geeignete Enzyme auch aus Stärke, selbst aus Cellulose, Glukosen und Maltose herzustellen.

Wie aus dem Gedeihen von Pilzen auf den verschiedensten Nährböden hervorgeht, sind dieselben im Stande, mit Hülfe der allermannigfaltigsten Kohlenstoffverbindungen (auch solchen, wie weinsteinsaurem Ammoniak oder gar aus kohlensaurem Ammoniak) Protoplasma, Zellhaut, Nuclein, Fett, Glukogen u. s. w. zu bilden.

Nicht alle schmarotzenden Pilze aber fügen ihrer Nährpflanze durch weitgehende zersetzende Wirkungen einen die Nahrungsentziehung weit überbietenden Schaden zu. Anders als z. B. die baumtötenden Hutpilze verhalten sich viele Brand- und Rostpilze, welche die befallenen Pflanzen verhältnissmässig wenig schädigen. Die Einwirkung des schmarotzenden Pilzes auf die Nährpflanze erweist sich aber geradezu als förderlich bei den Flechten. Diese wurden früher als eine den Algen und Pilzen völlig gleichwerthige dritte Gruppe der

niederen Cryptogamen betrachtet; erst in den letzten Jahrzehnten wurde durch DE BARY, zumal aber durch die Forschungen von SCHWENDENER, REESS und STAHL festgestellt, dass der Flechten-Körper kein einheitlicher Organismus ist, sondern sich zusammensetzt aus Algen (bezw. Spaltalgen), die auch sonst frei in der Natur vorkommen, mit besonderen, meist den Ascomyceten zugehörigen Flechtenpilzen, welche aber mit seltenen Ausnahmen sonst nicht saprophytisch oder parasitisch gefunden werden. Die Pilz-Hyphen umspinnen im Flechten-Körper die Algen, überlassen ihnen den zur Assimilation günstigsten Platz auf der Oberseite ihres blattartigen, oder an der Aussenseite ihres cylindrischen Thallus, treten mit ihnen in innige Berührung und entziehen denselben einen Theil ihrer Assimilate. Dafür liefert der Pilz das Nährwasser und setzt die Alge in den Stand, an Orten zu leben, wo sie allein nicht wachsen könnte. In dem Flechtenkörper werden die Algen von dem Pilz keineswegs erschöpft, sie werden in Verbindung mit dem Pilze sogar oft kräftiger als in freiem Zustande und vermehren sich durch Theilung.



Fig. 188. *Acacia sphaerocephala*, eine Ameisenpflanze. I Stammstück mit Dornen (S) und einem Blatte. Die hohlen Dornen werden von Ameisen angebohrt und bewohnt. An den basalen Blattfiederchen die Futterkörper F. Auf dem Blattstiel bei N ein Nectarium. Verkleinert. II Einzelnes Blattfiederchen mit dem Futterkörper F, etwas vergrößert.

Beiderlei Bestandtheile der Flechten ziehen aus der Lebensgemeinschaft demnach bestimmte Vortheile und so bilden diese Genossenschaften einen der typischsten Fälle pflanzlicher Symbiose<sup>(41)</sup>.

Weniger erkennbar ist der Grund, der die Spaltalgen *Nostoc* und *Anabaena* regelmässig in Cycadeenwurzeln oder in die Blätter von Azollen und in andere Wasserpflanzen führt<sup>(42)</sup>.

Neben diesen Fällen von pflanzlicher Symbiose mögen die Lebensgemeinschaften von Pflanzen mit Thieren eine kurze Erwähnung finden. Ebenso wie die genannten Flechtenpilze beuten nach BRANDT auch niedere Thiere einzellige Algen aus, indem sie sich deren Assimilationsproducte aneignen, ohne die Alge selbst zu zerstören. Süßwasserpolyphen (*Hydra*), Schwämme (*Spongilla*), Ciliaten (*Stentor*, *Paramecium*), auch Heliozoen, Würmer (Planarien) und Amöben (*A. proteus*) zeichnen sich oft durch eine tiefgrüne Färbung ihres Körpers aus: So zahlreich sind die Algen, welche sie in ihren Geweben beherbergen und von deren Assimilaten sie ausschliesslich oder doch mit zehren. Dieselbe Rolle, wie hier die grünen Algen, spielen bei Radiolarien die sogen. „gelben Zellen“, die als gelbe einzellige Meeresalgen erkannt wurden. — Eine andere merkwürdige

Symbiose, bei welcher es sich nicht um so elementare Ernährungsfragen handelt, hat sich zwischen Pflanzen und Ameisen ausgebildet. Die sogen. Ameisenpflanzen (Myrmekophyten) bieten kleinen und äusserst kriegerischen Ameisen Wohnungen entweder in hohlen und unschwer zugänglichen Stämmen (Cecropia), in grossen hohlen Dornen (Acacia spadicigera und sphaerocephala, Fig. 188), in blasenartig aufgetriebenen Internodien (Cordia nodosa), oder in kopfgrossen labyrinthartig durchhöhlten Stammknollen (Myrmecodia). Dabei wird den Ameisen oft noch Nahrung geliefert, von den Cecropien und Acacien in Gestalt von eiweiss- und fettreichen Körperchen (Fig. 188 F), von den Acacien ausserdem noch durch Nectararien (Fig. 188 N). Dafür schützen die Ameisen die bewohnte Pflanze in der wirksamsten Weise gegen thierische Feinde, zumal gegen die Blattschneiderameisen, welche im tropischen Amerika in kürzester Zeit grosse Pflanzen vollständig durch Abschneiden von Blattstückchen entblättern und zu Grunde richten können. Die Blattschneider leben, wie MÖLLER entdeckte, aber auch ihrerseits

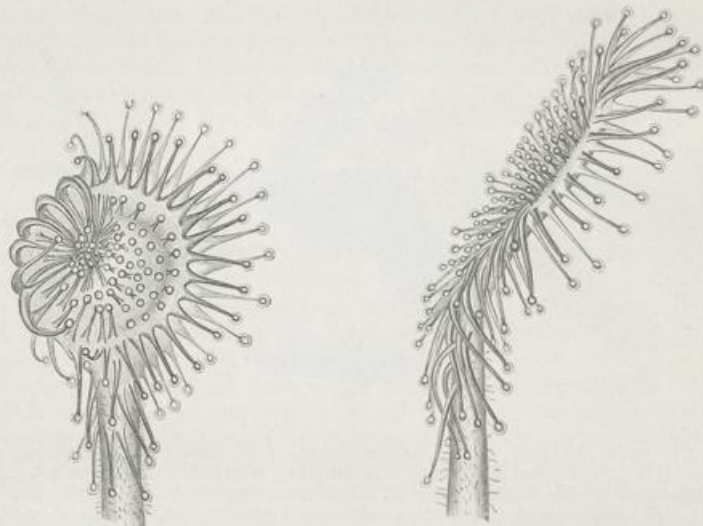


Fig. 189. Blätter von *Drosera rotundifolia*, links von oben, rechts von der Seite gesehen. Vergr. (Nach DARWIN.)

in einer Symbiose mit einem Pilz (*Rozites gongylophora*), dessen Mycel sie auf den zusammengetragenen Blattstücken (den „Pilzgärten“) in Reincultur züchten und dessen nährstoffreiche, von ihnen selbst hervorgerufenen, eigenartigen Auswüchse ihnen ausschliesslich als Nahrung dienen. Auch Termiten sind in letzter Zeit als Pilzzüchter erkannt worden<sup>(43)</sup>. — Ein bekanntes symbiotisches Verhältniss hat sich zwischen Blumen und Insecten (auch Vögeln) ausgebildet, bei welchem die Blume die Nahrung meist in Nectar und Blüthenstaub, aber auch in Samenanlagen (Yucca-Motte und Feigengallwespe) spendet, die Thiere aber die Befruchtung vermitteln (S. 254 ff.), wodurch beide auf einander angewiesen sind. Weniger eng ist das symbiotische Verhältniss bei der unbeabsichtigten Verbreitung nahrhafter und wohlschmeckender Früchte und Samen durch Thiere.

Zu den merkwürdigsten Thatsachen auf dem Gebiete der pflanzlichen Ernährung gehört unstreitig der Fang und die Verdauung von Thieren. Es geschieht dies durch grüne Pflanzen, die sich daher selbständig ihre organische Substanz verschaffen können, die aber durch eigenartige Einrichtungen

sich nebenher eine aussergewöhnliche Quelle stickstoffreicher organischer Nahrung nutzbar machen und dieselbe zu einem kräftigeren Gedeihen und vor Allem zu reichlicherer Samenproduction verwenden als es ohne thierische Nahrung möglich ist. Es ist wohl kein Zufall, dass die thierfangenden (carnivoren) Pflanzen (gewöhnlich insectenfangende oder Insectivoren genannt) meist Bewohner sehr feuchter Standorte, des Wassers und der Sümpfe oder Bewohner feuchter Tropenwälder oder auch Epiphyten (nicht schmarotzende Baumbewohner) sind, denen die stickstoff- und phosphorhaltigen Bodensalze nicht in dem Maasse zufließen wie stark transpirirenden Landpflanzen. Besonders deutlich wird dieser Umstand bei Betrachtung unserer einheimischen Sonnenthan-Pflänzchen (der *Drosera*-Arten), welche mit wenigen dünnen Würzelchen den mächtigen, schwammartig durchnetzten Torfmoos-Rasen lose aufsitzen. Hier muss die Fleischnahrung ein willkommener Beitrag zur Stickstoffernährung sein.

Für den Thierfang bestehen bei den carnivoren Pflanzen die mannigfaltigsten Einrichtungen. Auf den Blättern der *Drosera* stehen wie Schneckenfühler gestaltete stielartige Auswüchse, deren Drüsenköpfchen ein klebriges saures Secret absondern (Fig. 189 und 119). Kleinere Insecten, aber auch grössere Fliegen und Schmetterlinge, die mit diesen Drüsenköpfchen in Berührung kommen, bleiben daran hängen, gerathen bei ihren Befreiungsversuchen mit noch mehr Drüsen in Berührung und werden dadurch um so fester gehalten. Durch den Berührungsreiz veranlasst, krümmen sich dann sämtliche Stielchen („Tentakeln“) nach dem Opfer hin, wobei die Blattfläche selbst hohl wird und das Insect umfasst. Das Secret wird nun reichlicher ausgeschieden, sein Gehalt an Säuren (Ameisensäure?) wird gesteigert und es tritt ausserdem ein peptonisirendes Ferment hinzu.

Das gefangene Thier wird in kurzer Zeit vom Secret ganz überzogen und eingehüllt; es erstickt und wird dann langsam verdaut. Die gelösten Fleischtheile werden darauf von den Blattzellen sammt dem Secret resorbirt.

Bei der ebenfalls in Deutschland heimischen *Pinguicula* legt sich der Blatt- rand um das kleine Thier, welches an den winzigen Hautdrüsen hängen bleibt. — Die gleichfalls bei uns in stehenden Gewässern vorkommenden *Utricularia*-Arten tragen an den fein zerschlitzten Blättern (Fig. 46) grüne Blasen (umgewandelte Blattzipfel), die eine kleine viereckige Oeffnung besitzen. Diese Oeffnung ist mit einer elastischen, nur nach innen sich öffnenden Klappe verschlossen, gestattet kleinen Schnecken und Krebschen, die durch besondere Auswüchse nach der Oeffnung hin geleitet werden, leicht den Eingang in die Blase, verwehrt ihnen aber den Austritt, so dass man oft zehn und zwölf Thiere darin gefangen findet. Haare, die von der inneren Blasenwand kreuzweise aus gemeinsamer Basis entspringen, scheinen die Resorption der absterbenden thierischen Körper zu besorgen.

Stattlicher und leistungsfähiger sind die Fangeinrichtungen ausländischer Carnivoren. Geradezu überraschend ist die Schnelligkeit, mit welcher die Venusfliegenfalle (*Dionaea*) auf den Torfmooren Carolinas ihre hohlen gezähnten Blatt-

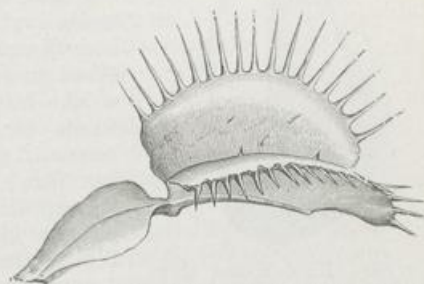


Fig. 190. Ein Blatt der Venusfliegenfalle (*Dionaea muscipula*). Auf der inneren Blattfläche die empfindlichen Borsten, deren Berührung ein plötzliches Zusammenklappen der beiden Blatthälften bewirkt. Der schraffierte Theil der Innenflächen dicht mit Verdauungsdrüsen besetzt. (Nach DARWIN.) Vergrössert.

hälften zusammenklappt und das Insect, das sich darauf gewagt, so gefangen nimmt. Fig. 190 stellt ein Blatt dieser *Dionaea* in offenem Zustand, zum Fange bereit, vor. Das Zuklappen erfolgt äusserst schnell, sobald eine der drei beweglich eingelenkten Borsten berührt wird, welche auf jeder Blatthälfte aufsitzen. (Die Blattflächen selbst sind viel weniger empfindlich.) Ist das Insect im geschlossenen Blatte endlich getödet, wobei sich die zarten Blattflächen dicht demselben anschmiegen, dann beginnt auch hier eine reichliche Ausscheidung verdauender Säfte durch Drüsenhaare, die auf der inneren (in der Figur schraffirten) Blattfläche stehen; später erfolgt die Resorption der gelösten Producte.



Fig. 191. Blatt-Kanne einer *Nepenthes*. Am Grunde der Kanne, aus welcher ein Stück herausgeschnitten gedacht ist, steht die von den Blattdrüsen ausgeschiedene Flüssigkeit *F*, in welcher hineingefallene Thiere verdaut werden.  
Verkleinert.

vor Allem auch von Regenwasser, in den Kannensaft zu verhüten. Der Eingang zu den Blattschläuchen der *Darlingtonia* befindet sich auf der Unterseite ihres helmartig übergebogenen Endes und macht einen Deckel entbehrlich.

### III.

#### Die Athmung.

Die Athmung der Pflanzen bietet sich dem Beobachter nicht so auffällig dar wie die der höheren Thiere, und wie sich die Ernährung der grünen Pflanzen nur durch das eigens angestellte Experiment feststellen liess, so bedurfte es gleichfalls richtig überlegter Versuche, um zu erkennen, dass auch die Pflanzen athmen müssen, um leben zu können, dass sie ganz wie Thiere Sauerstoff aufnehmen und Kohlensäure abgeben. Noch LIEBIG hatte 1840 in seinem epochemachenden Werke „Die organische



Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie“ die Athmung der Pflanzen gelegnet, welche SAUSSURE 1822 und DUTROCHET 1837 eingehend untersucht und in ihren wesentlichen Erscheinungen richtig erkannt hatten. LIEBIG erklärte die Athmung der Pflanzen geradezu für widersinnig, da man ja wisse, dass die Pflanze umgekehrt Kohlensäure zersetze und Sauerstoff abscheide; er hielt es für ein Unding, dass beide Vorgänge in der Pflanze neben einander herlaufen könnten — und doch ist es so. Assimilation und Athmung sind zwei Lebensprocesse, die ganz unabhängig von einander in der Pflanze bestehen. Während nur die **grünen** Pflanzentheile und nur im Licht bei der Assimilation Kohlensäure zerlegen und Sauerstoff ausscheiden, athmen **alle** Pflanzenorgane ohne Ausnahme Tag und Nacht Sauerstoff ein und Kohlensäure aus. Wird bei der Assimilation organische Substanz gewonnen, so geht umgekehrt bei der Athmung solche verloren. Eine Keimpflanze, welche im Dunkeln nicht assimiliren kann, verathmet einen grossen Theil ihrer organischen Substanz und verliert dabei beträchtlich an Trockengewicht. Ein Mais-Keimling, der sich aus einem 0,5 gr schweren Mais-Korn entwickelt, verathmet im Dunkeln in etwa drei Wochen die volle Hälfte seiner organischen Reservestoffe. Wenn grüne Pflanzen im Licht einen bedeutenden Ueberschuss organischer Substanz gewinnen, so verdanken sie diesen ausschliesslich dem Umstand, dass die zeitweilige Production durch die Assimilationsthätigkeit der Chlorophyllkörper die Verluste durch die ständige Athmung aller Organe weitaus übertrifft. So genügt nach BOUSSINGAULT's Schätzungen beim Lorbeer 1 Stunde Assimilation, um das Material für 30 Stunden Athmung zu beschaffen.

Was macht nun aber die Athmung unentbehrlich für das Leben? Auf den Substanzverlust als solchen kann es doch unmöglich abgesehen sein, da dieser eine blosser Vergeudung mühsam gewonnener Nahrung darstellen würde. Einen Anhaltspunkt über die Bedeutung der Athmung giebt uns aber das Verhalten der Pflanzen selbst, wenn wir ihnen den Sauerstoff vor-enthalten, entweder so, dass wir sie z. B. in reinen Stickstoff oder Wasserstoff, oder aber in einen luftleeren Raum bringen. Da findet es sich nämlich, dass alsbald jede sichtbare Lebensthätigkeit zum Stillstand kommt. Bei einer vorher kräftig wachsenden Pflanze erlischt das Wachsthum gänzlich, die Plasmaströmung in den Zellen hört auf, wie auch alle äusseren Bewegungserscheinungen. Die reizbaren Organe werden starr und unbeweglich. Die Pflanze verfällt in eine todähnliche Ruhe, denn alles bleibt auf dem Punkte stehen, auf welchem es gerade in seiner Lebensthätigkeit getroffen wurde. Wenn dann nach nicht zu langer Zeit Sauerstoff wieder zugelassen wird, so kehren die unterbrochenen Lebensäusserungen zurück. Ein längeres Verweilen in sauerstofffreier Umgebung vernichtet jedoch die Lebensthätigkeit unwiederbringlich, da in jenem Starrezustand sich doch innere chemische Processe abspielen, welche bei längerem Sauerstoffabschluss zur Vergiftung und zur Zersetzung der lebendigen Substanz führen. Der Eintritt des Sauerstoffs in den Chemismus der Zelle ist also nothwendig, um die lebendige Substanz im Zustande normaler Thätigkeit zu erhalten und Umsetzungen zu verhüten, welche die Lebensthätigkeit zerstören.

Der Sauerstoffverbrauch und die Erzeugung von Kohlensäure durch lebende Pflanzen kann schon durch sehr einfache Versuche qualitativ und quantitativ festgestellt werden. Nach dem, was über die entgegengesetzten Ausgangs- und Endproducte bei der Assimilation und der Athmung gesagt ist, wird man den Stoffwechsel der Athmung nicht an gleichzeitig assimilirenden Pflanzentheilen

unmittelbar wahrnehmen können; man wird zu nichtgrünen Pflanzentheilen greifen oder grüne im Dunkeln beobachten müssen. Bunte oder weisse Blüten, Wurzeln, keimende Samen und Pilze sind beispielsweise Objecte, an denen sich der Gaswechsel der Athmung jederzeit nachweisen lässt. Je reicher dieselben an Protoplasma sind und je energischer ihre Lebensthätigkeit ist, um so kräftiger athmen sie auch. Junge, in lebhaften Bildungsprocessen begriffene Pflanzentheile liefern daher die besten Versuchsergebnisse. — Noch ist aber zu bemerken, dass wir bei den anzuführenden Versuchen nicht das volle Endproduct der Athmung zu sehen bekommen, sondern davon nur die Kohlensäure nachweisen. Wie

theoretische Erwägungen und genaue quantitative Bestimmungen der bei der Athmung entstehenden Trockensubstanzverluste auf das Bestimmteste ergeben, wird nämlich bei der Athmung neben Kohlensäure aus der organischen Substanz auch noch Wasser gebildet.

Den Verbrauch des Sauerstoffs unter Bildung von Kohlensäure lässt der nebenstehende einfache Versuch (Fig. 192) klar hervortreten. In der bauchigen Erweiterung eines umgestülpten Glaskolbens werden einige junge Hutpilze oder Compositen-Blüthen (*B*) durch einen leichten Watterpfropf (*W*) festgehalten. Die Halsöffnung des Kolbens, welcher gewöhnliche Luft enthält, taucht in ein offenes Gefäss mit Quecksilber (*Q*) ein, wodurch die Luft in dem Kolben abgeschlossen ist. Durch das Quecksilber hindurch werden dann einige Kubikcentimeter Kalilauge (*K*) oder einige Stückchen feuchten Aetzkalis in den Hals eingeführt. In dem Maasse wie die Pflanzentheile den Sauerstoff im Kolben verbrauchen und Kohlensäure ausathmen, wird diese durch die Kalilauge absorbiert, und das hat zur Folge, dass das Luftvolumen sich verkleinert und das Quecksilber in dem Hals emporsteigt. Nach einiger Zeit hört das Steigen des Quecksilbers auf, und es bleibt auf seinem höchsten Stand unverändert stehen. Berechnet man das zurückgebliebene Luftvolumen im Kolben auf normale Dichtigkeit, so ergibt sich, dass ein Fünftel des ursprünglichen Volums verschwunden ist,

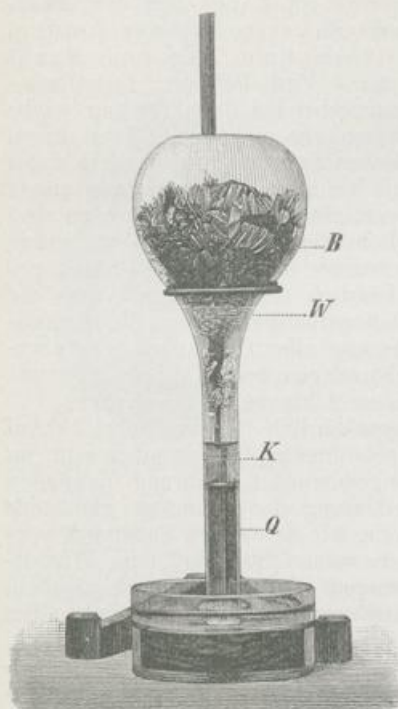


Fig. 192. Athmungsversuch. Der bauchige Theil des Glaskolbens *B* ist mit Wucherblumen (*Chrysanthemum*) gefüllt. Die von diesen durch Athmung erzeugte Kohlensäure wird von der Kalilauge *K* absorbiert und die Absorption angezeigt durch das Eindringen und Steigen des Quecksilbers *Q* in die Röhre.

das heisst aber nichts anderes, als dass der ganze Sauerstoff (der ein Fünftel der atmosphärischen Luft ausmacht) verbraucht worden ist. Stellt man mit dem gleichen Apparat den Versuch an, ohne die Kohlensäure durch Aetzkali zu absorbieren, dann bleibt der anfängliche Quecksilberstand nahezu unverändert, das Luftvolumen also constant. Daraus folgt aber, dass die Volumina des verbrauchten Sauerstoffs und der gebildeten Kohlensäure annähernd gleich sind; man drückt dies auch kurz durch die Formel aus:  $\frac{CO_2}{O_2} = 1$ . Dieses Verhältniss trifft jedoch nur in den Fällen zu, wo der Sauerstoff ausschliesslich für die Athmung und zwar zur vollständigen

Verbrennung von Kohlehydraten verwandt wird, wo er also nicht ausserdem bei der Umwandlung von Inthaltkörpern mitwirkt, wie es bei der Keimung fettreicher Samen und beim Gaswechsel der Succulenten der Fall ist. Bei der Keimung fettreicher Samen wird das Fett in sauerstoffreichere Kohlehydrate verwandelt. Die dazu verwandte Menge von Sauerstoff bleibt in der Pflanze gebunden. Bei den Succulenten dagegen greift die denselben vorwiegend eigenthümliche nächtliche Säurebildung und die im Licht erfolgende Entsäuerung in den Gaswechsel der Pflanze ein.

Der Sauerstoffverbrauch bei der Athmung kann auch gezeigt werden durch das Verlöschen einer Flamme in einem kleinen Raume, in welchem Pflanzen längere Zeit verweilt haben: Ein hohes Standglas wird etwa zu einem Drittel oder zur Hälfte mit Blüthen oder Hutpilzen angefüllt, der eingeriebene Glaspfropf fest aufgesetzt und der Apparat eine Zeit lang sich selbst überlassen. Oeffnet man ihn dann vorsichtig, so bleibt die schwere Kohlensäure im Cylinder und eine in denselben eingesenkte brennende Kerze zeigt durch ihr sofortiges Erlöschen an, dass es ihr an Sauerstoff zur Unterhaltung der Verbrennung fehlt. Die bei der Athmung gebildete Kohlensäure kann quantitativ durch die Gewichtszunahme der sie absorbirenden Kalilauge oder bei der Einleitung in Barytwasser (dem etwas  $\text{BaCl}_2$  zugefügt ist) mit Hilfe des Niederschlags von kohlensaurem Baryt nachgewiesen werden. Bei diesen letzten Versuchen ist es natürlich nothwendig, die Luft, welche man über die athmenden Pflanzen in geschlossenem Raume streichen lässt, vorher von ihrem natürlichen Kohlensäuregehalt zu befreien.

**Die intramoleculare Athmung**<sup>(44)</sup>. Um die Mitte der siebziger Jahre machte PFLÜGER die überraschende Entdeckung, dass Frösche in sauerstoffloser Luft keineswegs sofort ersticken, sondern eine Zeit lang weiterleben und dabei sogar beständig Kohlensäure ausscheiden. Man untersuchte dann auch Pflanzen genauer auf ein solches Verhalten und fand, dass auch sie bei Mangel an freiem Sauerstoff befähigt sind, noch Kohlensäure auszuathmen und ihr Leben dabei einige Zeit zu fristen. Unter diesen Bedingungen müssen natürlich beide Elemente, sowohl der Kohlenstoff wie der Sauerstoff, aus der organischen Substanz der Pflanze selbst stammen; der Sauerstoff kann aber nur durch ungewöhnliche Umsetzungen innerhalb derselben verfügbar werden. Deshalb hat man diese besondere Art der Athmung als die intramoleculare Athmung bezeichnet.

Die in einem bestimmten Zeitraum durch intramoleculare Athmung erzeugte Kohlensäuremenge ist, wie leicht erklärlich, meist geringer als die bei Gegenwart freien Sauerstoffes entstehende; man kennt aber auch Pflanzen (z. B. die Feldbohne, *Vicia Faba*), deren Keimlinge in reiner Wasserstoffatmosphäre stundenlang ebensoviel Kohlensäure ausathmen wie in sauerstoffhaltiger Luft. Wie oben erwähnt, hören Wachstum und Bewegungen aber bei intramolecularem Athmen auf und es treten fremdartige Zersetzungen ein, wobei u. a. wie bei der Hefegährung oft Alkohol entsteht.

Sobald der Zutritt des freien Sauerstoffs zu dem Protoplasma fehlt, setzt sofort die intramoleculare Athmung ein und hält so lange an, bis eine Anhäufung ihrer schädlichen Umsetzungsproducte das Plasma schliesslich abtötet. Eine vorherige Zufuhr freien Sauerstoffs kann aber, wie erwähnt, durch Wiederherstellung der normalen Athmung und Zerstörung der abnorm entstandenen Spaltungsproducte die Zellen ihrer normalen Lebensthätigkeit alsbald wieder zuführen.

Der Mangel an freiem Sauerstoff wird aber von einzelnen Pflanzen nur kurze Zeit und schlecht, von anderen besser und längere Zeit ertragen. Zumal gewisse niedere Pflanzen vermögen längere Zeit ohne freien Sauerstoff auszukommen oder sind gar in den Stand gesetzt, unter günstigen Umständen in der intramolecularen Athmung einen völlig ausreichenden Ersatz für die normale Sauerstoffathmung

zu finden. Diese Fähigkeit und Ausrüstung zum Leben in sehr sauerstoffarmer oder -freier Umgebung ist bei einzelnen Bacterienarten so einseitig ausgebildet, dass diese geradezu keinen, bzw. nur Spuren freien Sauerstoffs mehr nöthig haben oder letzteren überhaupt nicht mehr vertragen können. Zur Unterscheidung von den Lebewesen, die bei ausreichender Athmung auf freien Sauerstoff angewiesen sind, den sogen. Aërobionten (Aëroben), hat man diese abweichend ausgerüsteten Lebewesen als Anaërobionten (Anaëroben) bezeichnet. Die erwähnten Abstufungen werden dabei als temporäre bzw. facultative und permanente bzw. obligate Anaërobiotie unterschieden. Mit der intramolecularen Athmung sind öfters, doch nicht immer, weitgehende Vergährungen des Substrates verknüpft (Alkohol-, Buttersäure-, Milchsäuregährung).

**Die Athmung als Energiequelle.** Da lebendiges Plasma unter allen Umständen athmet, da weiterhin bei gehinderter Athmung die Lebensäusserungen aufhören, während mit erhöhter Lebensthätigkeit eine erhebliche Steigerung der Athmung verknüpft ist, so stellt sich der Stoffwechsel derselben als eine mit dem Leben im engsten Zusammenhang stehende, nothwendige Begleiterscheinung dar.

Das Gemeinsame der Athmungsvorgänge besteht in Umsetzungen, bei denen chemische Spannkraft entbunden und Energie befreit wird. Wir gehen deshalb wohl kaum fehl in der allgemein gemachten Annahme, dass die bei der Athmung gewonnene Energie zum Betriebe und zur Unterhaltung der Lebensäusserungen dient. Es wird durch die Athmung des Plasmas also spezifische Lebensenergie gewonnen — man könnte sagen Lebenskraft, wenn dieses Wort nicht schon in einem anderen Sinne vergeben wäre — welche durch keine anderen Kraftquellen (wie sie in den Druckkräften des Turgors, in Licht- und Wärmeschwingungen u. a. der Pflanze zu Gebote stehen) geliefert wird.

Die meisten, zumal die höheren Pflanzen, opfern, um diese Betriebskraft zu erlangen, einen Theil ihrer organischen Substanz, und zwar vorwiegend Kohlehydrate, der physiologischen Verbrennung. Der Verlust trifft vermuthlich zunächst den Plasmaleib selbst, wird aber aus dem Vorrath von Kohlehydraten (und Fetten) gedeckt, die nachweislich eine erhebliche Verminderung erfahren. Die Verbrennung ist dabei meist so energisch und weitgehend, dass als ihre Producte  $\text{CO}_2$  und  $\text{H}_2\text{O}$  auftreten; damit ist sowohl der grösste Energiegewinn erreicht, als auch eine Anhäufung von schädlichen Athemproducten vermieden. Doch kann der Athmeprocess auch anders verlaufen, indem nicht sowohl die Endproducte  $\text{CO}_2$  und  $\text{H}_2\text{O}$ , sondern erhebliche Mengen organischer Säuren entstehen. Es geht hierbei Kohlenstoff nicht sofort an die Atmosphäre verloren, ein Umstand, von dem die unter schwerfälligem Gaswechsel und sonstigen ungünstigen Assimilationsbedingungen leidenden Succulenten profitieren.

Die bei der Verathmung organischer Kohlenstoffverbindungen entbundenen Kräfte leiten sich von jenem Kraftvorrath ab, welcher bei der Assimilation mit Hilfe der Sonnenstrahlen in Gestalt chemischer Spannkraft in Kohlehydraten gespeichert wurde (vgl. S. 169). Spannkraften werden aber nicht nur bei theilweiser oder gänzlicher Verbrennung von organischen Kohlenstoffverbindungen entbunden, sondern können auch in anderen chemischen Vorgängen befreit und gewonnen werden. Während die meisten Pflanzen organische Substanz verathmen, haben sich niedere Pflanzen und zwar wieder Bacterien, die sich, wie wir wiederholt gesehen, durch mannigfache eigenartige Stoffwechselvorgänge auszeichnen, auch Energiequellen in anderen Umsetzungen geschaffen. So oxydiren die Schwefelbacterien den Schwefelwasserstoff zu Schwefel und diesen zu Schwefelsäure; die Nitritbacterien bilden aus Ammoniak und Amidon salpetrige Säure, die Nitratbacterien hieraus Salpetersäure, während die Eisenbacterien Eisenoxydulverbindungen zu -Oxyd verbrennen. Die in solchen Vorgängen gewonnene Energie kann zum Athmungsbetrieb, oder auch, was wir bereits von den Nitrobacterien

kennen gelernt haben, zur Synthese von organischen Kohlenstoffverbindungen benutzt werden, je nach der Lenkung dieser Arbeitskraft auf den einen oder anderen Process des inneren Lebensbetriebes im Organismus. Auch in unseren Fabriken hängt es ja lediglich von der maassgebenden Einrichtung ab, ob die irgendwie erworbene elektrische Energie zum Treiben von Dynamomaschinen oder zu chemischen Umsetzungen verwandt wird<sup>(45)</sup>. (Vergl. S. 170.)

**Wärmeentwicklung beim Athmen.** Der Athmeprocess ist chemisch-physikalisch betrachtet eine Oxydation oder Verbrennung und gleich diesen mehr oder weniger mit Wärmeentwicklung verknüpft. Dass sich die Pflanzen durch die Athmung aber nicht fühlbar erwärmen, rührt daher, dass letztere gegenüber der wasserreichen Masse meist nicht stark genug ist, dass weiterhin die Transpiration erhebliche Wärmemengen latent macht, wodurch transpirirende Pflanzen meist sogar kühler als ihre Umgebung sind und aus dieser noch Wärme aufnehmen, schliesslich, weil die Pflanzen im Verhältniss zu ihrer Körpermasse grosse ausstrahlende Flächen besitzen. Werden Transpiration und Wärmestrahlung verhindert und werden zur Untersuchung lebhaft athmende Pflanzen ausgewählt, dann lässt sich in der That die Erwärmung nachweisen. Zusammengehäufte keimende Samen (Erbsen) zeigen dann unter günstigen Umständen eine Selbsterwärmung um 2° C. Die stärkste Erwärmung von Pflanzen ist an den Blütenkolben zur Blüthezeit von Araceen beobachtet worden, welche ihre Temperatur um 10, 15, ja sogar um 20° C. durch intensive Athmung erhöhen. Auch bei den grossen Blüten der *Victoria regia* sind 15° C. Temperaturerhöhung gemessen worden. Ein Gramm der Kolbensubstanz von Araceen liefert dabei in einer Stunde bis zu 30 Cubikcentimeter CO<sub>2</sub> und in wenigen Stunden kann bei so intensiver Athmung die Hälfte der Trockensubstanz (der Vorrath an Zucker und Stärke) verathmet werden. Beim Heilprocess verwundeter Pflanzen wird die Athmung und damit die Erwärmung merklich gesteigert.

Dass neben der Kohlensäure-Athmung aber auch noch andere Prozesse in die Wärmeentwicklung eingreifen, geht daraus hervor, dass letztere nicht proportional mit der erzeugten Kohlensäure steigt und fällt. Die bis 70° C. erreichenden Temperaturen, die man bei keimender Gerste zuweilen beobachtet, rühren, wie bereits S. 184 erwähnt, nicht von der Athmung der Gerste allein her, sondern werden durch die Athmungs- und Zersetzungsthätigkeit eines Pilzes in den Gerstenkörnern hervorgerufen.

**Die Bewegung der Gase in der Pflanze.** Der Eintritt des Sauerstoffs in den Pflanzenkörper wird bekanntlich nicht durch Athembewegungen wie bei Thieren unterstützt, sondern erfolgt lediglich durch Diffusionsströmungen. Diejenigen Zellen, welche mit umgebendem Wasser oder umgebender Luft in unmittelbarer Berührung stehen, können ihren Sauerstoff diesen Medien direct entnehmen. Die rings von anderen lückenlos umgebenen Zellen mehrschichtiger Gewebe sind bei der Athmung auf den Sauerstoff angewiesen, welcher durch jene Gewebe zu ihnen gelangt. In den aus Millionen von Zellen bestehenden Körpern der höheren Gewächse würde eine Diffusionsströmung von Zelle zu Zelle aber nicht ausreichen, um innere lebendige Zellen noch mit Sauerstoff zu versehen. Das geschieht vielmehr mit Hilfe von Luftkanälen, die als Intercellulargänge den Pflanzenkörper durchsetzen, in fertigen Geweben fast alle Zellen mit plasmatischem Inhalt unmittelbar berühren und andererseits mit der freien Atmosphäre durch Spaltöffnungen oder Lenticellen (S. 121) in directer Verbindung stehen. Der Zusammenhang der Intercellularen unter sich und mit der Aussenwelt, welcher bei der anatomischen Untersuchung schon höchst wahrscheinlich erscheint, wird zur Gewissheit durch das physiologische Experiment. Es gelingt näm-

lich ohne Schwierigkeit, Luft aus den Spaltöffnungen oder den Lenticellen austreten zu lassen, wenn man dieselbe in die Intercellulargänge unter mässigem Druck einpresst; es kostet auch umgekehrt nicht viel Mühe, bei mässiger Saugung aus den freigelegten Intercellularen grosse Mengen von Luft herauszusaugen, die nur durch die Spaltöffnungen und Lenticellen ihren Weg in die Pflanze gefunden haben kann. Fig. 193 zeigt einen kleinen, zu solchen Versuchen dienlichen Apparat. Wird die Luft in dem Glase (*G*) durch mässige Saugung an dem Rohr (*R*) verdünnt, dann quillt ein Strom von Luftblasen unten aus dem Blattstiel heraus. Dieser gleichmässig anhaltende Luftstrom entweicht aus den Intercellularen der Schnittfläche und wird ständig durch die Spaltöffnungen des Blattes hindurch gespeist. Durch ähnliche Vorrichtungen kann man beweisen, dass an verkorkten Stammtheilen die Lenticellen die Verbindung der Markstrahl-, Rinden- und Holzintercellularen mit der Aussenluft vermitteln. Die Bewegung der Gase in den Intercellularräumen geschieht durch Diffusion — wozu der Gaswechsel bei der Athmung wie bei der Assimilation und die Abgabe von Wasserdampf bei der Transpiration ständigen Anlass geben — wird aber unterstützt durch Massenbewegungen, welche durch Temperatur-, Druck- und Feuchtigkeitswechsel der umgebenden Atmosphäre vornehmlich veranlasst werden, zu welchen aber auch die durch den Wind verursachten Bewegungen und Beugungen der Pflanzen beitragen.



Fig. 193. Apparat zum Nachweis der offenen Gaswege in der Pflanze. In das Glas *G* sind ein Blatt *P* und eine Glasröhre *R* eingedichtet. Wird die Luft im Glase durch Saugung an *R* verdünnt, dann dringt äussere Luft durch die Spaltöffnungen in die Intercellularen des Blattes und tritt in Form kleiner Luftblasen aus der untergetauchten Schnittfläche des Blattes in das Glas ein. Aus *DETMER* *physiol. Pract.*

In hervorragendem Maasse entwickelt sind luftführende Intercellularräume bei den Wasserpflanzen und Sumpfgewächsen; sie nehmen da weitaus den grössten Raum der Organe für sich in Anspruch. Die ganz untergetauchten, spaltöffnungslosen Wasserpflanzen verschaffen sich auf diese Weise eine Binnenatmosphäre, mit welcher ihre Zellen einen lebhaften Gaswechsel unterhalten können. Die Binnenatmosphäre steht durch Diffusionsvorgänge aber auch mit dem umgebenden Wasser in langsamem Austausch. Bei Sumpf- und Ufergewächsen, die sich theilweise in die freie Luft erheben, bilden die geräumigen Intercellulargänge Verbindungscanäle, durch welche atmosphärischer Sauerstoff leicht, und ohne unterwegs erschöpft zu werden, auch zu solchen Organen gelangen kann, die, tief im Schlamme steckend, von Sumpfgasen umgeben und von jeglicher äusseren Sauerstoffzufuhr sonst abgeschnitten sind (Ueber Athemwurzeln vgl. S. 39).

**Leuchten.** Unter denselben Bedingungen, welche die Athmung unterhalten, tritt bei einer beschränkten Zahl von Pflanzen, zumal bei Pilzen und

Bakterien, ein phosphorartiges Leuchten auf. Diese Phosphorescenz verschwindet in sauerstofffreier Umgebung, stellt sich aber wieder ein, wenn freier Sauerstoff Zutritt. Alle Umstände, welche die Athmung fördern, verstärken das Leuchten und umgekehrt. Nach den Untersuchungen, die man über das Leuchten der Thiere angestellt hat, von welchem das der Pflanzen wohl nicht principiell verschieden sein dürfte, steht das Leuchten jedoch nicht unmittelbar mit den Athmungsvorgängen in Zusammenhang, ist vielmehr von der Anwesenheit eines eigenartigen Stoffes abhängig, der in Gestalt kleiner colloidalen Kügelchen oder Körnchen vom Plasma erzeugt wird und der beim Uebergehen in den krystallinischen Zustand aufleuchtet, oder es sind mehrere Stoffe vorhanden, welche bei ihrer Mischung, unter günstigen Umständen auch ausserhalb des lebenden Organismus, das Leuchten hervorrufen.

Die bekanntesten, mit weissem, blauem oder grünem Lichte phosphorescirenden Pflanzen sind einerseits gewisse Bakterien, welche oberflächlich auf Fleisch und Fischen wuchern, sodann das früher als „Rhizomorpha“ beschriebene Mycelium des *Agaricus melleus*, eines baumtötenden Hutpilzes, sowie der in Südeuropa unter Oelbäumen wachsende *Ag. olearius* und noch vereinzelte ausländische Hutpilze (*Ag. igneus*, *Ag. noctiluca*, *Ag. Gardneri* u. a.). Das Leuchten moderner Holzarten ist jedenfalls auf darin wuchernde Pilze oder Bakterien zurückzuführen. Am Leuchten des Meeres nehmen, neben zahlreichen Thieren, von Pflanzen besonders die Alge *Pyrocystis noctiluca*, gewisse Peridineen, sowie leuchtende Bakterien hervorragenden Antheil. Ihr Aufleuchten wird, nach Untersuchungen von REINKE an *Ceratium tripos*, sowohl von mechanischen als von thermischen und chemischen Reizen veranlasst.

Das sogenannte Leuchten des Leuchtmooses *Schistostega*, einiger Selaginellen und Farne hat mit jenem Phosphoresciren nichts gemein, indem es lediglich auf dem Reflexschein des Tageslichtes in eigenartig geformten Zellen (vgl. Fig. 328) beruht. Das Leuchten einzelner Meeresalgen besteht dagegen im Fluoresciren und Opalesciren eiweissartiger Inhaltskörper oder im Irisiren von Cuticularschichten.

#### IV.

#### Das Wachsthum.

Die Grösse, welche Pflanzen erreichen, ist ausserordentlich verschieden. Gewaltig ist schon der Grössenunterschied zwischen einem mikroskopisch kaum sichtbar zu machenden Micrococcus und einem grossen Hutpilz; und wie klein ist letzterer wieder neben der wolkenanstrebenden *Sequoia Californiensis*. Ein Bacillus von der Grösse eines Hutpilzes, ein Schimmelpilz von der Höhe einer *Sequoia* wären aber bei ihrer gegebenen Organisation physiologisch ebenso undenkbar wie etwa ein Hutpilz von der Grösse eines Micrococcus. In der Grösse eines Organismus liegt demnach eine Eigenschaft vor, die mit seinem Bau und seiner Lebensweise in engster Beziehung steht und die man deshalb bei Individuen derselben Art nur innerhalb gewisser Grenzen schwanken sieht.

Wenn nun auch gewisse Pflanzen in ihrer vollkommenen Entwicklung oft erstaunliche Maasse annehmen und aus Hunderttausenden und Millionen von Zellen sich zusammensetzen, so beginnen sie doch ihr Dasein als mikro-

skopisch kleine und höchst einfach gebaute Zellen. Um ihre endgültige Grösse und Functionsfähigkeit zu erreichen, müssen sie wachsen, d. h. ihren Körper vergrössern und ausgestalten. Selbst die winzigen einzelligen Coccen und Bacterien kommen ohne Wachstum nicht aus. Da sie sich vornehmlich durch Theilung fortpflanzen, so müssen die Theilstücke immer wieder auf die Dimensionen der Mutterzelle heranwachsen, falls sie nicht in wenigen Generationen durch zunehmende Kleinheit die Existenzfähigkeit einbüßen sollen. Es giebt also keine fertig entwickelte Pflanze, die nicht zuvor hätte wachsen müssen. — Vergleichen wir im Geiste aber eine erwachsene Eiche oder Ceder mit jener einfachen Eizelle, aus der sie wachsend entstand, dann wird es uns erst recht klar, dass mit dem Worte Wachstum nicht nur ein blosses Grösserwerden gemeint sein kann, sondern dass eine Reihe der mannigfaltigsten Entwicklungen, äusserer und innerer Veränderungen, in dasselbe inbegriffen ist. In solchen, durch die Lebensthätigkeit geschaffenen, daher bleibenden oder doch nur durch Lebensthätigkeit wieder ausgleichbaren Veränderungen haben wir den Ausdruck des Wachstums zu suchen. Eine Volumzunahme allein setzt noch kein Wachstum voraus, denn wenn eine ausgetrocknete verschrumpfte Rübe in Wasser anschwillt, so wird man nicht sagen, die Rübe wächst. Ergiebiges Wachstum kann sogar bei grossen Substanzverlusten stattfinden, wie eine im dunklen Keller austreibende Kartoffel zeigt: Durch Transpiration büsst sie Wasser, durch die Athmung organische Substanz ein, und doch zeigen ihre Triebe echtes Wachstum.

Bei niederen Organismen äussert sich das Wachstum oft in sehr einfachen Vorgängen. Amöben und Plasmodien wachsen, indem sie ihre Substanz vermehren, Bacillen, einzellige Algen oder Pilze, indem sie ausserdem ihre Membranen vergrössern. Bei höheren Pflanzen sind die Wachstumsvorgänge weit verwickelter und mannigfaltiger, so dass man hier nach SACHS etwa 3 Hauptphasen des Wachstums unterscheiden kann, welche indessen in Wirklichkeit nicht scharf von einander getrennt sind, sondern unmerklich in einander übergehen. Diese sind:

1. Die embryonale Anlage und Formung.
2. Die Streckung der embryonal geformten Organe.
3. Die innere Ausbildung und Fertigstellung der Gewebe.

#### Die embryonale Anlage der Organe.

Die höheren Pflanzen erfahren im Gegensatz zu den höheren Thieren einen ständigen Zuwachs von neuen Organen. Diese Neubildungen entstehen entweder aus jenem embryonalen Gewebe, wie es in den Vegetationspunkten erhalten bleibt, oder sie bilden sich an Stellen aus, welche schon mehr oder weniger in ihrer definitiven Ausbildung fortgeschritten sind. Die jüngsten Blätter und Zweige gehen unmittelbar aus dem jugendlichen Gewebe der Vegetationspunkte hervor, nicht so die jungen Wurzeln, welche oft weitab vom Vegetationskegel ihrer Mutterwurzel auftreten, da, wo schon eine deutliche Differenzirung der umgebenden Gewebe stattgefunden hat.

Auch Zweige und Blätter sind bei ihrer Entstehung nicht ausschliesslich auf die genannten Herde embryonalen Gewebes angewiesen, sie können sich in aussergewöhnlichen Fällen auch aus fertigen, älteren Gewebetheilen entwickeln, die sich mit Plasma füllen, in Theilung eintreten und so wieder embryonalen Charakter annehmen. Für gewöhnlich entstehen sie aber gleich aus den Vegetationspunkten und man hat deshalb alle Organe, welche an



anderen als den gewohnten Stellen entspringen, als blos beigefügte, „adventive“, bezeichnet.

Die Art der **Organbildung an den Vegetationspunkten** ist bereits im morphologischen Theil dieses Buches behandelt worden. Es mag nur noch einmal darauf hingewiesen werden, dass sich die jungen Organe in akropetaler Reihenfolge ausbilden, dass die jüngsten der Spitze zunächst auftreten und die davon entfernteren daher die älteren sind. Bei dem ausgesprochenen Gipfelwachsthum der Achsen ist diese Entstehungsweise die natürlichste; trotzdem sind auch einzelne Fälle bekannt, wo junge Organanlagen entfernt von der Vegetationsspitze, zwischen schon älteren, aus dem Meristem hervorkommen. (Ein Theil der Blüthenanlagen auf dem Kolben von Typha.) — Der Ort, an welchem die neu entstehenden Organhöcker sich bilden, und die Anzahl, in welcher dieselben entstehen, sind in erster Linie abhängig von inneren erblichen Dispositionen. Aeusserer Einwirkungen sind nur bis zu einem gewissen Grade im Stande in diese Verhältnisse einzugreifen; so wirken nach SCHWENDENER der verfügbare Raum und der nachträglich hinzukommende gegenseitige Druck der Organe am Vegetationskegel, wie auch Torsionen der Achse mitbestimmend bei der Anordnung derselben auf der Mutterachse ein, während sich neuerdings die Angaben mehren, dass in vielen Fällen diese Anordnung, unabhängig von Contactwirkungen, sich lediglich aus unbekanntem inneren Ursachen vollzieht. Der Einfluss anderer Factoren, welcher sich zum Theil im späteren Wachsthum der Gewebe maassgebend geltend macht, wie der von Licht, Schwerkraft und stofflichen Reizen, kommt für die embryonalen Gestaltungen nur wenig in Betracht. Doch weiss man, dass die erste Theilungswand der keimenden Sporen von Marsilia von der Richtung der Schwerkraft bestimmt wird und dass die Richtung der ersten Wand (wie auch der Kerntheilung vorher) in den Sporen von Equisetum durch die Lage zur Lichtquelle gegeben ist<sup>(1)</sup>.

Bei den **Adventivbildungen** tritt dagegen der Einfluss äusserer Einwirkungen oft sehr scharf hervor. Als Beispiel für denselben sei auf die Kletterwurzeln des Epheus und anderer Wurzelkletterer hingewiesen; diese entstehen nur auf der dunklen beschatteten Seite der Klettersprosse. Bei der Alge Caulerpa bilden sich neue blattartige Organe nur auf der belichteten Seite des Mutterorgans. — Der Einfluss der Schwerkraft ist es andererseits, welcher die Entstehung der Wurzeln auf der Unterseite unterirdischer Rhizome fördert und welcher dahin wirkt, dass Sprossvegetationspunkte nur auf der Oberseite der Knollen von Thladiantha dubia oder dass neue Zweige vorzugsweise auf der Oberseite schräg wachsender Baumäste entspringen. Der Reiz der Berührung bestimmt die Anlage und den Entstehungsort der Haustorien von Cuscuta (S. 179). An Farn-Prothallien werden die Geschlechtsorgane stets auf der vom Lichte abgekehrten Seite angelegt, bei normaler Beleuchtung also unten, bei künstlicher Beleuchtung von unten jedoch auf der Oberseite<sup>(2)</sup>.

Starke einseitige Beleuchtung sowie der Schwerkraftsreiz und der fördernde Einfluss feuchter Luft bewirken es, dass die Wurzelhaare aus der Unterseite der Brutknospen von Marchantien hervorwachsen und das einseitige Licht veranlasst nachträglich eine durchaus verschiedene anatomische Ausbildung ihrer ursprünglich ganz gleich gebauten beiden Seiten.

Manche Adventivbildungen werden durch bestimmte äussere Einwirkungen erst hervorgerufen, wie beispielsweise die Gallen durch thierische Stiche und die Ausscheidungen thierischer Eier und Larven (vgl. S. 131).

Die Entstehung von Adventivbildungen wird ganz besonders gefördert

durch die Verstümmelung von Pflanzen. Es werden dabei Neubildungen an Orten hervorgerufen, an denen bei der unverletzten Pflanze solche niemals entstanden wären. Bei den Pelargonien, beim Oleander, bei der Weide und sehr vielen anderen Pflanzen hat man es in der Hand, an den Sprossen überall da Wurzeln entstehen zu lassen, wo man jene abschneidet. Bei anderen Pflanzen sind es von vornherein bevorzugte Stellen, wie die älteren Knoten, an denen sich unter diesen Umständen Wurzeln entwickeln. Ebenso können auch neue Sprosse angelegt werden, wenn bei der Verstümmelung solche zerstört wurden. Bei den Neubildungen an verstümmelten Pflanzenkörpern zeigt es sich nämlich, dass gerade diejenigen Organe neu entstehen oder doch vorzugsweise neu entstehen, die der Pflanze genommen worden sind. Wurzellose Zweige bilden vor Allem neue Wurzeln; ihrer Sprosse beraubte Wurzeln und Wurzelstücke bilden vor Allem neue Sprosse aus. Hier tritt uns also ganz besonders auffällig eine innere Wechselwirkung in dem gestaltenden Wachstum der Organe entgegen, die man als Wachsthumscorrelation bezeichnet.

Auch bei der normalen Organbildung unverletzter Pflanzen spielen Wachsthumscorrelationen eine grosse Rolle. Diese bedingen es, dass die Knospenhüllblätter in Gestalt von Schuppen und nicht als ausgebildete Laubblätter entwickelt werden, denn es gelang GÖBEL durch künstliche Eingriffe, wie z. B. durch zeitige Entlaubung des Muttertriebes bei *Aesculus*, *Acer*, *Syringa*, *Quercus*, oder durch Entgipfelung bei *Prunus Padus*, an der Stelle der Schuppen die Bildung normaler Laubblätter zu veranlassen. — Wenn nach vollzogener Befruchtung mit der Ausbildung des Embryos sich kräftige Wachsthumsvorgänge in der Samenanlage, in der Frucht und den Fruchthüllen vollziehen, so liegt auch hier wieder eine Correlationserscheinung vor, denn falls die Befruchtung der Eizelle ausbleibt, unterbleiben auch alle jene Veränderungen, welche aus der Blüthe eine reife Frucht hervorgehen lassen; es tritt vielmehr eine andere correlative Wirkung auf, welche zur Abstossung des ganzen nun nutzlosen Organs führt. Einzelne Pflanzen, zumal solche, welche schon lange in der Cultur des Menschen stehen, können hier freilich eine gewisse Ausnahme machen; bei fast allen Varietäten von Bananen, bei der echten kernlosen Mandarine, und den als Sultaninen bezeichneten Rosinen z. B. unterbleibt die Bildung keimfähiger Samen, aber trotzdem entwickeln sich die Fruchthüllen kräftig. Der Anstoss zu dieser Entwicklung muss aber auch hier entweder von der blossen Bestäubung der Narbe oder doch von der Befruchtung der vorhandenen Samenanlagen ausgehen, welche letztere dann aber früher oder später verkümmern, ohne der sonstigen Entwicklung der Frucht Eintrag zu thun. In ganz seltenen Ausnahmefällen entwickeln sich sogen. „taube“ Früchte aber auch ganz ohne den Anstoss der Befruchtung (Feige)<sup>(43)</sup>. — Correlationsvorgänge regeln auch die Ausbildung von Leitbahnen im Pflanzenkörper, greifen also auch in die anatomische Entwicklung ein. — Aus diesen wenigen Hinweisen ist bereits zu ersehen, wie Wachsthumscorrelationen auch im normalen Lebensgang der Pflanzen auf die mannigfaltigsten Lebenserscheinungen einwirken und wie von ihnen die harmonische Ausbildung und die Functionen der einzelnen Glieder des Pflanzenkörpers beherrscht werden.

Als ein besonderer Ausdruck solcher Correlationen zwischen den lebendigen Theilen des Pflanzenkörpers ist die Polarität derselben zu betrachten, die zumal in Stamm- und Wurzelgliedern stark ausgeprägt ist und dadurch zu sichtbarer Geltung kommt, dass jedes Theilstück eines Stengels scheidelwärts neue Sprosse, grundwärts aber neue Wurzeln erzeugt, während Theilstücke von Wurzeln an dem scheidelwärts gerichteten Ende neue Wurzeln, an dem stammwärts gelegenen neue Sprosse bilden.

Auf diese Weise erhält ein abgetrenntes Stengelstück naturgemäss neue Wur-

zeln an seinem „Wurzelpol“, eine verletzte Wurzel neue Sprosse an ihrem „Sprosspol“. Dieser besonders von VÖCHTING und SACHS studirte polare Gegensatz, zu welchem nach GÖBEL die gewohnheitsgemässe Richtung des Nahrungsstromes, auch Wundreize beitragen, macht sich in allen Theilstücken von Wurzeln und Stengeln (Stämmen) bemerkbar; er ist insofern mit dem Verhalten magnetischer Polarität vergleichbar, als auch an jedem Theilstück eines Magneten, wo immer es demselben entnommen wird, der Gegensatz von Nordpol und Südpol erhalten bleibt. Ungleichnamige Pole einer Pflanze sind leicht zum Verwachsen zu bringen, gleichnamige verwachsen nicht oder schwieriger, und ihre Verbindung trägt dann dauernd einen kränklichen oder schadhafte Charakter. Bei derartigen Verwachsungsversuchen hat VÖCHTING auch eine radiale Polarität im Stamm- und Wurzelgewebe erkannt, insofern Stamm- oder Wurzelstücke, die seitlich in Ausschnitte gleicher Organe eingefügt werden, gut einheilen, falls ihre Aussenseite nach aussen gerichtet ist, während eine Verwachsung mit dem umgebenden Gewebe nicht erfolgt, wenn diese Orientirung geändert wird. — Blätter nehmen in ihrem polaren Verhalten insoweit eine Sonderstellung ein, als sie bei Neubildungen überhaupt nicht organisch in die Neubildungen eingeschaltet werden. An dem basalen Ende eines Blattes entsteht vielmehr eine völlig neue Pflanze mit Wurzeln, Stengeln und neuen Blättern, während das regenerirende Blatt selbst abstirbt. Von besonderem Interesse ist es, die Wirkung äusserer Einflüsse auf den Ort der Neuanlagen zu beobachten, wenn sie in Widerstreit mit den inneren Dispositionen gerathen. Da ist nun das Verhalten verschiedener Pflanzenarten ganz verschieden. Bei den einen überwiegen die inneren Factoren; dann treten die Neubildungen unabhängig von äusseren Einwirkungen auf. Bei anderen überwiegen dagegen äussere Einflüsse, die innere Disposition macht sich aber oft noch lange durch Störungen geltend, wenn ihr ein Zwang angethan wurde, und die so entstandene Bildung ist dann auf die Dauer oft doch nicht lebenskräftig. Ein umgekehrt, d. h. mit dem Sprosspol in die Erde gepflanzter Weiden-Zweig treibt hier wohl Wurzeln, und am Wurzelpol, wenn auch nur widerwillig, Sprosse; diese oberen Sprosse gehen aber in der Regel bald ein und werden durch andere, unten am Sprosspol, dicht über den Wurzeln, neu entstandene kräftige Triebe ersetzt. Nur durch sorgfältige Unterdrückung solcher nachträglich am Sprosspol hervorkommender Triebe gelingt es meist, die oberen, am Wurzelpol entstandenen Sprosse am Leben zu erhalten. Bei den sogen. Trauerformen der Bäume wird durch die Einwirkung der Schwerkraft die Bildung von Seitenzweigen an der oberen Biegung der hängenden Aeste gefördert; die innere Polarität lässt sie dort aber nicht zu kräftiger Entwicklung kommen und veranlasst bald wieder ihr Eingehen. In der Reben- und Obstzucht finden diese Beziehungen absichtliche Verwerthung, indem durch Verbiegung der Rebe („Bogrebe“) oder der Aeste von Spalierbäumchen auf die Bildung kurzlebiger blüthentragender Seitensprosse hingewirkt wird. Bei den polar gebauten, sonst aber sehr einfach organisirten Siphoneen hat man hingegen beobachtet, dass die innere Polarität der Thallusglieder durch äussere Einflüsse verhältnissmässig leicht umgewandelt werden kann. Bei Bryopsis genügt zuweilen die blosse Umkehrung aufrecht gewachsener Sprosse, um den früheren Gipfeltheil sich in einen Wurzelschlauch verwandeln, in den Boden eindringen und mit Bodentheilen verwachsen zu sehen. Bei höheren Pflanzen dagegen ist eine solche Wandelbarkeit in der Regel nicht zu beobachten; nur bei der Orchidee *Neottia* und bei einzelnen Farnen (*Platycerium*, *Asplenium esculentum*) hat man beobachtet, dass einzelne Wurzelvegetationspunkte sich, jedoch aus innerer Disposition, zu stammbildenden Vegetationskegeln umwandeln können<sup>(14)</sup>.

Die correlativen Wachstumsvorgänge, die sich bei der Neubildung von Organen geltend machen, haben eine hohe praktische Bedeutung für die Gärtnerei,

denn die künstliche Vermehrung und die Veredelung von Pflanzen sind ganz auf dieselben gegründet.

Bei der künstlichen Vermehrung werden abgetrennte Theile von Pflanzen benutzt, um aus denselben wieder vollständige Pflanzen zu erzielen. Das gelingt bei manchen Pflanzen sehr leicht, bei anderen ist es schwieriger oder überhaupt nicht möglich. Das beliebteste und, wo es anwendbar, am leichtesten zum Ziele führende Verfahren ist die Fortpflanzung durch Stecklinge, d. h. das Einsetzen abgeschnittener Zweige in Wasser, Sand oder Erde, wo sie sich bewurzeln (Pelargonien, Tradescantien, Fuchsien, Weiden u. s. w.). Manche Pflanzen sind befähigt, schon aus einzelnen Blättern oder Blattstücken junge Pflänzchen entstehen zu lassen; auf diesem Wege werden hauptsächlich die Schiefblätter (Begonien) vermehrt. Die jungen Pflänzchen entstehen da am unteren Ende des Blattstiels, an der Ansatzstelle der Spreite, oder aus den Blattrippen, besonders wenn dieselben künstlich gebrochen oder durchschnitten werden. Die Fähigkeit, Adventivknospen und junge Pflänzchen zu bilden, besitzen die Blätter gewisser Pflanzen auch dann, wenn sie im Zusammenhang mit ihrer Mutterpflanze bleiben (vgl. die vegetative Vermehrung). Aber auch aus Wurzeln und Wurzelstücken ist es möglich, einzelne Pflanzen zu vermehren; ein Beispiel dafür bietet die Breehwurzel (Ipecacuanha), deren zerhackte Wurzelstücke wie Samen gesät werden. Auch einheimische Unkräuter, wie der Löwenzahn, besitzen diese Fähigkeit zum Aerger der Landwirthe und Gärtner nur in zu hohem Grade.

Bei der Veredelung werden abgetrennte knospentragende Theile einer Culturpflanze nicht zu selbständigen neuen Pflanzen gemacht, sondern auf einen anderen Pflanzenkörper (den Wildling) übertragen und mit demselben zum Verwachsen gebracht. Beide Theile treten schon bei der blossen innigen Berührung in Correlation, denn dasselbe Zweigstück, welches sich, in Erde gepflanzt, am unteren Ende bewurzelt hätte, bildet, auf das abgestutzte Ende des Wildlings aufgesetzt, keine Wurzeln, sondern verwächst mit demselben zu einer physiologischen Einheit. Es adoptirt die Wurzeln des Wildlings, wie dieser die Gipfelknospen des Edelreises adoptirt, ohne zur Bildung eigener Neuanlagen zu schreiten. Die Verwachsung erfolgt mit Hilfe eines an beiden Pflanzentheilen entstehenden Wundgewebes, des sogen. Callus (vgl. S. 121). Gefässe und Siebröhren bilden sich nachträglich in dem Callus aus und verbinden die gleichartig functionirenden Elemente in den beiden Stücken. Derartige organische Verwachsungen sind aber nur innerhalb engerer Verwandtschaft möglich. So lassen sich die zu den Amygdalaceen gehörigen Obstbäume leicht verbinden, also Pfirsich, Mandel, Aprikose, Zwetsche, Mirabelle, Pflaumen und Schlehe unter einander, ebenso die Pomaceen Apfel und Quitte, nicht aber Apfel mit Pflaume oder gar mit Eiche u. dergl.

Wildling und Edelreis führen trotz der eingegangenen Lebensgemeinschaft und functionellen Ergänzung ein in morphologisch-anatomischer Hinsicht selbständiges, unabhängiges Dasein. Die Gattungs-, Species- oder Spielartcharaktere im Bau und der Beschaffenheit der Gewebe, im Dickenzuwachs u. s. w. bleiben in beiden getrennt erhalten, was man sehr deutlich noch bis in das späteste Alter an der Verwachsungsstelle sieht, wenn die beiden verbundenen Theile verschiedenes Dickenwachsthum oder verschiedenartige Borkenbildung besitzen. In ganz seltenen, auch noch zweifelhaften Fällen, will man aber eine gegenseitige morphologische Beeinflussung festgestellt haben (Pfropfhybride). — In der gärtnerischen Praxis haben sich verschiedene Methoden für die Verbindung der Pflanzentheile bei der Veredelung herausgebildet, von denen hier nur die wichtigsten erwähnt sein mögen.

Das Copuliren ist die Verbindung eines Edelreises mit dem jugendlichen, etwa gleich stark entwickelten Wildling. Mit schrägem, glattem Schnitt werden

beide gestutzt, auf einander gepasst und die Verbindungsstelle wasser- und pilzdicht mit Baumwachs nach aussen abgeschlossen (Fig. 194 II).

Das Pfropfen ist die Einfügung schwächerer Edelreiser in den stärkeren Wildling. In den abgestutzten Stamm des Wildlings werden meist mehrere Edelreiser eingesetzt. Es wird dabei beachtet, dass wenigstens stellenweise die Cambialregionen der zu verbindenden Theile auf einander stossen, dass also Rinde auf Rinde trifft. Man pfropft im Uebrigen entweder in den Spalt, indem man das abgestutzte Ende des Wildlings längs spaltet und die passend zugeschnittenen Edelreiser peripherisch einsetzt, oder man pfropft in die Rinde oder in die Seite. Bei dem Pfropfen in die Rinde wird das flach zugeschnittene Edelreis zwischen die durch einen Längsspalt klaffend gemachte Rinde und den Splint eingeschoben (Fig. 194 I). Bei dem Pfropfen in die Seite werden die Edelreiser keilartig zugeschnitten, in seitliche Einkerbungen des Wildlings von aussen eingekeilt.

Eine besondere Art des Pfropfens ist das Oculiren (Fig. 194 III); dabei wird nicht ein ausgebildetes Zweigstück, sondern eine Knospe (ein „Auge“) unter die Rinde des Wildlings eingeschoben. Das Edelauge bleibt im Zusammenhang mit einem schildförmigen Rindenstück, das sich leicht vom Splint ablöst, wenn die Pflanzen im Saft sind. Durch einen T förmigen Schnitt wird dann die Rinde des Wildlings gelockert, das Rindenschild des Edelauges eingeschoben und das Ganze dicht abgeschlossen. Unter Umständen trennt man mit dem Rindenschild auch etwas Holz mit ab (Oculiren mit beholztem Schild). Auf das „treibende Auge“ oculirt man im Frühjahr, auf das „schlafende“, erst im nächsten Jahr austreibende Auge, im Sommer. Das Oculiren wird besonders zur Veredelung der Rosen, aber auch der Obstbäume u. a. angewandt.

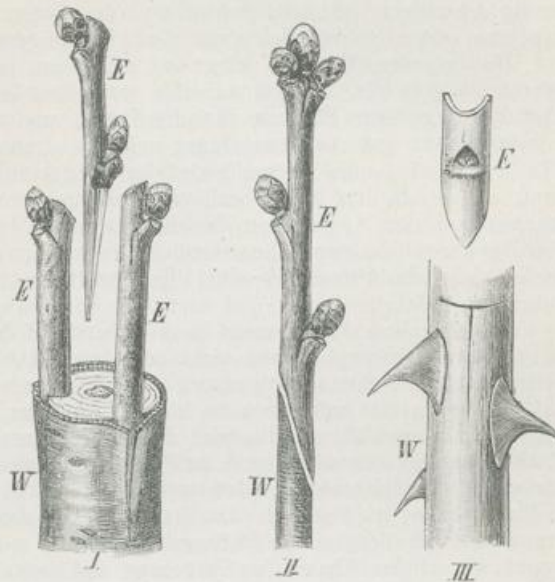


Fig. 194. Verschiedene Veredelungsweisen. I Pfropfen. II Copuliren. III Oculiren. In allen Figuren bedeutet *W* den Wildling, *E* das Edelreis bzw. Edelauge.

#### Die Phase der Streckung.

Um in Function treten zu können, müssen sich die embryonalen Anlagen entfalten, vergrössern und specifisch ausbilden. Ihre Vergrösserung geschieht aber in ganz eigenartiger und höchst haushälterischer, sparsamer Weise. Während die Organe der Thiere vornehmlich durch eine entsprechende Vermehrung ihrer organischen Baustoffe, durch Bildung neuer gleichartiger plasmareicher Zellen an Grösse zunehmen und deshalb für ihre Vergrösserung einer ausserordentlichen Zufuhr und Verarbeitung von Nährstoffen be-

dürfen, erreichen die Pflanzen ihre hauptsächlichste Grössenentfaltung durch die Aufnahme von Wasser in ihre Zellen, also durch die Einverleibung einer anorganischen Substanz, welche ihnen reichlich von Aussen geboten wird und nicht erst durch innere Ernährungsthätigkeit geschaffen zu werden braucht. Die Streckung der Pflanzenorgane auf ihre definitive Ausdehnung — wobei sie sich oft auf das Hundert- und Tausendfache vergrössern — kann man daher etwa vergleichen mit der Streckung einzelner thierischer Organe, die vermittels Einpressung von Wasser ansehnlich verlängert werden. Die pflanzlichen Zellen wirken nach ihrer embryonalen Fertigstellung zeitweilig sozusagen wie ein Schwellgewebe, dessen Thätigkeit hier allerdings nur eine einmalige ist und nicht rückgängig gemacht werden kann.

Die grossen Vorzüge einer so leicht zu gewinnenden Vergrösserung leuchten sofort ein, wenn man sich vergegenwärtigt, welche Bedeutung die Entfaltung grosser Flächen für die Ernährung der Pflanzen hat: Die Assimilation kann um so ausgiebiger sein, je grösser die beleuchteten grünen Flächen werden und je mehr sie der umgebenden Kohlensäure zugänglich sind; ebenso fördert die Oberflächenvergrösserung der Wurzeln deren Leistungen bei der Ausnutzung des Bodens ganz bedeutend. Es ist also eine von biologisch-öconomischen Gesichtspunkten aus bemerkenswerthe Thatsache, dass die Streckung der Pflanzenorgane vornehmlich durch Wasseraufnahme erfolgt.

Die Aufnahme des Wassers in die lebendigen Zellen erfolgt nicht mit gleichmässiger Geschwindigkeit und nicht mit einem Male wie in poröse Körper. Die Zellen müssen sich zugleich durch echte Wachstumsvorgänge vergrössern, um das Wasser in sich aufnehmen zu können. Von der jugendlichen und mit Protoplasma dicht angefüllten Zelle wird das Wasser durch Imbibitions- und osmotische Kräfte zunächst aufgesogen und im Protoplasma gleichmässig vertheilt. Bei über-grossem Wasserreichthum des letzteren erfolgt dann aber eine Wasserabsonderung in Vacuolen (vgl. Fig. 58). Da die Flüssigkeit der Vacuolen, wie erwähnt, auch organische und anorganische Stoffe gelöst enthält, so wirken diese Binnensafräume anziehend auf das Wasser der Umgebung und veranlassen die Aufnahme weiterer Wassermengen. Durch diese wird der Saft der Vacuolen zwar zunächst verdünnt und seine Anziehungskraft für Wasser vermindert; jedoch sorgt eine regulatorische Thätigkeit des Plasmas bald wieder für eine entsprechende Vermehrung gelöster Stoffe, so dass trotz fortwährender Verdünnung die Concentration und Anziehungskraft der Lösung immer wieder hergestellt oder sogar noch gesteigert werden kann. Die einzelnen Vacuolentröpfchen fliessen bei der Vergrösserung allmählich zusammen, bilden einen einzigen grossen Saft Raum in der Mitte der Zelle, und das Protoplasma bildet dann oft nur noch einen verhältnissmässig dünnen Belag an der stark in die Fläche gewachsenen Zellwand.

Während dieser Vorgänge hat sich das Volumen der Zelle bis auf das Hundertfache und noch viel mehr vergrössert, ohne dass die Masse des Protoplasmas eine merkliche Vermehrung erfahren hätte. Die Kosten der Vergrösserung trägt fast ausschliesslich das Wasser des Saft Raumes, welches man zum Unterschied von dem „Nährwasser“, dem „Imbibitionswasser“ und dem „Constitutionswasser“ der Pflanzen als „Schwellwasser“ bezeichnen könnte.

Wie man bei einer ganzen Reihe anderer Lebensäusserungen beobachtet, dass sie langsam eingeleitet werden, dann zu einem Maximum ansteigen, um ganz allmählich abnehmend sich zu verlieren, so erfolgt auch die Füllung der Zellen mit Schwellwasser nicht in gleichmässigem Fortschreiten. Auch sie beginnt langsam, wird zu einem Maximalbetrag beschleunigt und sinkt allmählich bis zu völligem Stillstand. Da alle gleich-

alterigen Zellen eines Organs dieses Ansteigen und Anschwellen der Grössenzunahme etwa zu gleicher Zeit durchmachen, so kommt diese Erscheinung auch im Wachstum ganzer Organe zum Ausdruck und führt hier zum Auftreten der sogen. grossen Periode des Wachstums. Kleinere Perioden des Ansteigens und Fallens im Zuwachs treten innerhalb der grossen Periode durch zeitweilige Aenderungen der Temperatur, des Lichts und anderer, den Zuwachs beeinflussender Verhältnisse auf<sup>(45)</sup>.

Dass die grossen Mengen flüssigen Wassers, welche bei der Streckung in die wachsenden Organe eingeführt werden, deren Festigkeit nicht vermindern, sondern im Gegentheil zur Festigung der jungen Gewebe durch den Turgor benutzt werden, ist in einem früheren Capitel gezeigt worden (vgl. S. 138 ff.). Der osmotische Druck des Zellinnern scheint ausserdem aber auch eine wichtige Rolle bei dem Wachstum der Zellmembran selbst zu spielen. Zellen, in denen der Turgor durch Wasserverlust beim Welken oder bei der Plasmolyse aufgehoben ist, zeigen kein Membranwachstum mehr, so dass eine gewisse Dehnung der Membranen eine mechanische Vorbedingung für ihr Flächenwachstum zu sein scheint. Diese Dehnung veranlasst aber keineswegs für sich allein das Wachsen der Membran; die inneren, physiologischen Bedingungen für das Wachstum derselben liegen in einer vom lebendigen Plasma ausgehenden und von dessen Reizzuständen beherrschten Lebensthätigkeit. Ohne das Zuthun dieser eigentlichen physiologischen Wachstumsvorgänge tritt auch bei stark gespannten Membranen kein Wachstum ein; umgekehrt können aber Membranen unter sehr schwacher Turgorspannung ein ergiebiges Flächenwachstum aufweisen. Eine Proportionalität zwischen Membranspannung und Zuwachs wird man bei dieser Sachlage natürlich nicht erwarten dürfen und aus dem Fehlen einer solchen nicht auf die völlige Bedeutungslosigkeit der Spannung schliessen dürfen. Die Bedeutung der Turgordehnung für das Membranwachstum wird aber verschieden sein, je nachdem das Wachstum das Resultat von Einlagerung neuer kleinster Membrantheilchen innerhalb der vorhandenen Membransubstanz (Intussusception) ist oder auf plastischen (unelastischen, daher nicht rückgängig zu machenden) Dehnungen beruht. Im letzteren Falle wird die Membran beim Flächenwachstum stetig dünner und muss durch Auf- oder Anlagerung (Apposition) neuer Schichten vom Plasma aus eine Verstärkung erfahren. Beide Vorgänge, die unter Umständen zusammenwirken, können für das Wachstum von Membranen in Anspruch genommen werden. Für den Vorgang der plastischen Dehnung ist die Nothwendigkeit einer, wenn auch geringen Turgorspannung selbstverständlich; bei Intussusceptionswachstum könnte eine Dehnung der Einlagerung kleinster Theilchen förderlich sein, ist aber hier keine durchaus nothwendige Vorbedingung für das Wachstum.

Die Annahme von Intussusceptionswachstum hängt innig zusammen mit den Vorstellungen über den feineren Bau (die sogen. Molecularstructur) der organischen Gebilde, den man als Bedingung für solche Einlagerung voraussetzen muss. Die Quellungserscheinungen organischer Substanzen, die sich bis zur schliesslichen Lösung fortschreitend steigern lassen, lehren einmal, dass das Imbibitionswasser nicht in vorhandene Lücken capillar eindringt, sondern sich selbst den Raum erst schafft durch Auseinandertreiben der festen Partikel, und zweitens, dass diese Partikel, zwischen die sich Wasser eindrängt und lagert, nur verschwindende (moleculare) Grösse besitzen. Diese innigste Durchdringung ist aber der Ausdruck kräftig waltender Molecular-Attractionen, die bekanntlich zu enormen Kraftleistungen befähigt sind; sie wird ermöglicht durch die besondere Molecular-Structur der organischen Substanz, deren Cohäsion durch überwiegende Wassermengen zunächst nicht aufgehoben wird. Ihre Anordnung hat man sich daher in waben- oder netzartigen Verbänden vorgestellt und die häufige optische Doppelbrechung organischer Gebilde mit krystallähnlicher Structur und be-

stimmter Orientirung der Molecülgruppen (Micelle NÄGELI's) oder mit Spannungsverhältnissen colloidalen Wabensysteme (BÜTSCHLI) in Verbindung gebracht. — Aehnlich wie die mit der Imbibitionsflüssigkeit in innigster und deshalb wirksamster Berührung stehende organische Substanz dieser z. B. Farbstoffe entreisst und in sich aufnimmt, können wohl aber auch ähnlich zugeführte neue Cellulosetheilchen der Membran innerlich angegliedert werden<sup>(46)</sup>.

Nachdem im Vorhergehenden die Streckungsvorgänge an der einzelnen Zelle in ihren wichtigsten Punkten hervorgehoben wurden, sollen nun die Erscheinungen des Gesamtwachsthums an vielzelligen Organen geschildert werden.

Im Allgemeinen wachsen pflanzliche Organe sehr langsam, so langsam, dass man bei kurzer Beobachtungszeit überhaupt kein Wachstum bemerkt. Nur die Staubfäden mancher Gräser wachsen so rasch, dass man ihre Verlängerung mit blossen Auge noch unmittelbar wahrnehmen kann: Bei den Staubfäden von Triticum (Weizen) ist ein Zuwachs von 1,8 mm in der

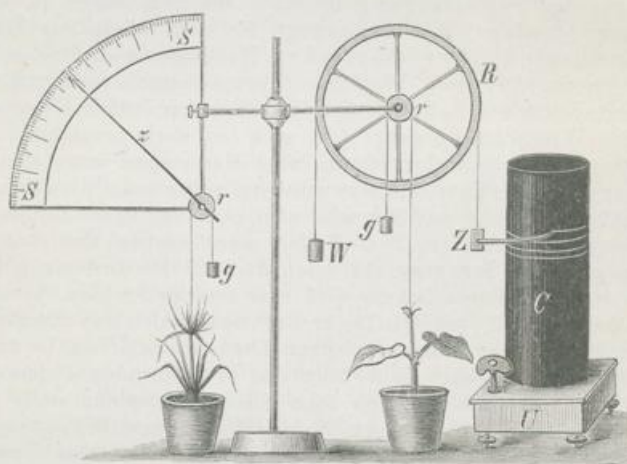


Fig. 195. Wachstumsmesser (Auxanometer). Links ein einfaches Hebelauxanometer (Zeiger am Bogen), rechts ein selbstregistrierendes Auxanometer. Nähere Erklärung im Text.

Minute beobachtet worden, was etwa der Geschwindigkeit des grossen Zeigers einer Taschenuhr entspricht. Selbst die, nach diesen Staubfäden am schnellsten wachsenden Pflanzentheile, nämlich die Blattscheiden der Bananen, stehen mit 1,1 mm, die Bambusschösslinge mit 0,6 mm gegen erstere erheblich zurück; die allermeisten Pflanzen erreichen aber auch unter günstigen Verhältnissen nur einen viel geringeren Zuwachs (0,005 mm und darunter in in der Minute)<sup>(47)</sup>.

Um die Zuwachsgrössen der Pflanzen besser messen zu können, bringt man sie in vergrössertem Maassstabe zur Anschauung. Das kann entweder durch das Mikroskop geschehen, welches mit der Vergrösserung des durchmessenen Raumes auch die Geschwindigkeit entsprechend vergrössert. Bei starker mikroskopischer Vergrösserung sieht man z. B. die Spitze rasch wachsender Pilz-Fäden, wie von unsichtbaren Kräften vorwärts geschoben, im Gesichtsfeld fortschreiten. — Die bequemste, und bei größeren Versuchsobjecten deshalb meist benutzte Methode der Messung ist aber die mittels Hebelübertragung. Die darauf beruhenden Apparate werden als Auxanometer bezeichnet. Das Princip der



Auxanometer, so verschieden sie in der Ausführung sonst sein mögen, ist immer die Uebertragung der Zuwachsgrösse auf einen längeren Hebelarm und die dadurch erreichte vergrösserte Darstellung. Fig. 195 stellt links ein einfaches Auxanometer, den sogen. „Zeiger am Bogen“ vor, mit welchem der Zuwachs des Blüthenschaftes beobachtet wird. Ein dicht unter der Gipfelknospe befestigter Faden läuft über die kleine Rolle  $r$  und wird durch das Gewicht  $g$  gerade nur straff gehalten, ohne einen störenden Zug auf den Schaft auszuüben.  $z$  ist ein mit der Rolle  $r$  fest verbundener leichter Zeiger (trockner Grashalm), welcher etwa 20 Mal so lang als der Halbmesser der Rolle, den jeweiligen Zuwachs des Schaftes also zwanzigfach vergrössert an der Scala  $S$  anzeigt. Ein Zuwachs des Schaftes um  $\frac{1}{5}$  mm hat demnach die Verschiebung der Zeigerspitze um 4 mm zur Folge.

Um die zu bestimmten Zeiten hier nothwendigen Ablesungen zu ersetzen, hat man selbstregistrirende Auxanometer angewandt, deren Construction in Fig. 195 rechts in einfacher Ausführung dargestellt ist. Der grosse Hebelarm wird durch die Radien der grösseren Rolle  $R$  gebildet, der kleine durch die Radien der kleinen Rolle  $r$ . Bei der durch den wachsenden Spross erfolgenden Drehung nach links hebt sich ein mit horizontalem Zeiger  $Z$  versehenes Metallstück, welches durch das Gegengewicht  $W$  equilibriert ist. Der horizontale spitze Zeiger berührt rechts eine durch das Uhrwerk  $U$  in gleichmässige Drehung versetzte Trommel  $C$ , die mit einem berussten Papier überzogen ist und auf welcher der anliegende Zeiger einen weissen Strich hinterlässt. Dreht sich die Trommel in je einer Stunde einmal herum, dann giebt der senkrechte Abstand zwischen den Zeiger Spuren den jeweiligen stündlichen Zuwachs selbstthätig an.

Die grosse Periode, die aus inneren Ursachen beim Wachstum der Organe in die Erscheinung tritt, kommt auf dem selbstregistrirenden Auxanometer besonders scharf zum Ausdruck in dem allmählichen Auseinanderrücken der zuerst dicht zusammengedrängten Striche und in der späteren Wiederannäherung. Für die Zuwachsgrössen einer Lupinenwurzel fand STREHL beispielsweise in je 24 Stunden in Zehntelmillimetern:

58, 70 92, 97, 165, 192, 158, 137, 122, 83, 91, 59, 25, 25, 8, 2, 0.

Desgleichen wurde für das erste Stammglied im Dunkeln beobachtet ein Zuwachs von 8, 9, 11, 12, 35, 43, 41, 50, 51, 52, 65, 54, 43, 37, 28, 18, 6, 2, 0.

Im Gesamtwachsthum einer ganzen Wurzel macht sich aber die grosse Periode, d. h. also die allmähliche Zunahme der Wachstumsgrösse von Null bis zu einem Maximum und die folgende Wiederabnahme bis zu Null keineswegs so rein geltend, wie in den einzelnen Zellen, da in einer sich verlängernden Wurzel nur eine kleine Strecke thatsächlich im Wachsen begriffen ist. Bei Wurzeln von Landpflanzen erstreckt sich die wachsende Region meist nur über etwa 1 Centimeter von der Spitze ab, oft sogar nur über  $\frac{1}{2}$  Centimeter. In dem ganzen rückwärts liegenden Theil haben die Zellen ihre endgültige Grösse schon erreicht: Die grosse Periode der wachsenden Zellen spielt sich auf der kurzen Endstrecke ab. Sie kommt daher sehr anschaulich zum Ausdruck, wenn man gleiche, kurze Zonen, die aus nahezu gleichaltrigen Zellen bestehen, nahe der Wurzelspitze durch Tuschemarken abgrenzt. Fig. 196 A zeigt eine keimende Feldbohne, deren Wurzel an der Spitze in verschieden alte, aber gleich lange Querzonen abgetheilt wurde. Fig. 196 B zeigt dieselbe Wurzel nach 22 stündigem Wachsen. Die Tuschemarken sind durch das Wachstum der Zonen aus einander gerückt, aber verschieden weit, je nach Lage bzw. Alter. Die grösste Streckung zeigt die Querzone 3; von da nimmt die Vergrösserung sowohl nach den jüngeren Zonen 2 und 1, wie nach den älteren 4 bis 10 ab. In der verschiedenen Grössenzunahme spricht sich aber nichts Anderes aus, als die grosse Periode des Wachstums während

der verschiedenen Altersstadien der Zellen. Für die Zuwächse millimeterlanger Querzonen einer Wurzel von *Vicia Faba* fand SACHS:

Querzone:	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
Zuwachs:	15	58	82	35	16	13	5	3	2	1	0

in Zehntelmillimetern nach 24 Stunden.

Bei Sprossachsen ist die wachsende Region gewöhnlich viel länger als bei Wurzeln, sie ist meist einige Centimeter lang, erreicht in einzelnen Fällen sogar 50 und mehr Centimeter Länge. Die durch die grosse Periode bedingte Vertheilung des Zuwachses entspricht im Uebrigen in den jungen Theilen unterhalb

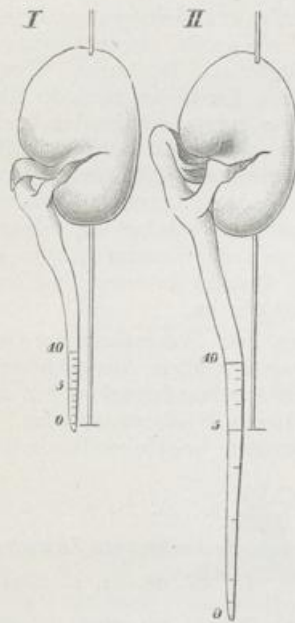


Fig. 196. Die Vertheilung des Zuwachses an der Wurzelspitze einer Feldbohne (*Vicia Faba*). Bei *A* die Wurzelspitze durch Tuschemarken in 10 gleiche Querzonen von 1 mm getheilt. In *B* dieselbe Wurzel nach 22 Stunden. Die Tuschestriche sind durch ungleiches Wachstum der Zonen verschieden weit aus einander gerückt.  
Nach SACHS.

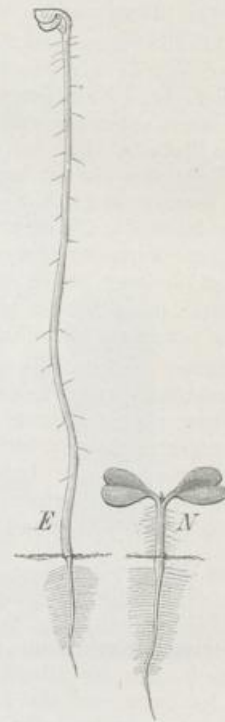


Fig. 197. Zwei gleichalte Keimpflänzchen des weissen Senfs (*Sinapis alba*). *E* im Dunkeln erwachsen, etiolirt. *N* bei gewöhnlicher Tagesbeleuchtung gewachsen, normal. Die Wurzeln mit Wurzelhaaren.

des Vegetationspunktes ganz derjenigen bei Wurzeln. Auch bei sogen. intercalarem Wachstum, wobei der Zuwachs nicht an und unter der Spitze, sondern in einer beliebigen Region, meist am Grunde des Organs, erfolgt (Blätter und Blüthenschäfte mancher Monocotylen), tritt die grosse Periode bei der Streckung auf. Die Vertheilung des Wachstums an einem Spross der Gartenbohne, welcher von der Spitze ab in Querzonen von 3,5 mm getheilt war, ergab nach SACHS in 40 Stunden

in der Querzone:	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
die Zuwächse:	20	25	45	65	55	30	18	10	10	5	5	5

Zehntelmillimeter.

Diese periodische Veränderung des Zuwachses tritt also, um es noch einmal hervorzuheben, auch unter constanten äusseren Wachstumsbedingungen ein, sie ist allein durch innere Ursachen bestimmt.

**Äussere Einwirkungen auf das Wachstum** (48). In den beschriebenen Verlauf der Streckung greifen aber äussere Factoren oft sehr kräftig ein, indem sie beschleunigend oder hemmend auf den Verlauf der inneren Vorgänge einwirken. Da das Wachsen eine echte Lebensäusserung ist, so wird es von allen jenen Umständen, welche als Reize auf das Protoplasma wirken, auch beeinflusst werden können; da es andererseits eine mechanische Leistung ist, werden auch rein mechanische Momente sich bei demselben geltend machen. Besonders treten in ihrer Einwirkung auf das Wachstum hervor die Temperatur, das Licht, Feuchtigkeit und Sauerstoffgehalt der Umgebung, Zug- und Druckkräfte, sowie auch Verletzungen.

Die Temperatur beeinflusst das Wachstum derart, dass im Allgemeinen sowohl die niederen Wärmegrade um  $0^{\circ}$ , wie auch höhere von 40 bis  $50^{\circ}$ , dasselbe völlig zum Stillstand bringen. Zwischen jenem Minimum und diesem Maximum der Temperatur, bei welchen das Wachstum erlischt, liegt als Optimum (vgl. S. 137) der Wärmegrad zwischen  $22$  und  $37^{\circ}\text{C}$ . Die hier ganz im Allgemeinen angegebenen sogen. Cardinalpunkte der Temperatur schwanken deshalb innerhalb so weiter Grenzen, weil sie sowohl bei verschiedenen Pflanzenarten als auch für Individuen derselben Art, wie auch für verschiedene Lebens- und Entwicklungsvorgänge eines und desselben Individuums, verschieden sind. Bei Pflanzen tropischer Klimate kann beispielsweise das Minimum bei  $+10^{\circ}\text{C}$ . liegen, während unsere, oft die Schneedecke durchbrechenden ersten Frühjahrspflanzen ebenso wie die Bewohner der Hochalpen und der polaren Regionen bei Temperaturen wenig über  $0^{\circ}$  noch kräftig wachsen. Ebenso zeigen Optimum wie Maximum entsprechende Abweichungen bei verschiedenen Pflanzenarten; so gedeihen in den heissen Geysirn gewisse Algen und Bacterien in Temperaturen bis zu  $80^{\circ}\text{C}$ ., welche andere Pflanzen sofort vernichten würden. — Das Optimum liegt gewöhnlich nicht in der Mitte zwischen Minimum und Maximum, sondern dem Maximum genähert.

Auf die Wachstumsvorgänge bei der Keimung der Samen wirken merkwürdigerweise Temperaturschwankungen, selbst wenn sie zeitweise nach unten erfolgen, meist günstiger ein als ein Verharren, selbst auf der Optimaltemperatur, was auch für die Keimung von gewissen Pilzsporen zu gelten scheint (49).

Der Lichteinfluss macht sich in anderer Weise geltend als die Wärmeschwingungen. Das Licht verlangsamt im Allgemeinen das Wachstum, was am auffallendsten aus den Beobachtungen an Stengeln und Wurzeln hervorgeht, was aber auch für Blätter gilt, wenn man von krankhaften Wuchsstörungen derselben in dauernder Dunkelheit absieht. Sehr starke Beleuchtung kann das Wachstum zu völligem Stillstand bringen. Sehr schwache Beleuchtung oder Finsterniss wirken dagegen zunächst wachstumsfördernd auf die Organe. Die Wirkung der Dunkelheit auf die Pflanzen zeigt sich aber in verschiedener Weise, je nachdem der Lichtabschluss entweder mit Unterbrechungen nur kurze Zeit dauert, wie bei dem Tag- und Nachtwechsel, oder aber gleichmässig anhält. Lang andauernde Dunkelheit bedingt zumeist ein vom normalen eigenartig abweichendes Wachstum, indem einzelne Organe eine abnorme Förderung erfahren, andere aber stark gehemmt werden, so dass das ganze Aussehen einer in anhaltender Finsterniss gewachsenen Pflanze gänzlich fremdartig erscheint. Die Stengel dicotyler Pflanzen findet man im Dunkeln meist unverhältnissmässig verlängert, weichlich und weiss. Die Blattspreiten bleiben meistens klein und verharren

lange in der Knospenlage (vgl. Fig. 197 E); ihre Farbe ist ein helles Gelb. Derartig aussehende Pflanzen nennt man „etiolirt“ oder „vergeilt“.

Das Kleinbleiben der Blattspreiten und die Verlängerung der Stengel (und Blattstiele) im Dunkeln treten nicht bei allen Pflanzen und nicht unter allen Umständen auf. So bleiben die Stengelglieder gewisser Cacteen im Dunkeln sogar erheblich kürzer als im Hellen; die Blätter der Runkelrübe (Beta) werden im Finstern ebenso gross oder grösser als im Licht, und das gleiche wird unter günstigen Ernährungsverhältnissen auch bei anderen Pflanzen (Kürbis) beobachtet. — Im gedämpften Licht eines Waldes werden die Blätter oft weit grösser als im vollen Tageslicht. Sie sind dann auch durch Reduction der Zellschichten im Verhältniss dünner und die in voll beleuchteten Blättern eng an einander schliessenden Palisadenzellen verjüngen sich dabei nach unten trichterförmig, grosse Hohlräume zwischen sich lassend. So prägt sich der Einfluss der Lichtintensität sogar im inneren Bau solcher „Schattenblätter“ aus. Die Blüthen werden im Finstern, falls ihnen die in assimilirenden Blättern erzeugten Bildungsstoffe reichlich zur Verfügung stehen, nach SACHS' Beobachtungen kaum anders als im hellen Sonnenlicht ausgebildet, zuweilen nur blasser in der Farbe. Ist jedoch zugleich die Thätigkeit des grünen Laubes bei Lichtmangel unterdrückt oder geschwächt, dann bilden, wie VÖCHTING fand, viele Pflanzen nur unscheinbare krüppelhafte oder geschlossen bleibende, kleistogame Blüthen (S. 255) aus.

Die Gewebe des Stengels und der Blattstiele sind bei vergeilten Dunkelpflanzen bedeutend wasserreicher und dünnwandiger ausgebildet als bei normalen Lichtpflanzen. Die Wurzeln etiolirter Pflanzen findet man dagegen oft kürzer entwickelt. Der Reservestoffvorrath, welcher einer Pflanze im Dunkeln zur Verfügung steht, wird so hauptsächlich dazu verwandt, um unter Zuhilfenahme einer ungewöhnlich grossen Menge von Schwellwasser die Aehsentheile zu verlängern. Diese Wirkung der Dunkelheit ist aber von grösstem Werthe beim Austreiben junger Pflanzentheile aus unterirdischen Knollen, Rhizomen und Samen. Die jungen Sprosse werden auf diese Weise rasch an's Licht gebracht und zu selbständiger Ernährung befähigt. Der Nutzen dieser Einrichtung tritt auch besonders da hervor, wo es die Blätter selbst sind, welche durch ihr Längswachsthum das Licht erreichen müssen. Diese Aufgabe fällt insbesondere den Blättern monocotyler Pflanzen zu, welche aus Zwiebeln und Rhizomen hervorspriessen; sie verhalten sich wie die Stengel dicotyler Gewächse, indem sie im Dunkeln eine abnorme Länge erreichen.

Aus den mitgetheilten Erfahrungen wäre zu schliessen, dass das Wachsthum der Pflanzen des Nachts stärker als Tags über sein müsse. Dies trifft in der That zu, falls die sonstigen das Wachsen beeinflussenden Umstände annähernd gleich bleiben. Starke Temperaturniedrigung während der Nacht u. a. m. kann aber einen Vorsprung zu Gunsten des Tageszuwachs bewirken.

Wie bei der Assimilation die Strahlen verschiedener Wellenlänge und Brechbarkeit verschiedene Wirksamkeit besitzen, so ist es auch bei den hier beschriebenen Erscheinungen keineswegs gleichgültig, welche Lichtfarbe auf die Pflanze einwirkt. Bei dem Wachsthum sind es aber die stärker brechbaren, die sogen. chemischen Strahlen, welche die Lichtwirkungen bedingen; die rothgelbe Seite des Spectrums wirkt auf viele Pflanzen wie Dunkelheit<sup>(50)</sup>.

Die Feuchtigkeit der Umgebung beeinflusst das Wachsthum auf doppelte Weise, sowohl als Reiz, wie auch durch Begünstigung des Turgors bei der verminderten Transpiration.

An feuchten Standorten sind die Pflanzen daher meist grösser als auf trockenen Plätzen, ja sie weichen oft im ganzen Habitus von jenen ab. Von besonderer

Wirkung auf die Gestaltung erweist sich aber häufig die directe Berührung mit Wasser. Amphibische Pflanzen, d. h. solche, welche befähigt sind sowohl auf dem Lande wie im Wasser zu leben, entwickeln im Wasser oft ganz andere Formen als in der Luft. Dies tritt zumal in der Ausbildung der Blätter hervor, welche im Wasser häufig schmal oder fein zerschlitzt, an der Luft aber mit breiter Spreite ausgebildet werden. Fig. 34 veranschaulicht diesen Unterschied an den Blättern eines Wasserranunkels. Aber auch Blattstiele und Internodien zeigen im Wasser oft eine andere Ausbildung als in der Luft, und es erinnert ihr Verhalten im Wasser an die Uebersverlängerung (Etiollement) im Finstern. Das ist besonders der Fall bei untergetauchten Wasserpflanzen, deren Organe an die Wasseroberfläche gebracht werden müssen (Keimstengel und Blattstiele von *Trapa natans*, Stengel von *Hippuris*, Blattstiele von *Nymphaea*, *Nuphar*, *Hydrocharis*). Diese Pflanzentheile sind durch die starke Verlängerung unter Wasser in den Stand gesetzt, ihre Länge der Höhe des über ihnen stehenden Wasserspiegels anzupassen, in flachem Wasser kurz zu bleiben, in tiefem sehr lang zu werden. Der Druck der Wassersäule auf das emporkommende Organ-Ende sowie der Mangel an gasförmiger Sauerstoffumgebung scheinen in diesen Fällen als regulirende Reize in das Wachstum einzugreifen<sup>(51)</sup>.

Dass freier Sauerstoff von der grössten Bedeutung für das Wachstum ist, wurde bereits (S. 189) bei der Athmung erwähnt. Ohne gasförmigen oder gelösten freien Sauerstoff in der Umgebung steht das Wachstum, wenigstens bei den Aërobionten, völlig still.

Mechanische Einwirkungen. Druck und Zug wirken in zweierlei Weise auf das Wachstum, einmal rein mechanisch, ausserdem aber auch als Reiz. Mechanische Widerstände verlangsamen zwar zunächst das Wachstum, reizen dann aber, wie PFEFFER fand, das Plasma zu einer Entspannung der elastischen Zellmembran, manchmal auch noch zu einer Erhöhung des Turgors. Durch die Entspannung der Haut wirkt der Turgor in erhöhtem Maasse auf das Hinderniss ein. Ist dasselbe nicht zu überwinden, so veranlasst die plastische Nachgiebigkeit der Membranen ein enges Anschmiegen an dasselbe; Wurzeln und Wurzelhaare, die in enge oder flache Hohlräume eindringen, füllen dieselben daher oft so vollkommen aus, als ob sie als flüssige Masse hineingegossen worden wären. — Von einem starken mechanischen Zug sollte man als physikalische Leistung erwarten, dass er durch Unterstützung und Förderung der Turgordelung das Längenwachstum beschleunige. Die entscheidende Rolle des Plasmas bei den Wachstumsvorgängen tritt aber auch hier insofern wieder recht deutlich zu Tage, als mechanische Zugkräfte nach HEGLER zunächst geradezu eine Verzögerung des Wachstums zur Folge haben können (ausser im Maximum der grossen Periode). Der elastische Widerstand und die Festigkeit der Membranen werden unter der Zugwirkung erhöht, ja es kann sogar durch Zugkräfte die Ausbildung von Collenchym und Sklerenchym an Orten veranlasst werden, wo sie ohne die Zerrung nicht entstanden wären<sup>(52)</sup>.

KNY schliesst aus neueren Versuchen, dass durch Zug und Druck auch die Orientirung neu entstehender Zellwände beeinflusst werden kann, in Folge Aufnöthigung einer bestimmten Wachstumsrichtung<sup>(53)</sup>.

Unwesentliche Verletzungen wirken nach TOWNSEND merklich fördernd auf das Wachstum, stärkere und wesentliche Verletzungen hemmen dasselbe.

#### Die innere Ausbildung der Organe.

Die innere Ausbildung der Organe wird erst dann vollendet, wenn dieselben nach der Streckung ihre endgültige Grösse erreicht haben; dann erst werden sie für die Ausübung ihrer spezifischen Functionen völlig in Stand

gesetzt. Die verbreitetsten Vorgänge dabei sind die Verschmelzungen (Fusionen) von Zellräumen unter einander und die Verdickungen der Zellmembranen, welche oft in eigenartigster Form und Vertheilung auftreten (S. 54 bezw. 76 ff.).

Bei Pflanzen, welche für eine längere Lebensdauer eingerichtet sind, folgt auf das Längenwachsthum häufig noch ein Wachsen in die Dicke (S. 104 ff.).

#### Entwicklungsperioden und Lebensdauer. Continuität der embryonalen Substanz.

Durch den Wechsel der Tages- und Jahreszeiten ist für das Pflanzenreich eine periodisch wiederkehrende Aenderung in maassgebenden äusseren Einwirkungen, vor Allem im Licht und der Temperatur gegeben. Es ist daher natürlich, dass jenen wiederkehrenden Aenderungen periodische Schwankungen im Wachsthum der Pflanzen entsprechen. Merkwürdiger Weise geben diese Schwankungen aber nicht nur passiv den jeweiligen äusseren Einwirkungen nach; die Lebensvorgänge im Innern der Pflanze eignen sich vielmehr mit der Zeit die gewohnte Periodicität dergestalt an, dass sie dieselbe auch ganz unabhängig vom äusseren Wechsel, ja diesem entgegen, kürzere oder längere Zeit beibehalten können. Die nächtliche Steigerung des Wachsthums, welche sich besonders nach Mitternacht durch ein Ansteigen der Wachsthumcurve geltend macht, und die besonders nach der Mittagszeit eintretende Verzögerung am Tage, kann sich beispielsweise noch lange Zeit in andauernder Finsterniss und bei constanter Temperatur erhalten. So beobachtete man, dass *Helianthus tuberosus* unter solchen Umständen zwei Wochen lang die Tagesperiode regelmässig anzeigte. Es ist das nur ein Beispiel von räthselhafter Nachwirkung, deren Erscheinungen uns im nächsten Abschnitte noch öfter begegnen werden.

Tiefer eingreifend in das Leben der Pflanzen ist der Wechsel der Jahreszeiten, der den meisten Pflanzen unserer Zone eine ausgesprochene Winterruhe aufgenöthigt hat. Es ist dies freilich keine absolute Ruhe, denn wenn auch die äusserlich sichtbaren Entwicklungs- und Wachsthumsvorgänge stillstehen, so ruhen die allerdings verlangsamten inneren Lebensprocesse doch keineswegs ganz.

Die durch den klimatischen Wechsel hervorgerufene Jahresperiode, welche im Laubfall während des Spätsommers und im Ausschlagen neuer Triebe und Blätter im Frühjahr besonders auffällig zum Ausdruck gelangt, hat sich dem Lebensgang unserer Bäume und Sträucher so fest eingepägt, dass dieselben auch in tropischen Gegenden, wo andere Pflanzen unter dem Einfluss gleichmässiger günstiger Verhältnisse zum Theil das ganze Jahr durch grünen, blühen und fruchten, ihr Laub abwerfen und eine, wenn auch kürzere Zeit der Ruhe durchmachen. Eichen und Buchen sind so fest eingelebt in diesen Wechsel, dass sie niemals davon abgehen; andere Bäume aber gewöhnen sich allmählich an die neuen Verhältnisse, wie beispielsweise Kirsche und Pflirsich, die auf Ceylon zu immergrünen Bäumen geworden sind. Die Pflirsiche sollen sogar, wie berichtet wird, das ganze Jahr über gleichmässig neue Blüthen und Früchte tragen, während der Kirschbaum gleich vielen anderen unserer Obstbäume im tropischen Klima überhaupt nicht mehr blüht. Das Einleben in die Jahresperiode ist z. Th. auch die Ursache, dass es bei vielen Pflanzen nicht oder nur schwer gelingt, sie vorzeitig durch Wärme zum Austreiben zu veranlassen. Das Verhalten verschiedener Arten ist aber auch hierin wieder verschieden; im Allgemeinen eignen

sich diejenigen am besten zum künstlichen Frühreiben, welche, wie die Hyacinthe, der Crocus, die Tulpe, Syringe und Cornus mas ohnedies zeitig im Frühjahr austreiben. Dass dabei die inneren Lebensvorgänge durch die unzeitige Wärme oft nicht in normaler Weise gefördert werden, erkennt man aber an dem absonderlichen Aussehen vieler künstlich getriebener Pflanzen, deren Blätter oder Blüten nicht zu voller Entfaltung und Lebensfähigkeit kommen wollen. (Bei sehr warm getriebenen Maiglöckchen erscheinen die Blüten z. B. vor den Blättern.)

Niedere Temperaturen bilden geradezu oft das Optimum für bestimmte Entwicklungsphasen und Frost fördert nicht selten die vorbereitenden Lebensvorgänge in der Ruheperiode, was sich an der beschleunigten Umwandlung der Reservestoffe und am beschleunigten Austreiben im Frühjahr feststellen lässt.

Der Winter ist auch nicht für alle unsere Pflanzen die Zeit des Rastens in der Entwicklung, denn es giebt Flechten und Moose, welche gerade während der frostfreien Wintertage ihre besten Vegetationsbedingungen finden, im Sommer dagegen wenig oder gar nicht wachsen. Etwas Aehnliches liegt bei unseren Frühjahrspflanzen vor, die ja auch nicht während des warmen Sommers den Höhepunkt ihrer Entwicklung erreichen, sondern nach den wetterwendischen Tagen des März und April meist wieder verschwinden und ihre lange Ruhezeit bereits antreten, wenn die Sommerflora erst erwacht.

In denjenigen heissen Landstrichen, in welchen eine regenlose und eine regenreiche Zeit abwechseln, ist die trockene Jahreszeit, wie bei uns die kalte, im Allgemeinen die Zeit der Vegetationsruhe.

Die Lebensdauer. Theils von inneren, theils von äusseren Umständen abhängig, verläuft die den Entwicklungsgang einer Pflanze von der Keimung bis zum Absterben umfassende Lebensperiode. Bei niederen pflanzlichen Organismen, Algen, Pilzen und Bacterien, kann sich der ganze Lebenslauf innerhalb weniger Tage, ja sogar weniger Stunden abspielen; bei krautigen höheren Pflanzen ist er oft in wenigen Wochen beendet. Ausdauernde Stauden, sowie die Sträucher und Bäume erreichen unter günstigen Umständen aber ein Alter von Tausenden von Jahren.

Bei manchen Pflanzen tritt mit der Ausbildung der Samen ein Abschluss des Entwicklungsganges und eine Erschöpfung ein, welche den Tod aus inneren Ursachen bedingt. Einen solchen organischen Abschluss der Lebensperiode finden wir bei unseren einjährigen Sommergewächsen; er tritt aber auch bei Pflanzen auf, die sich zwei und mehr Jahre auf die Fruchtbildung vorbereiten. Dies ist der Fall bei unseren zweijährigen Gewächsen, aber auch bei der 10—40jährigen Agave, die nach der Ausbildung ihres stattlichen Fruchtstandes erschöpft zu Grunde geht, oder bei manchen Palmen. Bei Pflanzen dagegen, welche auch während des Blühens und Fruchtens einen Theil der gebildeten organischen Substanz als Reservestoffe ablagern und neben den Fortpflanzungsorganen neue Vegetationspunkte bilden, tritt ein organischer Abschluss des Lebens mit der Samenbildung nicht ein. Solche Pflanzen tragen daher die Möglichkeit einer unbegrenzten Lebensdauer in sich. Die Dauer ihres Fortbestehens wird meist durch äussere Umstände bestimmt. Zerstörung durch Parasiten und andere Feinde, Nahrungsmangel, Windbruch u. dergl. setzen dem Leben dieser Pflanzen gewaltsam ein Ziel.

Am besten bekannt oder abgeschätzt ist das Alter von Bäumen, über deren Anpflanzung zum Theil geschichtliche Daten vorliegen, während das Alter anderer Bäume oft Jahrhunderte weit über die geschichtliche Zeit zurückreicht.

Die berühmte Linde bei Neuenstadt am Kocher in Württemberg ist annähernd 700 Jahre alt, eine Litthauer Linde von 25,7 m Umfang hatte 815 Jahresringe

und ein *Taxus* in Braburn (Kent) wurde bei 18 m Umfang auf 2880 Jahre geschätzt. Ein *Sequoiastamm* im Berliner Museum hat bei 1316 Jahresringen einen Durchmesser von 4,7 m und man kann danach das Alter jener Stämme ermessen, welche es laut vorliegenden Angaben auf 16 m Durchmesser gebracht haben. Berühmt durch ihr Alter sind ferner eine *Adansonia* auf den Capverden mit einem Stammdurchmesser von 8—9 m und eine Wasser-Cypresse bei Oaxaca in Mexico. Sehr alt muss auch der berühmte Drachenbaum auf Orotava gewesen sein, der 1868 durch einen Sturm umgestürzt und dann durch einen Brand zerstört wurde. Aber auch niedere Pflanzen erreichen oft ein hohes Alter; die an der Spitze fortwachsenden Moose der verkalkten *Gymnostomum*-Rasen und die Stengel der metertief in das Torfmoor hinabreichenden *Sphagnaceen* zählen ihr Dasein sicher auch nach vielen Jahrhunderten.

Wenn man von dem Alter jener Pflanzenriesen spricht, muss man aber bedenken, dass keineswegs alle Zellen dieser Gewächse so lange lebendig bleiben, sondern dass immer neu entstehende Organe und Gewebe das Leben des ganzen Organismus fortsetzen. Alles, was wir an einer tausendjährigen Eiche von aussen sehen, ist thatsächlich nur wenige Jahre alt; es sind junge Blätter, junge Triebe, junge Rindentheile. Die wirklich alten Theile sind längst abgestorben wie die Borke, oder tief im Innern versteckt, wie Mark und Kernholz, oder längst abgestossen, wie die erste Rinde. Nur die Zellen der ursprünglichen Vegetationspunkte sind lebendig geblieben und in stetem Wachsthum und steter Vermehrung begriffen, so lange der Baum existirt. Die aus den Vegetationspunkten hervorgegangenen und zu bestimmten Lebensverrichtungen sich ausbildenden Zellen des Dauergewebes gehen aber alle nach mehr oder minder langer Ausübung ihrer Functionen zu Grunde.

Die Zellen der Wurzelhaare haben oft nur eine Lebensdauer von wenigen Tagen, auch Drüsenzellen und Trichome der Stengel und Blätter sind oft sehr kurzlebig. Holz- und Bastfasern wie Sklerenchymzellen verlieren schon nach kurzer Zeit ihr lebendiges Plasma und erfüllen ihre eigentlichen Aufgaben in abgestorbenem Zustande. Auch ganze Organe langlebiger Pflanzen führen theilweise ein recht kurzes Leben, wie zumal die Kelch-, Blüten- und Staubblätter. Die Laubblätter unserer Holzgewächse leben nur wenige Sommermonate, dann werden sie abgeworfen.

Das Abwerfen selbst wird, nach theilweiser Rückwanderung der als Baustoffe verwertbaren Substanzen in die perennirenden Theile, durch die Ausbildung einer Trennungsschicht in der sich streckenden Blattstielbasis besonders vorbereitet (S. 121). Eine in manchen Fällen bereits vor dem Abfallen des Blattes, in anderen Fällen erst nachträglich gebildete Korkschicht schliesst die Blattnarbe dann nach aussen ab. Wie man nach den ersten Herbstfrösten leicht bemerken kann, wirken diese stark auf den Blattfall ein, indem die Eisbildung in den Trennungsschichten die Ablösung vorzeitig bewirkt. Die Blätter wintergrüner Pflanzen bleiben zwei oder mehrere Jahre lebendig, werden dann aber auch abgeworfen, was übrigens auch mit kleinen oder grösseren Zweigen, besonders von Coniferen, geschehen kann. — Mit am längsten erhalten sich von Dauergewebszellen die der Markstrahlen lebendig; bei manchen Bäumen, z. B. bei der Buche, hat man über 100 Jahre alte lebende Markstrahlzellen gefunden, während freilich die Hauptmasse derselben schon mit dem fünfzigsten Jahre abstirbt.

Continuität der embryonalen Substanz. Immer ist die Lebensfähigkeit von Zellen des functionirenden Dauergewebes zeitlich begrenzt, meist sogar sehr eng begrenzt. Unbegrenzt dagegen und niemals einen natürlichen Abschluss findend erhält sich die Lebensfähigkeit der embryonalen Gewebe, welche die Vegetationspunkte, bezw. die Scheitelzellen, der



perennirenden Pflanzen bilden und von denen sich, worauf SACHS zuerst hinwies, auch die Vegetationspunkte der sexuellen Nachkommenschaft durch die Substanz der Geschlechtszellen direct ableiten. Diese embryonale Substanz altert nicht, sie producirt neue vergängliche Individuen, aber sie erhält sich dauernd in deren Nachkommen, bleibt stets productiv, stets sich verjüngend und vermehrend. Tausend und abertausend Generationen, welche durch Millionen von Jahren hindurch entstanden sind, waren ihr Product; sie lebt in den jüngsten Generationen aber fort mit der Kraft, kommenden Millionen ihre Entstehung zu geben. — Von diesem Gesichtspunkt aus betrachtet erscheinen die Unterschiede in der Lebensdauer zwischen kurzlebigen und langlebigen Pflanzen, zwischen einjährigen Kräutern und den Jahrtausende alten Riesen des Pflanzengeschlechts in anderem Lichte. Ein Theil der embryonalen Substanz der Vegetationspunkte an jener Neuenstädter Linde bildet alljährlich neue Blätter und Sprosse, die aber im Zusammenhang mit absterbenden Resten früherer Jahresbildungen bleiben. Ein anderer Theil dagegen trennt sich im Embryo des Samens, wie auch bei einjährigen Pflanzen, alljährlich von der Mutterpflanze und bildet, neue Stengel, Blätter und Wurzeln erzeugend, nun ein völlig neues Einzelwesen<sup>(54)</sup>.

Dem altbekannten HARVEY'schen Satz „Omne vivum ex ovo“ liegt also schon die Continuität der embryonalen Substanz zu Grunde. Dieser potentiell gleich an ewiger Jugend und organischer Unsterblichkeit ist die Substanz der einzelligen Organismen, die, durch Theilung sich fortpflanzend, ohne Rest in einander aufgehen.

## V.

## Die Bewegungserscheinungen.

In jedem lebendigen Organismus finden durch den Stoffwechsel jederzeit lebhaft Bewegungen und Verschiebungen von Substanz statt. Diese Bewegungen entziehen sich aber zum grössten Theil, da die bewegten Stoffe meist in molecularer Vertheilung wandern, unseren Blicken. Dass sie aber wirklich stattfinden, geht mit absoluter Sicherheit aus den örtlichen Stoffanhäufungen und -Verminderungen hervor, die unseren Wägungen und chemischen Nachweisungen zugänglich sind.

Auch eine andere Art der Bewegung, welche gleichfalls unseren Augen verborgen bleibt, spielt bei den Organismen eine hervorragende Rolle, das ist die Wärmebewegung und sind die verwandten, von Licht, Elektrizität u. s. w. hervorgerufenen Schwingungszustände, von welchen die Lebensvorgänge in hohem Grade abhängig sind.

Aber abgesehen von diesen Bewegungen, die sich auch im Innern eines anscheinend ruhenden Körpers abspielen, treten bei Pflanzen auch äusserlich auffallende, zwar zumeist langsam verlaufende, in einzelnen Fällen aber auch sehr rasche Ortsveränderungen auf. Diese werden entweder von ganzen Pflanzen oder von einzelnen Organen ausgeführt. — Auf passive Bewegungen, die durch äussere mechanische Einwirkungen, wie Wasser- und Windströmungen hervorgerufen werden, und die für das Pflanzenleben immerhin eine gewisse Bedeutung haben, soll hier aber nicht näher eingegangen werden; nur die von der Pflanze selbst ausgeführten activen Bewegungen sollen hier ins Auge gefasst werden.

Das Protoplasma selbst ist zu verschiedenen Bewegungsformen befähigt, sei es, dass es frei ohne Zellmembran auftritt, sei es, dass es in einer Membranhülle eingeschlossen ist. Nackte Plasmakörper zeigen fast stets langsame Bewegungen, aber auch behütete Zellen besitzen das Vermögen der freien Ortsveränderung oft in hohem Grade. Vielzellige höhere und niedere Pflanzen befestigen sich jedoch meist am Orte ihrer Keimung dauernd durch Wurzeln und andere Haftorgane und verzichten damit ein für allemal auf einen Ortswechsel, so weit er nicht durch Bewegungen beim Wachsthum ermöglicht ist. Eine solche Ortsveränderung durch Zuwachs kommt aber in besonders auffälliger Weise bei denjenigen Gewächsen zu Stande, deren Rhizome oder kletternde Stengel mit der Gipfelknospe in einer Richtung weiter wachsen und deren ältere Theile dabei hinten absterben. Verlängert sich ein Rhizom vorn mit jedem Jahr um ein Stück von durchschnittlich 5 cm, dann wird die Pflanze im Laufe von 20 Jahren um einen Meter von ihrem früheren Standort fortgerückt sein. Wie bereits S. 180 erwähnt, können die Keimlinge von *Cuscuta* auf der Suche nach Nährpflanzen in dieser Weise eine kurze Strecke über den Boden hinkriechen, und ähnlich, wenn auch langsamer, durchwandert eine wachsende *Caulerpa* (Fig. 251) im Laufe der Jahre ihr Wohngebiet. Ausser dieser Bewegung durch Zuwachs besitzen festsitzende Pflanzen aber sehr allgemein noch das Vermögen, die Lage und Richtung ihrer Organe durch Krümmungen und Drehungen zu verändern. Durch solche Krümmungen werden die Pflanzentheile in Stellungen gebracht, die für ihre Function nothwendig oder vortheilhaft sind; so werden die Stengel nach oben, die Wurzeln nach unten, die Blätter mit der Oberseite nach dem Lichte hin gerichtet; Schlingpflanzen und Ranken umfassen die tragenden Stützen und der Stengel der jungen Keimpflanze wird so gebogen, dass er ohne Verletzung der jungen Blättchen das feste Erdreich durchbrechen kann.

Nach diesem Ueberblick über die im Pflanzenreich auftretenden häufigsten Bewegungsformen seien zunächst eingehender betrachtet die

#### Bewegungen freier Protoplasten und Einzelzellen.

Die amöboide Bewegung freier Protoplasten ist eine kriechende Bewegung, bei welcher der nackte Plasmakörper der Amöben und Plasmodien einzelne Fortsätze nach einer oder mehreren Seiten austreibt; diesen folgt entweder alsbald der ganze Plasmaleib in fließender Bewegung nach oder sie werden wieder eingezogen (Fig. 198). Die Bewegung erinnert äusserlich an das Fliessen eines zähen Flüssigkeitstropfens auf nicht benetzter Unterlage. Die Arbeit der Bewegung wird nach BERTHOLD vornehmlich von Oberflächenspannungen geleistet, welche das reizbare Plasma local erhöhen oder herabsetzen kann. (Durch locale Aenderung der Oberflächenspannungen treten auch bei Tropfen lebloser Substanzen ähnliche amöboide Bewegungen auf.)

Die Cilienbewegung ist eine Schwimmbewegung, bei welcher nicht der ganze Plasmakörper die Bewegung ausführt. Er besitzt vielmehr eigene, nur einen sehr kleinen Theil seiner Masse ausmachende Bewegungsorgane in Gestalt äusserst feiner, oft bei stärkster Vergrößerung kaum wahrnehmbarer Fädchen. Diese, mit dem Plasma zusammenhängenden „Geisseln“ oder „Cilien“ sind zu 1, 2, 4 oder sehr zahlreich und in verschiedener Anordnung vorhanden (Fig. 96 u. 97). Sie bewegen sich sehr energisch im Wasser und treiben den Plasmaleib oft mit ansehnlicher Geschwindigkeit fort, meist derart, dass sie ihn zugleich in drehender Bewegung erhalten. (Der Weg der flinksten Schwärmsporen beträgt in der Secunde das zwei-

bis dreifache ihrer Länge, während die schnellsten Schiffe zum Durchfahren der eigenen Länge 10—15 Secunden brauchen. Bei der Kleinheit der Schwärmsporen beträgt die in einer Stunde durchmessene Strecke aber doch nur etwa einen Meter.) Die Bewegung der Cilien ist dabei so geregelt, dass sie den Plasmaleib in bestimmter Richtung fortführen; sie kann aber durch Reize so geändert werden, dass die Bewegungsrichtung in bestimmter Weise sich ändert. Die Cilienbewegung nämlich zeigt sich von den Reizzuständen des Plasmakörpers in der Weise beherrscht, dass die eingeschlagene Richtung und die Schnelligkeit der Bewegung den Bedürfnissen des Plasmakörpers dienstbar gemacht werden. Schwerkraft und Licht, gewisse in Lösung befindliche Körper, mechanische Hindernisse und Berührung sind es vornehmlich, welche die Bewegungen frei schwimmender Plasmakörper und Zellen beeinflussen. Die Schwärmsporen der Algen werden hauptsächlich durch das Licht in ihrer Bewegungsrichtung bestimmt. Während sie im Dunkeln nach allen Seiten hin das Wasser durch-eilen, bringt einseitiges Licht sofort eine bestimmte Richtung in ihre Bewegungen. Schnurgerade eilen sie demselben entgegen oder sie wenden sich eben so bestimmt von der Lichtquelle ab. Das Abwenden geschieht entweder bei zu starker Beleuchtung oder aus noch unbekanntem Umstimmungen ihrer Reizbarkeit oder in einem gewissen Altersstadium. Das Vortheilhafte dieser merkwürdigen sogen. heliotaktischen (phototaktischen) Bewegungen leuchtet aber sofort ein, wenn man an die Rolle der Schwärmsporen im Leben der Algen denkt. Um den jungen festsitzenden Algen, zu denen sie sich entwickeln, die Ernährung zu sichern, müssen sie zunächst das Licht aufsuchen. Ist aber ein Ort mit geeignetem, d. h. nicht zu starkem und nicht zu schwachem Lichte erreicht, dann muss sich der Schwärmer mit seinem Vorderende festsetzen und zu diesem Zwecke sich vom Lichte ab und einem dunklen Gegenstande zuwenden. Andererseits kommen die Schwärmer im völlig dunklen Raum überhaupt nicht zur Ruhe, sondern schwärmen bis zu völliger Erschöpfung weiter; so ist es ausgeschlossen, dass sie an lichtlosen Orten sich festsetzen, wo die aus ihnen entstehende Pflanze nicht assimilieren könnte.

Schwärmer von wasserbewohnenden Pilzen und die durch Geisseln beweglichen Bacterien werden nach PFEFFER'S Untersuchungen vornehmlich durch die ungleiche Vertheilung gelöster, fester oder gasförmiger Stoffe in ihrer Richtung beeinflusst. — Durch die Bewegung gewisser Bacterien geben sich beispielsweise schon die geringsten Spuren freien Sauerstoffs, die auf keinem anderen Wege nachzuweisen wären, zu erkennen (ENGELMANN'S Bacterienmethode). — Je nach ihren augenblicklichen Bedürfnissen und ihrer Reizstimmung bewegen sich die kleinen Organismen nach dem Orte höherer Concentration hin oder wenden sich von demselben ab<sup>(55)</sup>.

Bei den Bewegungen der Samenfäden nach den weiblichen Organen übernehmen derartige chemotaktische Bewegungen ebenfalls die Rolle der Leitung. Die Samenfäden der Farne werden in den langen Hals der Archegonien, wie PFEFFER feststellte, durch Aepfelsäure bezw. äpfelsaure

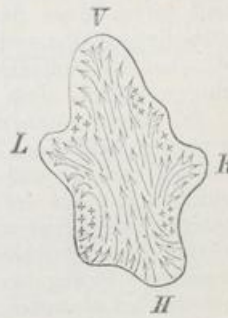


Fig. 198. Bewegungsform der Amöben. Die Pfeile deuten Richtung und Stärke der Bewegung an, die Kreuzchen die ruhenden Stellen. Augenblicklich erfolgt die Hauptbewegung von H nach V. Im nächsten Augenblick kann sich der Hauptstrom nach R oder L wenden und dadurch die Bewegungsrichtung der Amöbe ändern.

Salze gelockt; die Archegonien der Laubmoose ziehen die Spermatozoiden dagegen mittels Rohrzuckerlösung an. Hierbei sind es oft äusserst geringe Substanzmengen, welche eine kräftige Reizbewegung hervorrufen; so genügt schon eine 0,001 procentige Lösung von Aepfelsäure zur Anlockung der in reinem Wasser ziellos umherschwärmenden Farn-Spermatozoiden. — Auch die Bewegung der Amöben und Plasmodien wird in ähnlicher Weise von aussen beeinflusst. Diese nackten Protoplasten leben nicht nur im Wasser (Amöben), sondern auch in feuchten Substraten (Plasmodien, Amöben) und man hat bei ihnen beobachtet, dass sie die Befähigung haben, feuchtere Stellen aufzusuchen oder sich von diesen zu entfernen (vor der Sporenbildung). Auch von der Strömungsrichtung des Wassers werden sie bei ihren Bewegungen beeinflusst (Rheotaxis). Als Thigmotaxis oder Stereotaxis hat man die seltenere Erscheinung bezeichnet, dass schwärmende Zellen durch mechanische Berührung gereizt und dadurch bestimmt werden, in steter Berührung mit dem umschwärmten Gegenstande zu bleiben. Diese Eigenschaft ist z. B. an Samenfäden der Fucaceen und an *Chromatium Weissii*, einem Schwefelbacterium, beobachtet worden. — Wenn behütete Zellen (z. B. die der *Sphaerella pluvialis*) mittels Cilien frei schwimmen, so entspringen letztere dem Protoplasma und durchsetzen die Membran.

Die Diatomeen und Desmidiaceen zeigen andere Formen der Bewegung. Die bodenbewohnenden Diatomeen gleiten gewöhnlich in der Richtung ihrer Längsachse hin und her und ändern ihre Bewegungsrichtung durch Schwenkungen und Oscillationen. Aus der Art, wie kleine Körnchen ihrer Umgebung in Bewegung gesetzt werden, hat man schon früher auf unsichtbare, nach aussen tretende „Pseudopodien“ geschlossen. Es gelang aber erst in der neueren Zeit, derartige plasmatische Bewegungsorgane, welche durch Oeffnungen der harten Kieselschale austreten, bei einzelnen Formen sichtbar zu machen. Nach O. MÜLLER wird die Bewegung durch einen, die Raphe durchsetzenden Plasmastrom ausgeführt, der sich unter Umständen mit einer Schleim- oder Gallerthülle umgeben kann. Bei dem sehr verschiedenen Bau der Membranen wird die Bewegungsmechanik bei verschiedenen Arten wohl entsprechende Verschiedenheiten aufweisen. — Die Zellen der Desmidiaceen befestigen sich durch ausgeschiedene Schleimgallerte auf der Unterlage und führen mit Hilfe localer Schwankungen in der Gallertabscheidung ihre eigenartigen Bewegungen aus. Die fortgleitenden Bewegungen der fadenförmigen *Oscillarien* und *Spirulinen* erfolgen nach CORRENS in einer Gallertscheide, sind aber bezüglich ihrer Mechanik noch so wenig aufgeklärt wie die langsamen Bewegungen von *Spirogyren*.

#### Plasmabewegung in behüteten Zellen.

Führen die mitgetheilten Formen der Bewegung zu einer Ortsveränderung der ganzen Zelle, so finden wir das in festsitzenden Pflanzen eingeschlossene Plasma in seiner Weise auch wieder zu Bewegungen innerhalb des Zellraums befähigt. Besonders ausgiebig sind derartige Binnenbewegungen des Plasmas in den nicht cellulären Siphoneen und in ebensolchen Pilzhypen, in den lang gestreckten Internodialzellen der Characeen, in den Haargebilden mancher Pflanzen und den Blattzellen einiger Wassergewächse. Der in lebhafter Strömung befindliche Plasmakörper der Caulerpen bewegt sich an der Aussenwand und dem im Innern dieser Alge ausgespannten Fadengerüstes wie ein grosses eingeschlossenes Plasmodium.

Bei den Plasmabewegungen innerhalb der Zellräume sind verschiedene Formen zu unterscheiden, nämlich die Circulationsbewegungen und die Rotationsbewegungen, denen man aber noch eine dritte Form, die Orientationsbewegungen, an die Seite stellen muss.

Bei der Circulationsbewegung strömen einzelne Plasmapartien in verschiedener Richtung als zarte von der Zellwand bis zum Kern verlaufende Plasmastränge oft dicht neben einander her. (Vgl. S. 49 u. Fig. 60.)

Bei der Rotationsbewegung ist das ausschliesslich wandständige Plasma in gleichsinnigem Umlauf begriffen, wobei der Kern, oft auch die Chlorophyllkörper, mitgeschleppt werden. (Vgl. S. 49.)

Die treibende Kraft dieser Bewegungen, welche auch dann noch andauern können, wenn das Protoplasma durch Plasmolyse (S. 140) sich von der Wand zurückgezogen hat, ist noch nicht bekannt. Man weiss nur, dass ihr Bestehen und ihre Lebhaftigkeit von Factoren abhängt, welche die Lebensvorgänge im Allgemeinen unterhalten und fördern, vor allem also von günstiger Temperatur und meist auch von der Gegenwart freien Sauerstoffs, — obwohl nach den Beobachtungen von KÜHNE Nitella, auch bei Ausschluss des Sauerstoffs aus ihrer Umgebung, die Plasmabewegung (vielleicht mit Hilfe irgendwie gespeicherten Sauerstoffs) bis zu 50 Tagen zu unterhalten vermag<sup>(56)</sup>. Ueber die Verbreitung der Plasmabewegungen, welche von CORTI 1772 entdeckt und von TREVIRANUS 1807 wieder aufgefunden wurden, hatte man sich durch das Studium von Schnitten insofern täuschen lassen, als bei Verwundungen und anderen abnormen Verhältnissen Plasmaströmungen auch in Zellen entstehen, wo sie im normalen Zustand nicht beobachtet werden. Das Bestehen der Plasmaströmungen — einerseits ein Ausdruck kräftiger Lebensthätigkeit — kann also auch ein Symptom krankhafter oder doch gereizter Zustände sein.

Die Orientierungsbewegungen des Plasmakörpers verlaufen meist so langsam, dass sie nicht unmittelbar, sondern nur aus ihren Leistungen erkannt werden können. Sie werden durch den Wechsel äusserer Einwirkungen (besonders der Beleuchtung) hervorgerufen und bewirken eine bestimmte Lagerung plasmatischer Organe, wie beispielsweise die Orientierung der Chlorophyllkörper gegen das Licht. Beispiele derartiger Bewegungen sind bei einigen Algen, bei der untergetauchten Wasserlinse, bei Farn-Prothallien und Moosen, aber auch bei höheren Pflanzen zu finden.

In den Zellfäden der Alge Mesocarpus findet sich ein einziger platter, in der Längsachse der Zelle ausgespannter Chlorophyllkörper. Diese Chlorophyllplatte wird je nach der Richtung und Stärke des den Faden quer treffenden Lichtes um ihre Längsachse gedreht. Sie wird nach STAHL's Beobachtungen bei gemässigtem Lichte quer gegen die Lichtquelle gestellt, so dass sie voll beleuchtet ist (Flächenstellung). Bei der Beleuchtung durch directes Sonnenlicht wird die Platte jedoch so gedreht, dass sie der Lichtquelle die schmale Kante zukehrt (Profilstellung). Was hier durch Drehungen des einen Chlorophyllkörpers bewirkt wird, nämlich der volle Genuss gemässigtem Lichtes und der

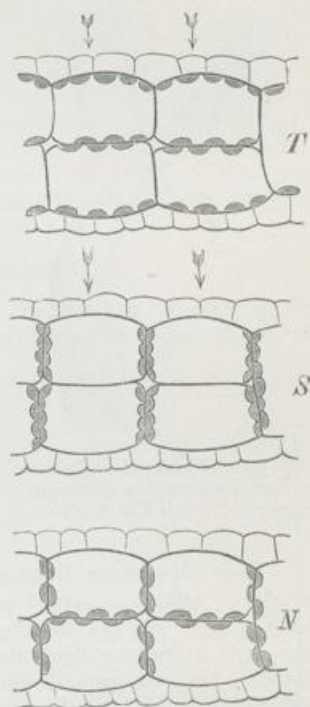


Fig. 199. Wechselnde Stellung der Chlorophyllkörper in den Zellen der untergetauchten Wasserlinse (*Lemna trisulca*) bei verschiedener Beleuchtung. *T* in diffusem Tageslicht, *S* in directem Sonnenlicht, *N* des Nachts. Die Pfeile geben die Richtung des einfallenden Lichtes an. Nach STAHL.

Schutz vor zu intensiver Lichtwirkung, das wird in Zellen mit zahlreichen Chlorophyllkörperchen durch die Verschiebung derselben an verschieden orientirte Wände erreicht. In gemässigtem Lichte werden die Chlorophyllkörper an denjenigen Wänden vertheilt, welche quer die Richtung der Lichtstrahlen schneiden (Fig. 199 T); sie gleiten aber alsbald an die den Lichtstrahlen parallel laufenden Seitenwände und werden der Lichtwirkung damit möglichst entzogen, wenn dieselbe anfängt zu stark zu werden (Fig. 199 S). Im Finstern oder bei sehr schwachem Lichte kann eine dritte, aus der Fig. 199 N ersichtliche Art der Gruppierung eintreten, deren Vortheile noch unbekannt sind.



Fig. 200. Fluthendes Plasma in den Hyphen von *Rhizopus nigricans*. Nach J. C. ARTHUR.

Die Chlorophyllkörper selbst erfahren bei dem Beleuchtungswechsel mehrfach Formveränderungen; in gemässigtem Lichte sind sie abgeflacht, in starkem Lichte abgerundet und dicker.

Eine besondere Art des Lichtschutzes ist bei sehr vielen Pflanzen zu beobachten, tritt aber besonders ausgeprägt bei den Siphoneen und Diatomeen auf, indem sich die Chlorophyllkörper im zu intensiven Licht klumpenweise zusammenballen. — Durch alle derartigen Aenderungen in der Anordnung der Chlorophyllkörper erscheint natürlich die Farbe grüner Organe in wechselnder Abtönung. In starker Besonnung sehen sie heller, in zerstreutem Licht dunkler grün aus. Dadurch, dass sich der Schatten eines Thermometers auf einem besonnten Blatte dunkelgrün abzeichnete, wurde SACHS auf diese Chlorophyllkörperbewegungen aufmerksam. — Verwundungen, aber auch einseitige Zellwandverdickungen rufen ebenfalls Orientierungsbewegungen hervor, indem sie es veranlassen, dass sich Kerne und Protoplasma einseitig ansammeln.

Eine eigenartige Bewegung des Protoplasmas, die man als fluthende bezeichnen könnte, kommt nach J. C. ARTHUR in gewissen Pilzmycelien vor. Hier strömt die ganze Plasmamasse einzelner Hyphen sammt den Vacuolen, nur mit Ausnahme der ruhenden Hautschicht, zeitweise nach den Enden der Hyphen hin, um nach längerem oder kürzerem Stillstande, zuweilen mit gleicher Schnelligkeit, den Fluthen eines angeschwollenen Stromes vergleichbar, zurückzudrängen. Fig. 200 zeigt, wie sich der Plasmastrom aus einer Seitenverzweigung S in den Strom des Hauptstammes H zurückergießt. In wie weit das Protoplasma hier activ sich bewegt, oder aber nur passiv durch andere Vorgänge geschoben wird, müssen weitere Untersuchungen erst lehren<sup>(57)</sup>.

#### Krümmungsbewegungen.

Die Organe festsitzender Pflanzen, sowohl einzelliger wie mehrzelliger, führen ihre Bewegungen vermittelt Krümmungen aus. Ein völlig geradlinig gewachsenes Organ besitzt gleichlange Längskanten; bei einem gekrümmten Organ dagegen besitzen diese Kanten ungleiche Länge, indem an der gekrümmten Strecke die concave Innenseite nothwendig kürzer ist als die convexe Aussenseite. Wenn daher an einem biegungsfähigen geraden Organ die gegenüber liegenden Flanken ungleich lang werden, so muss das Organ sich krümmen und zwar nach der kürzeren Flanke hin. Fig. 169, S. 142 wird das Gesagte leicht veranschaulichen und zudem mit Zahlen belegen. Die ungleiche Länge der gegenüber liegenden (antagonistischen)

Flanken kann aber die Folge verschiedener Vorgänge sein. Bei gleichbleibender Länge einer Seite kann sie sowohl durch Verkürzung als durch Verlängerung der anderen entstehen, sie kann aber auch durch ungleiche Verkürzung oder ungleiche Verlängerung beider Seiten und schliesslich durch Verlängerung der einen und Verkürzung der anderen zu Stande kommen. Alle diese Vorgänge müssen zu ungleicher Länge der antagonistischen Flanken und demnach zu Krümmungen führen.

Am häufigsten treten entsprechende Veränderungen bei Pflanzen in Folge ungleichen Wachstums auf. Seltener sind es ungleiche Schwankungen in der Turgordehnung, welche das Längenverhältniss ändern. Dieser Fall tritt vornehmlich bei ausgewachsenen Organen, z. B. Blattpolstern (S. 240 ff.) und bei Staubfäden ein. Eine dritte Veranlassung zu Krümmungen bildet die ungleiche Quellung der Zellwände selbst durch Imbibition und die daher rührende ungleiche Volumveränderung derselben auf gegenüberliegenden Organseiten; eine vierte die Verkürzung gewisser Zellecomplexe, wobei mit schwindendem Füllwasser das Gewebe durch die Cohäsion des verbleibenden Wasserrestes in bestimmter Richtung contrahirt wird (vgl. S. 220).

#### I. Imbibitions- und Cohäsionsmechanismen.

Da die Membranen frischer, lebensthätiger Zellen mit Wasser bis zur Sättigung imbibirt sind, so wird man nach Quellungsbewegungen nur bei ausgetrockneten oder aber austrocknenden, meist also bei abgestorbenen Geweben zu suchen haben.

Ogleich also die Imbibitionsbewegungen zu den physikalischen Eigenschaften von Pflanzentheilen gehören und mit den Lebensvorgängen nur insoweit zusammenhängen, als die Ausbildung des verschiedenen Imbibitions- und Quellungsvermögens der Membranen eine eigenartige Leistung des membranbildenden Plasmas ist — die sich häufig auch in der sichtbaren anatomischen Structur, im Schichtenverlauf, in Streifung und Tüpfelstellung sowie in der Zellenanordnung kundgibt — so mögen sie doch ihrer leicht begreiflichen Mechanik wegen, und da sie jederzeit rasch hervorzurufen und experimentell leicht zu beherrschen sind, allen anderen Krümmungsbewegungen hier vorangestellt werden.

Wie bereits hervorgehoben wurde, ist mit der Wasseraufnahme bei der Imbibition stets eine Volumveränderung verbunden; das Imbibitionswasser füllt nicht nur vorhandene Lücken wie in einem porösen Körper aus, sondern treibt auch die Körpersubstanz aus einander und vergrössert das Volumen. Das Verdunsten des Imbibitionswassers führt umgekehrt zur Verkleinerung. Mit jeder Feuchtigkeitsänderung, sowohl im positiven wie im negativen Sinne, werden daher Organe mit verschieden stark oder verschieden rasch quellenden Seiten entsprechende Krümmungen ausführen.

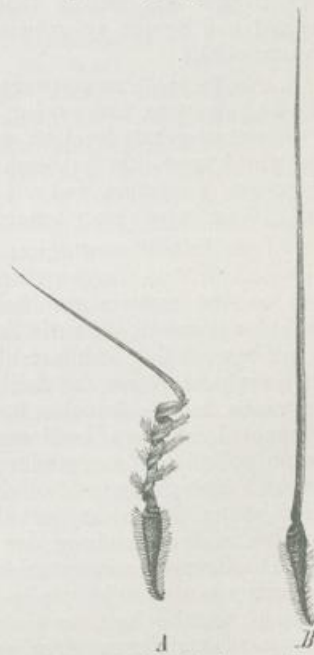


Fig. 201. Theilfrüchtchen von *Erodium gruinum*. A In trockenem Zustande, aufgerollt. B In feuchtem Zustande, gerade gestreckt.

verschieden stark oder verschieden rasch quellenden Seiten entsprechende Krümmungen ausführen.

Die Organe vieler Pflanzen sind nun auf derartige Bewegungen eigens eingerichtet, welchen letzteren oft recht wichtige Verrichtungen, so z. B. das Öffnen der Früchte, das Ausstreuen und Eingraben der Samen, zufallen.

Das Aufspringen und Aufreissen reifer Samenbehälter oder das Aufklappen besonderer Oeffnungen an denselben (Papaver, Lychnis, Antirrhinum u. a.) ist die Folge ungleicher Contractionen beim Austrocknen. Hierbei werden oft Spannungen erzeugt, welche bei plötzlicher Ueberwindung des Hindernisses die Samen weit fort schleudern (Tricoccae, Geranium u. a.). Einzelne Früchtchen führen beim Wechsel ihres Wassergehaltes nicht nur Krümmungen, sondern auch Torsionen aus, wie besonders die Früchtchen von *Erodium gruinum* (Fig. 201), *Stipa pennata*, *Avena sterilis*. Ihre Bewegungen führen in Verbindung mit starren, rückwärts gerichteten Borsten dazu, den Samen selbstthätig in die Erde zu vergraben.

Wechselnde Feuchtigkeit wirkt auf die Stellung der als Pappushaare bezeichneten Kelchborsten der Cynareen unter den Compositen ein, die bei trockenem Wetter fallschirmartig ausgebreitet, bei nassem aber nach oben zusammengeschlagen sind. Eine wichtige Rolle fällt den Imbibitionskrümmungen auch bei der Entleerung der Mooskapseln zu; an der Mooskapsel sind es die Zähne des Urnenrandes (Peristoms), welche die Urnenöffnung hygroskopisch verschliessen oder öffnen. Bei den Equisetensporen führt die vierarmig abgelöste Aussenwand der Sporen selbst (das Perinium) sehr lebhafte hygroskopische Bewegungen aus, welche daher zur Ausbreitung beiträgt, aber auch immer eine Anzahl von Sporen zu gemeinsamer Keimung der eingeschlechtlichen Prothallien zusammenhält.

Um die Imbibitionsbewegungen hervorzurufen, ist eine Benetzung mit flüssigem Wasser oft nicht nothwendig, denn die Membranen condensiren mit wechselndem Feuchtigkeitsgehalt der Luft verschieden grosse Mengen Wassers, sie sind hygroskopisch und man hat deshalb ihre Bewegungen auch als hygroskopische Bewegungen bezeichnet und sie zur Messung der Luftfeuchtigkeit in Hygrometern und „Wetterhäuschen“ benutzt.

Den Imbibitionsmechanismen sind von STEINBRINCK und KAMERLING die Cohäsionsmechanismen gegenübergestellt worden, die früher fälschlich zu den ersteren gerechnet wurden, sich aber von diesen durchaus unterscheiden dadurch, dass die Zellwände während der Ausführung der Bewegung mit Wasser völlig imbibirt bleiben. Was hier bei eintretendem Wasserverlust sich verkleinert, ist das Zelllumen selbst. Die Cohäsion des Füllwassers, das auf einen immer kleineren Raum sich zusammenzieht, nähert unter Einstülpung dünner Membranen bestimmt orientirte und durch Verdickungsleisten ausgesteifte Zellwände einander blasebalgartig und verursacht dadurch sehr energische Verkürzungen des Cohäsionsgewebes, welche zur Deformation und zur Zerreissung geschlossener Gewebe führen. Solche Cohäsionsmechanismen werden in der Wandung der Staubbeutel und der Sporangien höherer Cryptogamen allgemein ausgebildet und bewirken deren Öffnen. Aber auch die Lebermoos- und Schleimpilz-Elateren, welche durch ihre Austrocknungsbewegungen das Lockern und Ausstreuen der Sporen besorgen, sind, wie der Pappuschirm der meisten und der Hüllkelch einiger Compositen, derartige Cohäsionsmechanismen<sup>(58)</sup>.

Imbibitions- und Cohäsionsmechanismen mögen in einzelnen Fällen zusammenwirken wie bei den Austrocknungs- und Benetzungsbewegungen jener Pflanzen, welche unbeschadet ihrer Lebensfähigkeit das Austrocknen vertragen können, wie die *Selaginella lepidophylla* (S. 151), gewisse Moose und Flechten.



## II. Wachsthumskrümmungen.

Die Krümmungsbewegungen der Pflanzen kommen zum grössten Theil durch ungleichseitiges Wachstum lebendiger Theile zu Stande. Dieses ungleiche Wachstum erfolgt theils auf innere Veranlassungen hin, die uns noch unbekannt sind, theils nach äusseren Einwirkungen, welche man z. Th. genau nachweisen und abgrenzen kann. Im ersten Falle spricht man von spontanen bezw. autonomen Bewegungen oder „Nutationen“, im zweiten Falle nennt man die Bewegungen paratonische oder Reizbewegungen.

**Autonome Wachsthumskrümmungen (Nutationen)** treten am deutlichsten bei jungen stark wachsenden Organen auf. Sehr genaue Beobachtungen haben aber ergeben, dass überhaupt alle wachsenden Pflanzentheile Nutationen ausführen, indem ihre Spitze nicht geradlinig fortwächst, sondern meist unregelmässige elliptische Curven beschreibt; diese von DARWIN als Circumnutationen bezeichneten Bewegungen sind freilich oft so klein, dass sie der Beobachtung mit freiem Auge völlig entgehen. Bei einzelnen Pflanzenorganen treten aber auch recht auffallende Nutationsbewegungen ein. So ist die Entfaltung der meisten Laub- und Blütenknospen eine Nutationsbewegung, welche durch stärkeres Wachstum der Innenseite der jugendlichen Blätter erfolgt. Besonders auffällig tritt das bei den vorerst eingerollten Blättern der Farne und mancher Cycadeen hervor. Wie die genannten Blattorgane, so vollführen auch seitenständige Achsen ihre Nutationen bei der Entfaltung, ja bei manchen bleibt zeitlebens eine Neigung bestehen, entweder auf der Oberseite stärker zu wachsen (Epinastie) oder aber auf der Unterseite (Hyponastie). Der Keimstengel zahlreicher Pflanzen nimmt bei seinem Austritt aus dem Samen sehr häufig eine scharfe Krümmung an, die demselben beim Durchbrechen des Bodens zu statten kommt, und eine ähnliche, mit dem Zuwachs der Triebe nach vorn weiterrückende Nutationskrümmung ist bei den Sprossen des wilden Weines (*Ampelopsis*) zu beobachten. Die so entstehenden Haken sind dieser Kletterpflanze beim Auffinden und Festhalten von Stützen förderlich. Besonders auffällig werden die Nutationsbewegungen, wenn das Wachstum nicht eine Seite bevorzugt, sondern abwechselnd verschiedene Seiten vor den andern fördert. Sehr schön lässt sich das z. B. an den Blüthenschäften der Küchenzwiebel und an denen der *Yucca filamentosa*, einer in Gärten häufig cultivirten Liliacee, beobachten. Diese zuletzt senkrecht gestellten Schäfte krümmen sich im halb erwachsenen Zustande oft derart, dass der Gipfel den Boden berührt. Eine solche Krümmung ist aber nicht von langer Dauer, der Schaft streckt sich vielmehr wieder gerade, um bald darauf nach einer anderen Seite sich zu beugen. Dünne und langgestreckte Organe müssen auf ein ungleiches Wachstum gegenüberliegender Seiten aus rein mechanischen Gründen ganz besonders rasch reagiren. Die fadendünnen Ranken vieler Kletterpflanzen sind deshalb, so lange sie im Wachsen sind, vorzügliche Objecte zur Beobachtung von Nutationen. Rückt die im Wachstum geförderte Seite in bestimmter Richtung rings um den Stengel herum, so wird der letztere eine gleichsinnige, kreisende Bewegung mit seinem Gipfel ausführen (kreisende oder rotirende Nutation). Diese tritt vornehmlich ausgeprägt bei Ranken und den Sprossen von Rankenpflanzen auf und ermöglicht es denselben, Stützen in ihrem Bereiche besser aufzufinden. Dagegen ist die sogen. rotirende Nutation der Schlingpflanzen keine autonome Bewegung und wird deshalb erst bei den paratonischen zu betrachten sein.

**Paratonische Wachsthumskrümmungen.** Die paratonischen Bewegungserscheinungen sind für das Leben der Pflanze von der allergrössten Bedeutung, denn durch sie nimmt die Pflanze mit ihren Organen erst diejenige Stellung zu ihrer Umgebung ein, welche jenen gestattet, in ihrer besonderen Art thätig zu sein. Eine grüne Pflanze, die ihre Wurzeln über der Erdoberfläche ausbreiten und die ihre Blätter unter der Erde entfalten würde, könnte trotz der besten anatomischen Ausbildung aller Theile nicht fortbestehen. Die leistungsfähigsten Wurzeln müssten so vertrocknen ohne Nährwasser aufzunehmen und die Blätter könnten im Finstern nicht assimiliren. So hat die Organisation und haben die specifischen Functionen der Wurzel nur für den Fall einen Werth, dienen nur dann zur Erfüllung ihrer Aufgabe, wenn die Wurzel das feuchte Erdreich durchdringt. Bau und Wirkungsweise der Blätter kommen andererseits nur dann zur rechten Geltung, wenn sich dieselben in freier Luft und im Lichte ausbreiten. — Die Samen in der Erde sind aber nicht stets so orientirt, dass alle Theile nur geradewegs fortzuwachsen brauchen, um in die rechte Lebenslage zu gelangen. Auch der Landmann und der Gärtner achten nicht darauf, dass das Wurzelende des Keimlings beim Säen nach unten, das Stammende nach oben zu liegen kommt, sie wissen, dass trotzdem alle Wurzeln abwärts in die Erde wachsen, alle Stengelchen sich über dieselbe erheben werden. Die Pflanze hat also in sich selbst die Fähigkeit, sich den äusseren Lebensbedingungen gegenüber in die vortheilhafteste Lage zu bringen, und das kann nur geschehen, indem die von aussen wirkenden Kräfte und Stoffe wie z. B. Licht, Schwerkraft, Feuchtigkeit, Sauerstoffgehalt, in gewissen Fällen auch die Temperatur, das Wachsthum so beeinflussen, dass sie der Pflanze dadurch eine ganz bestimmte Wuchsrichtung zur Aussenwelt aufnöthigen.

Eine und dieselbe äussere Einwirkung veranlasst bei verschiedenen Pflanzenorganen aber ganz verschiedene Stellungen. Unter dem Einfluss der Schwerkraft dringt die Hauptwurzel senkrecht in den Boden ein, die Seitenwurzeln aber mehr oder weniger schräg abwärts; der Hauptstamm wächst senkrecht empor, er ist wie die Hauptwurzel „orthotrop“; die Seitenäste nehmen dagegen wie die Nebenwurzeln eine geneigte Lage ein, sie sind „plagiotrop“. Das Licht veranlasst das Gipfelende von Sprossen, sich nach der Lichtquelle hinzustrecken, die Blätter dagegen werden veranlasst, sich mit ihrer Oberseite quer gegen das Licht zu stellen<sup>(50)</sup>.

Diese verschiedenartige Stellungnahme der Organe zur Aussenwelt hat SACHS als Anisotropie bezeichnet. Neben dem rein morphologischen Aufbau des Pflanzenkörpers bedingt diese Anisotropie ganz wesentlich seine Gestaltung und äussere Erscheinung.

Dass anisotrope, aber sonst ganz ähnliche Pflanzentheile gegen dieselbe Einwirkung sich so verschiedenartig verhalten, dass sogar ein und dasselbe Pflanzenorgan in verschiedenen Altersstadien anders reagiren kann, dass weiterhin äussere Kräfte zu Wirkungen führen, die in gar keinem erkennbaren Zusammenhang mit ihren sonstigen physikalischen und chemischen Leistungen stehen — das alles lässt keinen Zweifel darüber bestehen, dass es sich hier nicht um eine einfache Abhängigkeit von äusseren Kräften handelt. Es liegt hier vielmehr eine Anlösung bestimmter Wachsthumsvorgänge durch verschiedenartige äussere Anstösse vor, wie man sie in dieser Wirkungsweise allgemein als Reizwirkung bezeichnet (vgl. S. 4 und S. 135).

Damit ein äusserer Einfluss eine Reizwirkung hervorbringen kann, muss aber die Pflanze für den Reiz empfänglich sein, d. h. der Reiz muss eine gewisse Veränderung in ihr hervorbringen können, mit welcher wieder eine bestimmte

Lebensäusserung irgendwie verknüpft ist. Ueber die Art der Verkettung zwischen der Einwirkung von Aussen und der Rückwirkung im Organismus weiss man heute noch nichts. Damit physikalisch einwirkende Kräfte als Reize empfunden werden können, müssen in der lebendigen Substanz bestimmte reizempfindliche Structuren vorhanden sein, welche durch dieselben beeinflusst werden. Wenn aber die Lage der Organe von der Richtung äusserer Einwirkungen sich abhängig zeigt, dann muss nothwendig ihre reizbare Structur einen polaren Bau besitzen. Da nun eine solche polare Structur nur dann im dargelegten Sinne wirksam sein kann, wenn ihr in der Pflanze eine feste Orientirung gegeben ist, so muss man voraussetzen, dass die Richtungsreize von dem ruhenden Theile des Protoplasmas d. h. von der Hautschicht aufgenommen werden<sup>(60)</sup>. — Die durch äussere Reize veranlassten Wachstumsbewegungen sind zum grössten Theil Richtungsbewegungen, welche zu einer bestimmten Lage der Organe gegenüber der Richtung der Einwirkung führen. Als äussere Reize kommen vornehmlich in Betracht: Licht (und Elektrizität), Wärme, Schwerkraft, stoffliche Einwirkungen (Sauerstoff, Nährstoffe, Wasser u. s. w.), Stoss und Reibung u. a.

Der Ort der grössten Reizempfindlichkeit liegt in Pflanzen oder deren Organen oft mehr oder weniger entfernt von dem Orte der wahrnehmbaren Reizwirkung; es findet eine Fortleitung der Reizung statt. So können Reize von den an sich unbeweglichen Spitzen der Organe aufgenommen und von bewegungsfähigen Theilen, welche selbst nicht direct vom Reiz getroffen werden, in Bewegung umgesetzt werden. Es wird z. B. bei Wurzeln der geotropische Reiz von der unbeweglichen Wurzelspitze aufgenommen und von hier aus die Bewegung dem wachsenden Theile inducirt<sup>(61)</sup>.

Die Befähigung der Pflanzen, durch Wachstumskrümmungen eine bestimmte Richtung einzunehmen, wird je nach dem wirksamen Reiz als Heliotropismus, Geotropismus, Hydrotropismus u. s. w. bezeichnet. Wenden sich die Pflanzentheile der Reizquelle zu, dann nennt man ihre Richtung positiv; wenden sie sich ab, dann spricht man von negativen Reizbewegungen u. s. w. Als diatropisch werden Pflanzentheile bezeichnet, welche sich mehr oder weniger quer zur Richtung der einwirkenden Kräfte stellen; als besonderen Fall dieser Dia-Tropismen unterscheidet man noch die sehr häufige transversale Stellung: Diese ist senkrecht zur Richtung des einwirkenden Reizes orientirt. Es sind vorzugsweise dorsiventral gebaute Pflanzenorgane d. h. solche mit verschieden ausgebildeter Rücken- und Bauchseite (S. 12), welche sich diatropisch oder geradezu transversal einstellen.

#### A. Heliotropismus.

Das Licht spielt im Pflanzenleben eine ausserordentlich bedeutsame Rolle. Es ist nicht nur für die Ernährung grüner Pflanzen eine Hauptbedingung, sondern wirkt auch auf das Wachstum und auf den Gesundheitszustand der Pflanzenorgane mächtig ein. Im Lichte ausgebildete Blätter und Blüthen ertragen einen längeren Lichtmangel meist sehr schlecht, sie fallen ab; ausgewachsene kräftige, grüne Pflanzenorgane sieht man im Finstern oft rasch vergilben, welken und absterben: Anhaltende Dunkelheit wirkt wie Gift auf diese lichtgewohnten Theile. Gerade das Umgekehrte ist aber der Fall mit Pflanzen und Organen, die sich normal im Finstern entwickeln; auf sie kann das Licht höchst nachtheilig, ja zerstörend wirken, wie man das bei Pilzen und Bacterien beobachtet hat. Daher hat das Tageslicht eine grosse hygienische Bedeutung für Wohnräume. Bei der Zweckmässigkeit, welche allgemein die Organismen in ihrem Verhalten

gegen diejenigen Einwirkungen zeigen, mit welchen sie im natürlichen Verlauf ihrer Entwicklung in wirksame Berührung kommen, kann es also nicht überraschen, dass die Pflanzen zum Theil das Licht aufsuchen, zum Theil dasselbe fliehen.

Zur Beobachtung heliotropischer Erscheinungen bieten im alltäglichen Leben die Blumentische unserer Wohnungen schon eine gute Gelegenheit. Die Stengel aller Pflanzen auf einem solchen Blumentisch wachsen nicht wie im Freien gerade aufrecht, sondern sind dem nächsten Fenster zugeneigt und wie Hülfe suchend sind alle Blattstiele dem Lichte entgegen-gestreckt. Blattstiele und Stengel sind demnach positiv heliotropisch (lichtwendig). Im Gegensatz zu diesen Organen findet man die Blattflächen senkrecht zu den einfallenden Lichtstrahlen gestellt, um möglichst viel Licht auffangen zu können; die Blattflächen sind diaheliotropisch, im engeren Sinne transversalheliotropisch (lichtfangend) (Fig. 202). Befindet sich unter den Pflanzen zufällig eine solche mit Luftwurzeln, etwa das früher so beliebte Chlorophytum mit seinen hängenden Ausläufern, dann kann man

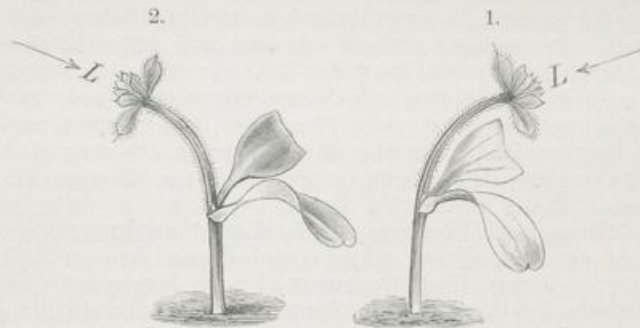


Fig. 202. Keimpflänzchen von *Galium Aparine*, bei einseitiger Beleuchtung heliotropisch gekrümmt. 1. Von rechts in der Richtung des Pfeils *L* beleuchtet: der Gipfel genau in diese Richtung, die Blätter senkrecht dazu eingestellt. 2. Dasselbe Pflänzchen, alsdann von rückwärts beleuchtet. Der rasch wachsende Keimstengel hat sich nach der anderen Seite bereits in die neue Strahlenrichtung eingestellt, die beiden langsam wachsenden Keimblätter sind erst im Beginn der Umkehr. Etwas vergrößert.

an dessen Luftwurzeln auch den negativen Heliotropismus wahrnehmen. Diese Organe sind nämlich vom Fenster abgewandt und wachsen (lichtabwendig) dem Dunkel des Zimmers zu.

Zur genaueren Beobachtung der heliotropischen Erscheinungen ist es nothwendig, das zerstreute Licht eines Fensters durch eine enger begrenzte Lichtquelle zu ersetzen. Das geschieht am besten in einem Dunkelzimmer oder in einem dunkeln Kasten, in welchen entweder das Tageslicht durch eine enge Oeffnung (Spalt) einfällt, oder aber durch eine künstliche Lichtquelle ersetzt wird. Da zeigt sich dann vor Allem, dass die Richtung des einfallenden Lichtes maassgebend ist für die heliotropische Stellung: Jede Aenderung der Strahlenrichtung hat auch eine Stellungsänderung der heliotropischen Organe zur Folge.

Das Gipfelende gewisser positiv heliotropischer Sprosse findet man in die Richtung der Strahlen völlig eingestellt.

Mit welcher Genauigkeit dies bei einzelnen Pflanzen geschieht, zeigt ein Versuch mit dem kleinen Pilze *Pilobolus crystallinus*. Die Sporangienträger dieses Pilzes kommen nach kurzer Zeit zahlreich aus feucht gehaltenem Pferde- und

Kuhmist hervor; sie sind positiv heliotropisch und richten alle das schwarze Sporangium der Lichtquelle zu. Zur Zeit der Reife wird das Sporenköpfchen mit grosser Gewalt geradeaus fortgeschleudert. Hat man nun das Licht durch ein kleines verglastes Rundfenster in die heliotropische Kammer einfallen lassen, so findet man die klebrigen Sporangien alle dicht um das Centrum der kleinen Lichtscheibe angeschlossen, ein Zeichen, dass die Sporangienträger genau dorthin gerichtet waren<sup>(62)</sup>.

Untersucht man näher, auf welche Weise die positiv heliotropischen Krümmungen der Organe ausgeführt werden, dann stellt es sich heraus, dass die dem Lichte zugewandte Seite langsamer, die vom Lichte abgewandte Seite dagegen stärker wächst als bei allseitiger Beleuchtung. Das lässt sich bestimmt nachweisen durch Tuschestriche, die man im Abstand von etwa 1 bis 2 mm auf die entgegengesetzten Flanken vor der Krümmung aufgetragen hat. Nach der Krümmung findet man die Striche auf der Schattenseite weit aus einander gerückt, auf der Lichtseite dagegen hat sich ihre Entfernung kaum geändert. Verglichen mit der Verlängerung bei normalem geradlinigem Wachstum sind die Marken der Lichtseite näher zusammen geblieben, die der Schattenseite aber haben sich weiter aus einander geschoben; d. h. das Wachstum wird bei einer positiv heliotropischen Krümmung auf der Lichtseite gehemmt, auf der Schattenseite gefördert. Durch das Auftragen von Tuschemarken lässt sich aber auch feststellen, dass die Krümmung nur auf derjenigen Strecke aufzutreten pflegt, welche während der Biegung noch im Wachsen begriffen ist, und dass der Ort der schärfsten Krümmung im Allgemeinen zugleich derjenige des lebhaftesten Wachstums ist (Fig. 202). Es ist also das vorhandene Wachstum, welches durch das einseitige Licht ungleich beeinflusst wird, was dann zum schiefen Wuchs und zur Krümmung führt.

Man hat früher geglaubt, das geförderte Wachstum auf der Schattenseite durch beginnendes Etiolement, das gehemmte der Lichtseite durch die retardirende Wirkung erklären zu können, welche das Licht auch auf das geradlinige Wachstum der Stengel ausübt (S. 207). Andere heliotropische Erscheinungen lassen diese Erklärung des Heliotropismus aber entschieden als unzutreffend erkennen. Einzellige glashelle Pilzfäden führen nämlich ebenfalls positive Krümmungen aus und bei diesen Gebilden ist doch von einer verdunkelten Seite keine Rede; im Gegentheil findet man bei mikroskopischer Betrachtung die der Lichtquelle abgewandte Seite der Pilzfäden durch die Strahlenbrechung aussergewöhnlich hell beleuchtet. Ganz besonders zeigt aber das Vorkommen negativ heliotropischer Krümmungen, dass es sich beim Heliotropismus um etwas ganz Anderes handelt als um einseitiges Etiolement, denn hier ist es ja gerade die vom Licht unmittelbar beschienene Seite, welche stärker wächst als die beschattete, obgleich da Licht das normale geradlinige Wachstum auch dieser negativ heliotropischen Organe verlangsamt (Wurzeln, Rhizomorphen).

Daraus geht hervor, dass die Richtung des die Organe durchsetzenden intensivsten Lichts maassgebend ist für die Ruhelage der heliotropischen Bewegungen. Das Licht wirkt dann als ein Bewegungsreiz, wenn es die Organe in anderer Richtung durchstrahlt, als es deren heliotropischer Ruhelage entspricht.

Die heliotropischen Bewegungen werden genau so wie die heliotaktischen Bewegungen frei beweglicher Schwärmer von den blauen und violetten Strahlen am stärksten hervorgerufen, während rothes und gelbes Licht nur eine schwache, oft gar keine heliotropische Wirkung erzielt. Nur dadurch, dass die roth-gelben und die blau-violetten Strahlen im Tageslicht stets zu-

sammengehen, kann daher der Heliotropismus der Blätter ihrer Assimilations-thätigkeit voll zu Statten kommen. — In kurzen Zeiträumen intermittirendes Licht wirkt, gleich wie auf unser Auge, so auch auf die Pflanzen kräftiger ein, als gleichmässig andauernde Helligkeit.

Heliotropische Eigenschaften sind im Pflanzenreich weit verbreitet; selbst Organe, welche in ihrem Leben für gewöhnlich niemals mit Licht in Berührung kommen, wie die tiefsten Saugwurzeln der Bäume, besitzen oft heliotropische Reizbarkeit. Am häufigsten ist der positive Heliotropismus; er bildet bei den oberirdischen Vegetationsachsen die Regel. Viel seltener ist der negative Heliotropismus, welchen Luftwurzeln, zumal Kletterwurzeln (Ephen, *Ficus stipulata*, *Begonia scandens* u. a.), das hypocotyle Stammglied der keimenden Mistel, viele, aber nicht alle Erdwurzeln (*Sinapis*, *Helianthus*), Ranken (zumal die mit Haftscheiben) und die Stengel einzelner Kletterpflanzen besitzen. Die Luftwurzeln und die Kleberanken werden als Haftorgane von Kletterpflanzen durch den negativen Heliotropismus der dunklen Unterlage zugeführt und derselben kräftig angepresst, und ähnlich verhält es sich mit dem Würzelehen der keimenden Mistel.

Negativ heliotropische (lichtabwendige) Krümmungen werden zuweilen nicht in der Region des stärksten Wachstums ausgeführt, sondern an älteren, nur noch langsam wachsenden Stengeltheilen. Die Stengel der Kapuzinerkresse beispielsweise führen in der Region der stärksten Streckung positiv heliotropische Krümmungen aus, welche weiter unten am Stengel, bei abnehmendem Wachstum der Zellen, in negativ heliotropische übergehen.

Der Transversal-Heliotropismus ist fast lediglich auf Blätter und blattartige Assimilationsorgane (wie Farn-Prothallien und den Thallus von Lebermoosen und Algen) beschränkt. Bei diesen Organen überwiegt, seinem Nutzen für die Assimilationsthätigkeit entsprechend, der transversale Heliotropismus alle anderen Bewegungsreize. Demgemäss ist es möglich, durch Beleuchtung von unten, etwa mit Hilfe eines Spiegels, die Blattspreiten von Malven und *Tropaeolum* nach unten umzukehren. Zu den transversal-heliotropischen Bewegungen ist die Blattspreite selbst befähigt, ebenso der Thallus der Cryptogamen. Wo Blattstiele vorhanden sind, scheint der wachsende Theil derselben in seinen Bewegungen von der Spreite beeinflusst werden zu können, wie das für einzelne Fälle nachgewiesen ist.

In zu hellem Lichte kann die transversale Stellung der Blattflächen durch andere, den intensiven Lichtstrahlen mehr oder weniger gleichlaufende Lagen ersetzt werden. Indem auf sonnigen, trockenen Standorten unsere einheimische *Lactuca Scariola* und das nordamerikanische *Silphium laciniatum* ihre Blattflächen derart dauernd senkrecht stellen, dass sie nur von den Strahlen der im Osten auf- und der im Westen untergehenden Sonne voll getroffen werden, dass aber die heissen Strahlen der Mittagssonne sie nur streifen, nehmen sie nach STAHL nothwendig die Richtung Nord-Süd ein und sind so zu den merkwürdigen „Kompasspflanzen“ geworden. (Ueber die senkrechte Stellung der Phylloiden, denen die um 90° gedrehten, senkrecht gestellten Blätter mancher Myrtaceen und Proteaceen an die Seite zu stellen sind, vgl. S. 166.)<sup>(63)</sup>.

Besonderes Interesse verdient der Umstand, dass unter dem Einfluss äusserer Einwirkungen, wie auch auf verschiedenen Entwicklungs- und Altersstufen die heliotropische Stimmung und damit die spezifische Ruhelage von Pflanzenorganen sich verändern kann. Von äusseren Einwirkungen kommt vor allem die Intensität des Lichtes selbst in Betracht, derart, dass sich Pflanzen bei geringer Helligkeit positiv, bei übermässiger Beleuchtung aber negativ heliotropisch verhalten können. Dazwischen liegt dann natürlich ein neutraler aheliotropischer Uebergangs-

zustand. Die von der Lichtintensität abhängige Umstimmung, und das damit verbundene Aufsuchen einer optimalen Lichtintensität (vgl. die heliotaktischen Schwärmersporen S. 215), hat OLFMANN als Photometrie bezeichnet. Zu beachten bleibt aber, dass die Pflanze in ihrer Umstimmung nicht von den absoluten Intensitäten des Lichtes beeinflusst wird, sondern dass es von ihrer eigenen Lichtgewöhnung abhängt, ob eine schwächere oder erst eine stärkere Intensität die Umstimmung hervorbringt<sup>(64)</sup>. — Innere Dispositionen sind aber maassgebend, wenn sich die jüngsten Sprosstheile vom Epheu und von der Kapuzinerkresse, wie erwähnt, positiv heliotropisch, die tieferen, älteren Stammglieder aber negativ heliotropisch verhalten. Auch die Blütenstiele der *Linaria Cymbalaria* sind zunächst stark positiv heliotropisch; nach der Bestäubung werden sie aber bei gleichzeitiger starker Verlängerung negativ heliotropisch und führen dadurch die jungen Samenkapseln zur Aussaat in die Mauer- und Gesteinsspalten ihres sonst unwirthlichen, steil abfallenden Standorts ein.

### B. Geotropismus.

Dass die Stämme der Bäume und die Stengel der Kräuter aufwärts wachsen, die Wurzeln aber abwärts in den Boden eindringen, ist eine so allgemeine und zur Erfüllung ihrer Functionen so nothwendige Eigenschaft, dass sie uns fast selbstverständlich erscheint und dass — ähnlich wie bei der Entdeckung der Gravitation vor 200 Jahren — ein besonders geweckter Forschungsgeist dazu gehörte, nach der Ursache dieser gewohnten Erscheinung zu fragen. Die Beobachtung, dass allerorts auf der Erdkugel, auch auf schrägen Abhängen, sich die Stämme in die Lothrichtung einstellen, dass auch im dunklen Schooss der Erde diese Richtung von keimenden Samen und austreibenden Sprossen mit Sicherheit eingeschlagen wird, vor Allem aber die merkwürdige Erscheinung, dass ein aus der Lothlinie gewaltsam herausgebrachter Spross sich so lange energisch krümmt, bis er gerade wieder in der Lothrichtung (also im verlängerten Erdradius) steht, dies Alles liess von vorn herein vermuthen, dass es sich hierbei wohl um nichts Anderes handeln könne als um eine vom Erdkörper selbst ausgehende Richtkraft. Der überall lothrechte freie Fall der Körper liess aber an die Schwerkraft denken. Wie richtig diese Vermuthung war, das bewies sofort der Erfolg, als man anfing, diese Frage experimentell in Angriff zu nehmen. Es war der englische Forscher KNIGHT, welcher 1809 in genialer Weise den Beweis führte, dass Schwerkraftswirkungen (mit anderen Worten also die Richtung der Massenattraction) in der That die Wachstumsrichtung der Pflanzen beeinflusst. Da KNIGHT es nicht vermochte, die Pflanzen der überall wirkenden Schwerkraft zu entziehen und so den Beweis für deren Einwirkung zu erbringen, so führte er eine andere Massenbeschleunigung, nämlich die der Centrifugalkraft in die Experimente ein — eine Kraft, die zudem noch den Vortheil bot, dass sie nach Belieben gesteigert oder vermindert werden konnte. KNIGHT benutzte in verticaler Ebene schnell rotirende Räder, auf denen er die Versuchspflanzen, auch keimende Samen, in den verschiedensten Lagen befestigte. Der Erfolg seiner Versuche war der, dass sich die sonst aufrecht wachsenden Stengel sämmtlich nach dem Mittelpunkt des Rades hin richteten, die Wurzeln aber von diesem abwandten. An den in horizontaler Ebene rotirenden Rädern, wo neben der Centrifugalkraft auch die Schwerkraft noch einseitig einwirkte, nahmen Sprosse und Wurzeln eine bestimmte, von der Rotationsgeschwindigkeit abhängige Mittelstellung ein: Die Sprosse waren sowohl der

Radachse zugekehrt wie auch etwas aufrecht gerichtet; die Wurzeln hatten sich von der Radachse abgewandt und waren dabei auch schräg abwärts gewachsen. Hier waren also Schwerkraft und Centrifugalkraft in ihrer Wirkung combinirt und kamen je nach ihrem Antheil an der Gesamtwirkung auch in der Richtung der Pflanzentheile zur Geltung. Ohne Zweifel ist es also die Gravitation der Erde, welche die Orientirung der Pflanzenglieder gegen die Erde bewirkt<sup>(65)</sup>.

Es hat sich dann später herausgestellt, dass nicht nur die lothrechte Richtung der Stämme und Hauptwurzeln, sondern auch die schräge oder horizontale Lage der Seitenäste, der primären Seitenwurzeln und der Rhizome durch eine eigenartige Reaction gegen die Schwerkraft bestimmt wird.

Die Eigenschaft der Pflanzen, gegen die Gravitationsrichtung eine bestimmte Lage anzunehmen und beizubehalten, bezeichnet man als Geotropismus und spricht auch hier von positivem, negativem, von Diageotropismus und transversalem Geotropismus, je nach der Ruhelage, welche die Pflanzentheile gegenüber dem Erdmittelpunkt einnehmen. Eine weitere Form geotropischer Reizbarkeit, der Lateral-Geotropismus, ermöglicht den Schlingpflanzen das Winden.

Negativ geotropisch (erdabwendig) sind alle gerade aufrecht wachsenden Pflanzentheile, seien es Stengel, Stämme, Blätter (von Liliifloren), Blüthenschäfte, Blüthentheile oder Wurzeln (wie die senkrecht aus dem Schlamm oder der Erde aufsteigenden Athemwurzeln von Avicennien, Palmen u. a.). Werden derlei Organe aus ihrer aufrechten Lage herausgebracht, dann richten sie sich, so weit sie noch wachsthumfähig sind, wieder auf. Wie beim Heliotropismus erfolgt die Krümmung durch das gesteigerte Wachstum der einen und das verminderte Wachstum der Gegenseite, und der Ort des stärksten Wachstums ist im Allgemeinen auch hier derjenige der schärfsten Krümmung. Bei den negativ geotropischen Organen ist die erdwärts gelegene Flanke die geförderte, die oben liegende die gehemmte; die Folge ist eine Aufrichtung des freien wachsenden Endes. Hat dieses seine senkrechte Stellung wieder gewonnen, dann hört das einseitige Wachstum auf und das Organ wächst geradlinig weiter.

Der Verlauf einer geotropischen Bewegung ist abhängig: 1) von der Stärke des vorhandenen Wachstums, 2) von der Empfindlichkeit des Organs. Ausserdem kommt für denselben noch in Betracht: 3) dass der Reiz der Schwerkraft am kräftigsten einwirkt, wenn der Gipfel des orthotropen Organs etwa um  $135^\circ$  von seiner Ruhelage abweicht: Je mehr die krümmungsfähige Zone sich dieser Lage nähert, desto stärker ist der Anstoss zur Bewegung. Dabei ist aber noch zu beachten, 4) dass die Reaction der Pflanze nicht sogleich mit dem Erlöschen des Reizes aufhört, sondern noch in der Pflanze nachwirkt, so, wie etwa ein augenblicklicher Lichtreiz in unserem Auge noch länger nachempfunden wird.

Aus diesen Punkten zusammen erklärt sich der thatsächliche Verlauf der geotropischen Richtungsbewegung, welche, wie Fig. 203 auf folgender Seite zeigt, keineswegs in einer einfachen sofort bleibenden Krümmung besteht. Die Nummern 1—16 stellen verschiedene Stadien der geotropischen Aufrichtung einer im Halbdunkel erwachsenen und in No. 1 horizontal gelegten Keimpflanze, etwas schematisirt, dar. Das Wachstum in diesem Keimstengel ist am lebhaftesten dicht hinter den kleinen Keimblättchen und nimmt nach der Basis zu allmählich ab. Dicht hinter den Keimblättern beginnt daher auch die Krümmung und schreitet danach basalwärts vor, bis sie an dem ausgewachsenen untersten Theil des Stengels angekommen ist. Theils durch dieses Fortschreiten der Krümmung nach hinten, theils aber durch Nachwirkung in den Gipfeltheilen erfolgt dort



ein Ueberbiegen nach rückwärts über die Vertikale hinaus (Fig. 203 No. 7). Die Folge dieser Ueberbiegung ist dann dort eine im entgegengesetzten Sinne erfolgende geotropische Krümmung. So biegt sich der Stengel unter dem Einfluss der Reizwirkung hin und her, bis er schliesslich auf seiner ganzen wachsenden Strecke gerade aufgerichtet und der einseitigen Reizung entzogen ist. Aehnliche Erscheinungen wie die hier geschilderten treten übrigens, wenn auch nicht so ausgesprochen wie beim Geotropismus, aus denselben Gründen bei allen paratonischen Wachstumskrümmungen auf. Bei anderer Vertheilung und Schnelligkeit des Wachstums, anderer Anfangsstellung, Empfindlichkeit, Steifheit und Dicke des Organs gestaltet sich das Bild entsprechend abweichend von dem in der Figur dargestellten.

Positiver Geotropismus wird vornehmlich bei Pfahlwurzeln, bei vielen Luftwurzeln und den bei der Keimung in den Boden eindringenden Blattscheiden der Keimblätter mancher Monocotylen beobachtet. Alle diese Organe erreichen die senkrechte Richtung nach abwärts aus jeder anderen Stellung und behalten sie dauernd bei. Früher glaubte man, dies geschehe lediglich durch ihr eigenes Gewicht und die Nachgiebigkeit ihrer Gewebe. Man weiss jetzt aber, dass das keineswegs der Fall ist, sondern dass die positiv-geotropischen Bewegungen wie die negativ-geotropischen durch actives Wachstum, das unter Umständen mit der ganzen Gewalt des Turgors sich äussert, erreicht wird. Das Eindringen einer sich abwärts krümmenden Wurzelspitze in das specifisch viel schwerere Quecksilber und das Ueberwinden eines, das eigene Gewicht weit übertreffenden Gegendrucks beweisen unwiderleglich, dass es beim positiven Geotropismus sich ebenfalls um active Wachstumsvorgänge handelt. Die positiv-geotropischen Krümmungen kommen aber dadurch zu Stande, dass die vom Erdkörper abgewandte, oben liegende Seite stärker wächst, als die der Erde zugewandte, unten liegende Seite. Das geradlinige Wachstum wird dabei nach den Untersuchungen von SACHS auf der oberen Seite gefördert, auf der unteren noch bedeutender gehemmt. So zeigte beispielsweise eine horizontal gelegte Keimwurzel von *Vicia Faba*, welche bei senkrechtem Wuchse abwärts sich allseitig um 24 mm verlängerte, auf ihrer oberen Seite ein Wachstum von 28 mm, auf der unteren von nur 15 mm. Eine sich um 20 mm geradlinig verlängernde Wurzel der *Castanea vesca* wies unter ähnlichen Umständen oben ein Wachstum von 28, auf der

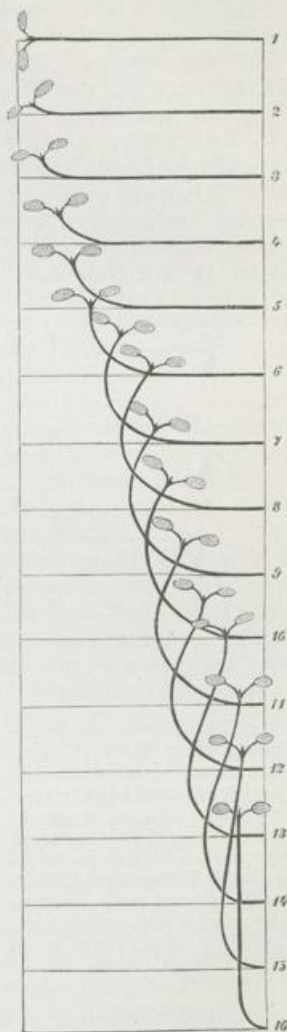


Fig. 203. VerlaufeinergeotropischenBewegung.Die Figuren 1-16 bezeichnen auf einander folgende Stadien der geotropischenKrümmung einer im Halbdunkel erwachsenen Keimpflanze. Dieselbe bei 1 horizontal gelegt, bei 16 wieder völlig aufgerichtet. Für die Zwischenstadien vergleiche den Text. Schematisirt.

Unterseite ein solches von nur 9 mm auf. Fig. 204 wird das Gesagte an einer horizontal gelegten und mit Tuschemarken versehenen Wurzel der Feldbohne leicht veranschaulicht. Man sieht hier, wie bei der Abwärtskrümmung die Marken auf der Oberseite weiter aus einander rücken als es auf der unteren Seite der Fall wäre und bemerkt, dass auch hier die Krümmung in der Region des stärksten Wachstums am schärfsten war. Da die wachsende Strecke bei den Wurzeln, wie erwähnt, sehr kurz ist, so finden hier keine so bedeutenden Ueberbiegungen statt wie sie bei den negativ-geotropischen Stengeln vorkommen.

Diageotropisch sind die meisten Seitenzweige und die Seitenwurzeln erster Ordnung, während Zweige und Wurzeln höherer Ordnung oft nach allen Richtungen von ihrem Mutterorgan abgehen. Diageotropische Organe sind in der Ruhelage, nicht wenn ihre Längsachse mit der Richtung der

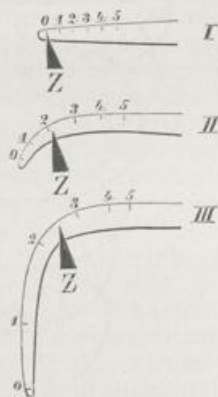


Fig. 204. Geotropische Krümmung einer Wurzel (Keimwurzel von *Vicia Faba*). I Die vorher senkrecht abwärts gewachsene Wurzel wagrecht gelegt und mit Tuschemarken versehen. II Dieselbe Wurzel nach 7 Stunden. III Dieselbe Wurzel nach 23 Stunden, wieder senkrecht abwärts gerichtet. Z ein fester Index.  
Nach SACHS.

Gravitation zusammenfällt, sondern wenn diese einen bestimmten Winkel mit der Lothrichtung bildet. Aus ihrer normalen Neigung entfernt, suchen sie dieselbe mittels Krümmungen wieder auf. Ein besonderer Fall von Diageotropismus liegt in der zur Gravitation rechtwinkeligen (horizontalen) Lage von Organen vor. Es sind besonders Rhizome und Stolonen, welche solchen Transversal-Geotropismus zeigen und welche aus jeder anderen Stellung mit der fortwachsenden Spitze immer wieder in die wagerechte Lage zurückkehren.

Eine besondere Art der geotropischen Orientierung tritt bei den dorsiventralen Organen auf. Diese sind im Gegensatz zu radiären Organen, wie den meisten Wurzeln und Stengeln, nicht ringsum gleichmässig ausgebildet, sondern zeigen zwei, auch äusserlich meist auffallend verschiedene Seiten, die man als Rücken- (Dorsal-) und Bauchseite (Ventralseite) unterscheidet, weil die eine nach oben, die andere nach unten gerichtet wird. Allgemeine Beispiele für dorsiventralen Bau bieten die meisten Laubblätter der Dicotylen und die zygomorphen Blüten (Löwenmaul, Eisenhut u. s. w.). Alle diese Organe bilden, ebenso wie die radiären diageotropischen, einen bestimmten Winkel mit der Lothlinie, sind aber dabei nur dann

auch in der Ruhelage, wenn gleichzeitig die Dorsalseite oben auf, die Ventralseite unten sich befindet, während es bei radiären Organen nicht darauf ankommt, welche Flanke gerade oben liegt, wenn nur die Organachse die richtige Neigung hat. Liegt aber trotz richtiger Neigung der Längsachse die Dorsalseite unten, dann verlängert diese letztere sich so weit, bis sie durch die zunehmende Krümmung wieder obenhin gelangt ist.

Bei der Orientierung dorsiventraler Organe aus abnormen Lagen treten häufig Torsionen auf. Diese entstehen nothwendig, wenn die geotropisch im Bogen aufgerichteten und dadurch der Mutterachse zugebogenen Organe sich vermöge ihrer Aussenwendigkeit (Exotropismus) von dieser ab wieder nach aussen wenden. Die Drehung der Fruchtknoten vieler Orchideen, der Blüten von Lobeliaceen, der Blattstiele an allen hängenden oder schräg gestellten Zweigen, wie auch die Umdrehung der ursprünglich verkehrt (mit dem Palissadenparenchym

nach unten) angelegten Blätter der Alstroemerien und des *Allium ursinum* sind bekannte Beispiele für regelmässig auftretende Orientierungstorsionen<sup>(66)</sup>.

Die Schlingpflanzen. Eine ganz eigenartige und erst in den letzten Jahren erkannte geotropische Bewegung tritt, neben den schon erwähnten und bekannteren geotropischen Eigenschaften, bei den Schlingpflanzen auf und befähigt diese zum Winden um aufrechte Stützen. Diese Bewegung beruht auf der geotropischen Wachstumsförderung einer seitlichen Kante (nicht der oberen oder der unteren, wie bei positivem und negativem Geotropismus), so dass die geotropische Krümmung in Folge dieses Lateralgeotropismus in horizontaler Ebene erfolgt und zur kreisenden Bewegung des Sprossgipfels führt. — Die Schlingpflanzen, welche in den verschiedensten Pflanzenfamilien auftreten, besitzen Sprosse, welche nicht befähigt sind, aus eigener Kraft sich aufrecht zu erhalten, obwohl ihnen der aufrechte Wuchs ein Bedürfniss ist. Die aufrechten Stengel und Stämme anderer Pflanzen, welche sich oft mit Aufwand grosser Mengen von assimilirter Substanz (Holz, Sklerenchym) zu aufrechtem Wuchse gefestigt haben, werden von den Schlingpflanzen benutzt, um an ihnen die eigenen Assimilationsorgane in freier Luft und in freiem Licht auszubreiten. Die Ausnutzung fremder Assimilationsgerüste, also eines fremden Capitals von Trockensubstanz und Lebensthätigkeit, haben die Schlingpflanzen mit anderen Kletterpflanzen, wie den Rankenpflanzen und Wurzelkletterern, gemein. Sie erreichen ihr Ziel aber nicht durch die Vermittelung seitlicher Haftorgane, sondern durch schlangenartiges Winden ihrer Hauptachsen an den Stützen hinauf. Die ersten aus dem Samen oder aus unterirdischen Reservestoffbehältern sich entwickelnden Stengelglieder der Schlingpflanzen stehen in der Regel noch aufrecht. Bei weiterem Wachstum krümmt sich das freie Ende aber aktiv seitwärts über und nimmt diageotropisch eine mehr oder weniger schräge oder wagerechte Stellung an. Zugleich aber beginnt der so geneigte Gipfel wie ein Uhrzeiger sich im Kreise zu drehen, entweder links- oder rechts- um. Das ist die Bewegung, welche man früher als eine autonome Bewegung ansah und welche man daher zu den rotirenden Nutationen zählte, die man aber zum Unterschied von diesen besser als kreisende Bewegung bezeichnet. Der Ausdruck „Nutation“ ist hier nämlich nicht zutreffend, da man hierunter ausschliesslich autonome Bewegungen versteht. Die rotirende Bewegung der Schlingpflanzen ist aber eine auf äussere Einwirkung erfolgende, nämlich eine geotropische Bewegung. Sie kommt, wie erwähnt, dadurch zu Stande, dass in den jungen Übergeneigten Stengelgliedern entweder die linke oder rechte Flanke im Wachstum geotropisch gefördert wird. Die Folge davon ist eine Bewegung nach der anderen Seite hin; durch den bogenförmigen Zusammenhang des kreisenden Gipfels mit den unteren aufgerichteten Stengelgliedern führt diese Bewegung mechanisch nothwendig zu einer gleichsinnigen Drehung des rotirenden Gipfels um seine eigene Längsachse. Diese Achsendrehung ist die Auflösung der mit einer solchen Drehung sonst nothwendig verknüpften Torsion (was jeder die Bewegung nachahmende Versuch mit einem Gummischlauch oder Seil sofort klar macht). Der Gipfel schwingt also wie ein Uhrzeiger im Kreise herum und dreht sich gleichzeitig wie die Achse, auf welcher der Uhrzeiger sitzt, um sich selbst. Durch dieses Drehen um sich selbst kommen aber immer neue Seitenkanten in die reizempfindliche Flankenstellung und die einmal begommene rotirende Bewegung setzt sich damit, ohne eine Ruhelage zu erlangen, fort.

Ohne den maassgebenden Einfluss der in ihrer Richtung constanten Gravitation auf den Verlauf der kreisenden Bewegung wäre ein dauerndes gleichsinniges

Umwinden der Stützen kaum denkbar. Es hat deshalb seinen guten Grund, dass die kreisende Bewegung eine bestimmt orientirte geotropische und nicht eine autonome Nutationsbewegung ohne bestimmte Wirkungsrichtung ist. Der Lateral-Geotropismus ist also eine physiologische Grundbedingung des Windens und das Bestehen der Schlingpflanzen als solcher ist von dieser eigenartigen Form des Geotropismus durchaus abhängig<sup>(67)</sup>. Diese Abhängigkeit bringt es aber auch mit sich, dass nur aufrechte oder schwach geneigte Stützen umschlungen werden können. Es ist das zwar eine Beschränkung im Winden, aber eine solche, die für die Erreichung freier Luft und freien Lichts der Pflanze nur ein Vortheil ist.

Wenn irgendwo in dem vom Gipfel der Schlingpflanzen erreichbaren Umkreis sich eine aufrechte Stütze befindet, dann wird sie durch das Kreisen desselben unfehlbar aufgefunden. Die Gipfeltheile, welche durch die längere Zeit klein bleibenden Blättchen in ihren Bewegungen möglichst wenig gehemmt werden, legen sich durch ihren Lateral-Geotropismus der Stütze an und die nächsten Umgänge der zuwachsenden Gipfeltheile erfolgen dann statt in freier Luft um die Stütze herum, die dadurch umwunden wird. Ist die Stütze dünn, dann schliessen die ersten flach verlaufenden Windungen noch nicht völlig an. Das geschieht erst dadurch, dass in diesen flach verlaufenden Stengelgliedern später negativer Geotropismus auftritt. Dieser sucht die flachen Windungen des Stengels steil aufzurichten und aus ihnen einen geraden aufrecht stehenden Stengel zu machen, wie das besonders schön bei freien Windungen, wo die Windebewegung ausnahmsweise ohne Stütze verläuft (Fig. 205), zu sehen ist. Der angestrebten Geradestreckung des Stengels setzt sich aber die Stütze als Hinderniss entgegen und so kommt es denn, dass die durch den negativen Geotropismus steiler werdenden Windungen der Stütze fest angepresst werden und nicht so leicht davon abgleiten. Bei vielen Schlingpflanzen wird der feste Halt durch die Rauheit ihrer Oberflächen (durch Haare, Borsten, Haken, Riefen) noch erhöht. Die in den älteren Stengeltheilen der Schlingpflanzen auftretenden autonomen Torsionen tragen ebenfalls zur Befestigung, zumal kantiger Stengel, an der Stütze bei. — Sowohl das Umwinden wie das Festfassen der Stützen erfolgt bei den Schlingpflanzen demnach durch geotropische Wachsthumsvorgänge, nicht wie bei den Ranken durch Berührungsreize. Ihre Art zu winden gestattet den Schlingpflanzen nur das Umschlingen dünner oder mässig dieker Stützen.

Ausser den eben genannten nachträglichen Torsionen tritt eine durch die Aufrichtung der flachen Windungen mechanisch bedingte Torsion nothwendig auf, die so weit zu einer bleibenden wird, als sie nicht durch freies Nachgeben der Gipfeltheile ausgeglichen werden kann.

Die Richtung, welche die kreisende Bewegung einschlägt, ist bei den meisten Schlingpflanzen constant und demgemäss ist es auch die Windungsrichtung. Die meisten Schlingpflanzen (*Convolvulus*, *Phaseolus*, *Pharbitis* etc.) sind Linkswinder; von oben besehen, laufen die Windungen von Nord über West, Süd und Ost nach Nord, also umgekehrt wie der Uhrzeiger. Von der Seite gesehen steigen die Windungen an der Stütze von links unten nach rechts oben an (Fig. 206). — Seltener sind die Pflanzen, welche stets rechtsum winden, deren Windungen also von Nord über Ost, Süd, West verlaufen. Die bekanntesten Rechtswinder unserer Heimath sind der Hopfen, das Geisblatt und *Polygonum Convolvulus*. Als Beispiel ist in Fig. 207 ein *Myrsiphyllum* gewählt, an dem besonders das Kleinbleiben der Seitenglieder und die starke Streckung der jungen Internodien der Hauptachse auffällt. Sehr wenige Pflanzen winden abwechselnd rechts und

links. Dahin gehören *Blumenbacia lateritia*, *Hibbertia dentata* und *Scyphanthus*; auch das nur selten und unter besonderen Umständen windende *Solanum Dulcamara* zeigt eine ähnliche Unbeständigkeit in der Windungsrichtung.

Wenn der Gipfel einer linkswindenden Pflanze nach Norden gerichtet ist, so ist es die östliche Flanke, welche geotropisch gefördert wird; bei einer rechtswindenden Pflanze ist dagegen die westliche Flanke die geförderte. Dass hier entgegengesetzte Seiten den Wachstumsreiz erfahren, ist aber nicht auffallender als der Gegensatz des Verhaltens bei positivem und negativem Geotropismus und kann durch Verschiedenheiten in der Anordnung der reizempfang-

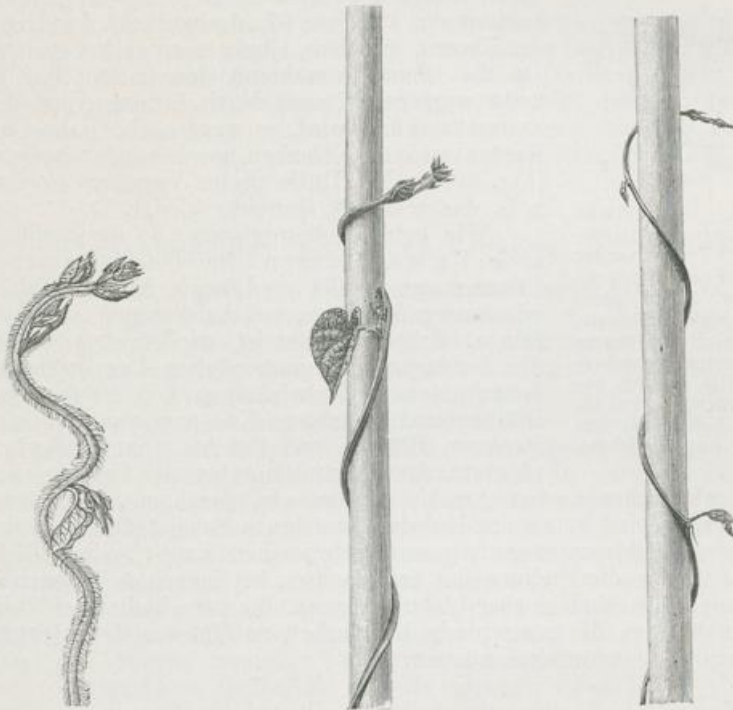


Fig. 205. Der Gipfel einer über die Stütze hinausragenden Schlingpflanze (*Ipomoea purpurea*), welche sog. freie Windungen gebildet hat. Aus DETMER physiol. Pract.

Fig. 206. Der Gipfeltheil einer linkswindenden Schlingpflanze (*Pharbitis hispida*, eine Convolvulacee). Die oberen Blätter lange Zeit klein bleibend.

Fig. 207. Der Gipfeltheil einer rechtswindenden Schlingpflanze. Junger Trieb von *Myrsiphyllum asparagoides*. An den kurzen Seitentrieben junge Phyllocladien.

lichen Structuren (durch ihre inverse Stellung) innerhalb der Organe erklärt werden. Hieraus lässt sich auch verstehen, dass der Gipfel einer sammt der Stütze nach unten gekehrten Schlingpflanze sich von der Stütze abwickeln muss. (Ueber das Verhalten der Schlingpflanzen am Klinostat vgl. S. 236.) (68).

Das Verhalten der Grasknoten. Alle bislang betrachteten Beispiele geotropischer Bewegungen fanden nur in wachsenden Strecken der Pflanzen statt und kamen durch das in seinem Verlauf einseitig veränderte Wachstum zu Stande, gleichgültig ob es einzellige oder mehrzellige Organe waren. Durch einseitig stärkeres Wachstum des Cambiums und der jungen secundären Gewebe können sich sogar verholzte Zweige noch krümmen.

Selbst mehrjährige Zweige, zumal von Coniferen, vermögen so, wenn auch langsame, geotropische Krümmungen auszuführen. Die Knoten der Gräser zeigen andererseits, dass auch ruhende Gewebe durch Schwerkraftreize zum Wachsen angeregt werden können. Die an den Halmen der Gräser sichtbaren Anschwellungen sind, wenigstens bei den meisten Gräsern, keine eigentlichen Knoten im Sinne der Morphologie, sondern tonnenähnliche Verdickungen der Blattscheiden über ihrer Ansatzstelle, also Blattpolster. Der von jenen umschlossene Stengel ist dort äusserst weich und biegsam. Wird ein Grashalm horizontal gelegt, was im Freien durch Sturm und Regen nicht selten geschieht, dann beginnt ein kräftiges Wachstum auf der Unterseite der Knoten, wobei sie häufig noch mehr anschwellen. Da die Oberseite während dessen kein Wachstum zeigt, sondern oft noch durch Pressung und Wasserverlust verkürzt wird, so werden die Halme an den Knoten wie an Gelenken rasch wieder aufgerichtet (Fig. 208). Mit Hilfe dieses Vorgangs erhebt sich z. B. das gelagerte Getreide wieder.

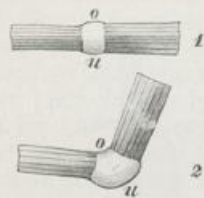


Fig. 208. Geotropische Aufrichtung eines Grasknotens. 1 Der vorher aufrechte Knoten horizontal gelegt. 2 Die Unterseite *u* stark verlängert, die Oberseite *o* unverlängert (sogar etwas verkürzt). Die dadurch bedingte Krümmung hat das jüngere Halmstück um etwa 75° emporgerichtet.

folium subterraneum, Einwirkungen sind zu nennen Luftabschluss bzw. Sauerstoffmangel, welcher Wurzeln und Rhizome negativ geotropisch machen kann, sodann die Temperatur, welche die Stellung der Seitenachsen bei manchen Pflanzen beeinflusst, vor Allem sind es aber Lichtwirkungen, die vornehmlich bei Rhizomen und Laubblättern die geotropische Reizbarkeit zu Gunsten der Lichtstellung verändern oder schwächen können.

### C. Hydrotropismus, Caloritropismus und andere Tropismen.

Die Beleuchtung und die Lage zum Erdkörper sind nicht die einzigen Verhältnisse der Aussenwelt, welche für die Lebensfunktionen der Pflanzen in Betracht kommen, wohl aber die allgemeinsten. Daher liefern Heliotropismus und Geotropismus auch die verbreitetsten Bewegungserscheinungen. Wo in der Lebensweise von ganzen Pflanzen oder deren Theilen noch andere Kräfte oder Stoffe der Aussenwelt eine bedeutsame Rolle spielen, da finden wir aber auch diesen anderen Einwirkungen gegenüber meist eine, den Bedürfnissen entsprechende Reizbarkeit ausgebildet. Die Wurzeln werden in trockener Erde nach feuchteren Stellen hin abgelenkt, indem ein einseitiges Mehr von Wasserdampf sie veranlasst, sich nach diesem hin zu krümmen. Das geschieht so energisch, dass sie aus ihrer geotropischen Ruhelage durch diesen positiven Hydrotropismus erheblich abgelenkt werden können. Umgekehrt fliehen die Sporangienträger vieler Schimmelpilze die Feuchtigkeit und verdanken es diesem negativen Hydrotropismus, dass sie schnurgerade aus ihrem feuchten Substrat, sei es nach oben, seitwärts oder

nach unten, zur Sporenaussaat herauswachsen. Der chemotaktischen Reizbarkeit der Bacterien und Spermatozoiden entsprechend, führen Wurzeln, Pilzfäden und Pollenschläuche positiv oder negativ chemotropische Krümmungen aus, die je nach der Concentration der Lösung wechseln können, derart, dass ein anlockender Stoff bei höherer Concentration abstossend zu wirken vermag. Thermotropismus oder Caloritropismus (auf Wärme-reize), Rheotropismus (durch die Strömungsrichtung im Substrat) und der eigentlich zum Chemotropismus gehörige Aërotropismus sind weitere Reiz-erscheinungen, die man u. a. noch festgestellt hat und die alle zu gewissen Lebensbedürfnissen in Beziehung stehen<sup>(69)</sup>.

Bei dem ebenfalls festgestellten Elektrotropismus ist eine derartige Beziehung aber nicht zu erkennen, da die Einstellung wachsender Pflanzentheile gegen die Richtung elektrischer Ströme bzw. Wellen für ihr Gedeihen kaum je in Betracht kommt; das Bestehen dieser Eigenschaft zeigt vielmehr, dass in der Pflanze auch Reizbarkeiten vorhanden sein können, aus denen für gewöhnlich kein Nutzen gezogen wird, die also auch nicht durch natürliche Zuchtwahl erworben sein können.

#### D. Die Methode der langsamen Drehung. Der Klinostat.

Bei allen den angeführten Wachsthumskrümmungen handelt es sich um einseitige Reize, deren Ausgangspunkt sowohl die Richtung der Bewegungen, wie auch die Ruhelage, bestimmte. Allseitig gleiche Einwirkung kann bei allseitig gleicher Reactionsfähigkeit der Organe keine Krümmungen veranlassen. Die Krümmung muss aber auch unterbleiben, wenn man die Pflanze selbst gegenüber einseitig wirkenden Reizen gleichmässig und so rasch dreht, dass es auf keinem Punkte zu einer ausgesprochenen Krümmung kommen kann. Dann ist keine Seitenkante vor der anderen bevorzugt, sie werden alle gleichmässig gefördert oder gehemmt und trotz einseitiger Aussenwirkung bleibt der Pflanzentheil gerade. Für Forschungen und Beobachtungen auf dem Gebiete der Richtungsbewegungen ist die von SACHS eingeführte Untersuchungs-Methode der langsamen Drehung deshalb von grosser Bedeutung. Sie gestattet, auch bei einseitigem Licht heliotropische Bewegungen auszuschliessen, ohne dass man nöthig hat, die Pflanze dem nachtheiligen Einfluss dauernder Finsterniss auszusetzen, oder für die äusserst schwer zu erfüllende Bedingung allseits gleicher Beleuchtung zu sorgen. Ganz besonderen Werth hat diese Methode aber für die Untersuchung von Schwerkraftwirkungen gewonnen, da wir die Schwerkraft nicht wie das Licht, oder wie bestimmte Temperaturen, Sauerstoff u. s. w. beliebig auszu-schalten vermögen.

Werden Pflanzen an wagerechter Achse langsam gedreht, dann ist die einseitige Schwerkraftwirkung für dieselben aufgehoben und bei allseitig gleich reagirenden Pflanzentheilen werden geotropische Krümmungen damit ausgeschlossen. Die Drehung der genau wagerecht gestellten Achse geschieht am besten durch ein ruhig gehendes Uhrwerk und ein so gebauter Apparat wird nach SACHS als Klinostat bezeichnet<sup>(70)</sup>. Dass in der That die geotropischen Krümmungen radiärer Pflanzentheile am Klinostat ausbleiben, kann als eine bemerkenswerthe Ergänzung der KNIGHT'schen Versuche und als ein weiterer Hinweis dafür angesehen werden, dass die Schwerkraft der Erde jene Krümmungen veranlasst. — Hat man auch die in der Richtung der Klinostat-Achse wirkenden einseitigen (heliotropischen u. a.) Reize ausgeschlossen, dann führen radiäre Pflanzentheile am Klinostat nur noch autonome, aus

inneren Ursachen erfolgende Bewegungen aus, von denen hauptsächlich epinastische und hyponastische Krümmungen (S. 221) sowie der Rückgang etwaiger, kurz vorher paratonisch erfolgter Krümmungen durch Geradstreckung (Autotropismus, Rectipetalität) in Betracht kommen.

Nicht zu verwechseln mit autonomen Krümmungen sind die Bewegungen, welche dorsiventrale Organe in Folge ihrer ungleichseitigen Reizbarkeit auf dem Klinostaten ausführen müssen. Die eigenartige Reizbarkeit der Dorsalseite bedingt es bei Laubblättern und zygomorphen Blüten, dass dieselbe bei der Drehung länger, in Folge dessen auch stärker geotropisch gefördert wird als die Ventralseite; daraus entstehen aber Krümmungen, die ganz wie epinastische aussehen und in der That lange dafür gehalten wurden. — Lässt man Schlingpflanzen am Klinostat rotiren, so hört die kreisende Bewegung auf, die noch wachstumsfähigen jüngsten Windungen wickeln sich ab, der Stengel streckt sich in Folge seines Autotropismus gerade und vollführt nur noch unregelmässige Nutationen. Aus diesem Verhalten geht aber deutlich hervor, dass das Winden, zumal auch die kreisende Bewegung bei demselben, auf geotropischen Bewegungen beruht.

#### E. Krümmungen durch Contactreize.

Das pflanzliche Protoplasma ist gleich dem thierischen empfindlich für Berührung, Stoss und Reibung. Das geht aus dem Verhalten freier pflanzlicher Plasmakörper, der Spermatozoiden, Schwärmsporen, Plasmodien und Amöben, aber auch aus Erscheinungen an behüteten Zellen und ganzen Organen hervor, welche durch derartige mechanische Einwirkungen in ihren Functionen bis zu gänzlichem Absterben gestört werden können.

Diese wohl ganz allgemein verbreitete Empfindlichkeit des pflanzlichen Protoplasmas gegen mechanische Einwirkungen wird von einer Reihe von Pflanzen verwerthet, um auf Berührungsreize hin Bewegungen auszuführen, die zum Umfassen der berührten Körper führen. Es ist eine grosse Zahl von Kletterpflanzen, welche diese Fähigkeit ausgebildet hat und sie benutzt, um sich an fremden Gegenständen, besonders an dem Gezweig anderer Pflanzen, aufzurichten und so die eigenen Assimilations- und Fructificationsorgane an fremden Gerüsten auszubreiten. Es sind Seitenorgane von verschiedenem morphologischen Charakter (vgl. S. 21, 35), welche die Befestigung besorgen, und welche dabei entweder ihrer normalen Leistung und Ausbildung (als Laubblätter, Laubsprosse, Blüthensprosse) noch treu geblieben sind, oder aber, wie dies meist der Fall ist, als typische „Ranken“ sich entwickelt haben, um ausschliesslich und in vollkommenster Weise der Umklammerung zu dienen. Die Stütze wirkt dabei nicht als Hinderniss für die Ausführung vorhandener geotropischer Bewegungen wie bei den Schlingpflanzen, sondern veranlasst durch ihre Berührung erst eine entsprechende Krümmung. Die einseitige Berührung mit einem festen Körper bewirkt nach den Untersuchungen von CH. DARWIN und MAC DOUGAL, dass sich die Zellen der berührten Seite durch Wasseraustritt elastisch verkürzen, während die der gegenüberliegenden Seite in ihrem Wachstum fortfahren<sup>(71)</sup>. Die Folge davon ist eine scharfe Krümmung, durch welche die Ranke um die Stütze gewickelt wird. Dies geschieht aber natürlich um so rascher und leichter, je dünner die Ranke und je kräftiger ihre Reaction ist. Da die Krümmung nach dem Anlegen der Ranke an die Stütze sich noch zu steigern strebt, so wird die letztere oft derart fest umwickelt, dass an weichen Körpern, wie z. B. an weichen Stengeln oder Gummischläuchen, tiefe Eindrückungen entstehen können.



Bei den vollkommensten Ranken, deren Lebenserscheinungen nun näher betrachtet werden sollen, bleibt die Krümmung nicht local auf den unmittelbar gereizten Theil beschränkt. Ganz abgesehen davon, dass durch das Umwickeln der Stütze immer weitere Stellen der Ranke mit jener in Berührung kommen und dadurch neu gereizt werden, pflanzt sich die Krümmung auch auf solche naheliegenden Regionen fort, welche keine Berührung erfahren hatten. Dadurch wird die ganze Rankenspitze rascher um die Stütze gerollt. Später krümmt sich dann auch der zwischen Stütze und Mutterspross ausgespannte freie Theil der Ranke kräftig ein. Da er aber zwischen zwei festen Punkten liegt, so führt sein Krümmungsbestreben nothwendig zu seiner spiralfederartigen Aufrollung. Mit der spiralförmigen Aufrollung ist aber immer eine Torsion verbunden, und da eine solche zwischen festen Endpunkten nicht in einer Richtung möglich ist, so erfolgt aus rein mechanischen Gründen die Aufrollung theils links, theils rechts. Dazwischen treten Wendepunkte auf, derart, dass gleich viel Windungen rechts und links in der Torsion ausgleichen. Fig. 209 stellt eine Ranke von *Sicyos* dar, deren längster Zweig eine Stütze umfasst und sich bereits aufgewunden hat mit einem Wendepunkt in der Spirale bei *x*. Durch diese spiralförmige Rollung wird der Stengel der Kletterpflanze nicht nur näher an die Stütze heran gezogen, sondern auch daran elastisch aufgehängt und vor dem Abreißen durch plötzliche Erschütterung geschützt.

Auch in der anatomischen Ausbildung der Ranken treten, nachdem sie eine Stütze erfasst haben, sehr vortheilhafte Veränderungen auf. Die junge Ranke, welche in der Knospelage meist aufgerollt war, zeigte nach ihrer Streckung lebhaftes Nutation, wodurch die Wahrscheinlichkeit, eine Stütze zu treffen, sehr erhöht wurde. Während dieser ganzen Zeit blieb sie dünn, biegsam und weich, ihre Turgorfestigkeit wurde, zumal nach der Spitze zu, nur von Collenchym unterstützt. In diesem Zustand war sie leicht zerreißbar und nicht besonders tragfähig. Diese Eigenschaften ändern sich aber bald, nachdem die Ranke gefasst hat. Dann tritt oft eine erhebliche Verdickung, Verbreiterung und Erhärtung der umklammernden Theile ein, während die Zugfestigkeit des freien Theiles durch Verholzung und Sklerenchymbildung so erhöht wird, dass die Ranke nunmehr, ohne Schaden zu leiden, oft eine Last von mehreren Kilo zu tragen vermag. Diejenigen Ranken dagegen, welche keine Stütze gefunden haben, pflegen zu verkümmern und abzufallen, nachdem sie sich oft von selbst noch eingerollt haben.

Die Ranken mancher Pflanzen sind allseitig reizbar und krümmungsfähig (*Cobaea*, *Cissus*), andere sind nur auf ihrer Unterseite reizbar (die Ranken der Cucurbitaceen u. a. mit eingekrümmtem Gipfel), wieder andere besitzen ausserdem

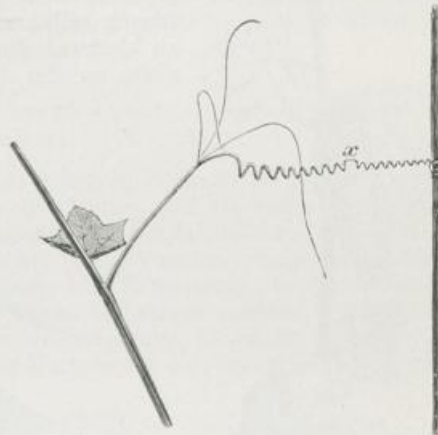


Fig. 209. Stengelstück mit Ranke von *Sicyos angulatus*, einer Cucurbitacee. Ein Rankenast hat mit seiner Spitze die aufrechte Stütze rechts erfasst und seine freie Strecke bereits spiralförmig aufgerollt. Bei *x* Wendepunkt der Aufrollung.

reizbare Flanken (Mutisia). Einige Ranken fassen sehr rasch (*Passiflora*, *Sicyos*, *Bryonia*), andere sind sehr träge (*Smilax*, *Vitis*).

Von grosser Wichtigkeit für die Function der Ranken ist der Umstand, dass sie nach PFEFFER'S Untersuchungen nicht durch jeglichen Anstoss, sondern nur durch die Berührung mit den Unebenheiten eines festen Körpers (durch welche nahe beisammenliegende Zellen ungleich afficirt werden) zum Einkrümmen gereizt werden. Auch der heftigste Regenfall wirkt nicht als Berührungsreiz, und selbst der bis zur Quetschung gesteigerte Anprall reinen Quecksilbers geht ohne Reizwirkung vorüber<sup>(72)</sup>. — Ein Vortheil, welchen die Rankenkletterer vor den Schlingpflanzen voraus haben, ist der, dass sie nicht auf nahezu verticale Stützen angewiesen sind. Die Art der Einrollung ihrer Ranken weist sie aber auch auf dünne Stützen an,

da sie an dickeren abgleiten. Nur vereinzelte Rankenpflanzen haben sich von dünnen Stützen unabhängig gemacht und vermögen mittels besonderer Einrichtungen selbst an glatten Wänden und Mauern empor zu klettern. Ihre Ranken sind lichtabwendig und besitzen an oder dicht unter der Spitze kleine knopfartige



Fig. 210. Stück eines kletternden Sprosses von *Ampelopsis Veitchii* (*Vitis inconstans*). Die Ranken *R* sind mit Haftscheiben an einer glatten Wand befestigt.

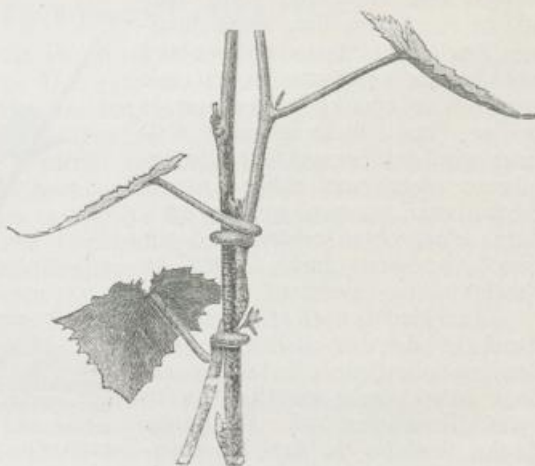


Fig. 211. Theil eines kletternden Stengels von *Lophospermum scandens*. Die unteren Theile der Blattstiele haben die Befestigung des Sprosses übernommen, indem sie die dünne Stütze rankenartig umklammern.

Gewebswucherungen, die entweder von vorn herein vorhanden sind oder erst durch den Berührungsreiz hervorgerufen werden. Durch ihre Klebrigkeit haften diese Knöpfchen zunächst an der Wand und wachsen dann zu saugnapfartigen Scheibchen aus, deren Zellen sich wie Wurzelhaare so eng an das Substrat anschmiegen und damit verbinden, dass man eher die später verholzende Ranke zerreißen, als die Saugscheiben von der Wand ablösen kann. Fig. 210 stellt derartige Ranken dar von *Ampelopsis Veitchii* (*Vitis inconstans*). Die Haftscheibchen werden hier schon an den jungen Ranken als Knöpfchen vorgebildet. Bei einer Varietät des wilden Weins (*Ampelopsis hederacea*) bilden sich die Haftscheiben aber erst nach der Berührung; die Ranken dieser Pflanze vermögen auch dünne Stützen zu umwickeln.

Die Fig. 211 zeigt ein Stück einer Kletterpflanze (*Lophospermum scan-*

dens), deren Blattstiele, welche normale Spreiten tragen, gleich Ranken reizbar sind. Wie man sieht, wird die Stütze nur einmal oder nur theilweise umfasst. Aehnlich klettern mittels ihrer Blattstiele die bekannte Kapuzinerkresse und andere Tropaeolum-Arten, Maurandia, Solanum jasminoides, Nepenthes u. a. So weit gehende Folgeerscheinungen, wie sie bei vollkommenen Ranken nach der Befestigung eintreten, machen sich bei diesen Blattstielen aber nicht geltend, obwohl bei Solanum jasminoides der klammernde Theil sich stark verdickt und verhärtet, und bei Clematis u. a. die Blattspreiten eine Zeitlang zur Begünstigung des Rankens sehr klein bleiben und zugleich durch hakenartige Rückwärtsbiegung das vorläufige Festhalten an einer aufgefundenen Stütze begünstigen. Bei Gloriosa, Littonia und Flagellaria sind es die über die Spreite hinaus verlängerten Mittelrippen, welche ranken, und bei manchen Fumaria- und Corydalis-Arten unwickelt ausser dem Fiederstielchen auch die Fiederspreite selbst dünne Stützen. Die schmarotzenden Sprosse der Cuscuta (Fig. 186) sind zum Winden wie zum Ranken befähigt und machen von beiden Eigenschaften beim Erklimmen und Umklammern ihrer Nährpflanzen abwechselnd Gebrauch.

#### F. Wachsthumskrümmungen durch Licht- und Temperaturwechsel.

Laub- und Blumenblätter mancher Pflanzen besitzen die Eigenthümlichkeit, dass ihre verschiedenen Seiten (die Unter- und Oberseite der Blätter und Blattstiele, die Innen- und Aussenseite von Blütenblättern) schon durch kurz andauernde und geringfügige Licht- und Wärmeänderungen, also durch Erhellung oder Verdunkelung, Abkühlung oder Erwärmung, in ihrem Wachsthum ungleich beeinflusst werden. Wenn bei einem solchen Wechsel das Wachsthum der Unterseite dasjenige der Oberseite übertrifft, so wird das Blattgebilde sich heben und gegen die Mutterachse bewegen; das Blatt wird sich dagegen senken und von der Achse entfernen, wenn das Wachsthum der Oberseite stärker ist als dasjenige der Unterseite.

Es sind vornehmlich Blütenblätter, welche derartige Bewegungen ausführen, die Blüten dadurch öffnen und schliessen und ihnen auf diese Weise gewisse Vortheile gewähren.

Die Blüten der Tulpe, des Crocus, auch die von Adonis, Ornithogalum und Colchicum, öffnen sich bei Erwärmung und schliessen sich bei Abkühlung. Geschlossene Tulpen- und Crocus-Blüten, welche man bei kühlem Wetter aus dem Freien ins warme Zimmer holt, öffnen sich hier zusehends in kurzer Zeit, bei der Temperaturdifferenz von 15—20° C. schon in zwei bis vier Minuten. Empfindliche Blüten von Crocus reagiren schon auf die Schwankungen von 1/2° C.; die der Tulpe auf 2—3° C. Warmer Sonnenschein öffnet diese Frühlings- oder Herbstblüthen dem Insectenbesuch; bei eintretender Kälte werden dagegen die Sexualorgane umhüllt und geschützt. Das einseitig stärkere Wachsthum findet in diesen Fällen am Grunde der Perigonblätter oder ihres blattartig verbreiterten oberen Theiles (Colchicum) statt.

Die Blüten von Nymphaea und die Blütenköpfe von Taraxacum,

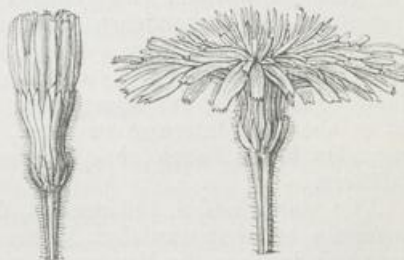


Fig. 212. Blütenköpfchen einer Composite (Leontodon hastilis), links durch Verdunkelung geschlossen, rechts durch Belichtung geöffnet. Aus DETMER physiol. Pract.

Leontodon und anderen Compositen, auch die von Cacteen u. a. öffnen sich bei Erhellung und schliessen sich bei Verdunkelung (Fig. 212).

Auch die Laubblätter, zumal die von Chenopodiaceen, Caryophyllen, Balsamineen u. a. werden durch Lichtschwankungen einseitig beeinflusst und führen dadurch sogen. Schlafbewegungen aus.

Viele der angeführten Pflanzentheile werden aber sowohl durch Licht- als auch durch Wärmeschwankungen bewegt; Tulpe und Crocus öffnen sich z. B. auch bei constanter Temperatur im Licht und schliessen sich im Dunkeln. Die resultirende Bewegung der Blumenblätter hängt bei widerstrebenden äusseren Einflüssen natürlich von der vorherrschenden Wirkung ab. — Die ungleichsinnige Abhängigkeit von verschiedenen gleichzeitigen Einflüssen hat, zusammen mit Nachwirkungen, das Verständniss für die Reizursachen jener Bewegungen lange Zeit erschwert und verwirrt, zumal auch die Oeffnungsbewegung bei constant bleibender höherer Temperatur aus inneren Ursachen von einer Schliessbewegung abgelöst wird<sup>(73)</sup>.

Die hier geschilderten Bewegungen dürfen mit heliotropischen und thermotropischen nicht verwechselt werden. Bei den letzteren ist die Richtung zur Licht- und Wärmequelle maassgebend und sie erfolgen auch bei gleichmässiger Stärke der Reizwirkung. Die zuletzt betrachteten Bewegungen gehen dagegen unabhängig von der Richtung der Licht- und Wärmestrahlen von statten und werden bei Schwankungen in der Beleuchtung und Temperatur eingeleitet.

### III. Bewegungen durch Turgorschwankungen (Variationsbewegungen).

Wie die bisher betrachteten mannigfaltigen Bewegungen zeigen, sind die im Wachstum zur Geltung kommenden Kräfte und Volumveränderungen in ausgedehntestem Maasse den Bewegungs-Bedürfnissen der Pflanzen dienstbar gemacht worden. Es genigte ja schon eine einseitige Förderung oder Hemmung des vorhandenen Wachstums, um die Organe zu kräftigen Bewegungen zu veranlassen. Daher sind es auch nur wachsende Organe oder deren wachsende Regionen, welche man vornehmlich zur Bewegung befähigt findet. Gegenüber der allgemeinen Unbeweglichkeit ausgewachsener Organe ist es aber von Interesse zu sehen, dass manche Pflanzen Mittel und Wege gefunden haben, auch ohne Wachstum noch kraftvolle Bewegungen auszuführen.

Es wurde auf S. 139 gezeigt, dass der Turgordruck die elastische Zellmembran oft weit ausdehnt, indem er den Zellraum bedeutend vergrössert, dass sich dagegen die Membran zusammenzieht und die Zelle sich verkleinert, wenn der Turgor nachlässt oder ganz aufgehoben wird (vgl. Fig. 168). Solche, durch wechselnden Turgor verursachten Volumveränderungen sind es, welche von lebendigen ausgewachsenen Organen noch als Bewegungsmittel benutzt werden können.

Es sind ausschliesslich Blätter (Laub- und Blütenblätter) und andere blattartige Organe (Staubblätter, Griffel, Narbenlappen), von denen man derartige sogen. Variationsbewegungen kennt. Unter den Laubblättern zeichnen sich darin besonders aus die zusammengesetzten Blätter der Leguminosen und Oxalideen, wie auch die Blättchen von Marsilia (eines Wasserfarns). Bei diesen Blättern sind besondere Gewebetheile nicht nur physiologisch, sondern auch anatomisch für diese Art der Bewegung eigens eingerichtet.

Aeusserlich erscheinen dieselben als feste cylindrische Polster, welche sich

von dem übrigen Blattstiel scharf abheben und die zu bewegenden Blatttheile unmittelbar tragen. Anatomisch betrachtet besteht ein solches Polster der Hauptsache nach aus stark turgescirendem Parenchym mit sehr elastischen Zellwänden. Die Gefässbündel, welche im übrigen Blattstiel nebst dem sonstigen steifenden Skeletgewebe im Umkreis angeordnet sind, vereinigen sich im Polster zu einem einzigen centralen leicht biegsamen Strang und stellen so den Krümmungen des Polsters keinen nennenswerthen Widerstand entgegen (vgl. Fig. 169i). Die Anordnung der an sich festen Elemente ist für die Biegungsfestigkeit des Polsters also die denkbar ungünstigste; um so mehr muss die Turgorfestigkeit des Parenchyms und muss die Gewebespannung dazu beitragen, um das Gewicht der Blattspreite in jeder Lage, auch bei Wind und Regen festhalten zu können.

Das turgescirende Parenchym bildet denn auch eine mächtige Hüllschicht, welche gegenüber dem axilen Leitstrang stark gespannt ist, deren innere und äussere Theile aber auch unter sich sehr kräftige Gewebespannungen aufweisen. Die dadurch erreichte hohe Festigkeit kann aber, im Gegensatz zu der durch Skeletzellen erlangten, jederzeit mittels Turgorwechsel verändert werden. Wenn in dem gerade gestreckten Polster der Turgor die Zellen auf der einen Seite stärker dehnt als auf der gegenüberliegenden, dann muss eine Krümmung erfolgen, welche die Blattspreite so bewegt, wie das Handgelenk die flache Hand.

Die durch solche Turgorschwankungen entstehenden Variationsbewegungen treten entweder autonom ohne erkennbare äussere Veranlassung auf, oder werden als paratonische durch äussere Reize in bestimmter Weise geregelt.

**Autonome Variationsbewegungen** treten besonders auffallend bei den kleinen seitlichen Fiederblättchen von *Desmodium* (*Hedysarum*) *gyrans*, einer Papilionacee der feuchten Ganges-Niederungen, auf. In feuchter, warmer Luft (bei 22—25°) bewegen sich diese Blättchen oft ruckweise, dann wieder gleichmässiger, gleich zwei schwingenden Armen kreisend durch die Luft, wobei in 1—3 Minuten ein Umlauf vollendet werden kann. Durch Lichtschwankungen wird diese Bewegung nicht gestört. Anders ist es bei den autonomen Variationsbewegungen der Blättchen des Klees (*Trifolium*) und des Sauerklees (*Oxalis*); diese finden nur im Finstern statt. Das Endblättchen von *Trifolium pratense* führt im Dunkeln seine, 2—4stündlich sich wiederholenden Schwingungen aus, die oft über 120 Bogengrade betragen, die aber von einwirkendem Lichte zu Gunsten einer festen Lichtstellung aufgehoben werden.

**Paratonische Variationsbewegungen** werden vornehmlich durch Lichtschwankungen, durch Schwerkraftsreize und durch mechanische Reize (Erschütterung, Reibung), seltener durch Temperaturschwankungen ausgelöst. Die Gelenkpolster können dabei gegen verschiedene Einflüsse reizbar sein; so werden beispielsweise die Blätter der *Mimosa pudica* sowohl durch Licht als durch Stossreize in Bewegung gesetzt; ausserdem führen sie aber auch noch autonome Bewegungen aus.

Ein Wechsel von Licht und Dunkelheit, also für gewöhnlich der von Tag und Nacht, veranlasst sogen. Schlafbewegungen oder nyktitropische Bewegungen. Die Tages- oder Lichtstellung ist diejenige der diaheliotropischen Laubblätter: Die Spreite ist senkrecht zu den einfallenden Strahlen ausgebreitet. Tritt Verdunkelung ein, so legen sich die Blätter oder die einzelnen Fiederblättchen nach unten oder nach oben zusammen. Darauf folgende Belichtung lässt alsdann die Tagesstellung wiederkehren. Die Turgoränderungen erfolgen dabei in den antagonistischen Gelenkhälften in entgegengesetztem Sinne; einer Erhöhung des Turgors in der unteren Gelenkhälfte entspricht also eine Herabsetzung desselben in der oberen, und umgekehrt<sup>(74)</sup>.

Strasburger, Lehrbuch der Botanik. 4. Aufl.

Bei den Marantaceen, die durch ganz eigenartig gebaute Blattpolster ausgezeichnet sind, soll sich dagegen nach DEBSKI die concav werdende Seite durch Deformation der Zellen bei Turgorsteigerung, wie manche Wurzelrinden verkürzen. (Vgl. S. 265.)

Die Nachtstellung soll nach DARWIN den Vortheil bieten, die Blätter vor zu grosser Wärmeausstrahlung gegenüber dem nächtlichen Himmel zu schützen. Dieser Wärmeverlust kann zuweilen 5 und mehr Grade betragen und die Blätter sehr schädigen. Versuche zeigten denn auch, dass nyktitropische Blätter, welche man in kalten Nächten gewaltsam in der Tagesstellung festhielt, erfroren, während die schlafenden nebenan die nächtliche Abkühlung ohne Schaden ertrugen. Da aber auch in tropischen Klimaten, wo keine schädigenden Abkühlungen eintreten, die Pflanzen Schlafbewegungen ausführen, so kann der vorerwähnte Vortheil nicht ausschlaggebend für jenes Verhalten der Blätter sein, den STAHL denn auch in der verminderten Thaubildung und der dadurch gewährleisteten höheren Transpiration des nicht benetzten Blattes sucht. Von bekannteren Pflanzen, welche Schlafbewegungen zeigen, sind zu nennen Phaseolus, Trifolium, Robinia, Acacia lophantha, Amicia zygozeris (Fig. 213), Mimosa pudica; weniger auffallend sind die Bewegungen bei vielen anderen Pflanzen.

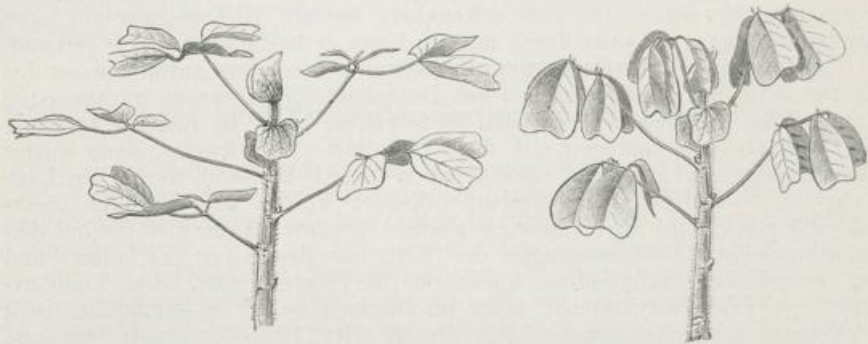


Fig. 213. Schlafbewegung der Blätter von *Amicia zygozeris*. Links in zerstreutem hellem Tageslicht mit ausgebreiteten Blättchen, rechts nach Verdunkelung in Schlafstellung.

Sehr helle Beleuchtung verursacht häufig ein Verlassen der Tagesstellung zur Nachtstellung hin oder nach der entgegengesetzten Richtung. Die Fiederblättchen der Robinie (*Robinia Pseudacacia*) sind Nachts abwärts geschlagen, im zerstreuten Tageslicht flach ausgebreitet, in der heissen Mittags-sonne dagegen richten sie sich steil aufwärts.

Manche Pflanzen vollführen ihre Schlafbewegungen merkwürdiger Weise erst mit Hilfe geotropischer Variationsbewegungen, indem Lichtschwankungen den Geotropismus der Gelenkpolster verändern (*Phaseolus*, *Lupinus*)<sup>(75)</sup>.

Der Wechsel von Tag- und Nachtstellung findet eine Zeit lang sowohl in constanter Finsterniss wie auch in andauernder Beleuchtung statt. Die Blätter tragen demnach in sich die Neigung, von Zeit zu Zeit aus dem einen in den anderen Zustand überzugehen. Ihre Tagesperiode entsteht dadurch, dass die periodischen Lichtreize bestimmend für den Zeitpunkt dieser Aenderung sind (ähnlich wie bei unserem Schlaf und Schlafbedürfniss). Hört der äussere Wechsel auf, dann bedingt die innere Disposition noch lange eine sichtbare Nachwirkung (S. 240), bis mit den abnormen

Verhältnissen abnorme Starrezustände (Licht-, Dunkelstarre) und Krankheitserscheinungen sich einstellen<sup>(76)</sup>.

Auf mechanische Einwirkungen (Erschütterung, Reibung, Verletzung) antworten nur vereinzelte Pflanzen mit ausgesprochenen Variationsbewegungen. Es sind das diejenigen, welche man früher allein als „reizbare Pflanzen“ anstaunte, so lange man für das Pflanzenreich nur grobe mechanische Einwirkungen als Reize und heftige Bewegungen als Reizwirkungen gelten liess.

Erwähnt wurde schon (S. 187) die *Dionaea muscipula*, deren Blatthälften nach der Berührung, zumal der „Borsten“ auf der Innenseite, rasch zusammenklappen. Das bekannteste Beispiel für eine derartige Reizbarkeit ist aber die *Mimosa pudica*, eine tropische Leguminose vom Wuchse eines Halbstrauchs, welche ihrer hohen Empfindlichkeit gegen Berührung den



Fig. 214. *Mimosa pudica*. Links ungereizt in der Tagesstellung, rechts durch Erschütterung gereizt, wodurch sich die Blätter zusammengefaltet und abwärts geschlagen haben. B Blüthenköpfchen.

Namen Sinnpflanze verdankt. Die zarten Blätter dieser Pflanze sind gefingert-gefiedert (Fig. 214). Die Secundär-Stiele, an denen links und rechts dicht gedrängt die Fiederblättchen stehen, sitzen dem Hauptblattstiel wie vier Finger auf. Alle diese Glieder des Blattes sind unter einander mit Gelenkpolstern verbunden, der Hauptblattstiel mit der Mutterachse, die fingerartigen Secundärstiele mit dem Blattstiel und die Fiederblättchen mit den Secundärstielen, so dass alle Theile auf ihrer Unterlage beweglich sind und ein sehr verändertes Aussehen des ganzen Blattes bewirken können. Die Lichtlage der ungereizten Blätter ist in der Fig. 214 links dargestellt. Der Blattstiel ist meist schräg nach oben gerichtet, die Secundärstiele sind gespreizt und die Fiederblättchen nahezu in einer Ebene ausgebreitet. Wird das Blatt erschüttert, dann führen alle seine Theile bei günstiger Temperatur (25—30° C.) und Feuchtigkeit sehr rasche Bewegungen aus. Die Fiederblättchen klappen nach oben und vorn zusammen, die Secundärstiele legen sich seitlich an einander und der Blattstiel senkt sich scharf nach unten, wie das alles in Fig. 214 rechts dargestellt ist. Die Pflanze, deren

sämmtliche Blätter so niedergesenkt sind, erholt sich aber bald wieder und nimmt ihre frühere Blattstellung wieder an, wenn ihr Ruhe gelassen wird.

Noch merkwürdiger ist das Verhalten der Blätter, wenn nicht das ganze Blatt oder die ganze Pflanze, sondern nur die Endfiederchen eines Secundärstiels gereizt werden. Am besten geschieht dies ohne Erschütterung durch Anbrennen mittels eines Streichholzes. Augenblicklich klappen dann die versengten Blättchen nach oben, ihnen aber folgen nun der Reihe nach sämmtliche Fiederpaare bis zum Fingeransatz. Von hier überträgt sich die Reizerscheinung auf die anderen Finger, an denen jetzt die Blättchen in umgekehrter Reihenfolge, also von innen nach aussen fortschreitend, zusammenschlagen. Haben sich auch die Finger seitlich an einander gelegt, und wähnt der Beobachter den Bewegungsvorgang abgeschlossen, dann überrascht ihn plötzlich noch einmal der Hauptstiel durch rasche Abwärtsbeugung. Von diesem einen Blatte aus kann sich der Reiz auch im Stengel, oft bis zu 50 cm weit, fortpflanzen und auf andere Blätter übertragen.

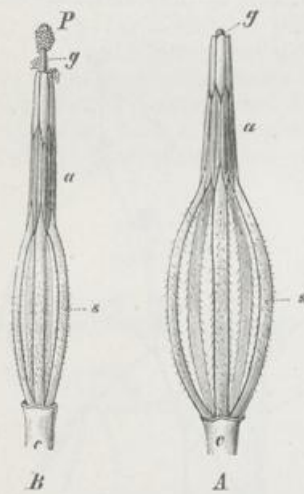


Fig. 215. Staubblätter der *Centaurea jacea*, durch Entfernen der Kronröhre freigelegt. *A* (rechts) im reizempfänglichen, *B* (links) im contrahirten Zustande. *c* Unterer Theil der Kronröhre, *s* Staubfäden, *a* Antherenröhre, *g* Griffel, *P* Pollen. Vergrössert. Frei nach PFEFFER.

Die Bewegungen der Polster werden durch Turgorschwankungen bewirkt, welche, wie bei den nyktitropischen Bewegungen, in den antagonistischen Gelenkhälften in entgegengesetztem Sinne erfolgen<sup>(74)</sup>. Man hat bei der Reizwirkung beobachtet, dass aus den Zellen der allein reizempfänglichen Unterseite des Hauptstielpolsters ein plötzlicher Austritt von Wasser in die Interzellularräume erfolgt. Die Fortleitung des Reizes scheint nach den Untersuchungen HABERLANDT's aber nicht von der Bewegung dieses ausgestossenen Wassers, sondern vom Inhalte schleimführender, im Siebtheil verlaufender Zellschläuche vermittelt zu werden. Mittels hydrostatischer Druckdifferenzen konnte MAC DOUGAL die Auslösung der Reizbewegungen jedoch nicht künstlich hervorrufen.

Der Stellung eines erschütterten Blattes äusserlich ähnlich ist seine Schlaf- oder Nachtstellung, doch sind die Spannungszustände, die zu den beiderlei Stellungen führen, in dem Gelenkpolster verschieden.

*Robinia*, *Oxalis acetosella* und die *Oxalidee Biophytum* führen auf kräftige mechanische Reize hin gleichfalls, wenn auch nur unbedeutendere, Bewegungen aus.

Die gegen äussere Einflüsse so sehr empfindliche Mimose bietet das beste Object, um die merkwürdigen Starrezustände der Bewegungsorgane kennen zu lernen. Es wurde bereits erwähnt, dass die Reizbewegungen der Mimose nur bei genügend hoher Temperatur lebhaft eintreten; unter einem gewissen Wärmegrad findet überhaupt keine Bewegung mehr statt, es ist dann Kältestarre eingetreten. Aber auch andere ungünstige Verhältnisse können veranlassen, dass keine Bewegung mehr auf Reize hin erfolgt. So tritt bei etwa 40° Lufttemperatur Wärmestarre, bei Wassermangel noch vor dem Welken Trockenstarre, bei längerem Aufenthalt im Finstern Dunkelstarre ein, welche wahrscheinlich durch krankhafte Störungen in den Chlorophyllkörpern veranlasst wird. Im Vacuum, in



Wasserstoff und anderen die Lebensthätigkeit störenden Gasen, in Chloroformdämpfen u. s. w. tritt ebenfalls Bewegungslosigkeit ein, die theils durch Sauerstoffmangel, theils durch unmittelbar giftige Wirkungen jener Gase bedingt ist. Wirken die zu den Starrezuständen führenden nachtheiligen Verhältnisse nicht zu lange ein, dann kann nach kurzer Zeit der frühere reizbare Zustand wiedergewonnen werden<sup>(76)</sup>.

Die Variationsbewegungen, welche bei den Staubfäden einiger Berberideen (Berberis, Mahonia) und Compositen (Cynareen und Ligulifloren) auftreten, schliessen sich in ihrer Zellmechanik an die der Laubblätter an. Die etwas nach aussen gewölbten Staubfäden der genannten Compositen verkürzen sich nach mechanischer Reizung unter Geradstreckung ziemlich gleichmässig auf ihrer ganzen Länge, oft um 10—20 %, und lassen so den mit Pollen bedeckten Griffel aus der Staubbeutelröhre heraustreten (Fig. 215). Die Verkürzung erfolgt bei mässiger Dickenzunahme, unter Wasseraustritt in die Intercellularen, durch die elastische Contraction der Membranen<sup>(77)</sup>. Die Staubfäden von Berberis und Mahonia sind nur an der Innenseite ihrer Basis gegen Berührung empfindlich. Die Verkürzung erfolgt dann auch nur auf der Innenseite und verursacht, dass sich die Antheren auf die Narbe hinbiegen.

Die zweilippigen Narbenlappen des Griffels von Mimulus, Strobilanthes (Goldfussia), Martynia, Torenia und anderen Pflanzen schliessen sich, wenn sie berührt werden, zusammen; der knieförmig abwärts gebogene Griffel von Styliidium schnellst dagegen bei Berührung des Knies, wenn auch nur für einmal, nach oben um.

## VI.

### Die Fortpflanzung.

Das Leben aller pflanzlichen Einzelwesen ist, mit Ausnahme der S. 207 erwähnten Einzelligen, zeitlich begrenzt; nach kürzerem oder längerem Bestehen sterben sie ab und verschwinden modern und verwesend in der Humusdecke des Bodens. Eine Urzeugung, welche neue Einzelwesen aus der leblosen Materie schaffen könnte, findet, so weit unsere Erfahrung reicht, nicht statt. Alle uns umgebenden Pflanzen sind vielmehr die Nachkommen ihrer Vorfahren und verdanken ihr Dasein der allen Organismen zukommenden Fähigkeit, Nachkommen zu erzeugen. Die Fortpflanzung ist demnach eine Lebensäusserung, welche allen bestehenden Pflanzenarten gemeinsam sein muss. Hierbei treten auch stets vereinzelt, durch Variation, Missbildung oder Bastardirung entstandene neue Pflanzenformen auf, die von ihren Erzeugern abweichen, oft kräftig wachsen und eine zähe Lebensthätigkeit entwickeln, denen aber häufig die Fähigkeit fehlt, gleiche Nachkommen zu erzeugen oder mit wildwachsenden Pflanzen in erfolgreichen Wettbewerb zu treten, und die deshalb alsbald wieder verschwinden, wenn sie nicht durch menschliche Kunst vermehrt und erhalten werden. Eine grosse Zahl von Culturpflanzen, mit denen der Mensch die Erde bevölkert hat, gehört zu diesen künstlich vor dem Untergang bewahrten Pflanzenformen.

Es liegt aber in dem Wesen der Fortpflanzung, dass nicht nur neue Einzelwesen erzeugt werden, sondern dass diese Einzelwesen zugleich jünger sind, also ihr selbständiges Dasein an einem, von ihren Erzeugern schon überschrittenen Punkt der Entwicklung neu beginnen.

Die Bildung einer selbständigen Nachkommenschaft hat aber auch die Loslösung derselben von der Mutterpflanze zur Voraussetzung. Bildet ein Baum neue Knospen und Zweige, die mit ihm in Verbindung bleiben und das Schicksal des Ganzen theilen, so wird das niemand als Fortpflanzung bezeichnen. Würden sich dieselben Knospen aber loslösen und als selbständige Pflanzen auf dem Boden weiterwachsen können, so wäre das eine Art der Fortpflanzung, wie sie thatsächlich bei manchen Pflanzen vorkommt.

Die Verhältnisse der Aussenwelt stellen aber noch eine weitere Forderung an die Fortpflanzung, nämlich die, dass sie mit einer Vermehrung der Keime Hand in Hand geht. Da die losgelösten und ganz dem Zufalle preisgegebenen Keime nicht immer die nothwendigen Lebensbedingungen zu ihrer Entwicklung vorfinden, sondern zum allergrössten Theil in widrigen Verhältnissen untergehen, so müsste eine Pflanzenart, deren Individuen nur je einen einzigen Keim hinterliessen, in kurzer Zeit ausgestorben sein. Für die Vermehrung wird demnach auch in ausgiebigster Weise bei der Fortpflanzung gesorgt und die Natur verfährt dabei in geradezu verschwenderischer Weise. Hundert- und tausendfach ist gewöhnlich die Zahl der erzeugten Keime ihren Erzeugern gegenüber. Man denke nur an den Fruchtkörper eines grossen Hutpilzes, welcher Hunderttausende entwicklungsfähiger Sporen ausstreut, oder an die Samen der Orchideen, von denen sich meist viele Tausende in einer einzigen Fruchtkapsel befinden.

Verjüngung, Loslösung und Vermehrung von Einzelwesen sind also die wesentlichsten Punkte, auf welche es bei der Fortpflanzung ankommt.

Bekanntlich erfüllen die Pflanzen diese Bedingungen in der verschiedensten Art und Weise. Jede grössere Abtheilung des Pflanzenreichs hat dabei ihren besonderen Weg eingeschlagen und auch innerhalb jener Abtheilungen herrscht eine solche Mannigfaltigkeit, dass jede Familie, jede Gattung, ja sogar oft eine einzelne Art ihre besonderen Eigenthümlichkeiten ausgeprägt hat. Auf diese Abweichungen in den Fortpflanzungsorganen und ihrer Functionen ist die ganze Systematik ja so wesentlich begründet, dass sie geradezu auf eine specielle Darstellung der Fortpflanzungsformen im Pflanzenreich hinausläuft.

So vielgestaltig im Einzelnen aber auch die Aufgabe gelöst ist, so lassen sich doch im Allgemeinen zwei ganz verschiedenartige Wege ihrer Lösung unschwer erkennen und scharf trennen.

Der einfachere von diesen besteht in der Bildung von Zellen oder Zellkörpern, welche nach ihrer Lostrennung von der Mutterpflanze ohne Weiteres, entweder sofort oder nach einer Ruhezeit, keimen und zu neuen selbständigen Einzelwesen heranwachsen. Die besonderen Wachstumsgesetze und der Formenkreis der Mutterpflanze setzen sich continuirlich in diesen Gebilden fort. Diese Fortpflanzungsweise hat man die vegetative, ungeschlechtliche oder monogene genannt.

Der zweite, bei der Fortpflanzung eingeschlagene Weg ist dagegen ein merkwürdiger Umweg. Es werden dabei nämlich zweierlei Fortpflanzungszellen erzeugt. Eine jede Art derselben vereinigt zwar auch in sich die Wachstumsgesetze und Eigenthümlichkeiten ihres Erzeugers, aber es fehlt beiden zunächst doch die Fähigkeit sich weiter zu entwickeln. Statt zu Nachkommen auszuwachsen, verfallen diese Zellen nach kürzester Zeit dem Tode, wenn ihnen nicht die Gelegenheit geboten ist mit einander zu verschmelzen. Erst wenn die eine (die weibliche) Zelle den Inhalt der anderen (der männlichen) Zelle völlig in sich aufgenommen und sich damit verbunden hat, wird sie entwicklungsfähig und beginnt wachsend einen Nachkommen

zu liefern. Diese Art der Fortpflanzung wird als die geschlechtliche, sexuelle oder digene bezeichnet.

Die physiologische Bedeutung der sexuellen Fortpflanzung giebt sich nicht ohne Weiteres zu erkennen. Einerseits findet man nämlich, dass die vegetative Fortpflanzung bei vielen Pflanzen genügt, um den Bedarf an Keimen zu decken, so dass Pflanzen auch ganz ohne sexuelle Fortpflanzung auskommen können. So regeneriren sich die Hut- und Bauchpilze, soweit bekannt, ganz auf vegetativem Wege. Die cultivirten Bananen, manche Dioscoreaceen, gewisse Spielarten der Weinrebe, der Apfelsinen und Erdbeeren bringen überhaupt keine sexuellen Nachkommen mehr hervor; sie werden nur auf vegetativem Wege fortgepflanzt. Der Knoblauch, welcher an Stelle der Blüten kleine Zwiebelchen bildet, die weisse Lilie und der durch Wurzelknöllchen sich vermehrende *Ranunculus Ficaria* u. a. bilden, falls sie ungestört ihre vegetativen Vermehrungsorgane zu entwickeln vermögen, kaum noch keimfähige Samen aus, die aber unter Umständen durch operative Eingriffe, wie z. B. an abgeschnittenen Blütenständen jener Pflanzen, noch gewonnen werden können<sup>(78)</sup>. Für gewöhnlich vermehren sie sich ausschliesslich durch ungeschlechtliche Sprossung, ohne dabei irgendwie zu degeneriren, wie man das früher einmal bei der ausschliesslich vegetativen Vermehrung annahm<sup>(79)</sup>.

Sehen wir so, dass die monogene Zeugung durchaus der Erhaltung der Art genügen kann, so muss doch andererseits die sexuelle Zeugung etwas bieten, was durch die vegetative nicht erreicht wird. Wäre dem nicht so, dann müsste es höchst auffällig und überflüssig erscheinen, dass die viel complicirter eingerichtete und dabei viel weniger sicher zum Ziel führende sexuelle Zeugung noch neben der vollkommen ausreichenden monogenen auftritt. Selbst der verbreitetste weisse Schimmelpilz, der *Mucor Mucedo*, dessen vegetative Sporen (Conidien) überall verbreitet sind, bildet zuweilen geschlechtliche Fortpflanzungszellen in besonders geförmten Sexualorganen aus.

Von manchen niederen Pflanzen (Pilzen und Algen) weiss man, dass die Bildung der Sexualzellen von bestimmten äusseren Einflüssen abhängig ist; bei diesen hat es, wie KLEBS nachwies, der Experimentator durch Abänderung der entsprechenden äusseren Bedingungen, wie Ernährung, Temperatur, Transpiration, Beschaffenheit des Substrats und des umgebenden Mediums in der Hand, entweder ungeschlechtliche Sporen oder Geschlechtszellen entstehen zu lassen<sup>(80)</sup>. Die Ungunst gewisser äusserer Vegetationsbedingungen giebt in manchen Fällen augenscheinlich den Anstoss zur sexuellen Keimerzeugung, zumal dann, wenn das Geschlechtsproduct im Stande ist eine längere Zeit der Ruhe unter ungünstigen Vegetationsverhältnissen zu überdauern (Zygosporien von Algen, Phycomyceten), während die vegetativen Keime (Schwärmosporen von Algen, Conidien) dazu weniger geeignet sind. In anderen Fällen sind aber im Gegentheil gerade die vegetativen Fortpflanzungskörper besonders widerstandsfähig und auf eine Ruheperiode eingerichtet, wie z. B. die Sporen der Farne. Hier liegt also kein Moment vor, welches das Bestehen einer sexuellen Zeugung neben der vegetativen nothwendig erscheinen liesse.

Was die digene von der monogenen Zeugung aber wesentlich verschieden macht, das ist die Mischung der Substanz der Eltern und die daraus entstehende Vermischung der väterlichen und mütterlichen Eigenschaften, wie sie besonders bei der Bastardbildung (S. 258) klar hervortritt. Da nun bei der sexuellen Zeugung fast durchgängig Vorkehrungen getroffen sind, dass die sich vereinigenden Sexualzellen getrennten

Einzelwesen derselben Art entstammen, so wird dadurch ein ausgleichender Einfluss auf die Glieder der Art ausgeübt, die Constanz der Art als Ganzes gewährleistet. Denn zufällige Abweichungen in Gestalt und Eigenschaften, die bei einem Gliede auftreten, müssen durch die Kreuzung mit normal gebliebenen Individuen alsbald wieder verwischt werden, während die vegetativen Nachkommen sie getreulich beibehalten.

Während die sexuelle Zeugung also einerseits auf die Ausgleichung und die Constanz der Formen durch Vernichtung vereinzelt auftretender Abweichungen hinarbeitet, können andererseits Abweichungen bei den sexuellen Nachkommen verstärkt auftreten, wenn sie bei beiden Eltern in der gleichen Richtung vorhanden waren. Es können durch die sexuelle Mischung also ganz wie bei der Kreuzung zweier Wellensysteme die Abweichungen im einen Fall (bei gleicher Schwingungsphase) erhöht werden, wie sie bei anderem Zusammentreffen (bei ungleicher Schwingungsphase) ausgeglichen werden müssen.

Dazu kommt aber weiterhin, dass durch die erfolgreiche Vereinigung verschiedener Spielarten, oder verschiedener Arten oder selbst verschiedener Gattungen unter einander (vgl. Bastardirung S. 259) Nachkommen entstehen, die, so weit sie zeugungsfähig bleiben, ausserordentlich zur Veränderung (Variation) ihrer Eigenschaften und zur Bildung neuer Formen neigen. Eine nicht minder merkwürdige Erscheinung ist der als Atavismus bezeichnete, oft unerwartet erfolgende Rückschlag der Nachkommen zu den Eigenschaften früherer Generationen, derart, dass im Enkel oder Urenkel die Eigenthümlichkeiten der Grosseltern oder noch früherer Ahnen plötzlich wieder zum Vorschein kommen. Variation und Rückschlag sind aber nicht auf sexuelle Nachkommen beschränkt, sondern treten unter Umständen auch bei vegetativer Fortpflanzung auf.

In der Beeinflussung der Qualität zeigt sich ein Unterschied zwischen der vegetativen und der sexuellen Fortpflanzungsweise und hierin werden wir denn auch wohl die eigentliche Bedeutung der Sexualität zu suchen haben. Die vegetative Zeugung sorgt allein für die quantitative Vermehrung der Einzelwesen, die sexuelle beeinflusst daneben in hohem Maasse deren Qualität und wird dadurch von grösster Bedeutung für das Leben der Arten in grossen Zeiträumen. Die vegetative Fortpflanzung könnte man daher auch als quantitative Vermehrung, die sexuelle als die qualitative bezeichnen. — Die vegetativ erzeugte Nachkommenschaft besteht aus unvermischten Abkömmlingen, die sexuelle dagegen aus Mischlingen.

#### Die vegetative Fortpflanzung.

Die vegetative Fortpflanzung, die sich, wie erwähnt, auch als monogene oder ungeschlechtliche bezeichnen lässt und deren rein quantitativer Charakter als blosse „Vermehrung“ soeben hervorgehoben wurde, ist fast durch das ganze Pflanzenreich verbreitet; nur wenige Pflanzen entbehren ihrer ganz, wie z. B. viele Coniferen und einzelne Palmen.

Dass sich aus einzelnen gewaltsam abgetrennten Theilen, ja aus einzelnen Zellen oder aus nackten Energiden (Siphoneen) vieler Pflanzen, neue vollständige Individuen regeneriren können, ist schon bei der künstlichen Vermehrung besprochen worden. Bei der vegetativen Fortpflanzung liegt der gleiche Fall vor, nur handelt es sich hier um eine organische oder doch im natürlichen Verlauf der Entwicklung eintretende Abtrennung der Theile von der Mutterpflanze. Dieselbe tritt uns in verschiedener Weise

entgegen und rein äusserlich kann man zwischen einer Vermehrung durch mehrzellige Vegetationskörper (Sprossung) und einer solchen durch einzelne Zellen (Sporenbildung) unterscheiden.

Die **Vermehrung durch mehrzellige Vegetationskörper (Sprossung)** ist sehr oft nur eine Loslösung von Seitensprossen, ein Zerfall eines Einzelwesens in mehrere. So werden die Seitensprosse eines Wasserfarns, der *Azolla*, durch Absterben und Zerfall der alten Theile der Mutterachse von einander getrennt und wachsen als selbständige Pflänzchen weiter. So auch trennen sich die durch Sprossung entstandenen Vegetationskörper der Wasserlinsen (*Lemna*) bald von einander und werden zu selbständigen Einzelwesen.

Aehnlich verhält es sich bei der Vermehrung durch Ausläufer, Rhizome und Knollen. Wie man an der Erdbeere, dem kriechenden Günsel (*Ajuga reptans*), der Kartoffel und vielen anderen Pflanzen sehen kann, bilden sich aus manchen Achselknospen der weit sich ausbreitenden Stolonen neue Sprosse, die sich bewurzeln. Sterben dann die Ausläufer selbst ab, so entsteht im Umkreis der Mutterpflanze eine ganze Colonie selbständiger Tochterpflanzen.

Ohne dass die Nachkommen durch Ausläufer von der Mutterpflanze fortgerückt werden, theilen sich die einzelnen Knollen der *Corydalis solida*, so dass aus einem einzigen zunächst deren 2, dann 4 und mehr hervorgehen und in alten Zwiebeln entstehen neue Zwiebelchen (die „Zwiebelbrut“) in den Blattachsen der Zwiebelschuppen. Brutzwiebeln oder Brutknospen („Bulbillen“) entstehen aber auch häufig an oberirdischen Vegetationsorganen.

Bei verschiedenen *Allium*-Arten findet man dieselben im Blütenstande an Stelle von Blüten stehen, ebenso bei dem Grase *Poa bulbifera* und bei *Polygonum viviparum*. Bei *Lilium bulbiferum*, *Dentaria bulbifera* u. a. sind die Achselknospen der Blätter zum Abfallen eingerichtet (Fig. 22). In den dick angeschwollenen Blatthöckern erhalten sie Reservestoffe mit auf den Weg, und oft treiben sie schon Würzelchen vor ihrer Ablösung. Bei *Ranunculus Ficaria* ist es dagegen das Würzelchen der Achselknospe, welches mit Reservestoffen vollgepfropft wird und so das Aussehen eines Getreidekorns erhält. Beim Absterben des Krautes im Vorsommer bleiben seine Bulbillen in grosser Zahl auf der Erde zurück und haben zu der Fabel vom „Getreidereggen“ Anlass gegeben. Auch bei Cryptogamen, wie z. B. bei Laub- und Lebermoosen, und Farnen treten Brutknospen auf. Eine besondere biologische Aufgabe haben die Winterknospen (Hibernakeln) vieler unserer Wasserpflanzen (*Hydrocharis*, *Utricularia*, *Lemna* u. a.) übernommen. Sie werden im Herbst gebildet, sinken dann auf den Boden der Gewässer, wo sie überwintern, und kommen erst im nächsten Frühjahr an die Oberfläche, um sich zu entfalten und fortzuwachsen.

Aus den vegetativen Vermehrungsorganen entwickeln sich bei höheren Pflanzen jedes Jahr sofort kräftige, blühreife und fruchtende Individuen, während die aus Samen hervorgehenden Keimlinge oft mehrere Jahre der Erstarkung bedürfen, bis sie diesen Zustand erreicht haben (Zwiebelgewächse, Hopfen etc.).

Finden wir bei den angeführten Pflanzen die Brutknospen an der Stelle, wo sonst Seitensprosse stehen, so können andererseits Brutknospen auch an Orten auftreten, wo sich gewöhnlich keine normalen Sprossungen finden. Es sind dann Adventivbildungen, welche besonders häufig an Blättern, zumal auf Blattspreiten, angetroffen werden. Während die Begonien-Blätter erst nach gewaltsamer Lostrennung neue Pflanzen entwickeln, besitzen die Blätter anderer Pflanzen diese Fähigkeit unter normalen Verhältnissen. Besonders ausgezeichnet sind dadurch einige Farne (*Asplenium decussatum*, *Asplenium Fabianum*, *A. bulbiferum*,

*A. viviparum*), auf deren Spreite Adventivknospen entstehen, die sich alsbald zu jungen bewurzelten Pflänzchen entwickeln, dann abfallen und selbständig weiter wachsen (Fig. 216). Bei *Cystopteris bulbifera* entwickeln sich die Adventivknospen zunächst zu Bulbillen mit rundlichen, fleischig angeschwollenen Blättern. Auf



Fig. 216. *Asplenium Fabianum*. Eine junge Farnpflanze (*T*) mit 5 Blättern und einigen Würzelchen (*W*) ist durch Sprossung aus dem Blattgewebe (*M*) einer älteren Pflanze entstanden.

den Blättern unserer *Cardamine pratensis* bilden sich ebenfalls sehr häufig Adventivpflänzchen, und auch *Cardamine amara* ist zu solchen Bildungen geneigt. Eins der merkwürdigsten Beispiele bieten die Blätter des tropischen Bryophyllum, welche nach der leicht erfolgenden Abtrennung von der Mutterpflanze in ihren Einkerbungen sehr schnell Brutpflänzchen entwickeln. Ein Windstoss genügt aber schon, um die Fiederblättchen dieser Pflanze abzulösen und auf den Boden herabfallen zu lassen. Auf dem Thallus mancher Lebermoose (*Marchantia*, *Lunularia*) entstehen Brutknospen an bestimmten Orten dicht gedrängt und füllen bei stetem Nachwuchs deren „Brutbecher“ (Fig. 317 *b*) aus.

Einer der interessantesten Fälle von Fortpflanzung durch Adventivsprossungen

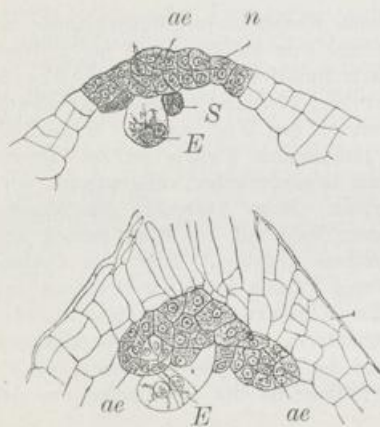


Fig. 217. Embryonenbildung durch vegetative Sprossung aus dem Nucellus von *Funkia ovata* (*Hosta coerulea*). *n* Nucellus, dessen Zellen am Scheitel sich zur Anlage der Adventivkeime (*ae*) anschicken, *s* Synergide, *E* Eizelle, bzw. sexuell entstandener Embryo, *ii* inneres Integument. Nach STRASBURGER.

neuholländischen *Euphorbiaceae* *Coelebogyne*, die ausschliesslich in weiblichen Exemplaren in unseren Gewächshäusern cultivirt wird, aber auch bei *Balanophora elongata* nach TREUB<sup>(52)</sup>, entstehen die Adventivkeime auch ohne die Anregung der Bestäubung. Hier liegen also Fälle von Geschlechtsverlust vor, wie sie auch von einzelnen

ist der, wo die Adventivknospen im Nucellus der Samenanlage entstehen, in den Embryosack hinein wachsen und ganz wie Embryonen sich dort entwickeln (so bei *Evonymus*, *Citrus*, *Funkia* [Fig. 217,] *Coelebogyne*). Früher glaubte man, es handle sich bei solcher Polyembryonie um eine Keimbildung aus zahlreichen Eizellen eines Embryosackes. STRASBURGER'S Untersuchungen lehrten jedoch, dass hier die Bildung vegetativer Adventivkeime vorliegt<sup>(51)</sup>. Die im Embryosack vorgebildete Eizelle kann nach erfolgter Befruchtung sich mit den Adventivkeimen zugleich weiter entwickeln, meist wird sie jedoch durch die Adventiv- oder Nucellar-embryonen daran gehindert. Die Samen enthalten dann im Gegensatz zu denen anderer Pflanzen kein Geschlechtsproduct, sondern sind zu Organen der vegetativen Vermehrung geworden. Die Bildung der Adventivkeime hängt in den polyembryonalen Samen freilich noch insofern von der Befruchtung ab, als sie nur nach vorausgegangener Bestäubung erfolgt. Bei der

Farnen bekannt und dort als Apogamie bezeichnet worden sind. Bei den apogamen Farnen treten an Stelle der Geschlechtsproducte in den Prothallien vegetative Keime auf, so in verschiedener Abstufung bei *Athyrium filix femina* var. *cristatum*, *Aspidium falcatum*, *Todea africana* und *Pteris cretica*. Bei letzterer werden überhaupt keine weiblichen Geschlechtsorgane mehr gebildet, die junge Farnpflanze geht vielmehr durch vegetative Sprossung genau aus denjenigen Stellen am Prothallium hervor, wo die Archegonien stehen müssten. Bei *Aspidium filix mas* var. *cristatum* hat sich die Apogamie erst durch die Cultur ausgebildet. In erweitertem Sinne könnte man also auch bei jenen *Allium*-Arten, die an Stelle ihrer Blüten Brutzwiebeln tragen, von Apogamie reden.

An diese Vorgänge schliesst sich unmittelbar an die Parthenogenesis, d. h. die Entwicklung einer „Eizelle“ ohne vorangegangene Befruchtung. Dieser seltene Vorgang ist u. a. sicher festgestellt für *Chara crinita*. Dieses Armleuchtergewächs ist in stehenden Gewässern des nördlichen Europas nur in weiblichen Exemplaren verbreitet (männliche sind nur an einigen Stellen in Südeuropa und Asien bekannt) und ohne Befruchtung entwickeln sich aus den auch normal aussehenden Früchtchen doch junge Pflanzen. Auch für einige *Saprolegnia*-Arten wird Parthenogenesis angegeben und JUEL beschrieb die parthenogenetische Entwicklung kürzlich bei einer Phanerogamen, der Composite *Antennaria alpina*<sup>(83)</sup>.

**Vegetative Vermehrung durch Einzelzellen. Sporenbildung.** Wie durch vielzellige Vegetationskörper, so kann die Vermehrung auch durch einzelne abgetrennte Zellen bewirkt werden. Rein formal betrachtet liegt diese Vermehrungsweise schon da vor, wo sich einzellige Bacterien, Pilze und Algen durch Theilung ihres Vegetationskörpers fortpflanzen. Eigenartig in Form und Bildungsweise treten die der vegetativen Vermehrung dienenden Zellen aber erst bei höher entwickelten Cryptogamen auf, wo sie oft an besonderen Organen oder in eigens dazu angelegten Behältern ausgebildet werden. Derartige Organe finden wir bei den Pilzen als Sporangien oder als Conidienträger, oder aber als complicirte Fruchtkörper, an oder in denen die Sporen entstehen, zu hoher Vollkommenheit ausgebildet. Statt behüteter Sporen entwickeln viele Algen Schwärmsporen, die sich mittels Cilien im Wasser fortbewegen und befähigt sind günstige Standorte zur Keimung aufzusuchen (vgl. S. 215). Bei allen höheren Cryptogamen (Moosen, Farnen, Schachtelhalmen u. s. w.) entstehen die vegetativen Fortpflanzungszellen in eigenen zelligen Sporangien, die sich zur Zeit der Sporenreife selbstthätig (durch Cohäsionsmechanismus s. S. 220) öffnen und die Sporen zur Aussaat entlassen. Hier, bei den höheren Cryptogamen, geht aus der Spore aber nicht gleich eine der Mutterpflanze ähnliche Tochterpflanze hervor, sondern es entsteht daraus zunächst ein völlig anders organisirtes Gebilde, das seinerseits durch sexuelle Fortpflanzung erst wieder eine, der ersten ähnliche und wieder vegetative Sporen erzeugende Pflanze liefert. (Näheres darüber beim Generationswechsel S. 260.)

#### Die sexuelle Fortpflanzung.

Wie erwähnt, werden bei der geschlechtlichen Fortpflanzung zweierlei Fortpflanzungszellen gebildet, welche einzeln aber nicht entwicklungsfähig sind. Erst durch die innige Verschmelzung einer männlichen mit einer weiblichen Zelle zu einer einzigen neuen embryonalen Zelle erlangt diese die Fähigkeit der weiteren Entwicklung.

Nach den Beobachtungen von KLEBS können sich die Gameten (S. 74) von *Ulothrix*, *Spirogyra* u. a. Algen unter besonderen Bedingungen auch ohne vorherige Verschmelzung zu einer neuen Pflanze entwickeln. Dies beweist, dass diese Gameten noch nicht einseitig sexuell differenzirt sind<sup>(89)</sup>.

Es wurde auch bereits darauf hingewiesen, dass durch die sexuelle Vereinigung zweier verschiedener Einzelwesen Qualitätsänderungen bei den Nachkommen auftreten können, welche eine Tochterpflanze nicht erwirbt, wenn sie auf vegetativem Wege aus der Mutterpflanze hervorgeht.

Da es bei der sexuellen Fortpflanzung nicht nur darauf ankommt zweierlei Geschlechtszellen zu bilden, sondern auch deren Vereinigung zu ermöglichen und ihre Kreuzung zu erzwingen, so ist es verständlich, dass für die Organe der sexuellen Zeugung andere Einrichtungen nöthig waren, als sie für rein vegetative Thätigkeiten ausgebildet sind. Die Sexualorgane erscheinen uns demgemäss am vegetativen Körper der Pflanzen als ganz eigenartige, ja zuweilen fremdartige Gebilde, deren Erscheinungsform aus dem vegetativen Aufbau einer Pflanze sich gar nicht voraussehen lässt. Daher unser Erstaunen, wenn wir eine, uns in ihren vegetativen Theilen bekannte Pflanze, z. B. eine sonst unscheinbare tropische Orchidee oder dergleichen, zum ersten Mal blühen sehen.

Die **Vereinigung der Sexualzellen** (die **Befruchtung**) wird, abgesehen von den dazu nöthigen äusseren Vorrichtungen, vornehmlich durch chemotaktische oder chemotropische Reizbarkeit erzielt (S. 215). Es ist zumeist die ruhende Eizelle oder das weibliche Sexualorgan, von welchem die Anziehung auf die beweglichen männlichen Geschlechtszellen ausgeht; so wurde schon erwähnt, dass die Spermatozoiden von Laubmoosen durch Rohrzucker, die von Farnen durch Aepfelsäure in die Archegonien gelockt werden. Wo eine äussere Formverschiedenheit zwischen männlichen und weiblichen Sexualzellen noch nicht ausgebildet ist, da finden wir gewöhnlich beide bewegungsfähig und die Anziehung scheint dann auch eine gegenseitige zu sein. So ist es augenscheinlich bei den äusserlich gleichen und beweglichen Sexualzellen (den Gameten) niederer Cryptogamen, besonders denen der Algen (Fig. 96). Bei der Copulation der Conjugaten sind beide Sexualzellen äusserlich auch noch gleich; hier bewegt sich aber doch schon meist die eine Sexualzelle durch den Verbindungskanal zu der ruhenden anderen. Bei den Fucoideen wird die Eizelle zwar aus dem mütterlichen Körper ausgestossen, sie bleibt aber immerhin nur passiv beweglich, während die männlichen Zellen durch Cilien zu selbständiger Bewegung befähigt sind. So finden wir sie auch bei den meisten anderen Algen — die Florideen ausgenommen, wo die cilienlosen männlichen Zellen wohl passiv vom Wasser an die weiblichen Organe getrieben werden. Als frei bewegliche Spermatozoide finden wir die männlichen Zellen weiterhin noch im ganzen Reich der höheren Cryptogamen, selbst noch bei einzelnen Gymnospermen entwickelt, während bei den geschlechtlich differenzirten Pilzen die männliche Substanz zumeist in einen eigenartigen Hyphenzweig eingeschlossen bleibt, der sich dem weiblichen Organ anschmiegt. Die Verschmelzung der Inhalte erfolgt da nach der Durchbohrung der trennenden Membranen. Eine ähnliche Durchbohrung trennender Membranen wie hier bei den Pilzen ermöglicht erst die Befruchtung bei den höchst entwickelten Pflanzen, den Phanerogamen. Die männlichen Zellen sind bei diesen sogen. Blütenpflanzen in dem Pollenkorn eingeschlossen, die weibliche liegt als nackte Eizelle im Embryosack, dieser selbst in der Samenanlage und die Samenanlage bei den Angiospermen nochmals eingeschlossen im Fruchtknoten. Die doppelt umhüteten Pollenkörner besitzen keine Eigenbewegung, sondern werden mit fremder Hülfe (durch Luft- oder Wasserströmungen, vornehmlich aber durch Thiere) direct auf die Samenanlagen oder aber auf die Fruchtknoten übertragen. Hierauf wächst ihre innere weiche Haut zu einem Zellschlauche aus, der durch chemotropische (einschliesslich hydrotropische und aërotro-



pische) Reize geführt, wie ein Pilz-Faden die Gewebe des Fruchtknotens und der Samenanlage durchwächst und in den Embryosack bis zur Eizelle vordringt. Die Vereinigung der Sexualzellen kann hierauf erst erfolgen. (Fig. 98.)

Der wichtigen Pollenübertragung ist bei den Phanerogamen eine ganz besondere Sorgfalt durch mannigfache Einrichtungen gewidmet. Diese sind verschieden je nach den Transportmitteln, auf die es ankommt<sup>(84)</sup>.

Als windblüthige (anemophile) Pflanzen bezeichnet man kurz alle diejenigen Gewächse, deren Pollen vom Wind übertragen wird. Da diese Uebertragungsweise von den Zufälligkeiten der Luftströmungen abhängig ist, so finden wir bei den Windblüthlern meist enorme Mengen von Pollenkörnern entwickelt.

In ganzen Wolken wird der Blütenstaub aus Tannen- und Fichtenwäldern in die Luft geführt und fällt oft als dichter sogen. Schwefelregen nieder. Die Oberfläche des Bodensees ist davon oft weithin gelb gefärbt („der See blüht“ sagen die Anwohner) und in norwegischen Fjords bildet, nach Beobachtungen meines Vaters F. C. NOLL, noch in 200 Faden Tiefe Coniferen-Pollen eine Zeit lang die Hauptnahrung einer Rhizopode (der Saccamina).

Die männlichen Blüten sind deshalb in Kätzchenform (Coniferen, Amnataceen) dem Luftzug frei ausgesetzt, oder ihre Staubbeutel an langen schwanken Filamenten wie bei den Gräsern aufgehängt. Ihre Pollenkörner selbst kleben nicht oder hängen nicht durch raue Oberflächen zusammen, sondern entfallen wie ein leichter loser Staub den geöffneten Staubbeuteln. Die Pollenkörner mancher Nadelhölzer sind zudem durch zwei blasige Auftreibungen der Exine ganz besonders flugfähig gemacht. Bei einigen Windblüthlern wird der Pollen durch plötzliche Streckung der in der Knospe gerollten Filamente (Urticaceen, z. B. Pilea) oder durch aufgelöste Spannungen in den Staubbeuteln wie Pulverdampf aus einer Flinte in die Luft geschleudert. — Die weiblichen Organe sind zum Auffangen des in der Luft schwebenden Pollens sehr häufig besonders eingerichtet, indem die Narben pinselförmig ausgebreitet (Corylus) oder wie Federchen fein behaart oder gefiedert (Wallnuss, Gräser) oder zu langen Fäden ausgezogen sind (Mais). Bei gewissen Coniferen mit freien oder doch frei vortretenden Samenanlagen bleiben die Pollenkörner in Flüssigkeitstropfen hängen, welche von den Samenanlagen ausgeschieden werden. Beim späteren Verdunsten dieser Tropfen werden sie dann tief in die Mikropylenöffnung der Samenanlage hineingezogen. Bei anderen Coniferen, deren Samenanlagen in weiblichen Blütenzapfen geborgen sind, fangen schuppenartige Gebilde die umherfliegenden Pollenkörner auf und leiten sie bis zu den klebrigen Oeffnungen der jungen Samenanlagen.

Das Wasser spielt bei der Befruchtung höherer Pflanzen keine so grosse Rolle wie bei den Cryptogamen. Nur einzelne untergetauchte Gewächse bedienen sich seiner zur Pollenübertragung und werden deshalb auch als wasserblüthige (hydrophile) Gewächse bezeichnet<sup>(85)</sup>. — Bei den submers blühenden Seegräsern (Zostera-Arten) zeigt der Pollen gewisse, mit der Befruchtung unter Wasser in Beziehung stehende Eigenthümlichkeiten. Er bildet keine rundlichen Körner, sondern langgestreckte fädige Gebilde, die zudem keine Exine besitzen und das specifische Gewicht des Seewassers haben, so dass sie von den leisesten Strömungen schwebend fortgeführt und so mit den Narben in Berührung gebracht werden.

In anderer Weise gelangen die ebenfalls submersen Wasserpflanzen Vallisneria, Elodea und die Enhalus-Arten des indischen Oceans zum Ziele. Bei ihnen vollzieht sich die Befruchtung nicht unter Wasser, sondern sie

spielt sich auf dessen Oberfläche ab. So trennen sich z. B. die männlichen Blüthen von *Vallisneria spiralis* von ihren Stielen ab, steigen zum Wasserspiegel auf, wo sie sich öffnen und wie kleine Kähne an die weiblichen Blüthen angetrieben werden. Letztere finden sich ihrerseits durch Streckung ihrer zunächst spiralig aufgerollten langen Stiele auf dem Wasserspiegel ein und werden nach der Befruchtung wieder hinabgezogen.

Die grosse Mehrzahl der Phanerogamen ist bei der Befruchtung auf die Vermittelung von Thieren angewiesen. Indem die Pflanzen durch verschiedenartige Lockmittel Insecten, Vögel oder Schnecken dazu heranziehen, wird neben der thierischen Bewegung auch die thierische Intelligenz in den Dienst der Befruchtung gestellt. Die Pollenübertragung wird dann nicht mehr dem blossen Zufall anheimgegeben; der Pollen wird vielmehr in gesicherter Weise zu den Sexualorganen gebracht, so dass er nicht mehr in so verschwenderischer Fülle wie bei den Windblüthlern gebildet zu werden braucht. Die allermeisten der hierher gehörigen Pflanzen sind auf Bestäubung durch Insecten (Entomophilie) eingerichtet (Fig. 219, 220). Diesen wird als Nahrung geboten sowohl der Zuckersaft, welcher als Nektar an verschiedenen Orten der Blüthe ausgeschieden werden kann, als auch der Pollen selbst, welcher als stickstoffreiche Nahrung mit dem Honig zusammen von den Bienen zum „Bienenbrod“ verknetet wird. Um die Thiere schon von fern auf die nektarbietenden Sexualorgane aufmerksam zu machen, werden zudem eigenartige Düfte und bunte Farben erzeugt. Die „Schauapparate“ werden meist von den auffallend gefärbten Blütenblättern oder von Kelchblättern (*Nigella*, *Aconitum*) bezw. vom Perigon (*Lilien*, *Tulpe*) geliefert, können aber auch von Hochblättern und Achsentheilen, die nicht unmittelbar zur Blüthe gehören, als sogen. extraflorale Schauapparate gebildet werden (*Astrantia major*, *Salvia*-Arten, *Melampyrum*, *Dalechampia*, *Bougainvillea spectabilis*, Aroideen). Der Pollen der Insectenblüthler ist im Gegensatz zu dem der Windblüthler in der Regel nicht staubartig trocken; seine Körner kleben vielmehr mittels ölicher oder schleimiger Flüssigkeit an einander; in anderen Fällen hängen sie durch raue Oberflächen zusammen und werden erst durch die Thiere von den Antheren abgestreift. Der Bau der Blüthen ist, wie CHR. KONR. SPRENGEL in seinem berühmten gewordenen Buche „Das entdeckte Geheimniss der Natur im Bau und in der Befruchtung der Blumen“ 1793 zuerst ausführlich beschrieb, aber so eingerichtet, dass die Pollenkörner nothwendig an bestimmten Körperstellen des nahrungsuchenden Thieres hängen bleiben und von ihm dann auf der klebrigen oder filzigen Narbe einer anderen Blüthe abgestreift werden. Die hierbei im Einzelnen auftretende Mannigfaltigkeit des Verfahrens ist geradezu unüberschbar, und die sich ergänzenden Ausrüstungen in Körperformen und Functionen bei Blumen und Insecten grenzen an's Wunderbare. Es mag nur noch erwähnt werden, dass ausser dem Ernährungstrieb auch die Fortpflanzungsinstitute der Insecten von den Pflanzen ausgebeutet werden. Nicht wenige Pflanzen (*Araceen*, *Stapelien*, *Aristolochien*) verleiten durch das missfarbige Aussehen und den ausgesprochenen Aasgeruch ihrer Blüthen die Aasfliegen, ihre Eier auf denselben abzulegen; bei diesem Geschäft besorgen sie dann die Pollenübertragung für die Pflanze. In Südamerika sind es namentlich auch die flinken, die Blüthen nach Insecten absuchenden *Colibris*, oder die den wässerigen Nektar von *Puya*-Arten trinkenden Staare, welche als Befruchtungsvermittler eine Rolle spielen. Arten der Gattung *Feijoa* locken die gefiederten Bestäubungsvermittler durch ihre geniessbaren süssen fleischigen Blumenblätter an<sup>(80)</sup>. Neben den vogelblüthigen (ornithophilen) Pflanzen verdienen auch die durch Schnecken bestäubten

(malakophilen) Pflanzen einer kurzen Erwähnung. So sollen die Blüten von *Calla palustris* und *Chrysosplenium*, auch die im Erdboden steckenden Blüten der oft cultivirten *Aspidistra*, dem Zuthun von Schnecken ihre Bestäubung verdanken.

**Selbstbefruchtung und Kreuzung.** Wie wir sahen, ist es bei der sexuellen Fortpflanzung gegenüber der vegetativen auf Qualitätsänderungen abgesehen; diese werden aber am besten erreicht, wenn die Sexualzellen von verschiedenen Einzelwesen abstammen. Gehören diese demselben Individuum an, so ist vermöge der Rückschlagserscheinungen (s. S. 248) zwar immer noch ein Nachkomme möglich, der von der vegetativ entstandenen Brut derselben Pflanze erheblich abweicht; eine immer neue Durchmischung mit anderen Artgenossen ist bei solcher Inzucht aber nicht gegeben. Es ist nun eine alte Erfahrung, nicht nur der Landwirthschaft und Thierzucht, sondern auch der Völker- und Familienkunde, dass fortgesetzte Inzucht zur Verschlechterung der Nachkommenschaft auch schon dadurch führt, dass kleine schädliche Abweichungen, die bei entsprechender Kreuzung ausgeglichen würden, sich summiren. Es stimmt mit dieser Erfahrung nun ganz überein, wenn wir bei der sexuellen Fortpflanzung im Pflanzenreich mannigfache, oft sehr complicirt erscheinende Einrichtungen finden, welche auf eine Kreuzung (eine Verbindung der Sexualzellen verschiedener Individuen) hinarbeiten, selbst da, wo die Einzelwesen zweierlei Geschlechtsorgane zugleich tragen, also Zwitter sind, wie u. a. die meisten Phanerogamen.

Wenn wir trotzdem in einer Minderzahl von Fällen Selbstbefruchtung als Nothbehelf oder als Regel vorfinden, so beweist das, dass auch ohne die Vortheile der Mischung, also ganz wie bei vegetativer Vermehrung, die Fortpflanzung bestehender Formen unter den bestehenden Verhältnissen bei manchen Pflanzen ausreicht. Die Selbstbefruchtung erscheint aber bei dem sonst herrschenden Streben zur Kreuzung, ebenso wie die Apogamie, als ein Rückschritt. Häufig führt aber die regelmässig erfolgende Selbstbestäubung nicht auch zur Selbstbefruchtung, indem der Pollen der eigenen Blüthe auf der Narbe nicht austreibt (selbst-sterile Blüten), sondern nur derjenige anderer Individuen (Roggen, *Corydalis cava* und einzelne Cruciferen<sup>(57)</sup>, *Lobelia fulgens*, *Verbascum nigrum*, u. a.).

Die Abneigung zwischen den sexuellen Organen ein und derselben Blüthe geht bei gewissen Pflanzen sogar weit über diese Gleichgültigkeit hinaus, indem jene geradezu die Wirkung von Giften annehmen. So ist es von einigen Orchideen bekannt, dass die Bestäubung mit dem eigenen Pollen die Blüthe zum Absterben bringt, während in anderen Fällen der Pollen von der Narbenfeuchtigkeit der eigenen Blüthe in kurzer Zeit getödtet wird.

In gewissen Fällen tritt Selbstbefruchtung ein, wenn eine Fremdbestäubung überhaupt nicht erfolgt, oder sie geht auch neben dieser her (Weizen-Spielarten, Gerste, Canna, *Viola*-Arten, *Linum usitatissimum* u. v. a.). Bei manchen Familien kommen neben den grossen, auf Kreuzbefruchtung durch Insecten eingerichteten Blüten kleine unscheinbare Blüthchen vor, die meist zwischen Blättern an der Erde verborgen sind, sich gar nicht entfalten und nur durch Selbstbefruchtung Samen tragen. Bei diesen Pflanzen liefern diese kleistogamen Blüten oft den reichlichsten Samen (*Viola*-Arten), bei anderen sind sie allein fruchtbar (*Polycarpum tetraphyllum* besitzt ausschliesslich kleistogame Blüten). Da aber bei den meisten Arten neben der Selbstbefruchtung in kleistogamen Blüten eine Kreuzung in den grossen offenen Blüten erfolgt (*Impatiens noli tangere*, *Lamium amplexicaule*,

*Specularia perfoliata* u. a.), so stand wenigstens den Voreltern und steht den Nachkommen kleistogam erzeugter Geschlechter die Kreuzung offen.

Besondere Einrichtungen zur Kreuzung der Geschlechtszellen finden sich im ganzen Pflanzenreich von den niedersten bis zu den höchsten Formen.

Am sichersten wird natürlich die Selbstbefruchtung vermieden, wenn die Individuen eingeschlechtlich sind, wenn also neben rein weiblichen rein männliche Exemplare bestehen. Solche diöcische oder zweihäusige Pflanzen sind in fast allen Pflanzenklassen von den niedersten Cryptogamen bis zu den höchstentwickelten Phanerogamen vertreten. (Niedere Algen und Fucus-Arten, Marchantia, Polytrichum-Arten, Equiseten, Taxus, Hanf, Hopfen, Dattelpalme u. s. w.) Bei monöcischen, einhäusigen Pflanzen sind männliche und weibliche Geschlechtsorgane zwar auch auf verschiedene Blüthen vertheilt, aber diese sitzen auf ein und derselben Pflanze. Eine Befruchtung findet also da wenigstens zwischen verschiedenen Blüthen statt; meist ist die Kreuzung mit anderen Individuen aber auch hier durch Dichogamie gesichert.



Fig. 218. Blütenstand von *Plantago media* mit protogynischen Blüthen. Aus den mittleren noch geschlossenen Blüthen ragt der bestäubungsfähige Griffel hervor (♀). Die unteren Blüthen haben den Griffel bereits verloren, dafür aber die langen Staubblätter entfaltet (♂).

Campanulaceen, Compositen, Lobelien, Umbelliferen, Malvaceen, bei *Epilobium*, *Digitalis* u. v. a. Die Antheren öffnen sich hier zu einer Zeit und entlassen ihren Pollen, wenn die Narben derselben Blüthen noch unvollkommen entwickelt und nicht empfängnisfähig sind. Solche Blüthen können also nur mit dem Pollen anderer und zwar jüngerer Blüthen befruchtet werden.

Bei der selteneren Protogynie werden die Griffel mit ihren Narben empfängnisfähig, bevor die Staubbeutel derselben Blüthe ihren Pollen entlassen; sie sind, wenn letzteres eintritt, schon bestäubt und oft sogar schon welk oder abgeworfen, so dass die Blüthen im ersten weiblichen Stadium nur durch den Pollen älterer Blüthen befruchtet werden können (*Anthoxanthum odoratum*, *Luzula pilosa*, *Scrophularia nodosa*, *Helleborus*, *Magnolia*, *Plantago media* Fig. 218).

Als Dichogamie bezeichnet man die ungleichzeitige Geschlechtsreife der weiblichen und der männlichen Sexualorgane. Wenn die männlichen Sexualorgane vor den weiblichen oder die weiblichen vor den männlichen zur Reife und zur Befruchtung kommen, so wird auch bei morphologisch hermaphroditen (zwitterigen, zugleich männlichen und weiblichen) Blüthen Selbstbestäubung vermieden und die Kreuzung gesichert. Die monöcischen und hermaphroditen Pflanzen haben vor den diöcischen den Vortheil voraus, dass alle Individuen Samen bilden können, während bei den diöcischen die männlichen Stöcke für die unmittelbare Samenproduction verloren gehen. Durch Dichogamie wird die Kreuzung bei Zwittern aber in so einfacher Weise erreicht, dass sie bei sonst sehr wechselndem Befruchtungsmodus eine ungemeine Verbreitung im Pflanzenreich besitzt. Je nach der Geschlechtsfolge unterscheidet man protandrische (proterandrische, androgynische) Pflanzen und protogyne (proterogyne, gynandrische) Pflanzen.

Die Protandrie, die Vorreife der männlichen Sexualorgane, ist die häufigere Form der Dichogamie. Sie ist an Blütenpflanzen zu beobachten bei Geraniaceen,

Schon merkwürdiger, weil auch mit Hilfe morphologischer und anatomischer Verschiedenheiten arbeitend, bewirkt die Heterostylie die Kreuzung. Das Wort, welches man mit „Verschiedengriffeligkeit“ übersetzen müsste, bezeichnet die Eigenthümlichkeit einiger Pflanzenspecies, ihre Narben und Staubbeutel auf verschiedenen Individuen in verschiedener Höhe zu entwickeln. Fig. 219 stellt zwei Blüten von verschiedenen Stöckchen der chinesischen Primel (*Primula sinensis*) dar. Die eine Blüthe (rechts) besitzt einen kurzen Griffel, welcher die Narbe in der halben Höhe der Blumenröhre trägt; die Staubbeutel sitzen dagegen oben am Eingang der Röhre. In der anderen Blüthe dagegen steht oben am Eingang die Narbe, auf der halben Höhe aber die Staubbeutel. In der kurzgriffeligen Blüthe sind ausserdem die Pollenkörner grösser, die Narbenpapillen kleiner, als in der langgriffeligen (Fig. 219 *p*, *P* und *n*, *N*). Den Grund für diese schon früher bekannten morphologisch-anatomischen Abweichungen sah man erst ein, als DARWIN entdeckte, dass hier eine Einrichtung zur Kreuzung vorliegt. Die Befruchtung hat nämlich dann den besten Erfolg, wenn Pollenkörner und Narben von demselben Stockwerk zusammenkommen, wenn also Pollen der langgriffeligen Blüthe auf die Narbe der kurzgriffeligen gelangt und umgekehrt. Bei solcher

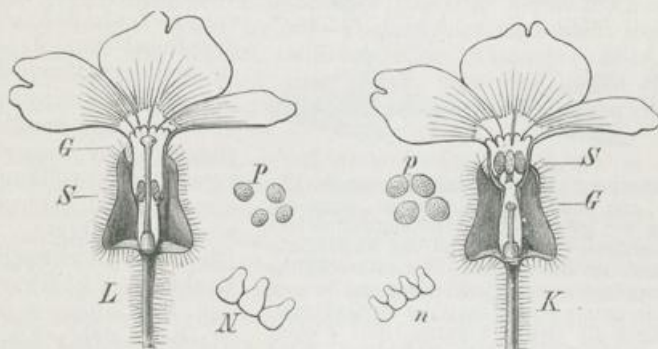


Fig. 219. *Primula sinensis*. Zwei heterostyle Blüten von verschiedenen Stöcken. *L* langgriffelige, *K* kurzgriffelige Blütenform. *G* Griffel, *S* Staubbeutel, *P* Pollenkörner, *N* Narbenpapillen der langgriffeligen, *p* und *n* Pollenkörner und Narbenpapillen der kurzgriffeligen Form. *P*, *N*, *p*, *n* bei 110facher Vergrösserung.

„legitimen“ Befruchtung werden mehr und bessere Samen erzielt als bei „illegitimer“, ja bei *Linum perenne* hat die legitime Befruchtung allein überhaupt Erfolg. Die legitime Befruchtung wird aber dadurch begünstigt, dass Insecten beim Blütenbesuch gleichhoch gestellte Sexualorgane mit der gleichen Körperstelle berühren. — Die Primeln besitzen Blüten mit zweierlei Griffellängen (dimorphe Heterostylie), das Gleiche ist der Fall bei *Pulmonaria*, *Hottonia*, *Fagopyrum*, *Linum*. Man hat aber auch Blüten mit trimorpher Heterostylie kennen gelernt (*Lythrum Salicaria* und *Oxalis*-Arten), wo bei zwei Staubblattkreisen ein dreifacher Höhenwechsel von Narben und Staubbeuteln gegeben ist.

Bei einer grossen Zahl von Blüten wird die Selbstbestäubung mechanisch unmöglich gemacht, indem der eigene Pollen durch die gegenseitige Lage der Sexualorgane verhindert wird mit der Narbe in Berührung zu kommen (Herkogamie). So liegen bei *Iris* die Staubbeutel unter den blumenblattartigen Griffeln, auf deren lippenartige Narbe der Pollen nur durch Insecten gebracht werden kann, wobei meist Kreuzung erfolgt. Bei Orchideen und Aselepiadeen verhindert die eigenartige Beschaffenheit der Pollenmassen, sowie ihre Stellung, die Selbst-

befruchtung; ähnliche Beispiele liessen sich noch viele anführen. Fig. 220 zeigt die Blüthe der Wiesensalbei (*Salvia pratensis*), deren Staubbeutel in der Oberlippe verborgen sind, deren Griffel mit der zweispaltigen Narbe aber weit aus dieser hervorragt. Besucht eine Hummel diese Blüthe, um aus ihrem Schlunde den Honig zu saugen, so muss sie mit dem Rüssel zunächst die kleine Platte (*s*) aus dem Wege schaffen, die den Eingang sperrt und welche aus der Verwachsung zweier steriler, corollinischer Antherenhälften hervorgegangen ist. Diese Platte befindet sich am kurzen Hebelarm des hier sehr langen staubfadenähnlichen Connectivs (*c*), an dessen langem Hebelarm die andere fruchtbare Antherenhälfte sitzt, und die so auf den Rücken der Hummel aufgestossen wird. Der Pollen bleibt dabei auf der Haarbekleidung des Hummelrückens haften und wird auf einer älteren Blüthe an der Narbe des verlängerten Griffels abgestreift. Schöne Beispiele für Herkogamie finden sich weiterhin bei den Papilionaceen, bei *Kalmia*, deren

Staubbeutel in Taschen der Kronröhre festgehalten werden, bei *Vinca*, *Aristolochia* u. a.

**Bastarde, Hybride oder Blendlinge.** Die Vereinigung von Sexualzellen erfolgt in der Regel nur dann, wenn sie von Individuen derselben Art abstammen; nur dann üben sie die erwähnte Anziehung auf einander aus, verschmelzen vollkommen mit einander und liefern ein entwickelfähiges Product. Die Geschlechtszellen von Laubmoosen und Farnen werden, von allem anderen abgesehen, sich schon deshalb nicht vereinigen, weil die Spermatozoiden der Laubmoose durch Zucker, die der Farne durch Aepfelsäure zu den weiblichen Organen gelockt werden. Bei den Pha-



Fig. 220. Blütenbestäubung bei *Salvia pratensis*. Die Blüthe links, von einer Hummel besucht, zeigt das Herausbeugen der gekrümmten Staubblattconnective aus der helmartigen Oberlippe und die Abstreifung des Pollens auf dem Insectenleib. Die ältere Blüthe rechts mit zurückgezogenen Connectiven und langem Griffel. — Die innere Einrichtung des Bestäubungsapparates zeigen die kleinen Figuren 3 und 4 oben. Rechts (4) der Staubfadenapparat in Ruhestellung, wobei die Connective in der Oberlippe liegen, links (3) beim Eindringen eines Insectenrüssels in der Richtung des Pfeils. *f* Staubfaden (Filament), *c* das wagebalkenartig an demselben drehbare Connectiv, *s* die den Blütheneingang sperrende blattartig entwickelte Antherenhälfte.

nerogamen können derartige Schwierigkeiten bereits auf verschiedenen Punkten des Pollenweges, auf der Narbe, im Griffel u. s. w. der Vereinigung im Wege stehen. — Jenes gewöhnlich zu beobachtende Verhalten bildet aber kein unabänderliches Gesetz, denn man hat gefunden, dass sich zuweilen auch die Sexualzellen verschiedener Spielarten, verschiedener Species, ja selbst verschiedener Gattungen zu einem entwickelfähigen Producte vereinigen können. Den so entstandenen Nachkommen nennt man einen Bastard.

Die Thatsache der Bastardbildung war in mehr als einer Beziehung wichtig für unsere wissenschaftliche Erkenntniss. Sie war es, welche die Sexualität der Pflanzen, an der man so lange gezweifelt hatte, erst unwiderleglich bewies. (In dieser Absicht wurden Bastarde in grosser Zahl von KÖLREUTER 1761 gezogen<sup>(58)</sup>). Andererseits zeigte sie aber auch erst die ganze wahre Bedeutung der geschlechtlichen Vereinigung, nämlich die Vermischung der väterlichen und mütterlichen Eigenschaften, denn in den Bastarden sah man Zwischenformen der beiden verschiedenen Stammeltern entstehen, die entweder zwischen beiden genau die Mitte hielten oder in

manchen Eigenschaften mehr dem Vater, in anderen mehr der Mutter gleichen. Selten nur kommt es vor, dass der Bastard bis auf verschwindende Merkmale wieder ganz dem Vater oder der Mutter ähnlich sieht. In diesem Falle bleiben die Eigenschaften der einen Stammform latent, können aber in den Nachkommen unverhofft durch Atavismus (S. 248) zum Vorschein kommen. Häufig ist die Durchdringung der Eigenschaften aber eine vollständige. Hat die eine Art ganzrandige Blätter, die andere Art gefiederte, so trägt der Bastard eine Mittelform, nämlich eichen-ähnlich gebuchtete Blätter. Hat die väterliche Art rothe Blüten, die mütterliche aber gelbe, so bringt der Bastard häufig Blüten hervor, die entweder roth und gelb gescheckt (Mosaik-Bastarde), oder orangefarbig sind. Wird eine früh blühende Form mit einer spät blühenden gekreuzt, so liegt die Blüthezeit des Bastards in der Mitte u. s. w. Es war nun auf einmal klar, dass sowohl die männlichen als auch die weiblichen Zellen ihre vererbten Eigenschaften dem Nachkommen übertragen und in demselben vermischen, dass nicht, wie man früher glaubte, die männliche Befruchtungssubstanz nur den äusseren „Anstoss“ zur Entwicklung der Eizelle giebt. Auch in der freien Natur fand man hierauf eine ganze Anzahl natürlich entstandener Bastarde bei besonders dazu neigenden Pflanzen vor. Dass hybride Formen hier aber nicht noch häufiger sind, liegt einmal am Mangel zeitlicher oder räumlicher Gelegenheit zur Bastardirung, andererseits aber auch daran, dass der Pollen der eigenen Art bei gemischter Bestäubung meist vor anderem bevorzugt wird und allein zur Wirkung kommt<sup>(59)</sup>.

Je näher sich die Formen stehen, desto leichter bilden sie im Allgemeinen auch Hybride, doch ist das keine durchgängige Regel. Manche Familien neigen leichter dazu (Solanaceen, Caryophyllaceen, Irideen u. s. w.), andere bilden nur schwierig Bastarde oder überhaupt nicht (Papilionaceen, Coniferen, Urticaceen, Convolvulaceen u. s. w.). Dasselbe abweichende Verhalten findet sich unter verwandten Gattungen und Arten vor. Weinreben, Weiden, Dianthus-Arten sind leicht, Silene-Arten schwer, die von Nicotiana, Verbascum, Geum leicht, die Arten von Solanum, Linaria, Potentilla dagegen schwer unter einander zu bastardiren. Eine Hybridisirung von nahe verwandten Arten will oft nicht gelingen (z. B. Apfel- und Birn-Baum), dagegen lassen sich Pfirsich mit Mandel, ja sogar Species der verschiedenen Gattungen Lychnis und Silene, Rhododendron und Azalea, Aegilops und Triticum kreuzen, je nach ihrer „sexuellen Affinität“.

Abgeleitete Bastarde entstehen, wenn Bastarde unter einander oder mit der einen oder anderen Stammform wieder gekreuzt werden. Auf diese Weise hat man bei Weiden sechs Species, bei Reben noch mehr Arten in einem abgeleiteten Bastard vereinigen können. Nur in seltenen Fällen erhält sich übrigens die Form der Bastarde in den Nachkommen bei gegenseitiger Befruchtung constant; diese zeigen vielmehr häufig die Neigung, in ihre Stammformen wieder zurückzuschlagen.

Bei Bastarden treten drei bemerkenswerthe neue Eigenschaften auf, welche nicht durch Mischung der elterlichen entstanden sind. Es sind dies: Eine veränderte Fruchtbarkeit, grössere Neigung zu Abänderungen in Gestalt und Lebenserscheinungen (Varietätenbildung) und oft eine üppigere Gestaltentfaltung („luxurirendes Wachstum“). Die Fruchtbarkeit ist oft so weit herabgesetzt, dass Bastarde unfruchtbar sind (daher „Blendlinge“) und sich sexuell nicht fortpflanzen; dies ist um so mehr der Fall, je weiter sich die Stammeltern in der Verwandtschaft standen. — Die Variabilität der Nachkommen wird oft stark gesteigert, besonders bei der Kreuzung verschiedener Spielarten unter einander. — Bastarde auch von nahe verwandten Arten bilden häufig kräftigere Vege-

tationsorgane, blühen früher, länger und reichlicher als die Stammeltern, und dabei sind die Blüthen oft grösser, prächtiger und zur Füllung geneigt. Dieses luxurirende Wachsthum und die gesteigerte Neigung zu Abänderungen machen die Bastarde ganz besonders werthvoll für die Gärtnerei und die Landwirthschaft.

Ob bei vegetativer Vereinigung zweier Pflanzenkörper, wie beim Pfropfen und Copuliren, unter Umständen Mischformen (Pfropfhybride) entstehen können, wie man beobachtet haben will, ist fraglich und nicht sehr wahrscheinlich, denn in allen genau controllirten Fällen bewahrten die vegetativ verbundenen Formen ihre Selbständigkeit (S. 195).

#### Der Generationswechsel.

Bei den niederen Cryptogamen sowohl wie bei den Phanerogamen können vegetative und sexuelle Fortpflanzung entweder neben einander hergehen oder sie wechseln zumeist doch ziemlich regellos, oder unter dem bestimmenden Einfluss äusserer Bedingungen, mit einander ab. Nachdem bei Pilzen und bei Algen viele Generationen auf vegetativem Wege erzeugt wurden, können so mit einem Male Sexualorgane auftreten. Sowohl die eine wie die andere Fortpflanzungsweise liefert jedoch äusserlich ähnliche Nachkommen. Obwohl nun hier geschlechtlich entstandene und ungeschlechtlich entstandene Nachkommen in der Generationsreihe von Zeit zu Zeit abwechseln, so spricht man hier doch nicht von eigentlichem Generationswechsel. Man hat diese Bezeichnung vielmehr nur für die Fälle angewandt, wo ein regelmässiger Wechsel zwischen vegetativ entstandenen und sexuell entstandenen Generationen auftritt, und diese beiden Generationen in Aussehen und Organisation sehr von einander abweichen. (Vgl. den speziellen Theil des Buches.)

Besonders scharf treten im Generationswechsel die wesentlichen Aufgaben der beiden Vermehrungsweisen, so die quantitative der vegetativen Fortpflanzung in der ausserordentlichen Vermehrung, die qualitative in der sexuellen Mischung, hervor. Zu vielen Tausenden zählen die vegetativ erzeugten Sporen, welche ein einziges Farnblatt austreut. Bei der geschlechtlichen Fortpflanzung der folgenden Generation wird dagegen von einem Prothallium selten mehr als ein neues Einzelwesen gebildet, aber dieses ist bei der Dichogamie der Prothallien werthvoll als Kreuzungsproduct.

Wie eine Farn-Pflanze gelegentlich unmittelbar und unter Umgehung des Sexualactes aus dem Prothallium durch Sprossung hervorgehen kann (S. 251), so kommt es ausnahmsweise auch vor, dass die Sporenbildung übergangen wird und die Prothallien unmittelbar aus dem Farn-Blatt hervorsprossen (Aposporie bei Varietäten von *Athyrium*, *Aspidium*).

#### Verbreitung und Keimung der Samen.

Wenn die Samen bei ihrer Lostrennung von der Mutterpflanze einfach auf die Erde herabfielen, so wären die Keimpflanzen wieder zu Hunderten auf den von der Mutterpflanze besetzten Platz angewiesen; sie kämen dadurch aber alle in sehr ungünstige Verhältnisse und müssten sich gegenseitig zu Grund richten. Die Verbreitung der Samen ist deshalb eine Nothwendigkeit, wobei zwar ein mehr oder minder grosser Bruchtheil ganz dem



Verderben preisgegeben wird, ein anderer Bruchtheil aber in zuträgliche Verhältnisse gelangt und dabei in die Lage kommt, sich neue geeignete Vegetationsgebiete zu erschliessen.

Zur **Verbreitung** der Samen bedient sich die Pflanze ganz derselben Transportmittel wie für die Uebertragung ihres Pollens, also vornehmlich der Luft- und Wasserströmungen, eigener Schleudervorrichtungen und des Transportes durch Thiere. Dazu kommen jetzt auch, und nicht zum wenigsten, die menschlichen Transportmittel in Gestalt von Eisenbahnen und Schiffen hinzu.

Der weitaus vorwiegenden Verbreitung durch Luftströmungen dienen die mannigfaltigsten Einrichtungen, welche die Oberfläche für den Luftwiderstand, also die „Segelfläche“, bei geringem Körpergewicht vergrössern. Dahin gehört die Behaarung der Samen und Schliessfrüchte, wie der von *Gossypium*, *Epilobium*, *Populus*, *Typha*, *Clematis*, *Salix*, der Früchte der Compositen mit ihrem Pappus, der von *Valeriana* u. v. a. Solche leichte Samen sieht man oft vom leisesten Windhauch fortgetragen werden. Verglichen mit dem freien beschleunigten Fall im leeren Raum beträgt bei der gleichmässigen Fallgeschwindigkeit derartiger Samen die Fallverzögerung



Fig. 221. Geflügelter Same von *Bignonia mucronata* in natürlicher Grösse.

durch den Luftwiderstand (welche bei der Verbreitung durch Wind denselben zu Statten kommt) bei *Cynara Scolymus* bereits in der ersten Secunde das Sechsfache. — Eine weitere Segeleinrichtung ist in der Ausbildung flügelartiger Anhänge gegeben. Diese können von einzelnen vergrösserten Kelehlättern (*Dipterocarpus*), von dem Fruchtknoten (*Acer*, *Fraxinus*, *Ulmus*, *Polygonum*, Hülsen von *Robinien*, *Gleditschien*, Früchte mancher *Umbelliferen*), oder von dem Samen selbst, wie bei den Flügelsamen der *Bignonien* (und mancher *Ternströmiaceen*) geliefert werden. Fig. 221 stellt den Samen einer *Bignonie* mit prachtvollen seidenglänzenden Flügeln in natürlicher Grösse dar; der Schwerpunkt dieses Samens ist so gelegen, dass dieser in nahezu wagerechter Bahn in leicht schaukelndem Fluge wie ein Tagfalter dahin schwebt. Sehr ähnlich sind die Samen bei der *Cucurbitacee Zanonina* ausgebildet. Bei den *Linden* ist es das mit dem Blütenstand verwachsene Tragblatt, welches den Früchten als Flugorgan erhalten bleibt, und bei den Samen der *Abietoideen* sorgen flügelartige Anhängsel des Samens selbst für die Verbreitung. Der Segelflug der Samen und Früchte mit einseitiger Beflügelung erfolgt meist unter fortwährender schraubiger Umdrehung; sie steigen also nicht geradlinig, sondern wie auf einer flachen Wendeltreppe ab, wodurch eine weitere Verzögerung im Fall erreicht wird. Diese beträgt nach **DINGLER** bei den Samen der genannten *Bignonia* bereits in der ersten Secunde

das Dreissigfache des freien Falls, bei *Pinus silvestris* noch das Siebenfache<sup>(90)</sup>. — Wie das Schweben der Nebeltröpfchen und der Staubtheilchen gegenüber dem raschen Fall dicker Wassertropfen und anderer grösserer Körper lehrt, begünstigt die Kleinheit der Fortpflanzungskörper ebenfalls den Segelflug durch die relative Vergrösserung der Oberfläche gegenüber dem Volumen. Mikroskopisch kleine Pilze, Sporen und Bacterien werden daher leicht von bewegter Luft weiter getragen. (Bei den Sporen von *Lycoperdon caelatum* fand DINGLER eine Fallverzögerung bis auf das Tausendfache, die sich aber nach NAGELI theoretisch nur so erklären lässt, dass eine der Spore adhären- de unbewegliche dünne Luftschicht die Widerstandsfläche derselben noch vergrössert.)

Samen und Früchte, die sich lange schwimmend erhalten, werden durch Wasserströmungen oft weit fortgeführt. Sie sind bei Strandgewächsen häufig mit Vorrichtungen wie wasserdichtem Schwimmgewebe, mit grossen, als Schwimmbblasen dienenden Luftlücken u. s. w. versehen, welche die Verbreitung auf weite Entfernungen durch die Meeresströmungen ermöglichen. So bringt der Golfstrom die Samen westindischer Gewächse bis nach Norwegen, und Cocospalmen treten gewöhnlich als erste Vegetation auf einsamen Coralleninseln auf<sup>(91)</sup>.

Thiere werden zu Verbreitern von Pflanzensamen erstens dadurch, dass sie die wohlschmeckenden und oft durch ihre Farben auffallenden Früchte verzehren und die unverdaulichen Samen in keimfähigem Zustand wieder von sich geben. Zweitens verschleppen sie Früchte und Samen, die sich mit Haken und Borsten in ihrer Bekleidung festsetzen, bis sie anderswo wieder abgestreift werden (*Lappa*, *Galium Aparine*, *Bidens*, *Echinosperrum*, *Xanthium*, sowie die in Schafswolle so häufigen, irrtümlich als „Wollläuse“ bezeichneten Früchtchen von *Medicago minima*). Andere Samen bleiben durch Klebstoffe haften, wie z. B. die der Mistel, welche von Vögeln, die das Fruchtfleisch verzehren, mit dem Schnabel an Baumästen abgestreift werden. Die fast universelle Verbreitung mancher Süsswasserpflanzen über weit entlegene Gebiete ist nur durch Vermittlung der Wasservögel denkbar.

Menschliche Transportmittel aber haben, zumal seit der Hebung des Weltverkehrs durch Eisenbahnen und Dampfschiffe, in die Verbreitung der Gewächse geradezu umwälzend eingegriffen. Werthvolle Nutzpflanzen sind so über alle Erdtheile verbreitet worden; aber auch die Unkräuter sind diesen auf gleichem Wege gefolgt und manch' zufällig verschleppter Same findet dank jener menschlichen Transportmittel in weit entlegenen Continenten eine ungewohnte Keimstätte.

Das Fortschleudern von Sporen und Samen geschieht durch die plötzliche Auslösung von hygroskopischen, Cöhasions- oder von Turgor-Spannungen. Es wurde bereits erwähnt, dass das Capillitium der Myxomyceten und die Elateren der Lebermoose die Ausstreuung der Sporen besorgen und dass die Fruchtschalen des Buchses (*Buxus*) die glatten Samen so quetschen, dass sie fortgeschleudert werden wie eine zwischen den Fingerspitzen gepresste Bohne. Beim Auseinanderspringen der trockenen Früchte von *Hura crepitans* soll der Urwald wie von einem Pistolenschuss wiederhallen und die Theilstücke sollen wie Bombensplitter umherliegen. Turgorkräfte, verbunden mit der Elasticität der Membranen, liefern die Spannungen beim Abschleudern der Sporangien von *Pilobolus* und beim Ausschleudern der Ascosporen mancher Ascomyceten. — Plötzlich ausgelöste Gewebespannungen führen zum Platzen der Früchtchen und zur plötzlichen Aufrollung der Fruchtblätter bei *Impatiens*, wodurch die Samen heftig fortgeschleudert werden. Bei der Spritzgurke (*Momordica elaterium*) und der Eselsgurke (*Eballium*) dagegen ist die Fruchtwand von dem breiigen

Fruchtfleisch wie die Wand eines Gummiballs gedehnt; trennt sich dann bei der Reife der Fruchtsiel los, der wie ein Champagnerpfropf in der Fruchtwand sass, dann spritzt der breiige Inhalt sammt den Samen mit grosser Gewalt ins Weite. — Die wenigen hier angeführten Beispiele können jedoch nur einige der gebräuchlichsten oder der merkwürdigsten Verbreitungsmittel in Erinnerung bringen.

Ist aber auf irgend eine Weise für die Verbreitung gesorgt, dann muss die Keimung vorbereitet werden.

**Die Keimung** hat als erste Bedingung, dass der Same auf seiner Wanderung lebensfähig geblieben ist. Der geringe Wassergehalt sowie das Stillstehen der auffallendsten Lebensäusserungen machen den ruhenden Keim an sich widerstandsfähig. Feste, dichte Umhüllungen schirmen ihn zudem vor mechanischer Zerstörung. Das zweite Erforderniss ist das Unterbringen in der Erde, was durch Bodenrisse, durch Wind, Regen und Thiere gefördert wird. Der Befestigung des Samens im Erdreich, welche auch für das Abstreifen der Samenschalen oft von grosser Wichtigkeit ist, dienen mannigfache Structures der Oberfläche: Rillen, Kämme, Stacheln und Haare, welche letztere sich zum Theil hygroskopisch spreizen. Besonders schöne Einrichtungen zur Unterbringung der Samen liegen bei den Früchtchen von Geraniaceen (*Erodium*, Fig. 201) und Gramineen (*Stipa*, *Avena sterilis* und *Aristida*-Arten) vor, die sich durch hygroskopische Torsionen und mit Hilfe steifer, rückwärts gerichteter Borsten in den Boden einbohren. Bei *Trifolium subterraneum* und bei *Arachis hypogaea* besorgen diese Aufgabe die durch ihren Geotropismus in die Erde eindringenden Fruchtsiele, während die Samenkapseln der *Linaria cymbalaria* von den lichtabwendigen Fruchtsielen in Mauer- und Felsspalten eingeführt werden. Nüsse, Eicheln und dergl. nahrhafte Samen aber werden nicht selten von Eichhörnchen, Eichelhähern und anderen Thieren als Wintervorrath in die Erde vergraben, wonach sie oft vergessen werden und keimen. Die Keimlinge der Mangrove-Bäume, *Rhizophora* und *Bruguiera*, gelangen auf eine sehr merkwürdige Art in den Boden. Sie durchbrechen mit ihrer sehr langen und kräftigen Pfahlwurzel die reife Frucht noch während sie am Baume hängt, lösen sich dann entweder von ihren Cotyledonen oder von ihrem Fruchtsiel los, fallen ab und bohren sich dadurch wie ein Spiess in den schlammigen Untergrund, in dem sie, aufrecht steckend, sofort weiterwachsen können. Ein in doppelter Weise wirksames Befestigungsmittel im Boden besitzen manche Samen und Früchte, deren Oberflächenzellen zu mehr oder minder voluminösen Gallert-hüllen verquellen. Quitten-Samen, Lein-Samen, Samen von *Plantago*, von Cruciferen, Früchtchen von *Salvia Horminum*, Samen von *Cuphea* und *Cobaea* (in deren Schleimzellen zum Theil auch zierliche Verdickungsbänder aufgerollt sind) liefern die bekanntesten Beispiele für derartige Schleimhüllen, die ausser der Befestigung auch der Wasserversorgung dienen, da sie das aufgesogene Wasser nachhaltig festhalten oder gar hygroskopisch anziehen (wie das Viscin der Mistel-Beeren). Auch Fruchthüllen können andererseits durch ihre schwammartige Beschaffenheit als Wasserbehälter dienen (Reife Früchtchen von *Tropaeolum*, *Poterium spinosum*, *Medicago terebellum*).

Im Boden quillt der Same rascher oder langsamer auf, um dann sofort oder nach längerer Ruheperiode, die oft von verspäteter Quellung, seltener von der nachträglichen Erstarkung des Embryos abhängt, zu keimen.

Die Samen mancher Coniferen keimen erst nach mehreren Jahren. Gewisse Pflanzen bringen neben Samen, die im ersten Jahre keimen, andere mit verlängerter Ruheperiode hervor (*Trifolium pratense*, *Robinia Pseud-Acacia*, *Cytisus Laburnum*, *Reseda lutea*, *Dianthus*-Arten u. a.). Die Ursache der Verzögerung

liegt da hauptsächlich in Quellungswiderständen der Samenschalen (Hartschaligkeit). Auch unter günstigsten Bedingungen keimen solche Samen erst nach Jahren. Der Keimverzug kann aber auch durch äussere Bedingungen hervorgerufen werden und unbeschadet der Keimfähigkeit Jahrzehnte lang dauern. So sah PETER aus einem Waldboden, welcher 46 Jahre vorher Ackerland gewesen war, sofort eine Reihe Ackerunkräuter aufgehen, als die Bedingungen für deren Keimung hergestellt wurden<sup>(92)</sup>.

Die Keimung wird, nach den Beobachtungen von KLEBS, eingeleitet durch echte Wachstumsvorgänge; durch dieselben erfolgt erst die Sprengung der Samenhülle<sup>(93)</sup>. Diese geschieht entweder von dem durchbrechenden Würzelchen, oder wird an dessen Stelle (bei vielen Monocotylen) vom Cotyledon besorgt. Bei anderen Samen geht dem Austreiben des Embryos das Öffnen der Schale durch das wachsende Endosperm- oder Keimblattgewebe voraus. Bei sehr harten und nicht aus zwei, durch Innendruck leicht trennbaren Hälften bestehenden Samenhüllen (wie sie z. B. bei Kirschkernen, Walnüssen vorliegen), sind oft besondere Stellen zum Austritt der Keimpflanze vorgebildet. An den grossen und oft sehr harten Samenhüllen mancher Palmen lassen sich diese Stellen leicht finden. An der Spitze der Cocosnuss findet man drei solcher Durchlassstellen für Embryonen vorgesehen, indem an diesen Orten der Schale die Bildung von Steinzellen unterblieben ist. Hinter dem dünnsten dieser Flecke findet man den kegelförmigen Embryo im Endosperm stecken. Durch die ungemein feste und dicke Samenschale einer anderen Cocospalme, der *Cocos lapidea*, führen drei lange hohle Keimkanäle, und der Keimling von *Aerocoma sclerocarpa* braucht nur einen leicht befestigten Pfropf aus der dicken harten Steinschale vor sich her zu schieben (Fig. 222)<sup>(94)</sup>. Ähnliche Vorkehrungen sind bei *Pandanus*, *Canna*, *Typha*, *Potamogeton* und manchen Dicotylen (*Tetragonia expansa*, *Medicago*, *Onobrychis*-Arten und *Portulaca*-Arten) getroffen. — Das Eindringen der Keimpflanze in den Boden erfolgt durch die Streckung der

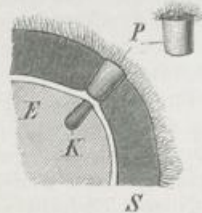


Fig. 222. Schnitt durch den oberen Theil der Frucht von *Aerocoma sclerocarpa*. *S* die harte Steinschale, *P* der Pfropf darin, welcher von dem Keimling *K* bei der Keimung leicht hinausgeschoben wird, *E* Endosperm. Nach PFITZER.

Hauptwurzel oder des hypocotylen Stengelgliedes oder aber, wie bei vielen Monocotylen, zunächst durch den geotropischen Cotyledon selbst. Ist der absteigende Theil durch Wurzelhaare oder Seitenwurzeln völlig befestigt, dann erfolgt das Durchbrechen der Erde nach oben. Dabei bleiben die Keimblätter unterirdisch in der Samenhülle stecken oder aber sie entfalten sich oberirdisch. Das erstere ist oft der Fall, wenn die Keimblätter selbst mit Reservestoffen gefüllt sind (*Phaseolus multiflorus*, *Aesculus*, *Quercus*) oder aber dazu dienen die Nährstoffe des Endosperms aufzusaugen (bei Palmen; *Scutellum* der Gräser). Häufiger werden die mit Nährstoffen gefüllten, oder auch dünnen ergrünenden Keimblätter über die Erde erhoben, oft, nachdem sie vorher noch den Inhalt des Endosperms aufgenommen haben; unterirdisch geschieht das bei vielen Monocotylen, wie auch bei *Ricinus* u. a., oberirdisch bei vielen Coniferen. — Die Befreiung der Keimblätter aus der Samenschale wird durch das peitschenförmig umgebogene Ende des hypocotylen Gliedes besorgt, oder aber es ziehen die ebenso gekrümmten Keimblattstiele die Keimblätter aus den Hüllen heraus (*Smyrniun*, *Delphinium*). Die Hüllen werden dabei oft noch mit Hilfe einer Anschwellung am Hypocotyl (*Kürbis* u. a.) weiter aufgerissen. Sehr häufig folgt der oberirdischen

Entfaltung der Blättchen eine Verkürzung der Wurzel<sup>(95)</sup>. Diese wird in eigenartiger Weise durch den Turgor bewirkt, indem dieser die Zellen der Wurzelrinde nicht wie sonst allgemein in der Längsrichtung, sondern in der Querrichtung, senkrecht zur Längsachse dehnt, wobei die Wurzel sich verdickt und oft sehr ansehnlich verkürzt. Infolgedessen wird das Keimpflänzchen noch einmal tiefer in den Boden hinein gezogen und sicherer befestigt. Aber auch ältere Pflanzen, zumal solche mit grundständiger Blattrosette, werden durch derartige Wurzelverkürzung, trotz des Fortwachsens ihrer Stammachse nach oben, immer dicht am Boden gehalten.

Ist für ausreichende Befestigung im Boden gesorgt und sind die ersten grünen Blättchen in gesicherter Lichtstellung entfaltet, dann ist die junge Pflanze zur Ernährung und Weiterentwicklung selbständig befähigt und in der ferneren Entwicklung auf eigene Thätigkeit und eigene Fähigkeiten angewiesen.

ZWEITER THEIL.  
 Specielle Botanik.

Die specielle Botanik ist die specielle Morphologie und Physiologie der Gewächse. Während der allgemeinen Botanik die Aufgabe zufiel, uns mit den Gesetzen bekannt zu machen, welche die Gestaltung und die Lebensvorgänge im ganzen Pflanzenreich beherrschen, soll uns die specielle Botanik in die Gestaltung und die Lebensvorgänge der einzelnen Abtheilungen des Pflanzenreiches einführen. In der allgemeinen Morphologie waren wir bestrebt, die äussere und innere Gliederung des Pflanzenkörpers phylogenetisch abzuleiten und die Mannichfaltigkeit der Gestalten auf die Grundformen zurückzuführen, aus welchen sie hervorgingen. In der speciellen Morphologie wird es unsere Aufgabe vor Allem sein, der Ausbildung zu folgen, welche die Gestalt in den einzelnen Abtheilungen des Pflanzenreichs erlangte und die Form bestimmter Pflanzen zu begreifen, indem wir sie in Verbindung mit anderen Formen bringen. So ist auch die Aufgabe der speciellen Morphologie eine phylogenetische und liefert uns den Schlüssel zur Aufstellung eines natürlichen Systems der Organismen; denn als ein natürliches System der Organismen kann nur jenes gelten, das auf der wirklichen Verwandtschaft der Organismen fusst. Freilich wird jedes von uns aufgestellte natürliche System der Organismen nur ein sehr unvollkommenes sein, da wir den phylogenetischen Zusammenhang nicht direct feststellen, sondern nur indirect aus dem morphologischen Vergleich erschliessen müssen. Die Aufgabe, die wir uns stellen, ist aber an sich eben so richtig als berechtigt.

Einem solchen natürlichen System der Organismen, welches nach dem wirklichen Zusammenhang zwischen den Wesen sucht, stehen die künstlichen Systeme gegenüber, welche von vorne herein nur ein praktisches Ziel in's Auge fassen und die Wesen so gruppieren wollen, dass man jedes derselben möglichst leicht auffinden oder bestimmen könne. Von allen künstlichen Systemen früherer Zeiten kommt für uns nur noch das von CARL LINNÉ im Jahre 1735 aufgestellte sogen. Sexualsystem in Betracht.

LINNÉ verwerthete ausschliesslich Merkmale, welche sich auf die Verhältnisse der Geschlechtsorgane beziehen und unterschied danach in seinem Sexualsystem im Ganzen 24 Klassen von Pflanzen. In der letzten 24. Klasse vereinigte er alle Gewächse ohne deutlich sichtbare Geschlechtsorgane und nannte sie Cryptogamen; es waren von denselben damals nur relativ wenige Formen bekannt und die complicirten Fortpflanzungsverhältnisse dieser grossen Gewächsguppe lagen noch in tiefem Dunkel. Den Cryptogamen stehen die übrigen 23 Klassen als Phanerogamen oder Pflanzen mit deutlich sichtbaren Geschlechtsorganen in Blüten gegenüber. Die Phanerogamenklassen unterschied LINNÉ zunächst nach der Vertheilung der Geschlechter in den Blüten in solche mit Zwitterblüthen (Klasse I—XX) und solche mit eingeschlechtigen Blüten (XXI—XXIII). Die zwitterblüthigen theilte er weiter in drei Gruppen ein, Pflanzen mit

freien Staubgefässen (I—XV), solche mit verwachsenen Staubgefässen (XVI—XIX) und solche, deren Staubgefässe mit dem Fruchtknoten verwachsen sind; die erste dieser drei Gruppen weiterhin nach der Zahl, der Insertion und den Längenverhältnissen der Staubgefässe. Jede der 24 Klassen gliederte er in Ordnungen nach ähnlichen Gesichtspunkten. Manche der so erhaltenen Klassen und Ordnungen entsprechen natürlichen Verwandtschaftsgruppen, welche aber bunt durch einander gewürfelt im System stehen, die meisten Klassen und Ordnungen aber enthalten Pflanzen, welche phylogenetisch einander sehr ferne stehen.

Bereits LINNÉ fühlte aber auch das Bedürfniss, natürliche Pflanzenfamilien aufzustellen (im Jahre 1738) und sie nach ihrer „Verwandtschaft“ anzuordnen. So lange aber an der Unwandelbarkeit der Species geglaubt wurde, hatte die Bezeichnung Verwandtschaft und Familie in einem System der Organismen nur eine mystische Bedeutung. Sie bedeutete thatsächlich weiter nichts als eine Zusammenstellung ähnlich aussehender Wesen. Erst durch die Descendenzlehre hat das natürliche System der Organismen eine reale Grundlage gewonnen.

Das System, welches für die nachfolgende Darstellung zu Grunde gelegt werden soll, ist das von ALEXANDER BRAUN aufgestellte, von EICHLER und Anderen weiter ausgebildete natürliche System.

Wir haben danach zunächst zu unterscheiden zwischen Cryptogamen als untere Stufe, und Phanerogamen als obere Stufe des Gewächsreiches.

## Erste Abtheilung.

### Cryptogamen.

Die Cryptogamen umfassen eine ausserordentliche Fülle der verschiedenartigsten Pflanzenformen, von den einfachsten einzelligen Wesen ausgehend bis zu hoch entwickelten, in Stengel, Blätter und Wurzeln gegliederten Gewächsen, welche sämtlich darin von den Phanerogamen sich unterscheiden, dass sie sich mittels Sporen verbreiten, während die Phanerogamen dies durch Samen thun. Bei den Phanerogamen ist allerdings auch die Sporenbildung vorhanden, allein nicht die Sporen sind es, sondern ein späteres aus denselben hervorgegangenes Gebilde, eben der Samen, der sich erst von der Mutterpflanze löst, um den Ausgangspunkt für die Entwicklung eines neuen Individuums abzugeben. Dem gemäss sind Samen vielzellige Gebilde, die in ihrem Innern die vielzellige Anlage oder den Embryo der Pflanze umschliessen, während die Sporen, welche sich bei den Cryptogamen von der Mutterpflanze lösen und den Ausgangspunkt des neuen selbstständigen Individuums abgeben, einzellige Gebilde sind. Die Cryptogamen können daher auch als Sporenpflanzen oder Sporophyten, die Phanerogamen als Samenpflanzen oder Spermaphyten bezeichnet werden, jedoch empfiehlt es sich, die alten eingebürgerten Bezeichnungen festzuhalten.

Die Cryptogamen zerfallen in folgende drei Hauptgruppen:

1. Die Thallophyten enthalten mannichfaltige Pflanzengestalten, die in ihren vegetativen Theilen einen einzelligen oder einen mehrzelligen, mehr oder weniger reich verzweigten Thallus vorstellen.

2. Die Bryophyten oder Moospflanzen umfassen einestheils Formen mit blattartigem Thallus, andererseits cormophyte Formen mit deutlicher Gliederung in Stengel und Blätter. Echte Wurzeln gehen ihnen noch ab. Ihre Leitbündel zeigen einfachste Ausbildung.

3. Die Pteridophyten oder Farnpflanzen besitzen Gliederung in Stengel, Blätter und Wurzeln und enthalten echte Gefässbündel. Sie haben also schon den Aufbau der Phanerogamen, von denen sie sich aber durch die Vermehrung und Verbreitung mittels Sporen unterscheiden.

Thallophyten und Bryophyten werden auch als Zellenpflanzen den Pteridophyten oder Gefässcryptogamen gegenüber gestellt; und die letzteren zusammen mit den Phanerogamen als Gefässpflanzen bezeichnet. Die Bryophyten und Pteridophyten dürften als gesondert weiter entwickelte Stämme ihren Ursprung aus höher stehenden Thallophyten genommen haben.

## I.

Thallophyta<sup>(1)</sup>.

Die Thallophyten gliedern sich naturgemäss in folgende natürliche Verwandtschaftsklassen:

- |   |   |
|---|---|
| 1. <i>Myxomycetes</i> , Schleimpilze.     | 7. <i>Chlorophyceae</i> , Grünalgen.              |
| 2. <i>Bacteria</i> , Bakterien.           | 8. <i>Phaeophyceae</i> , Braunalgen.              |
| 3. <i>Cyanophyceae</i> , Blaugrüne Algen. | 9. <i>Rhodophyceae</i> , Rothalgen.               |
| 4. <i>Diatomeae</i> , Kieselalgen.        | 10. <i>Characeae</i> , Armleuchtergewächse.       |
| 5. <i>Peridineae</i> , Peridineen.        | 11. <i>Hyphomycetes (Eumycetes)</i> , Fadenpilze. |
| 6. <i>Conjugatae</i> , Conjugaten.        |   |

Früher vertheilte man diese elf Klassen in zwei Hauptgruppen, *Algen* oder *Algae* und *Pilze* oder *Fungi*. Die Algen sind Thallophyten, welche assimilirende Chromatophoren mit Farbstoffen, vor Allem Chlorophyll, besitzen und dem entsprechend zu selbstständiger Ernährungsweise befähigt erscheinen, während die Pilze keine solchen Farbstoffe enthalten und saprophytische oder parasitische Lebensweise führen. Zu den Algen würden demnach die Klassen 3—10 zu rechnen sein, deren Vertreter Chlorophyll in ihren Zellen führen, zu den Pilzen dagegen die Schleimpilze, Bakterien und Fadenpilze. Die Eintheilung in Algen und Pilze hat aber nur physiologischen, keinen phylogenetischen Werth, da sie die natürlichen Verwandtschaftsbeziehungen der einzelnen Klassen unter einander nicht zum Ausdruck bringt.

Den obigen elf Klassen reihen wir als 12. Klasse die *Flechten*, *Lichenes* an, deren Thallus eine Symbiose von Fadenpilzen mit Algen vorstellt (S. 184). Vom streng systematischen Standpunkte aus müssen die Flechtenpilze in das System der Fadenpilze, die Flechtenalgen unter die Algen eingereiht werden, andererseits zeigen die Flechten so viel Uebereinstimmendes in Bau und Lebensweise, dass eine zusammenfassende Behandlung derselben für unsere Zwecke vorzuziehen ist.

Die ersten 7 Klassen stellen Gruppen dar, welche als scharf gesonderte Reihen von einzelligen Organismen abgeleitet werden können, theils auf einzelligem Zustand stehen geblieben sind, theils sich zu fadenförmigen oder vielzelligen Thallophyten weiter entwickelt haben. Vielleicht haben auch die Braun-



algen direkt von einzelligen Formen ihren Ausgang genommen, während dagegen für die Rothalgen und Armlenchtergewächse eine Abzweigung von höherstehenden Grünalgen angenommen werden darf; ihr Anschluss nach unten ist aber noch nicht aufgeklärt. Was die Fadenpilze anbelangt, so bilden diese wahrscheinlich keine einheitliche Gruppe, sondern sie dürften von verschiedenen Algengruppen sich abgezweigt haben und es müssten ihre Vertreter, falls sich solche Beziehungen nachweisen lassen, zu den entsprechenden Ausgangsformen als abgeleitete, farblose Organismen gestellt werden.

Allgemein verbreiten und vermehren sich die Thallophyten durch ungeschlechtlich erzeugte Sporen von verschiedener Ausbildungsweise bei den einzelnen Gruppen; daneben tritt aber auch, allerdings nicht bei sämtlichen Klassen, geschlechtliche Fortpflanzung auf. Diese Fortpflanzung besteht im einfachsten Fall in der Vereinigung oder Copulation zweier gleichgestalteter Sexualzellen oder Gameten zu einer einzigen Zelle, der Zygospore oder Zygote. Bei manchen höher stehenden Formen aber erscheinen die Gameten differenziert in kleine männliche Zellen, Spermatozoiden und grössere weibliche Zellen, Eier oder Oosphären, und aus der Verschmelzung eines Eies mit einem Spermatozoid geht eine sogen. Oospore hervor. Die erstere Form der sexuellen Fortpflanzung oder Befruchtung wird Isogamie, die letztere Oogamie genannt; beide sind durch Uebergangsformen mit einander verbunden. Man nimmt an, dass die Sexualzellen aus ungeschlechtlichen Sporen phylogenetisch hervorgegangen sind.

Während bei gewissen Thallophyten ausschliesslich ungeschlechtliche, bei anderen nur geschlechtliche Fortpflanzung stattfindet, kommen bei vielen beide Formen der Fortpflanzung vor, sei es an derselben Pflanze neben oder nach einander, oder sei es in aufeinanderfolgenden getrennten Generationen. Im Allgemeinen ist aber bei den Thallophyten keine regelmässige Aufeinanderfolge von ungeschlechtlichen und geschlechtlichen Generationen vorhanden, da äussere Factoren für die Art der Fortpflanzung entscheidend sind. Nur bei einigen wenigen Gruppen (den Rothalgen und gewissen Fadenpilzen) folgt regelmässig auf eine geschlechtliche Generation (Gametophyt) eine ungeschlechtliche (Sporophyt) in ähnlicher Weise wie bei allen Bryophyten und Pteridophyten ein solcher Generationswechsel vorhanden ist.

#### Klasse I.

#### **Myxomycetes, Schleimpilze** <sup>(2, 3)</sup>.

Die Schleimpilze bilden eine selbstständige Gruppe von niederen Thallophyten; sie nehmen in gewisser Beziehung eine Mittelstellung zwischen Pflanzen und Thieren ein und wurden daher auch als *Mycetozoa* oder *Pilzthiere* bezeichnet. Sie sind in zahlreichen Arten (ca. 50 Gattungen) über die ganze Erde verbreitet. Im vegetativen Zustande bestehen die Schleimpilze aus nackten Protoplasmamassen, den Plasmodien, welche zahlreiche kleine Zellkerne enthalten, aber des Chlorophylls vollständig ermangeln und daher auf saprophytische Ernährungsweise in faulenden Pflanzentheilen oder in seltenen Fällen auf parasitische Ernährung in lebenden Pflanzen angewiesen sind. Die Plasmodien (S. 45) finden sich mit Vorliebe auf dem Boden der Wälder, auf abgefallenen Blättern, auf und in faulendem Holz. Sie kriechen unter Formänderung im Substrat umher, indem sie Pseudopodien oder Fortsätze an ihrer Peripherie aussenden, die wieder mit einander verschmelzen können. Ihre Bewegungen werden ausgelöst durch das Licht, die

Wärme, die Feuchtigkeitsverhältnisse und die Nahrungszufuhr im Substrat. Während sie im vegetativen Zustand negativ heliotropisch und positiv hydrotropisch sind, ändern sich diese Eigenschaften, wenn sie zur Sporenbildung übergehen. Dann kriecht das Plasmodium aus dem Substrat zu Licht und Luft empor, kommt zur Ruhe und wandelt sich je nach den Gattungen in einen einzigen oder in zahlreiche dicht neben einander stehende Fruchtkörper um; jeder Fruchtkörper bildet an der Peripherie eine Hülle, Peridium, und zerfällt im Innern in zahlreiche kleine, mit Membran umkleidete und je einen Zellkern führende Sporen. Die Sporen entstehen somit auf ungeschlechtlichem Wege. Im Innern der Sporenbehälter oder Sporangien kommt es bei vielen Gattungen auch zur Ausbildung eines Capillitiums, d. h. isolirter oder netzförmig verbundener feiner Röhren oder Fasern, die neben den Sporen aus dem Plasma entstehen (Fig. 224). Bei der Fruchtreife bricht das Peridium des Sporangiums auf, das Capillitium streckt sich hervor und die Sporen werden durch den Wind ausgestäubt. Die Gattung *Ceratiomyxa* verhält sich in so fern einfacher, als die Fruchtkörper hier nicht mit einer Hülle bedeckt sind, sondern ihre Sporen frei auf kleinen Stielchen sitzend erzeugt werden. Sexuelle Fortpflanzung fehlt den Schleimpilzen vollständig.

Die Entwicklung der Plasmodien aus den Sporen sei an dem Beispiel von *Chondrioderma difforme* erläutert, einem sehr häufigen, auf faulenden Blättern, Mist u. s. w. lebenden Schleimpilz, welcher kleine, rundliche, weisse, sitzende Fruchtkörper auf seinem Substrat bildet. Die Sporen (Fig. 59 a, S. 46) können in einem Decoct von Kohlblättern oder anderen Pflanzentheilen zur Keimung gebracht werden. Die Sporenhaut wird von dem austretenden Protoplasten durchbrochen und bleibt leer zurück. Der Protoplast erzeugt an seinem vorderen Ende eine lange Cilie oder Geissel als Bewegungsorgan und wird so zu einer Schwärmspore (Fig. 59 c—g), welche einen deutlichen Zellkern am vorderen Ende, am hinteren Ende eine pulsirende Vacuole erkennen lässt und im Wasser umher schwimmt. Nach einiger Zeit wird die Cilie eingezogen und die Schwärmspore geht in den Zustand der Myxamoebe (Pilzamöbe) über, die unter beständiger Veränderung ihrer Gestalt hin und her kriecht und dabei kleine fremde Nahrungskörper in ihr Plasma aufnimmt. Die Amöben können sich auch durch Theilung vermehren. Unter ungünstigen Entwicklungsbedingungen umgeben sie sich mit Membran und bilden Ruhezustände, sogen. Microcysten, welche unter günstigen Bedingungen wieder Schwärmsporen austreten lassen. Die Myxamoeben treten nach einiger Zeit zu mehreren dicht zusammen (Fig. 59 l) und verschmelzen so zu kleinen Plasmodien (Fig. 59 m), diese zu grösseren (Fig. 59 n). Amöben und Plasmodien ernähren sich aus aufgenommenen Nahrungskörperchen und zeigen lebhaftes Plasmaströmungen. Nach einigen Tagen kriecht das Plasmodium aus dem Substrat zu Luft und Licht, kommt zur Ruhe und wandelt sich in die weissen Fruchtkörper um, deren doppelte Wandung aus einem äusseren kalkhaltigen, brüchigen Peridium und einer inneren dünnen Haut besteht und ausser den zahlreichen Sporen ein schwach entwickeltes Capillitium umschliesst.

In ähnlicher Weise verläuft auch die Entwicklung der übrigen Schleimpilze. Die stattlichsten Plasmodien, oft von über einen Fuss Durchmesser von lebhaft gelber Farbe und rahmartiger Beschaffenheit, bildet *Fuligo varians* (*Aethalium septicum*), die als sogen. Lohblüthe im Sommer auf feuchter Gerberlohe sehr verbreitet ist. Auf trockenem Substrat können die Plasmodien dieses Schleimpilzes zu kugeligen oder strangartigen Dauerzuständen, sogen. Sclerotien sich umwandeln, um bei Zutritt von Feuchtigkeit aus diesen wieder in Plasmodienform auszutreten. Schliesslich wird das ganze Plasmodium zu einem weisslichen, gelblichen oder braunen, kuchenförmigen, trockenen Fruchtkörper, welcher eine stark

kalkhaltige Hülle besitzt, im Innern durch zahlreiche Wandungen gefächert ist von einem fädigen Capillitium mit unregelmässigen, Kalkkörnchen enthaltenden Blasen durchzogen wird und zahlreiche violettschwarze Sporen umschliesst. Dieses sogen. Aethalium ist somit ein aus zahlreichen verschmolzenen Einzelsporangien zusammengesetzter Fruchtkörper, während bei den meisten übrigen Schleimpilzen die Sporangien getrennt ausgebildet werden.

Bau und Beschaffenheit der Sporangien geben die wichtigsten Merkmale zur Unterscheidung der einzelnen Formen ab. Von einheimischen Arten seien zur Illustration dieser Formverschiedenheiten folgende verhältnissmässig häufige erwähnt:

*Stemonitis fusca* erzeugt auf todtten Blättern, Rinde u. s. w. zu vielen büschelig neben einander stehende, gestielte cylindrische Einzelsporangien (Fig. 223 A). Der Stiel setzt sich als Säulchen (Columella) durch das Sporangium fort und von diesem geht das zierliche netzförmige Capillitium aus, zwischen welchem die zahlreichen schwarzvioletten Sporen sich befinden. Das Peridium ist hier sehr dünn und vergänglich. —

*Arcyria punicea* bildet auf faulem Holz gestielte, kugelige, rothbraune Einzelsporangien ohne Columella. Das Peridium springt kreisförmig auf, sein oberer Theil fällt ab und das netzartige, am Grunde des Peridiums angewachsene Capillitium streckt sich hervor, um die Sporenmasse aufzulockern (Fig. 223 B). —

*Cribraria rufa* entwickelt ebenfalls auf faulenden Baumstümpfen rothbraune, gesellige, gestielte Einzelsporangien ohne Columella und ohne Capillitium. Die Oeffnung des Peridiums geschieht im oberen Theile, die zarte Wandung bricht bis auf stehen bleibende, netzförmig verbundene Verdickungsleisten gitterartig auf (Fig. 223 C). — *Leocarpus fragilis* findet sich häufig mit seinen zahlreichen rothbraunen ovalen Einzelsporangien auf Moos, an Grashalmen u. s. w. Die Sporangien besitzen doppeltes Peridium, netzförmiges fädiges Capillitium, aber keine Columella (Fig. 225). —

*Trichia varia*, eine der häufigsten Arten auf modernem Holz, hat sitzende runde, becherartig aufreissende Einzelsporangien mit ockerfarbigem Peridium. Ihr Capillitium besteht aus feinen, mit zwei starken spiraligen Leisten umzogenen Röhrechen (Fig. 224).

Zu den wenigen parasitären Myxomyceten gehört die *Plasmodiophora Brassicae*, welche die sogen. Kohlhernie an Brassica-Arten, knollenartige Verdickungen an den Nebenwurzeln der befallenen Kohlpflanzen verursacht; ihre Plasmodien

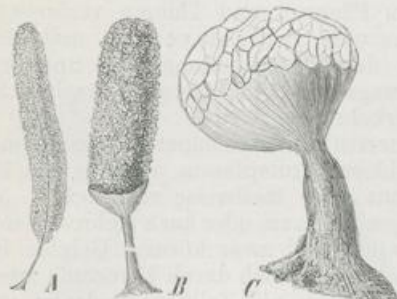


Fig. 223. Reife geöffnete Fruchtkörper nach Entleerung der Sporen A von *Stemonitis fusca*. Vergr. 10. B von *Arcyria punicea*. Vergr. 13. C von *Cribraria rufa*. Vergr. 32.

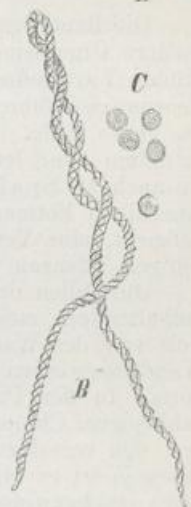


Fig. 224. *Trichia varia*. A Geschlossenes und geöffnetes Sporangium. Vergr. 6. B Capillitiumfaser. Vergr. 240. C Sporen. Vergr. 240.



Fig. 225. *Leocarpus fragilis*. Gesellige Einzelsporangien auf Moos. Nat. Gr.

erfüllen die Zellen dieser Parenchymwucherungen und theilen sich schliesslich in denselben in zahlreiche behütete Sporen, die bei der Verwesung der Pflanzen frei werden. Die Sporen keimen wie bei Chondrioderma, die Myxamöben dringen wieder in die Wurzeln junger Pflanzen ein. Eine echte Sporangiumbildung findet also nicht statt, so dass der Pilz einen einfacher organisirten oder in Folge der parasitären Lebensweise in der Sporangienbildung reducirten Schleimpilz vorstellt<sup>(4)</sup>.

## Klasse II.

### Bacteria, Bacterien<sup>(5)</sup>.

Die Bacterien stellen sehr einfach gebaute, einzellige oder fadenförmige niedrigere Organismen dar, welche im Allgemeinen wie die Schleimpilze des grünen Farbstoffes ermangeln und meist saprophytische oder parasitische Lebensweise führen. Sie sind in enormer Arten- und Individuenzahl über die ganze Erde, in der Atmosphäre, im Wasser, im Boden, ferner auf und in todtten oder lebenden Pflanzen und Thieren verbreitet. Man bezeichnet sie auch als Spaltpilze oder Schizomycetes, weil die Vermehrung ihrer einzelligen Formen nur durch Zweitheilung oder Spaltung der Zellen sich vollzieht, eine Vermehrungsweise, die übrigens auch bei den anderen einzelligen Pflanzen wiederkehrt.

Die Zellen der Bacterien sind von einer dünnen Membran umgeben und enthalten ein meist farbloses Protoplasma, welches bei Plasmolyse (S. 140) sich von der Wand ganz oder theilweise zurückzieht, also im Innern des Wandbelegs einen einzigen Saft Raum oder auch mehrere Vacuolen umschliessen muss. In den Protoplasten sind zwar körnige Gebilde in Ein- oder Mehrzahl, sogen. Chromatinkörner, die sich durch Farbstoffe intensiv färben lassen, und von verschiedenen Autoren als Zellkern gedeutet wurden, beobachtet, indessen ist es bis jetzt noch nicht gelungen, unzweifelhafte Karyokinese an ihnen nachzuweisen, so dass wir mit A. FISCHER die Bacterienzelle einstweilen noch als kernlos auffassen können.

Die Bacterien sind zum grössten Theil ausserordentlich winzige Organismen und es gehören zu ihnen überhaupt die kleinsten bekannten Lebewesen. So messen die kugligen Zellen der kleinsten Micrococcus-Arten im Durchmesser nur 0,0005 mm, die stäbchenförmigen Zellen des Tuberkelbacillus nur 0,002—0,004 mm Länge.

Die einfachste Form der Spaltpilze wird durch winzige kugelförmige Zellen, Coccen, repräsentirt. Formen mit stäbchenförmigen Zellen werden als Bacterium oder als Bacillus bezeichnet, Stäbchen mit schwach schraubiger Krümmung heissen Vibrio, stärker gekrümmte Spirillum, längere Schraubenfäden Spirochaete, gerade Zellfäden Leptothrix. Die höchste Entwicklungsstufe der Spaltpilze stellen Zellfäden dar, welche eine unechte Verzweigung aufweisen. Häufig kommt es vor, dass die Zellmembranen gallertartig aufquellen und dass so die Coccen, Stäbchen u. s. w. in Gallerte eingebettet erscheinen. Solche Entwicklungszustände heissen Zoogloea.

Die Vermehrung geschieht auf vegetative Weise durch eine sehr ausgiebige Zweitheilung oder Spaltung der Zellen, die Erhaltung der Art und die Verbreitung durch ungeschlechtliche Bildung von Dauersporen. Dieselben werden als Endosporen bezeichnet und entstehen dadurch, dass das Protoplasma der Zelle sich innerhalb der Zellwand zusammenzieht und unter Abscheidung einer neuen Membran zur Spore wird (vgl. Bacillus subtilis

Fig. 226 c) oder auch indem solche Sporen im Innern des Protoplasmas gebildet werden.

Viele Bacterien sind durch Eigenbewegung ausgezeichnet, welche durch Schwingungen und Contractionen von feinen Plasmacilien vermittelt wird. Diese Geisseln sind nach A. FISCHER entweder peritrich über die Oberfläche der Zellen vertheilt (so bei *Bacillus subtilis*, Fig. 226 a, d, und beim *Typhusbacillus*, Fig. 229 h) oder sie entspringen von einem Punkte aus, entweder als Einzelgeißel, monotrich, oder als Geißelbüschel, lophotrich. Polare Einzelgeißeln finden sich bei *Vibrio cholerae* (Fig. 229 k), ein polares endständiges Geißelbüschel bei *Spirillum undula*, ein seitenständiges Geißelbüschel bei den Schwärmzellen von *Cladothrix* (Fig. 227 B). Die Geißelbüschel können sich zu zöpfchenartigen Gebilden zusammendrehen, so dass sie den Eindruck von einzelnen dicken Geißeln machen. Die Cilien werden niemals eingezogen, sondern gehen vor der Sporenbildung zu Grunde. Sie entstehen durch Hervorwachsen aus dem Zellplasma.

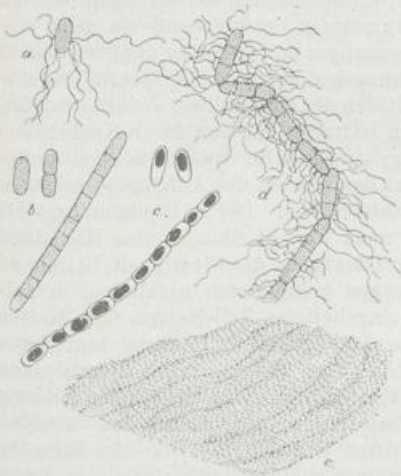


Fig. 226. *Bacillus subtilis* in Heuinfus. a geißeltragendes Kurzstäbchen, b unbewegliche Stäbchen und Ketten, d bewegliche Ketten. e Sporen in unbeweglichen Einzelstäbchen und Ketten, aus der Kahlhaut (e). Vergr. a—d 1500, e (nach BREFFELD) 250. (Aus A. FISCHER, Vorlesungen über Bacterien.)

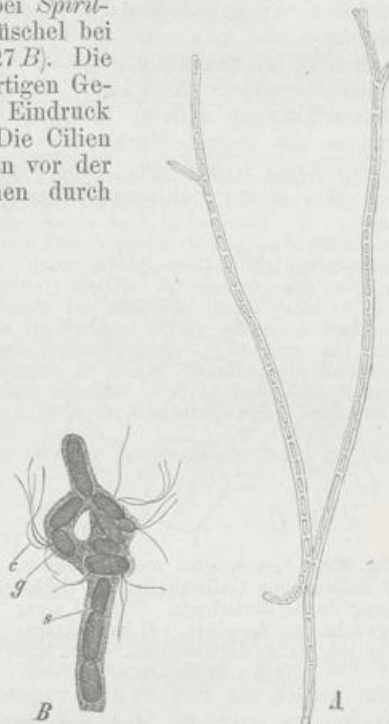


Fig. 227. *Cladothrix dichotoma*. A Theil eines verzweigten Fadens in Längsstäbchen gegliedert. Mit Fuchsin behandelt. Vergr. 540. (Nach ZOPF.) B Schwärmstäbchenbildung am Ende eines Zweigs. s aufgelockerte Scheide, g Schwärmstäbchen mit den seitlich inserirten Cilien e. Vergr. 1000. (Nach A. FISCHER.)

Die Bacterien sind in zahllosen Arten und Individuen über die ganze Erde verbreitet. Obwohl ihr Formenkreis ein sehr einfacher ist, weisen die einzelnen äusserlich oft kaum zu unterscheidenden Arten eine ungemeine Mannichfaltigkeit in ihrem Stoffwechsel, in ihrer Ernährungsweise auf. Wir unterscheiden zunächst saprophytisch lebende und parasitische Formen. Zu ersteren gehören die morphologisch höchst stehenden Arten, an deren Spitze *Cladothrix dichotoma* gestellt werden muss. Sie ist in schleimigen Ueberzügen an Algen, Steinen überall in verunreinigtem Wasser anzutreffen und besteht aus festsitzenden, unecht verzweigten zarten Fäden (Fig. 227 A). Die Fäden erscheinen zusammengesetzt aus

stäbchenförmigen Zellen, welche von der Fadenscheide eingeschlossen sind (A). Vermehrung tritt ein durch Ablösung kürzerer oder längerer Zweigstücke, welche in den Schwärmzustand übergehen und in kürzere Stäbchen zerfallen. Die sich ablösenden Glieder werden entweder durch Auflösung der Scheide oder durch Auswandern aus derselben frei. An den cylindrischen Schwärmstäbchen entspringen an einem Punkt der Längsseite die Geisseln (Fig. 227 B). Nach dem Schwärmen setzen sich die Stäbchenzellen fest und wachsen zu neuen Fäden heran. In Gemeinschaft mit *Cladotrix* finden sich stets zahlreiche andere saprophytische Bacterienformen, Vibrionen, Spirillen, Coccen, Zoogloeen. Zu den gemeinsten wasserbewohnenden Bacterien gehören ferner die Schwefelbacterien, *Beggiatoa alba* u. a., die in ihren Zellen zahlreiche Schwefelkörnchen bei Anwesenheit von Schwefelwasserstoff an ihren Standorten ablagern, und der Brunnenfaden, *Crenothrix Kühniana*, die oft in ungeheuren Massen in Brunnen und Wasserleitungen auftritt, in ihren Fadenscheiden Eisenoxydhydrat aufspeichert und so als braune Flocken das Trinkwasser ungenießbar macht. Die Fäden dieser Arten weisen aber keine Verzweigung auf.

Wie diese wichtigsten Wasserbacterien führt die Mehrzahl der Bacterien



Fig. 228. *Leuconostoc mesenterioides*. A Zellen ohne Gallerthülle. B, C Bildung der Gallertkörper. D Theil einer erwachsenen Zoogloea. E Rosenkranzähnliche Fäden der Zoogloea. Vergr. 520. (Nach VAN TIEGHEM.)

saprophytische Lebensweise. Ihr Stoffwechsel ist den mannichfachen Zersetzungsproducten der Organismen entsprechend ein sehr verschiedenartiger und meist an ganz bestimmte Ernährungsbedingungen angepasst. So entwickelt sich der Heubacillus, *Bacillus subtilis*, in dem Extract, den man durch Kochen von Heu gewinnt. Die Sporen können unbeschadet das Kochen des Aufgusses vertragen ohne abzusterben. Der Spaltpilz erzeugt oft schon nach 12—15 Stunden eine Kahlhaut auf der Oberfläche der Flüssigkeit, bestehend aus langen gegliederten parallelen, in Gallerte eingebetteten Zell-Ketten. Die Ketten bestehen aus lebhaft in Theilung begriffenen Stäbchen (Fig. 226 e). Nach Erschöpfung der Nährstoffe findet in den Zellen Bildung von Endosporen statt, die in den Scheiden eingebettet liegen (e). Bei der Keimung

der Sporen wird die Membran einseitig geöffnet und es entwickeln sich kurze Stäbchen, welche sich durch Theilung vermehren und mittels ihrer zahlreichen peritrichen Geisseln (a, d) schwärmen, um schliesslich an der Oberfläche die unbeweglichen geissellosen Ketten zu bilden.

Zahlreiche saprophytische Bacterien sind Gährungs- und Fäulniserreger, sie zersetzen durch ihren Stoffwechsel gewisse organische Verbindungen. So vermittelt *Leuconostoc mesenterioides* die Schleimgährung des Rübenzuckers. Es bildet grosse Froschlauch ähnliche Schleimklumpen, die sich aus einzelnen mit Gallertmembran umhüllten polygonalen Colonien von rosenkranzförmigen Fäden zusammensetzen (Fig. 228). *Bacillus aceti*, der Essigbacillus, oxydirt Alkohol zu Essig, *Bacillus vulgaris* u. a. bewirkt die Fäulniss von Eiweiss, Fleisch etc.

Unter den parasitischen Bacterien giebt es manche, die mehr oder weniger harmlos sind, wohl auch zu saprophytischer Lebensweise befähigt, so die im Magen und Darm des Menschen auftretende *Sarcina ventriculi*, aus würfelförmigen Klumpen von Coccen bestehend, ferner die in der Mundhöhle des Menschen auftretenden verschiedenen Bacterienformen (Fig. 4, S. 8). Zahlreiche andere sogen. pathogene Arten dagegen sind als Erreger der verschiedensten Krankheiten nachgewiesen (Fig. 229).

Sehr eigenartigen Stoffwechsel besitzen die unter dem Namen *Bacillus radicicola* (= *Rhizobium Leguminosarum*) zusammengefassten Bakterien, welche in den Wurzelknöllchen der Leguminosen leben und wie auch gewisse Bodenbakterien den freien Stickstoff assimilieren (vgl. S. 146 u. 182).

Ausser den saprophytischen und parasitischen Formen giebt es aber auch gewisse Bakterien, welche, trotzdem sie kein Chlorophyll enthalten, ganz selbstständige Ernährung aus anorganischen Verbindungen aufweisen. Es sind dies die im Boden lebenden Nitrit- und Nitratbakterien, die Ammoniak zu salpetriger Säure, und diese zu Salpetersäure oxydiren und als Kohlenstoffquelle die Kohlensäure benutzen, also gänzlich ohne organische Substanzen auskommen (vgl. S. 145 und 170).

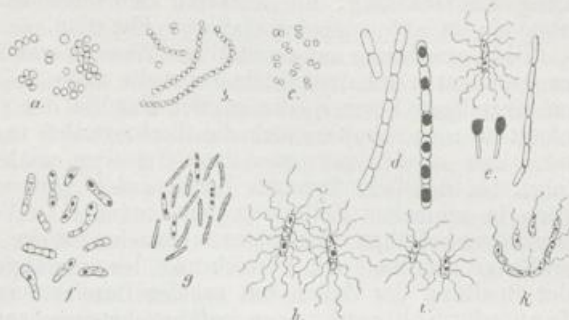


Fig. 229. Pathogene Bakterien. *a* *Staphylococcus pyogenes aureus* und *b* *Streptococcus pyogenes* sind Eitererreger. *c* *Micrococcus gonorrhoeae*, Erreger des Trippers. *d* *Bacillus Anthracis*, der Milzbrandbacillus, rechts mit Endosporen. *e* *Bacillus Tetani*, der Erreger des Starrkrampfes, bewegliches Stäbchen, unbewegliche Kette, Sporenbildung. *f* *Bacillus diphtheriae*, Erreger der Diphtherie. *g* *Bacillus tuberculosis*, der Bacillus der Tuberculose. Inhalt der Stäbchen theils dicht, theils körnig zerfallen, wie im Sputum oft zu sehen. *h* *Bacillus typhi*, der Abdominal-Typhusbacillus. *i* *Bacillus coli*, im Darm in grossen Mengen. *k* *Vibrio cholerae*, der Komma-bacillus der asiatischen Cholera, einzeln und eine Kette. Vergr. ca. 1500. (Aus A. FISCHER, Vorlesungen über Bakterien.)

### Klasse III.

#### Cyanophyceae, Blaugrüne Algen<sup>(6)</sup>.

Die blaugrünen Algen sind einfach organisirte Thallophyten, welche im Allgemeinen dieselbe äussere Gliederung, dieselben Formen wiederholen, wie die Bakterien, aber durch ihren Chlorophyllgehalt sich als Algen, mit selbstständiger Ernährungsweise, charakterisiren.

Ihre Zellen enthalten innerhalb der Zellwand einen Protoplasten, welcher in seiner Differenzirung sich abweichend von demjenigen der übrigen Algen verhält. Man kann in demselben innerhalb des cytoplasmatischen Wandbelegs eine peripherische gefärbte Rindenschicht unterscheiden, die als Chromatophor aufzufassen ist. In den Chromatophoren findet sich ausser Chlorophyll auch ein blaugrüner oder spangrüner Farbstoff, das Phycocyan, nach welchem die Gruppe ihre Bezeichnung erhalten hat. Innerhalb des Chromatophors liegt der sogen. Centralkörper, dem einige Autoren Zellkernnatur zuschreiben; er stellt indessen, nach A. FISCHER, nur den von dem Chromatophor umschlossenen Theil des Protoplasten dar und die in ihm und auch sonst in der Zelle vorhandenen Granulationen sollen nur Assimilations-

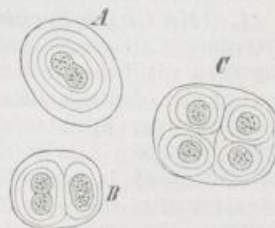


Fig. 230. *Gloeocapsa polydermatica*. *A* Beginn der Theilung, *B* links kurz nach der Theilung. *C* rechts kurz nach der Theilung. Vergr. 540.

producte und Reservematerial vorstellen. Ein echter Zellkern scheint den Cyanophyceen somit zu fehlen. Die Zellwand besteht aus Cellulose, ist häufig mehrschichtig, die äusseren Schichten wandeln sich bei manchen Arten um zu aufquellender Gallerte (Fig. 230).

Die Vermehrung auf vegetativem Wege geschieht durch einfache Theilung des gesammten Inhalts mittels einer die Zelle halbirenden Querwand. Bei den einzelligen Formen, die zu der Familie der *Chroococcaceen* zusammengefasst werden, spalten sich die Tochterzellen nach der Theilung von einander und werden entweder ganz frei oder erscheinen in Zellcolonien vereinigt; bei den fadenförmigen Formen, den *Nostocaceen*, bleiben die Tochterzellen in einfachen Zellreihen mit einander in Verbindung, die Zellfäden aber können früher oder später in einzelne Stücke, die dann weiter wachsen, zergliedert werden. Die Vermehrung der einzelligen Formen durch Theilung oder Spaltung der Zellen hat zu der Bezeichnung der Gruppe als Spaltalgen oder Schizophyceen geführt, entsprechend der Bezeichnung Schizomyces für die Bacterien. Beide Gruppen wurden zu einer Thallophyten-

klasse der Spaltpflanzen oder Schizophyta vereinigt. Indessen ist die phylogenetische Ableitung der Bacterien von den Cyanophyceen zweifelhaft, und daher die Trennung beider vorzuziehen. Die Geisseln und die Endsporenbildung der ersteren fehlen den letzteren, bei denen die Sporen vielmehr als sogen. Arthrosporen durch directe Umbildung gewisser Zellen zu Dauerzellen entstehen.

Die blaugrünen Algen sind in zahlreichen Arten über die ganze Erde verbreitet und bewohnen theils als frei schwimmende oder an Steinen und Pflanzen festsitzende Organismen das Wasser, oder sie finden sich als gallertartige oder feinfädige

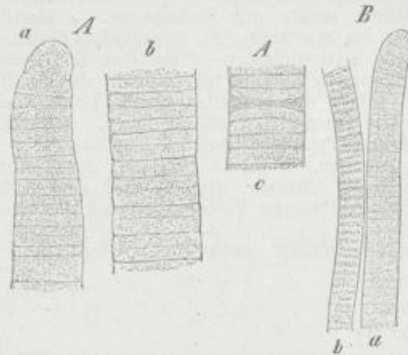


Fig. 231. A *Oscillaria princeps*, a Endzelle, b, c Stücke aus dem Innern des Fadens. In c ist eine abgestorbene Zelle zwischen den lebenden zu sehen. B *Osc. Froelichii*, b mit den Körnchen an den Scheidewänden. Vergr. 540.

Ueberzüge auf feuchtem Schlamm Boden, an feuchten Felsen, Baumrinde u. s. w.

1. *Die Chroococcaceen* umfassen die einfachsten Formen. So besteht die Gattung *Chroococcus* aus isolirt lebenden, mit dünner Membran umkleideten blaugrünen rundlichen Zellen. Bei anderen kommt es zur Bildung von Zellfamilien oder Colonien dadurch, dass die Zellen nach der Theilung in gemeinsame, durch Verquellung der Membranen gebildete Gallerte eingebettet bleiben. Bei *Merismopedia* entstehen so viereckige tafelförmige Zellfamilien in Folge Theilung nach zwei Richtungen in einer Ebene; die Zelltäfelchen schwimmen frei im Wasser. Sehr eigenartig sind die Zellcolonien von *Gloeocapsa*, deren Arten meist in gallertigen olivengrünen oder blaugrünen Ueberzügen an feuchten Felsen und Mauern auftreten. Wie Fig. 230 zeigt, sind die Membranen gallertig aufgequollen. Theilt sich die Zelle, so umgibt sich jede Tochterzelle mit neuer dicker Gallert-hülle, welche in der erhalten bleibenden Mutterzellmembran eingeschachtelt sich zeigt. So können 2, 4, 8 oder mehr Zellen unter Theilung nach drei Richtungen in einer rundlichen Colonie vereinigt werden, um schliesslich in Tochtercolonien zu zerfallen.

2. *Die Nostocaceen* stellen sich als die höher stehenden Spaltalgen



dar. Im einfachsten Fall sind die aus einfachen Zellreihen bestehenden Fäden ohne Gegensatz von Basis und Spitze und unverzweigt, so bei der Gattung *Oscillaria* (Fig. 231), deren isolirte Fäden eigenthümliche gleitende Bewegungen ausführen. Die Oscillarienfäden bestehen aus scheibenförmigen, blaugrün gefärbten Zellen mit zahlreichen kleinen Körnchen im Protoplasma, welche in der Regel an den Scheidewänden angesammelt erscheinen (Fig. 231 B, b). Die Endzellen sind in der Regel abgerundet. Die Fäden können sehr leicht durch Abrundung und Ablösung je zweier an einander stossender Zellen in kürzere Abschnitte, *Hormogonien* oder Keimfäden genannt, zerfallen, die dann wieder zu längeren Fäden heranwachsen. Die abgebildeten Arten sind nur mit dünner Membran umgeben, andere Arten und Gattungen dagegen besitzen dicke scheidenartige Fadenmembranen und bei der Bildung der Hormogonien kriechen die letzteren aus den leer zurück bleibenden Scheiden hervor. Die Oscillarien treten als fädige schwimmende Watten oder auf feuchtem Boden auf.

Während bei Oscillarien und anderen Gattungen sich alle Zellen einander gleich verhalten, kommt es dagegen bei anderen Nostocaceen zur Bildung besonderer Zellen, die als Grenzzellen oder *Heterocysten* bezeichnet werden und die keiner weiteren Entwicklung fähig zu sein scheinen, sowie zur Bildung von dickwandigen Dauerzellen oder Sporen. So verhält sich die Gattung *Nostoc*, deren Arten auf feuchtem Boden wachsende oder im Wasser schwimmende Gallertklumpen bilden, in denen die rosenkranzähnlichen unverzweigten Fäden durch einander gewunden verlaufen. Dieselben enthalten von Strecke zu Strecke einzelne inhaltsarme Heterocysten (Fig. 232 h) und erzeugen aus ihren vegetativen Zellen die dickwandigen inhaltsreichen Sporen, die bei der Keimung wiederum zu neuen Fäden heranwachsen (Fig. 232 A sp, B, C).

Bei gewissen Nostocaceen findet eine unechte Verzweigung der Fäden statt, dadurch, dass eine Zelle des Fadens seitlich ausbiegt und unter weiterer Theilung den unteren Theil des Fadens fortsetzt, so dass der obere dann als Seitenast erscheint. Auch zeigt sich bei gewissen Formen ein Gegensatz von Basis und Spitze, indem die Fäden am Grunde mit einer Grenzzelle beginnen und nach oben hin in dünne lange Endzellen auslaufen.

Manche Cyanophyceen betheiligen sich an der Zusammensetzung der aus Pilzen und Algen bestehenden Flechten. Einige Arten leben endophytisch in Gewebeshöhlungen anderer Pflanzen, so *Anabaena* in *Azolla*, *Nostoc*-Arten in gewissen *Lebermoosen*, in *Wasserslinsen* (*Lemna*), in den Wurzeln von *Cycas* und *Gunnera*.

Besonderes Interesse haben endlich die freischwimmenden Cyanophyceen, welche bei ruhigem Wasser an die Oberfläche steigen, sich hier massenhaft ansammeln und dann als Wasserblüthe bezeichnet werden. In dem Protoplasma der Zellen dieser Arten (*Gloeotrichia echinulata*, *Anabaena flos aquae* z. B. in Süßwasserseen) finden sich nach KLEBAHN nämlich mit Gas erfüllte Vacuolen in grosser Zahl, welche das Aufsteigen der Algen ermöglichen.



Fig. 232. *Nostoc* Linckii. Im Wasser freischwimmende Art. A Fadenstück mit 2 Heterocysten h und einer grösseren Zahl von Sporen sp. B isolirte Spore, die Keimung beginnend. C junger Faden aus der Spore hervorgegangen. Vergr. 650. (Nach BONNET.)

## Klasse IV.

## Diatomeae, Kieselalgen (?).

Die Diatomeen bilden eine ungemein reichhaltige Klasse von einzelligen Algen; man kennt ca. 1500 Arten, welche theils im süßem Wasser, theils im Meere, theils auf nassem Boden vegetiren und meist in grosser Individuenzahl gesellig auftreten.

Die Zellen leben entweder einzeln oder in Colonien, entweder frei schwimmend oder auf dünnen von ihnen ausgeschiedenen Gallertstielchen fest sitzend (Fig. 233). Bei anderen Formen bleiben die Zellen in Bändern oder Zickzackketten vereinigt oder sind in fest sitzende schlauchförmige Gallertröhren eingeschlossen; bei der im Meere lebenden Gattung *Schizonema* endlich sind die zahlreichen Zellen eingebettet in ein oft über 1 dem grosses Gallertlager von zierlicher büschelig verzweigter Form. Die äussere Gestalt der Zellen ist höchst mannichfaltig, kreisrund, elliptisch, stabförmig, keilförmig, gerade oder gebogen, meist regelmässig bilateral symmetrisch. In hohem Maasse charakteristisch ist die Beschaffenheit der Zellwand, die aus zwei Schalen besteht, von denen die eine wie der Deckel einer Schachtel über die andere übergreift (Fig. 3 B, S. 8). Die Zelle bietet daher zwei verschiedene Ansichten dar, je nachdem man sie von der Schalen-



Fig. 233. *Licmophora flabellata*.  
Diatomeen-Colonie mit verzweigten  
Gallertstielen. (Nach SMITH,  
aus GOEBEL, Organographie.)

Seite (Fig. 3 A, S. 8) oder von der Gürtelseite (Fig. 3 B) betrachtet. Beide Schalenhälften enthalten meist viel Kieselsäure, die beim Glühen der Zelle auf einem Glimmerblättchen als Skelet zurück bleibt und dabei die äussere Form und Skulptur der Membran vollkommen beibehält. Häufig ist die Membran, besonders auf den Schalenseiten in zierlicher Weise mit feinen Querrippen, Leisten, Warzen oder Gruben besetzt, und bei manchen (Fig. 3) verläuft über die Schalen-

Seite eine von zwei Endknoten ausgehende und in der Mitte zu einem Mittelknoten anschwellende Längslinie, welche einem feinen Spalt in der Membran entspricht. Die Formen mit solcher Mittelnaht (Raphe) zeichnen sich durch eine eigenthümliche ruckweise kriechende Fortbewegung aus, deren Zustandekommen auf ein aus der Raphe hervortretendes strömendes Plasmaband zurückgeführt wird. Was den

Zellinhalt anbelangt, so befindet sich in der Mitte stets ein deutlicher Zellkern und in dem wandständigen Plasma entweder ein (Fig. 3) oder zwei grosse, flache, oft gelappte oder bei anderen Gattungen (Fig. 234 D *Melosira*) zahlreiche kleinere Chromatophoren von braungelber Farbe. Diese sogen.

Endochromplatten enthalten ausser dem grünen Chlorophyllfarbstoff das braune Diatomin. Im Zellinhalt finden sich gewöhnlich einige Tropfen von fettem Oel, das an Stelle von Stärke als Assimilationsproduct auftritt.

Die Diatomeen vermehren sich auf vegetative Weise durch Längstheilung, die sich immer nur nach einer Richtung hin vollzieht. Die beiden Schalen werden dabei durch den sich vergrößernden Plasmakörper an den Gürtelbändern aus einander geschoben; jede der beiden Tochterzellen erzeugt je eine neue Schale, welche unter die von der Mutterzelle übernommene Schale mit ihren Rändern eingreift, und alsdann trennen sich die Tochterzellen von einander. Die beiden Schalen einer Zelle sind somit ungleichalterig. Diese Art der Membranbildung hat, da die verkieselten Wände nicht wachstumsfähig sind, zur Folge, dass die Tochterzellen successive kleiner werden und dies geht so fort bis zur Erreichung eines gewissen Minimum der Zellgrösse. Alsdann findet die Bildung von sogen. Auxosporen statt, die gewöhnlich zwei- bis dreimal grösser sind als die Zellen, aus denen sie hervorgegangen und die bei ihrer Weiterentwicklung somit die Anfangsgrösse der Zellen wieder herstellen.

Die Bildung der Auxosporen vollzieht sich in mannichfaltiger Weise. Nach G. KARSTEN sind 4 Haupttypen zu unterscheiden, welche sich indessen sämmtlich auf den ersten ursprünglichen Typus von *Rhabdonema arcuatum* zurückführen lassen. Bei dieser Art theilt sich eine Mutterzelle in zwei Tochterzellen, welche aus den beiden Schalenhälften heraustreten und direct zu zwei- bis dreifach grösseren Auxosporen auswachsen. Bei vielen Diatomeen herrscht der zweite Typus (Fig. 234): zwei Zellen legen sich neben einander, ihr Inhalt theilt sich quer in zwei Tochterzellen, die sich abrunden, aus den Schalen heraustreten und paarweise zu zwei Auxosporen copuliren. Der dritte Typus zeigt Bildung von nur einer Auxospore durch Copulation des Inhalts von zwei Mutterzellen (*Cocconeis*), der vierte Typus endlich Bildung einer Auxospore aus einer Mutterzelle ohne irgend welche Copulation (*Melosira*). Es lässt sich aber in dem letzten Falle noch ein unterdrückter Theilungsvorgang in der Mutterzelle nachweisen und es scheint überhaupt allen Auxosporenbildungsarten eine vorausgehende Zelltheilung ursprünglich zu Grunde zu liegen.

Zahlreiche Diatomeen leben im Meere und betheiligen sich in hervorragendem Maasse an der Zusammensetzung des Plankton<sup>(8)</sup>, d. h. der an der Meeresoberfläche frei schwimmenden Lebewelt. Die Planktondiatomeen sind mit besonderen Schwimm- und Schwebearrichtungen versehen, oft mit hornförmigen Fortsätzen oder Membranflügeln ausgestattet, welche an die Flugvorrichtung der Samen erinnern. Es sind lauter Formen ohne Mittellaht oder Raphe auf der Schalenenseite.

In fossilem Zustande finden sich die Kieselschalen der Diatomeen als Haupt-

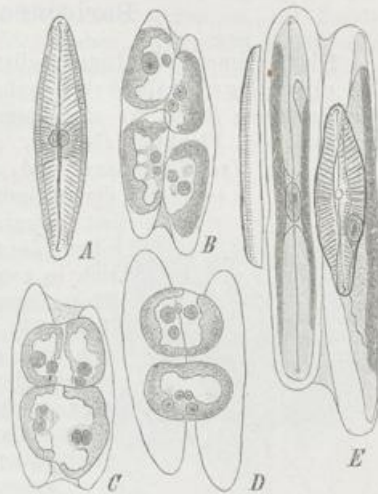


Fig. 234. Auxosporenbildung von *Navicula viridula*. A Zelle von der Schalenenseite. B zwei Zellen neben einander liegend, ihr Inhalt in je zwei Tochterzellen mit zwei Kernen getheilt. C, D paarweise Copulation der Tochterzellen zu zwei anfangs vierkernigen Auxosporen. E Die beiden herangewachsenen Auxosporen. Von den vier Kernen einer jeden sind die zwei grösseren zu einem verschmolzen, die beiden kleineren aufgelöst. Vergr. 500. (Nach KARSTEN.)

bestandtheil der Kieselguhr (Bergmehl oder Infusorienerde), welche zur Dynamitfabrikation Verwendung findet.

Wegen der oft ausserordentlich feinen Sculptur der Membran dienen gewisse Arten als Testobjecte zur Prüfung von Mikroskopobjectiven, so namentlich *Pleurosigma angulatum*, dessen  $\zeta$ -förmig gekrümmte Schalenseite rechts und links von der Mittelnaht ein sehr feines, sechsseitige Maschen umschliessendes Streifen-system bei starker Vergrösserung erkennen lässt.

#### Klasse V.

#### Peridineae, Peridineen<sup>(9)</sup>.

Die Peridineen oder Dinoflagellaten, früher zu den niedersten Thieren gerechnet, sind einzellige Thalloyphyten, welche zum geringeren Theil in Süßwasser, meist aber im Meere leben, wo sie zusammen mit den Diatomeen einen wichtigen Bestandtheil des Plankton abgeben. Ihr Zellplasma enthält einen Zellkern, einen complicirten Vacuolenapparat und zarte gelbe, plattenförmige Chromatophoren, deren Besitz die Peridineen als Thalloyphyten kennzeichnet. Charakteristisch sind ferner zwei lange Plasmacilien oder Geisseln, die auf der Bauchseite entspringen, sich in zwei zu einander senkrechte Furchen der Oberfläche legen und die Bewegung der Zellen vermitteln (Fig. 235). Nur wenige Peridineen sind nackt, die meisten mit einer eigenthümlich sculptirten, aus Platten bestehenden Cellulosemembran umgeben. Die Vermehrung geschieht durch Theilung. Im Herbst bilden sie dickwandige Cysten als Dauerzustand für den Winter. Conjugation ist nicht beobachtet.



Fig. 235. *Peridinium bipes* von der Bauchseite gesehen. Vergr. 750. (Nach SCHILLING.)

Ausser den wie Algen sich ernährenden Formen mit assimilirenden gelben Chromatophoren giebt es aber auch farblose Formen, deren Chromatophoren als farblose Leucoplasten ausgebildet sind. Diese Arten, die mit den Farbstoff führenden sehr nahe verwandt sind und sich aus letzteren entwickelt haben mögen, leben somit saprophytisch oder nach Art der Thiere. Bei *Gymnodinium hyalinum*, einer farblosen und nackten Süßwasserform, ist eine den Myxomyceten ähnliche Lebensweise nachgewiesen. Der Protoplast verliert zum Zwecke der Nahrungsaufnahme seine Geisseln und wird zu einer Amöbe, welche kleine Algenzellen in sich aufnimmt und verdaut.

#### Klasse VI.

#### Conjugatae, Conjugaten<sup>(10)</sup>.

Die Conjugaten bilden eine formenreiche, über 1000 Arten zählende selbstständige Gruppe von freizelligen oder einfach fadenförmigen, im Süßwasser lebenden grünen Algen. Von den übrigen grünen Algen, den Chlorophyceen, sind sie scharf unterschieden durch ihre eigenartige sexuelle Fortpflanzung, die in der Conjugation zweier gleichwerthiger Zellen zu einer Zygospore besteht und zur Bezeichnung der Gruppe geführt hat, ferner durch den Mangel ungeschlechtlicher Sporenbildung und endlich auch durch ihre complicirt gestalteten grünen Chromatophoren.

1. Unter den fadenförmigen Conjugaten, welche zu der Familie der *Zygnemaceen* vereinigt werden, ist am bekanntesten die Gattung *Spirogyra*, deren zahlreiche Arten als frei schwimmende fädige grüne Watten in stehenden Gewässern häufig auftreten. Die Fäden bestehen je nach den Arten aus längeren oder kürzeren Zellen in einfacher Reihe und haben keinen Gegensatz von Basis und Spitze, sondern wachsen in die Länge durch Theilung und Streckung aller Zellen (vgl. Fig. 92, S. 72). Jede Zelle enthält einen grossen Zellkern, der entweder im protoplasmatischen Wandbeleg liegt oder in der Mitte der Zelle durch Plasmafäden, die zu dem Protoplasmawandbeleg hin verlaufen, in seiner Lage gehalten wird. *Spirogyra* hat ihre Bezeichnung erhalten von den eigenthümlichen, im wandständigen Plasma gelagerten Chromatophoren, welche die Form von spiralförmigen, am Rande gezackten, grünen Rändern haben. Fig. 236 stellt eine Art mit drei solchen Chromatophoren dar, andere Arten haben weniger oder mehr Bänder. Die Form der Chromatophoren variirt bei den fibrigen Gattungen; so besitzt die Gattung *Zygnema* in jeder Fadenzelle zwei sternförmige, vielstrahlige Chromatophoren.

Die Chromatophoren umschliessen eine Anzahl von sogen. Pyrenoiden, welche nach CHMELEWSKI dichtere Partien der Chlorophyllbänder vorstellen und mit letzteren durch Protoplasmalamellen zusammenhängen. Die Körner der das Pyrenoid umgebenden Stärkehülle liegen zwischen den Lamellen.

Wenn *Spirogyra* sich zur Conjugation anschickt, so treiben die Zellen zweier dicht neben einander liegenden Fäden je eine Hervorstülpung nach dem anderen Faden zu, derart, dass die Fortsätze je zweier gegenüber liegender Zellen auf einander stossen (Fig. 237 A). Die Querwand der so entstehenden Verbindungsbrücke wird alsdann resorbirt und der gesammte sich abrundende Inhalt einer Zelle wandert in die gegenüber liegende Zelle hinüber, Plasma und Kerne verschmelzen mit einander, während dagegen die Chlorophyllbänder nicht in Vereinigung treten, sondern in der ruhenden Zelle erhalten bleiben, in der übertretenden aber desorganisirt werden.

Fig. 236. Zelle aus einem Spirogyrafaden. *k* Kern, *ch* Chromatophor, *p* Pyrenoide. Vergr. 200.

Aus den conjugirten Protoplasten wird eine sich abrundende, mit dicker Membran umkleidete, dicht mit Fett und rothbraunen Schleimkugeln sich anfüllende *Zygospor*e erzeugt, welche als Dauerzustand für den Winter oder die Zeit der Trockenheit fungirt, um später bei der Keimung zu einem neuen Faden schlauchförmig anzutreiben. Diese Art der Conjugation bezeichnet man als leiterförmige (Fig. 237 A), sie ist den meisten Arten eigenthümlich, während bei anderen Arten sogen. seitliche Conjugation eintritt, indem an ein und demselben Faden je zwei

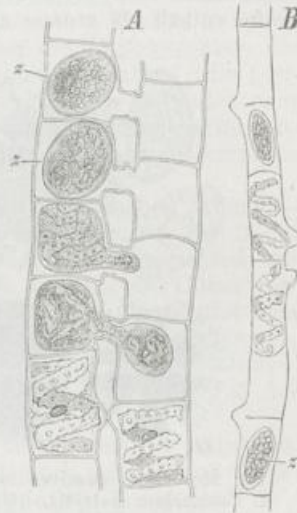


Fig. 237. A Copulation von *Spirogyra quinina*. Vergr. 240. B *Spirogyra longata*. *z* Zygosporen. Vergr. 150.

auf einander folgende Zellen durch Austreiben von Fortsätzen in der Nähe der sie trennenden Querwand in Verbindung treten und mit einander conjugiren (Fig. 237 B).

2. Etwas abweichend verhält sich in der Conjugation die zweite Familie der Conjugaten, die *Mesocarpaceen*, deren Vertreter ebenfalls alle fadenförmig sind. Die Conjugation ist auch hier entweder leiterförmig oder seitlich, aber von jedem der beiden copulirenden Protoplasten wandert nur ein Theil mit dem Zellkern und dem grösseren Theil des Chromatophors in den Copulationscanal, um hier mit dem anderen zu einer Zygospore zu verschmelzen, wobei der Copulationsraum durch Querwände von den anstossenden Zellen abgegrenzt wird.

3. Die dritte Familie der Conjugaten, die *Desmidiaceen*, umfasst die einzelligen Formen; sie gehören mit zu den zierlichsten Algen und weisen ebenso wie die Diatomeen eine ungemeine Mannichfaltigkeit der Gestalt auf (Fig. 238 und 239). Ihre Zellen bestehen aus zwei symmetrischen Hälften, die in der Regel durch eine Einschnürung, den Isthmus, sich von einander abgrenzen. Jede Hälfte enthält ein grosses strahliges unregelmässig umgrenztes oder aus mehreren

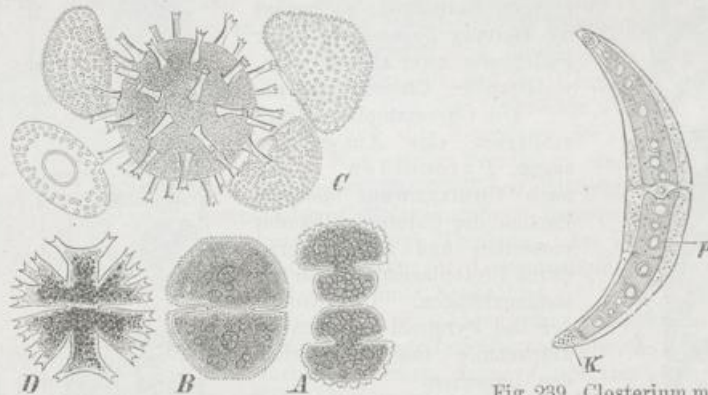


Fig. 238. A *Cosmarium coelatum* in Theilung. B *Cosmarium Botrytis*. C desgl. mit fertiger Zygospore. D *Micrasterias Crux melitensis*. (Nach RALFS.)

Fig. 239. *Closterium moniliferum*. p Pyrenoide der beiden Chromatophoren, K krystallführende Endbläschen. Kern in der Mitte. Vergr. 240.

Platten zusammengesetztes Chromatophor mit einigen Pyrenoiden; in der Mitte der Zelle, in der Einschnürung, ist der Kern gelegen. Die Gesamtförmung ist sehr verschieden, bald abgerundet eckig (z. B. *Cosmarium*, Fig. 238 A, B), bald sternförmig (*Micrasterias*, Fig. 238 D). Häufig ist die Membran mit stachel- oder warzenartigen Prominenzen besetzt. Einige Gattungen weisen keine Einschnürung zwischen den beiden Hälften der Zelle auf, so z. B. das mondsichelförmige *Closterium moniliferum* (Fig. 239), dessen zwei Chromatophoren aus je sechs mit einander in der Längsachse verbundenen Platten bestehen, und an dessen Zellenden je eine Vacuole mit winzigen in Bewegung befindlichen Gipskrystallen vorhanden ist. Manche Desmidiaceen zeichnen sich durch heliotaktische Bewegungen aus, sie stossen aus ihren Enden feine Schleimfäden durch die Membran hindurch aus, mittels deren sie sich fortschieben und in die Richtung des einfallenden Lichtstrahles stellen können.

Die Vermehrung geschieht durch Theilung, die durch eine in der Mitte der Zelle, in der Einschnürung, auftretende Querwand nach der Kerntheilung vollzogen wird. Jede Tochterzelle wächst sodann zur Grösse und Gestalt der Mutter-

zelle heran, indem sie nach der Theilungsfläche zu eine neue Zellhälfte ausbildet (Fig. 238 A). Nach Beendigung dieses „Ergänzungswachsthums“ trennen sich die Zellen von einander.

Bei den Desmidiaceen findet die Copulation ausserhalb der Zellhüllen statt, zwei Zellen legen sich neben einander, umgeben sich mit Gallerte, die Zellwand bricht in der Einschnürung auf und beide heraustretende Protoplasten vereinigen sich zur Zygospore, deren Wandung häufig durch Stachelbildungen ausgezeichnet ist (Fig. 238 C). Neben den reifen Sporen liegen die 4 leeren Membranhälften.

#### Klasse VII.

#### Chlorophyceae, Grünalgen <sup>(11)</sup>.

Zu den Chlorophyceen gehört die Mehrzahl der mit grünen Chromatophoren versehenen Algen. Nach der Beschaffenheit des Thallus gliedern sie sich naturgemäss in drei Ordnungen, von denen die *Protococcoideen* die einfachsten Formen, einzellige oder Zellcolonien bildende, umfasst; die *Confervoideen* dagegen solche mit einfachen oder verzweigten Zellfäden oder Zellflächen enthält; während die *Siphonaceen* einen sehr verschiedenartig entwickelten Thallus aufweisen, welcher meist aus einer einzigen vielkernigen verzweigten Schlauchzelle besteht.

Die geschlechtliche Fortpflanzung, die übrigens bei manchen Arten bislang noch nicht nachgewiesen worden ist, besteht im einfachsten Fall in der Copulation von gleich gestalteten Gameten, und zwar zum Unterschied von den Conjugaten, von sogen. Planogameten, d. h. nackten mit Cilien versehenen beweglichen Protoplasten, bei anderen Gattungen aber findet eine Differenzirung der Gameten statt in ruhende weibliche, Eier oder Oosphären, und cilientragende bewegliche männliche oder Spermatozoiden. Innerhalb einer jeden der drei obigen Ordnungen hat dieser Fortschritt von der Isogamie zur Oogamie (Eibefruchtung) stattgefunden.

Ausser der geschlechtlichen Fortpflanzung findet ziemlich allgemein auch eine ungeschlechtliche Sporenbildung statt, in Gestalt beweglicher cilientragender, den Planogameten ähnlicher Schwärmsporen (Zoosporen).

Die Zellen, in denen die Schwärmsporen erzeugt werden, heissen Sporangien, die gametenbildenden Gametangien, die Spermatozoiden erzeugenden Antheridien, die Eizellen bildenden Oogonien. Wenn wir die geschlechtliche Fortpflanzung aus der ungeschlechtlichen ableiten, so müssen alle diese Gebilde, auch die gleichnamigen bei den übrigen Klassen der Thalloyphyten, als homologe angesehen werden.

Ausser den drei oben genannten Ordnungen der Chlorophyceen besitzen auch die Klassen der Conjugaten und der Characeen grüne Chromatophoren, können also auch als Grünalgen im weiteren Sinne bezeichnet werden. Die Conjugaten sind aber scharf charakterisirt durch ihre besondere Art der sexuellen Fortpflanzung; die Characeen bilden ebenfalls eine scharf abgegrenzte Gruppe, welche sich von den Chlorophyceen durch die viel höher stehende Gliederung des Thallus und den complicirteren Bau der mit Hülle versehenen weiblichen Organe oder Eiknospen und der Antheridien unterscheiden, während bei den Chlorophyceen die Oogonien- und Antheridienzellen stets ohne eine Hülle steriler Zellen sind.

1. Ordnung. Protococcoideae<sup>(12)</sup>.

Zu den Protococcoideen gehören ausschliesslich einzellige, meist frei im Süsswasser schwimmende, in einigen Arten aber auch an feuchten Stellen sich aufhaltende Algen, deren Zellen entweder einzeln leben oder mittels Gallertabscheidung zu Zellfamilien von unbestimmter oder bestimmter Anordnung vereinigt werden. Die Zellen enthalten ein oder mehrere grüne Chromatophoren und einen Zellkern. Die Vermehrung geschieht bei den einfachsten Formen nur durch Theilung auf vegetativem Wege, bei den

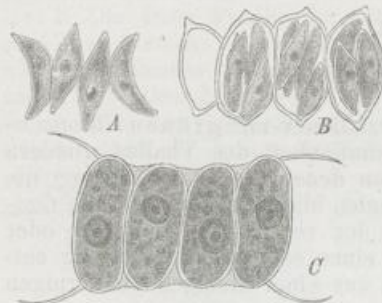


Fig. 240. A *Scenedesmus acutus*. B Desgl., in Theilung. C *Scenedesmus caudatus*. Vergr. 1000. (Nach SENN.)

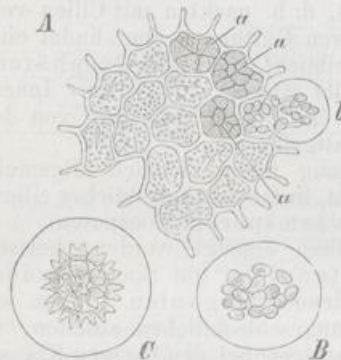


Fig. 241. *Pediatrum granulatum*. A alte Zellfamilie, entleert bis auf die drei Zellen *a*, die Zelle *b* entlässt 16 Schwärmzellen. B Zellfamilie nach der Geburt. C Zellfamilie  $4\frac{1}{2}$  Stunden später. Vergr. 300. (Nach AL. BRAUN.)

Gattung *Chlorella*, die in biologischer Hinsicht interessant ist. Ihre rundlichen kleinen Zellen leben nämlich symbiotisch in dem Plasma von Infusionsthierchen, in den Zellen von *Hydra viridis*, *Spongilla fluviatilis* und anderen niederen Thieren.

Als Beispiel für eine Zellfamilien bildende Form sei die Gattung *Pediatrum* (Fig. 241) genannt. Jede Zellfamilie hat die Gestalt eines frei schwimmenden Tafelchens mit polygonalen Zellen in der Mitte, mit ausgebuchteten Zellen am Rande. Bei *Pediatrum* findet Bildung ungeschlechtlicher Schwärmzellen statt,

meisten aber werden ungeschlechtliche, mit zwei Cilien versehene Schwärmzellen gebildet. Sexuelle Fortpflanzung ist bislang nur bei einem Theil der Gattungen beobachtet worden und besteht in der Copulation zweier gleicher Planogameten zu einer Zygospore oder Zygote; nur bei zwei Gattungen, *Endorina* und *Volvox*, findet Eibefruchtung statt.

Als Beispiel für eine Gattung, welche sich nur durch Zelltheilung vermehrt, sei *Scenedesmus* genannt. Die häufigste Art, *Sc. acutus* (Fig. 240 A, B), ist in allen Gewässern verbreitet und bildet freischwimmende Zellfamilien, in der Regel aus vier mittels Gallerte zusammenhaftenden Zellen bestehend, die nur ein grosses pyrenoidhaltiges Chromatophor umschliessen. Jede Zelle theilt sich der Länge nach in vier Tochterzellen, welche die alten Membranen verlassen und eine neue Familie bilden. Bei Cultur in concentrirten Nährlösungen nehmen die Zellen nach SENN rundliche Formen an und in sauerstoffreichen Medien werden statt Zellfamilien isolirte rundliche Zellen gebildet. In beschränktem Maasse ist also diese Alge polymorph. Der ebenfalls häufige *Sc. caudatus* (Fig. 240 C) besitzt an den Endzellen der Familien vier lange hornförmige, der äusseren gallertigen Membranschicht angehörige Fortsätze. Diese Art tritt auch bei Cultur unter anderen Lebensbedingungen stets in Form von Zellfamilien auf.

Einer der einfachsten Vertreter ist die nur durch Theilung sich vermehrende



in der Weise, dass der Inhalt einer Zelle in eine Anzahl (bei dem abgebildeten *P. granulatum* in 16) von je zwei Cilien tragenden nackten Schwärmsporen zerfällt, welche, von einer gemeinsamen Blase umgeben, durch einen Riss in der Wandung austreten (Fig. 241 *A, b*), sodann in der Blase lebhaft sich bewegen und schliesslich zu einer neuen heranwachsenden Zellfamilie sich zusammen legen. Neben der ungeschlechtlichen tritt bei *Pediastrum* auch geschlechtliche Fortpflanzung auf. Die Gameten sind den Schwärmsporen ganz ähnlich, nur kleiner und entstehen in den Zellen in grösserer Zahl, sie schwimmen frei im Wasser und copuliren paarweise zu Zygoten. Beide Gameten sind gleichgestaltet. Die Weiterentwicklung der Zygoten zu den Zellfamilien ist noch nicht ganz lückenlos bekannt. Im Frühjahr entwickeln sich die letzteren aus eigenthümlichen dickwandigen bestachelten Ruhezellen, sogen. Polyedern, deren Inhalt in Schwärmsporen zerfällt, welche von einer Blase umgeben austreten und sich zu einer Familie zusammenlegen. Die Polyeder entstehen wahrscheinlich aus Schwärmsporen, die in den Zygoten gebildet werden.

Während die bisher genannten Typen und ihre Verwandten im vegetativen Zustand ruhende cilienlose Zellen vorstellen, umfasst dagegen die Familie der *Volvocaceen* Formen mit einzeln lebenden oder zu Colonien vereinigten Zellen, die von einer zarten Hülle umgeben werden und aus derselben freie Plasmacilien (meist zwei) hervor strecken, mittels deren sie frei umher schwimmen. Sie beharren somit während ihres vegetativen Daseins auf dem Stadium, das die meisten Protozooiden als Schwärmsporen vorübergehend einnehmen. Ihre Vermehrung geschieht durch einfache Theilung der cilientragenden Zellen, ihre Fortpflanzung durch Gametencopulation oder durch Eibefruchtung. Zu den einfachsten einzellebenden Volvocaceen gehört die Gattung *Sphaerella* (= *Haematococcus*), deren wenige Arten theils in Wasserlachen verbreitet auftreten (besonders *S. pluvialis*) und dieselben in Folge des Haematochromgehalts ihres Plasma oft lebhaft roth färben, theils auf Schneefeldern im hohen Norden und auf den Alpen den sogen. rothen Schnee bilden (*S. nivalis*). Die schwärmenden Zellen haben eine weit abstehende Hülle (Fig. 242 *A*) und zwei Cilien. Sie können ihre Cilien einziehen und zu ruhenden Zellen werden, die dann wieder durch Theilung des Inhalts in mehrere ausschwärmende zerfallen (*B*). Die Gameten (*D*) werden durch Theilung des Zellinhalts in grösserer Anzahl (32 oder 64) erzeugt (*C*), besitzen zwei feine Cilien, einen rothen Augenfleck und ein Chromatophor, schwärmen aus, copuliren paarweise (*E*) zu Zygoten (*F*), die sich mit dicker Membran umgeben und als Dauersporen fungiren (*G*). Während bei *Sphaerella* und den meisten übrigen Volvocaceen die Gameten gleich beschaffen sind, sind dagegen bei *Eudorina* und *Volvox*, die zugleich als höchst stehende Formen der ganzen Ordnung betrachtet werden können, die Geschlechtszellen in grosse runde ruhende Eizellen und kleine, mit zwei Cilien versehene Spermatozoiden differenzirt. Die Gattung *Volvox* tritt in Wassertümpeln in drei Arten auf, von denen *V. aureus* als Beispiel genannt sei. Er bildet grosse oft schon mit blossem Auge sichtbare hohlkugelförmige Colonien (Coenobien), deren zahlreiche Zellen sich regelmässig in einer Schicht

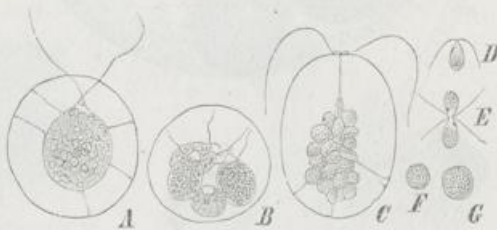


Fig. 242. *A—B* *Sphaerella pluvialis*. *A* schwärmende Zelle. *B* Bildung der Schwärmsporen. Vergr. 360. *C—G* *Sphaerella Bütschlii*. *C* Gametenbildung. Vergr. 400. *D* Gamet. *E* Copulation zweier Gameten. *F, G* Zygoten. Vergr. 800. *C—G* nach BLOCHMANN.

*Sphaerella* (= *Haematococcus*), deren wenige Arten theils in Wasserlachen verbreitet auftreten (besonders *S. pluvialis*) und dieselben in Folge des Haematochromgehalts ihres Plasma oft lebhaft roth färben, theils auf Schneefeldern im hohen Norden und auf den Alpen den sogen. rothen Schnee bilden (*S. nivalis*). Die schwärmenden Zellen haben eine weit abstehende Hülle (Fig. 242 *A*) und zwei Cilien. Sie können ihre Cilien einziehen und zu ruhenden Zellen werden, die dann wieder durch Theilung des Inhalts in mehrere ausschwärmende zerfallen (*B*). Die Gameten (*D*) werden durch Theilung des Zellinhalts in grösserer Anzahl (32 oder 64) erzeugt (*C*), besitzen zwei feine Cilien, einen rothen Augenfleck und ein Chromatophor, schwärmen aus, copuliren paarweise (*E*) zu Zygoten (*F*), die sich mit dicker Membran umgeben und als Dauersporen fungiren (*G*). Während bei *Sphaerella* und den meisten übrigen Volvocaceen die Gameten gleich beschaffen sind, sind dagegen bei *Eudorina* und *Volvox*, die zugleich als höchst stehende Formen der ganzen Ordnung betrachtet werden können, die Geschlechtszellen in grosse runde ruhende Eizellen und kleine, mit zwei Cilien versehene Spermatozoiden differenzirt. Die Gattung *Volvox* tritt in Wassertümpeln in drei Arten auf, von denen *V. aureus* als Beispiel genannt sei. Er bildet grosse oft schon mit blossem Auge sichtbare hohlkugelförmige Colonien (Coenobien), deren zahlreiche Zellen sich regelmässig in einer Schicht

über die Oberfläche vertheilen, seitlich unter einander, gewöhnlich mit je sechs Plasmafortsätzen, in Verbindung stehen und nach aussen je zwei feine Cilien hervortreten lassen (Fig. 243 A), welche die Bewegung der Colonie vermitteln. Die

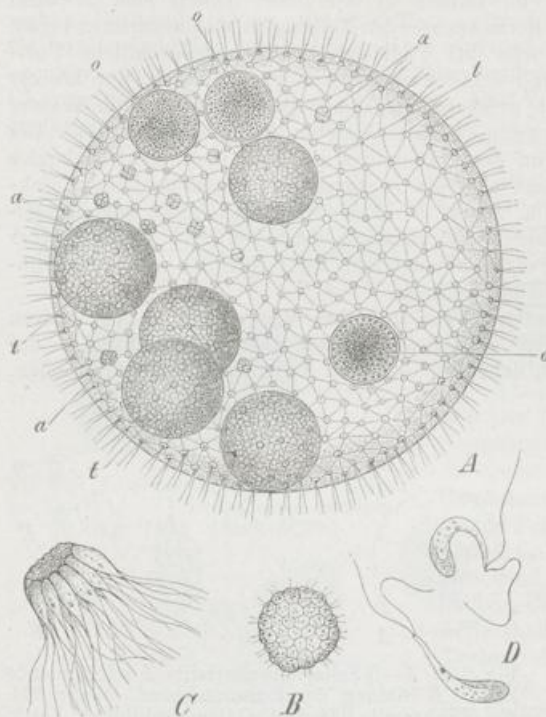


Fig. 243. *Volvox aureus*. A Colonie mit drei kürzlich befruchteten Eiern *o*, etwa ein Dutzend Spermatozoidenbündel, noch in Entwicklung begriffen *a*, und fünf vegetativen Tochtercolonien *t*. Vergr. 180. B Spermatozoidenbündel aus 32 Zellen von oben. C von der Seite gesehen. Vergr. 687. D einzelne Spermatozoiden. Vergr. 824. (Nach L. KLEIN.)

Volvoxcolonien können sich vegetativ vermehren, dadurch, dass einzelne Zellen der Colonie sich zu theilen beginnen und als Tochtercolonien zu einer neuen cilientragenden, zuletzt ausschwärmenden Hohlkugel heranwachsen (*A, t*). Die Spermatozoiden und die Eizellen werden entweder in ein und derselben oder in verschiedenen Colonien erzeugt. Die Spermatozoiden entstehen durch Theilung gewisser Coloniezellen (sogen. Antheridien) in zahlreiche Tochterzellen, welche gestreckte Form erhalten und schliesslich ein tafelförmiges Spermatozoidbündel bilden (*B, C*). Bei *Volvox aureus* hat jedes Spermatozoid ein langes farbloses Vorderende mit zwei terminalen langen Cilien, am Hinterende ein hellgrünes Chromatophor, im vorderen Theile seitlich einen rothen Augenfleck sowie zwei contractile Vacuolen und einen Zellkern (*D*). Die Eizellen entstehen durch Vergrösserung und Wachstum einzelner Coloniezellen, sind gross, grün, unbeweglich und von

Gallerte umgeben (*A, o*). Sie werden durch die ausschwärmenden Spermatozoiden im Innern der Coloniekugel befruchtet und bilden sich dann zu einer derbwandigen ruhenden Oospore aus, die bei der Keimung zu einer neuen Colonie heranwächst. Nach der Reife der Eisporen gehen die Mutterfamilien bald zu Grunde.

## 2. Ordnung. Confervoideae.

Die Confervoideen bezeichnen den einzelligen Protoococcoideen gegenüber einen Fortschritt in der äusseren Gliederung des Thallus, welcher stets mehrzellig erscheint und in der Mehrzahl der Gattungen aus einfachen oder verzweigten Zellreihen besteht. Die Zellfäden sitzen entweder mit einer farblosen Fusszelle am Substrat unter Wasser fest oder schwimmen frei. Bei der im Meere lebenden Gattung *Ulva* (*Ulva lactuca*, Meersalat) besteht der Thallus aus grossen blattartigen grünen Zellflächen (Fig. 5, S. 8; Keimpflanze).

Die Confervoideen leben im Flusswasser oder im Meere. Nur einige Formen (*Chroolepideen*) wachsen als Luftalgen an Felsen, Baumstämmen, in den Tropen auch auf Blättern. Hierzu gehört die auf Steinen in Gebirgen wachsende *Trentepohlia* (oder *Chroolepus*) *Jolithus*, deren Zellfäden in Folge Haematochromgehalts roth erscheinen und die einen veilchenartigen Geruch besitzt (Veilchenstein).

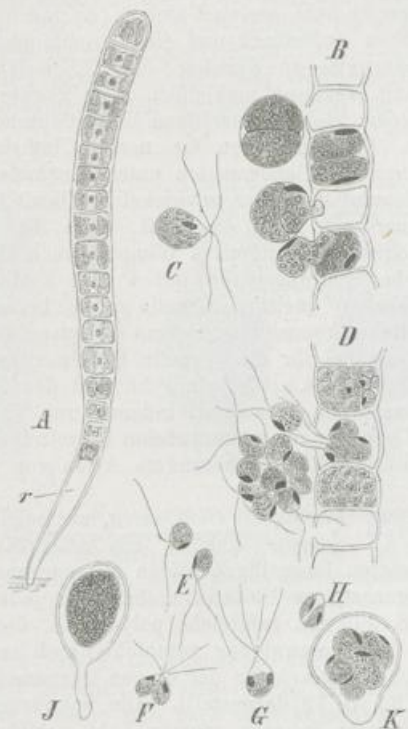


Fig. 244. *Ulothrix zonata*. A junger Faden mit Rhizoidzelle *r*. Vergr. 300. B Fadenstück mit ausschöpfenden Schwärmsporen, zu zwei in jeder Zelle. C einzelne Schwärmspore, D Gametenbildung und Entleerung eines Fadenstücks. E Gameten. F, G Copulation der Gameten. H Zygote. J Zygote nach der Ruheperiode. K Zygote, deren Inhalt in Schwärmsporen sich getheilt hat, B—K Vergr. 482, nach DODEL-PORT.

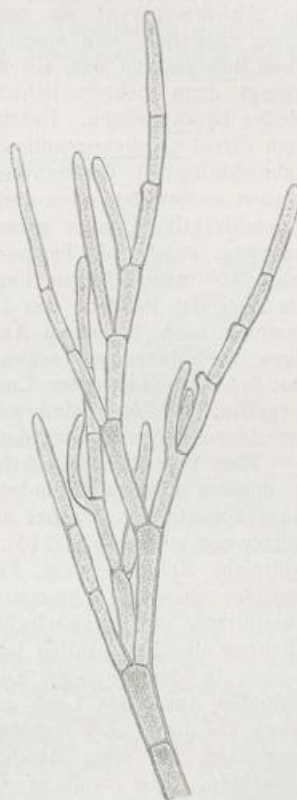


Fig. 245. Stück einer *Cladophora glomerata*. Vergr. 48.

Die ungeschlechtliche Fortpflanzung vollzieht sich bei den Confervoideen durch Bildung von cilientragenden Schwärmsporen. Daneben können auch ungeschlechtliche ruhende Dauersporen auftreten.

Die geschlechtliche Fortpflanzung besteht entweder in Copulation von Planogameten (S. 283), oder es sind die Geschlechtszellen in ruhende Eizellen und bewegliche Spermatozoiden differenzirt.

Das erstere Verhalten charakterisirt z. B. die überall in Gewässern verbreitete *Ulothrix zonata*<sup>13, 15</sup>, deren in ihrer Dicke sehr variable Zellfäden unverzweigt sind, mittels einer Rhizoidzelle fest sitzen und aus kurzen Zellen bestehen (Fig. 244 A). Letztere enthalten einen Zellkern und ein bandförmiges, die

Zelle fast vollständig ringförmig auskleidendes grünes Chromatophor. Die Fäden besitzen kein ausgesprochenes Spitzenwachstum. Die ungeschlechtliche Fortpflanzung geschieht durch viercilige Schwärmsporen (*C*), welche zu 1 bis 8, bei grösseren Formen sogar zu 16 bis 32 durch Theilung in einer Fadenzelle gebildet werden und durch ein seitlich entstehendes Loch aus der Zellmembran auskriechen (*B*), umher schwärmen und dann zu neuen Fäden auswachsen. Die geschlechtlichen Schwärmzellen, Planogameten, bilden sich in gleicher Weise aus anderen Fadenzellen, aber in viel grösserer Zahl, sie sind kleiner (*E*) und besitzen nur zwei Cilien, ausserdem einen rothen Augenfleck und ein Chromatophor wie die Schwärmsporen; sie copuliren paarweise zu Zygoten (*F—H*), welche die Cilien einziehen, sich abrunden und mit Membran umkleiden. Die Zygote stellt einen Ruhezustand dar, sie wird zu einem kleinen einzelligen Keimpflänzchen (*J*), erzeugt dann mehrere Schwärmsporen (*K*), aus denen die neuen Ulothrixfäden wieder heranwachsen. Uebrigens können die Planogameten unter Umständen sich auch direct parthenogenetisch ohne Copulation weiter entwickeln. Damit ist die Mannichfaltigkeit der Schwärmerbildung noch nicht erschöpft, denn die Fäden können ausser den oben genannten Schwärmsporen mit 4 Wimpern auch kleinere ungeschlechtliche, aber gametenähnliche Microzoosporen mit 4 oder 2 Wimpern erzeugen, welche bei Temperaturen über 10° meist zu Grunde gehen, bei solchen unter 10° nach einigen Tagen zur Ruhe kommen und dann langsam keimen. Die Alge ist insofern von Interesse, als bei ihr die sexuelle Differenzirung der Gameten noch in einem Anfangsstadium steht. Ulothrix gehört zu den Fadenalgen, bei denen ein sogen. Palmellastadium vorkommt, indem durch Theilung aus den Zellfäden unter Umständen Colonien von abgerundeten Einzelzellen hervorgehen. Vielfach sind solche Stadien früher als besondere Arten von Proto-coccoideen aufgestellt worden.

Eine in zahlreichen Arten vertretene Gattung ist *Cladophora*, zu welcher die in unseren Flüssen besonders häufige *Cl. glomerata* gehört. Sie bildet bis fusslange festsitzende Büschel aus verzweigten langzelligen Fäden mit ausgeprägtem Spitzenwachstum (Fig. 245). Im Gegensatz zu Ulothrix enthält hier jede Zelle zahlreiche Zellkerne (vgl. Fig. 61n, S. 50) und zahlreiche polygonale, dicht an einander stossende Chromatophoren. Die Verzweigung geschieht durch seitliche Ausstülpung und Auswachsung einer Fadenzelle unter der oberen Querwand. Die Theilung der Fadenzellen ist in Fig. 93, S. 72 dargestellt. Die Schwärmsporen werden in den obersten Zellen der Aeste in sehr grosser Zahl gebildet und schlüpfen durch ein Loch am oberen Ende der Zelle aus. Die Schwärmsporen haben bei dieser Art nur zwei Cilien, sie umgeben sich, wenn sie zur Ruhe gelangt sind, mit einer Membran, um nach einer Ruhezeit zu neuen Fäden auszuwachsen. Bei anderen *Cladophora*arten sind auch kleinere geschlechtliche Schwärmzellen, die paarweise, wie bei Ulothrix, mit einander copuliren, beobachtet.

Als Beispiel oogamer Confervoideen sei die Gattung *Oedogonium*<sup>(14)</sup> genannt, an die sich mit ähnlichem Verhalten *Bulbochacte* anschliesst. Während letztere verzweigte Zellfäden aufweist, haben die zahlreichen Arten der ersteren Gattung unverzweigte Fäden, deren Zellen nur je einen Kern und je ein einziges, aus zahlreichen zusammenhängenden Bändern bestehendes wandständiges Chromatophor besitzen. Die ungeschlechtlichen Schwärmsporen (Fig. 246 B) sind bei *Oedogonium* besonders gross, haben ein farbloses Vorderende, umgeben von einem Kranz zahlreicher Cilien. Sie entstehen in Einzahl aus dem ganzen Inhalt einer Fadenzelle (Fig. 246 A) und schlüpfen unter Aufbrechen dieser Zelle aus. Was die sexuelle Fortpflanzung anbelangt, so werden einzelne Fadenzellen zu Oogonien, indem sie tonnenförmig anschwellen und ihren Inhalt zu einer sich abrundenden grossen Eizelle ausbilden. Am oberen Ende des Oogoniums entsteht in der Membran ein Loch und unter diesem ein farbloser Empfängnisstrecke an der Eizelle. An

anderen Stellen desselben oder eines anderen Fadens werden die Spermatozoiden erzeugt und zwar meist zu je zwei in relativ niedrig bleibenden Fadenzellen, den Antheridien. Die Spermatozoiden sind kleiner als die ungeschlechtlichen Schwärmsporen, aber wie diese auch mit einem Cilienkranz versehen. Sie schlüpfen durch die Oeffnung in das Oogonium und verschmelzen mit der Eizelle, die dann zu einer grossen derbwandigen Oospore wird. Bei der Keimung der Oosporen theilt sich ihr Inhalt in vier grosse Schwärmsporen, welche ausschlüpfen und neue Fäden bilden. Fig. 247 stellt die Bildung dieser Sporen für *Bulbochaete* dar, mit welcher Oedogonium nahe verwandt ist.

Bei gewissen Arten von Oedogonium liegen die Verhältnisse complicirter. Die Spermatozoiden werden nämlich bei diesen in besonderen kleinen nur aus

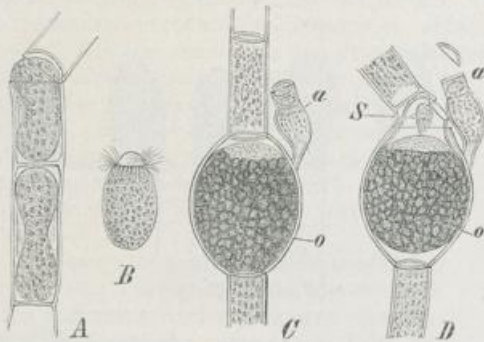


Fig. 246. A, B Oedogonium. A Schwärmsporen beim Ausschlüpfen. B freie Schwärmspore. C, D Oed. ciliatum. C vor der Befruchtung. D während der Befruchtung. o Oogonien, a Zwergmännchen, s Spermatozoid. Vergr. 350. Nach PRINGSHEIM.

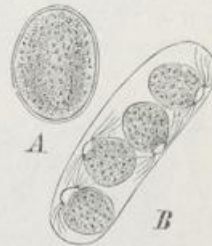


Fig. 247. *Bulbochaete* intermedia. A Oospore. B Bildung von vier Schwärmsporen aus der keimenden Oospore. Vergr. 250. Nach PRINGSHEIM.

wenigen Zellen bestehenden Pflänzchen, sogen. „Zwergmännchen“ erzeugt. Diese Pflänzchen entwickeln sich aus ungeschlechtlichen Schwärmsporen (Androsporen), welche sich nach dem Auschwärmen auf die weiblichen Fäden, ja sogar auch direct auf die Oogonien festsetzen, zu den wenigzelligen Zwergmännchen heranwachsen, dann aus ihren oberen Zellen die Spermatozoiden erzeugen und sich mit einem Deckel öffnen, um dieselben zu entlassen. Fig. 246 C zeigt ein reifes Zwergmännchen auf einem noch geschlossenen Oogonium, D den Eintritt der Befruchtung, das Spermatozoid auf dem Empfängnissteck bei *Oedog. ciliatum*.

Die oogamen Confervoideen sind in Folge der complicirten sexuellen Vorgänge als die höher entwickelten im Vergleich zu den isogamen zu betrachten.

### 3. Ordnung. Siphoneae.

Die Siphoneen oder Schlauchalgen unterscheiden sich von allen übrigen Chlorophyceen und Algen überhaupt durch die besondere Beschaffenheit ihres Thallus, welcher äusserlich mehr oder weniger reich gegliedert ist, aber meist aus einer einzigen grossen Zelle besteht, oder, wenn er mehrzellig ist, wenigstens sich aus grossen vielkernigen Zellen aufbaut. Die Zellhaut umschliesst somit im ersten Falle eine einzige Plasmamasse, in deren Wandbelag zahlreiche Zellkerne und zahlreiche kleine grüne Chromatophoren sich vorfinden. Dieselbe Form des Thallus kehrt unter den Hyphomyceeten bei

den Phycomyceten oder Algenpilzen wieder, so dass die Letzteren vielleicht als abgeleitete Formen der Siphoneen angesehen werden können.

Die Siphoneen umfassen ca. 40 nicht sehr artenreiche, grösstentheils im Meere lebende Gattungen. Im Süsswasser oder auf feuchtem Erdboden gedeihen die Arten von *Vaucheria*, terrestrisch ferner *Botrydium* und *Protosiphon*, einige Formen endlich leben endophytisch in den Blättern höherer Pflanzen.

Die sexuelle Fortpflanzung besteht meist in Copulation gleicher Gameten und ist nur bei der Gattung *Vaucheria* zu Oogamie vorgeschritten.

Die einfachste Form der Siphoneen wird durch die Gattung *Botrydium*<sup>(15)</sup> (mit einer kosmopolitischen Art *B. granulatum*) dargestellt. Diese Alge wächst auf feuchtem Lehmboden an der Luft und bildet heerdenweise grüne etwa 2 mm

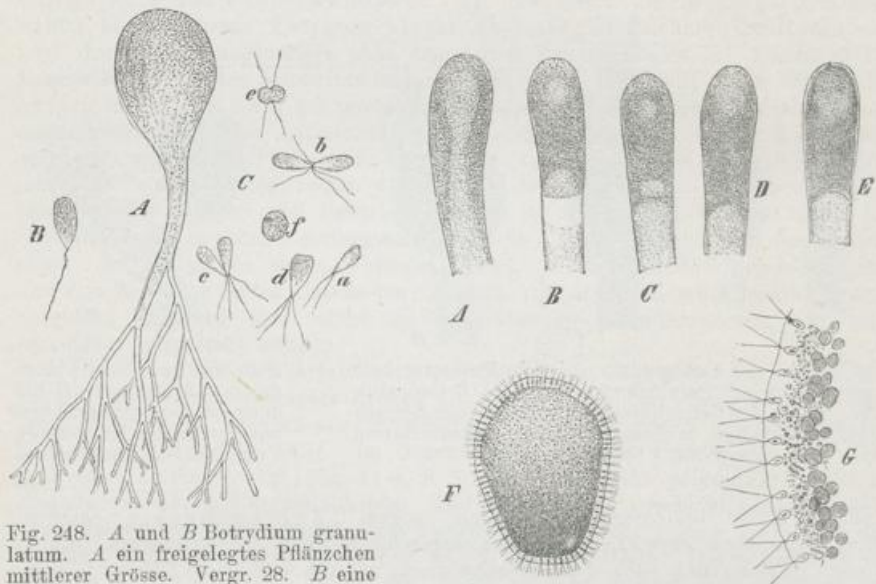


Fig. 248. A und B *Botrydium granulatum*. A ein freigelegtes Pflänzchen mittlerer Grösse. Vergr. 28. B eine Schwärmspore mit Jodlösung fixirt. Vergr. 540. C *Protosiphon botryoides*. Planogameten und zwar bei a ein einzelner Planogamet, bei b zwei Planogameten in der ersten Berührung, bei c, d und e in seitlicher Verschmelzung, bei f die Zygospore. Vergr. 540.

Fig. 249. *Vaucheria sessilis*. A, B Anlage der Sporangien. C, D, E Ausbildung der Schwärmsporen. Vergr. 95. F Schwärmspore. Vergr. 25. G ein Stück der äusseren farblosen Plasmaschicht, dem vorderen Ende der Schwärmspore entnommen. Vergr. 950.

dicke Bläschen, deren Basis sich in ein chromatophorenfreies, im Substrat steckendes verzweigtes fädiges Rhizoidensystem fortsetzt (Fig. 248 A). Die Zellwand der Blase und des Rhizoids umschliesst nur einen einzigen Protoplasten mit zahlreichen kleinen Zellkernen und im oberen Theile mit zahlreichen einzelnen Chlorophyllkörnern, die nur in ganz jungen Pflänzchen Pyrenoide enthalten und keine Stärke, sondern fettes Oel bilden. Die Pflänzchen können sich auf vegetativem Wege durch Sprossung vermehren, indem am oberirdischen Theile eine zur Grösse der Mutterzelle heranwachsende Ausstülpung entsteht, die ein Rhizoid in den Boden treibt und unter Querwandbildung sich schliesslich isolirt. Die Fortpflanzung geschieht durch ungeschlechtliche Schwärmsporen, zu deren Bildung sich die ganze Pflanze in ein einziges Sporangium verwandelt und ihren Inhalt in zahlreiche durch ein Loch am Scheitel ausschöpfende Schwärmsporen zertheilt. Die

Schwärmsporen (Fig. 248 B) tragen am vorderen farblosen Ende nur eine einzige Cilie. Die Bildung der Schwärmsporen geht nur dann vor sich, wenn das Pflänzchen mit Wasser bedeckt ist. Die ausgeschlüpften heliotaktischen Schwärmer setzen sich zur Ruhe, umgeben sich mit Membran und keimen auf feuchter Erde zu neuen Pflänzchen. Ob auch sexuelle Planogameten unter Umständen gebildet werden, ist noch nicht nachgewiesen.

Wie KLEBS gezeigt hat, kommt meist in Gemeinschaft mit Botrydium und bislang zu diesem gerechnet eine ganz ähnliche kleinere Art, *Protosiphon botryoides* vor, welche sich von ersterem dadurch unterscheidet, dass das Rhizoid im Boden lang, dünn und meist unverzweigt ist, dass die grüne Blase ein einziges netzförmiges Chromatophor mit zahlreichen Stärkekörnchen und Pyrenoiden umschliesst und dass die Fortpflanzung durch sexuell differenzierte Planogameten mit je zwei Cilien, rothem Augenfleck und contractilen Vacuolen unter Copulation derselben zu ruhenden sternförmigen Zygosporen erfolgt. Diese Gameten (Fig. 248 C a-f) werden entweder direct aus den Protosiphonzellen erzeugt, oder aber bei Trockenheit im Hochsommer zerfällt der Inhalt der Blase erst in eine Anzahl von abgerundeten derbwandigen unbeweglichen Ruhesporen (Aplanosporen), die in Wasser gebracht, die zahlreichen Planogameten aus ihrem Inhalt durch Theilung erzeugen. Interessant ist die Thatsache, dass die Gameten bei Temperaturen von 25—27° C. ohne Copulation, parthenogenetisch keimen können.

Oogamie tritt unter den Siphoneen bei der Gattung *Vaucheria*<sup>(16)</sup> auf, deren Arten einen rasenartig wachsenden, aus einer einzigen fadenförmigen verästelten Zelle bestehenden und ebenfalls mit farblosen Rhizoiden im Substrat befestigten Thallus aufweisen.

Die Bildung der ungeschlechtlichen Schwärmsporen geschieht hier in etwas anderer Weise als bei Botrydium. Einzelne Zweigenden schwellen zur Bildung des Sporangiums etwas an und grenzen dasselbe mit einer Querwand ab (Fig. 249 A—E). Der ganze Inhalt der Endzelle verwandelt sich nun in eine einzige sehr grosse grüne, mit blosser Auge schon sichtbare Schwärmspore (F), welche einen farblosen, die zahlreichen Kerne enthaltenden Saum besitzt und vor jedem Kern je zwei Cilien hervorstreckt (G). Bei der Entleerung reisst der Sporangiumscheitel auf und die Spore zwängt sich unter Drehung um die Längsachse aus der Oeffnung heraus. Morphologisch entspricht die Vaucheriaspore der Gesamtheit der zahlreichen Einzelschwärmsporen eines Botrydiumpflänzchens. Die sexuelle Fortpflanzung von *Vaucheria* weicht bedeutend von der Gametencopulation der übrigen Siphoneen ab, ist aber von dieser als der ursprünglichen Befruchtungsart abzuleiten.

Oogonien und Antheridien entstehen an den Thallusfäden als Ausstülpungen, die zu kurzen Seitenzweigen auswachsen und durch eine Scheidewand abgegrenzt werden (Fig. 250 o und a). Die Oogonium-Anlage enthält nach OLTMANN'S anfangs zahlreiche Kerne, die aber alle bis auf den zurückbleibenden einzigen Eikern vor der Scheidewandbildung wieder in den Tragfaden zurückwandern. Im reifen Zustand besitzt das Oogon eine einseitige schnabelartige Vorstülpung, die mit farblosem Plasma angefüllt ist, während der übrige Theil zahlreiche Chromatophoren und Oeltropfen enthält. Die Vorstülpung quillt an der Spitze gallertartig auf, worauf ein farbloser, von dem sich zu einer Eizelle abrundenden

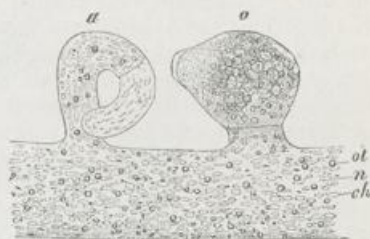


Fig. 250. *Vaucheria sessilis* forma repens. Fadenstück mit Oogonium o, Antheridium a; ch Chromatophoren, n Zellkerne, ol Oeltropfen. Vergr. 240.

Oogoniuminhalt abgeschiedener Plasmotropfen nach aussen gepresst und das Oogonium auf diese Weise geöffnet wird. Das in seiner Anlage ebenfalls vielkernige Antheridium ist mit seinem Tragast ein hornförmig gekrümmtes Gebilde (a), es öffnet sich bei der Reife an seiner Spitze und entleert seinen schleimigen Inhalt, aus dem die winzigen chromatophorenenfreien und hauptsächlich aus Kernsubstanz bestehenden Spermatozoiden herauschwärmen, um an dem farblosen Empfängnisfleck des Oogoniums sich anzusammeln. Ein Spermatozoid dringt ein und vollzieht die Befruchtung durch Verschmelzung seines Kerns mit dem Eikern. Die befruchtete Eizelle umgibt sich als Oospore mit einer Membran und geht in Ruhezustand über.

Die marinen Siphoneen zeigen meist eine viel complicirtere Gliederung des Thallus und gehören in dieser Hinsicht zu den interessantesten Algentypen. So besitzt die in vielen Arten in wärmeren Meeren vertretene Gattung *Caulerpa* eine dicke, kriechende, an der Spitze fortwachsende stengelartige Hauptachse, welche



Fig. 251. *Caulerpa prolifera*. Die feinen Linien auf den Thallusblättern bezeichnen die Plasmaströmungen. a fortwachsende Spitze der Thallusaxe, bb junge Thalluslappen, r Rhizoide.  $\frac{1}{2}$  nat. Gr.

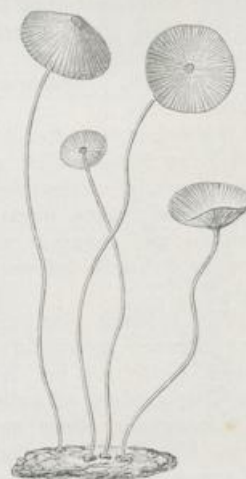


Fig. 252. *Acetabularia mediterranea*. Kalkalge. Nat. Grösse.

von Strecke zu Strecke nach unten reich verzweigte farblose Rhizoide in den Boden entsendet, nach oben dagegen grüne, bei den einzelnen Arten sehr verschieden gestaltete Thalluslappen trägt. Bei der mediterranen *C. prolifera* (Fig. 251) sind diese Lappen blattartig, von begrenztem Wachstum und häufig proliferierend, bei anderen Arten sind sie niedrig gelappt oder verzweigt. Dabei umschliesst die ganze Pflanze nur einen einzigen Zellraum, welcher von netzförmig verbundenen Zellstoffbalken durchsetzt wird.

Von marinen Formen sei ferner erwähnt die Gattung *Codium*, deren zunächst ungetheilte Thalluszelle zahlreiche, unter sich dicht verflochtene und später durch Membranverdickungen abgetrennte Auszweigungen bildet. Der so entstehende Vegetationskörper hat bei *Codium bursa* die Gestalt einer festsitzenden hohlen Kugel, bei *C. tomentosum* ist er cylindrisch und meist dichotomisch verzweigt. Die Gattung *Bryopsis* hat dagegen einen zierlich federförmig verzweigten Thallus,



der ursprünglich ebenfalls einzellig ist, schlauchförmige Seitenäste bildet und diese später durch Querwände abgliedert.

Andere marine Siphoneen incrustiren ihre Membranen mit kohlensaurem und oxalsaurem Kalk, so z. B. *Halimeda Opuntia*, welche eine *Opuntia* im Kleinen nachahmt. Sehr eigenartigen Habitus hat unter den Kalksiphoneen die im Mittelmeer heimische *Acetabularia mediterranea* mit gestieltem schirmförmigem Thallus (Fig. 252). Der dünne Stiel sitzt im Substrat mittels einiger Rhizoide fest. Der Hut besteht aus dicht zu einer Fläche zusammenschliessenden von der Stielspitze ausstrahlenden schlauchförmigen Ausstülpungen, in denen unbewegliche Sporen, sogen. Aplanosporen, gebildet werden. Diese werden durch Zerfallen des Schirmes frei, entwickeln sich zu Gametangien und erzeugen zahlreiche copulirende Planogameten.

### Klasse VIII.

#### Phaeophyceae, Braunalgen<sup>(11, 17)</sup>.

Mit Ausnahme einiger weniger Süßwasserarten sind die zahlreichen über 160 Gattungen zählenden Brauntange festsitzende Meeresalgen, die ihre grösste Entwicklung in den kälteren Oceanen erreichen. In der Gestalt des Thallus herrscht eine ungemaine Mannichfaltigkeit. Die einfachsten Vertreter (z. B. die Gattung *Ectocarpus*) gleichen im Bau des Thallus den Confervoiden, sind unverzweigte oder verzweigte festsitzende Fäden aus einfachen Zellreihen bestehend. Sodann giebt es Formen mit cylindrischem, reich verzweigtem vielzelligem Thallus (z. B. *Cladostephus*, dessen Hauptzweige mit dichtem Filz von kurzen vielzelligen Seitenzweigen bedeckt sind, Fig. 7, S. 9), oder mit bandförmig abgeplattetem, dichotomisch verzweigtem vielzelligem Thallus (z. B. *Dictyota*, Fig. 8, S. 9). Diese Vertreter wachsen an ihren Thallusenden vielfach mittels grosser Scheitelzellen weiter (Fig. 7, S. 9 und Fig. 161, S. 125). Andere Arten haben scheiben- oder blasenförmigen Thallus.

Die höchste Entwicklung erfahren die Braunalgen in den Familien der *Laminariaceen* und *Fucaceen*. Zu den ersteren gehört die in den nördlichen Meeren verbreitete Gattung *Laminaria*, deren Arten einem grossen gestielten ungetheilten oder handförmig gespaltenen Blatt gleichen, das an seiner Stielbasis mittels eines verzweigten wurzelähnlichen Haftorgans befestigt ist.

Bei *Laminaria digitata* (Fig. 253) und anderen Arten besitzt das handförmig getheilte Thallusblatt ein sehr eigenartiges Wachsthum, indem es an seiner Basis eine intercalare wachsthumfähige Zone besitzt, die nach einander neue Thallusblätter erzeugt. Das alte wird dann jedesmal emporgehoben und stirbt allmählich ab, das neue spaltet sich aber in mehrere zugespitzte Lappen. Die Laminarien erreichen riesige Dimensionen, so wird der Zuckertang *L. saccharina* (Nordsee) mit ungetheiltem Blatt bis 3 m lang und der Stiel über 1 cm dick.

Die grössten Dimensionen unter den Phaeophyceen erreichen gewisse antarktische Laminariaceen, vor Allem die *Macrocystis pyrifera* (Fig. 254); der Achsentheil derselben erhebt sich an den Küsten vom Meeresboden bis zur Oberfläche und erreicht flottirend eine Länge von 200—300 m; er ist, abgesehen von einem nackten unteren Theile, dicht mit grossen langen herabhängenden, an der Basis mit je einer grossen luftführenden Schwimmblase versehenen Thalluslappen besetzt. Sehr bemerkenswerth sind ferner die antarktischen *Lessonia*-Arten, welche eine schenkeldicke verzweigte Hauptachse mit überhängenden langen Thallusblättern an den Zweigen entwickeln

und mehrere Meter Höhe erreichen, also Algen mit baumartigem Habitus vorstellen.

Die *Fucaceen* sind ebenfalls stattliche Meeresalgen, bleiben aber hinter den Laminarien an Grösse zurück. Am bekanntesten sind von nordeuropäischen Formen die *Fucus*-Arten, *Fucus vesiculosus*, der Blasantang, mit rundlichen luftführenden Blasen in dem schwarzbraunen bandförmigen, sich gablig verzweigenden Thallus (Fig. 258) und *F. platycarpus* ohne Blasen. Beide sitzen mit Haftscheiben an dem Substrat fest, wachsen gesellig in der Brandungszone; ihr Thallus erreicht über 1 m Länge. Die höchste Gliede-



Fig. 254. *Macrocyctis pyrifera* Ag.  
Sehr stark verkleinert. Nach  
HOOKER und HARVEY.

rung erlangt der Thallus bei den Braunalgen, ja den Algen überhaupt, in der verwandten Gattung *Sargassum*, deren Arten meist in tropischen Meeren auftreten. Dieselben zeigen eine scharfe Sonderung in verzweigte dünne cylindrische Achsen und in Seitenäste, die je nach ihrer Function als laubblattartige, als hochblattartige oder als fructificirende Seitenäste oder endlich als Schwimmblasen ausgebildet erscheinen und somit sehr an die äussere Gliederung der höheren Pflanzen erinnern. Bemerkenswerth sind gewisse *Sargassum*-Arten dadurch, dass sie von den Küsten durch Meeresströmungen weggeführt und an ruhigen Stellen des Oceans zu grossen fluthenden Massen (*Sargassomeer*) zusammengetrieben werden. *Sargassum bacciferum* wird bis an die europäischen Küsten angetrieben.

Die Zellen der Phaeophyceen enthalten meist nur einen Zellkern und mehrere oder viele flache scheibenförmige gelbbraune Chromatophoren, welche ausser Chlorophyll einen braunen Farbstoff, das *Phycophacin* enthalten und den Algen eine gelbbraune oder dunkelbraune Gesamtfärbung verleihen. Statt Stärke wird bei manchen Fett gebildet und gespeichert. Bei



Fig. 253. *Laminaria digitata*,  
forma *Cloustoni*. Nordsee. Auf  
 $\frac{1}{3}$  verkleinert. Officinell.

den höheren Formen zeigt sich bereits eine ziemlich weitgehende anatomische Differenzierung des Thallus. Die äusseren Zellschichten sind in der Regel

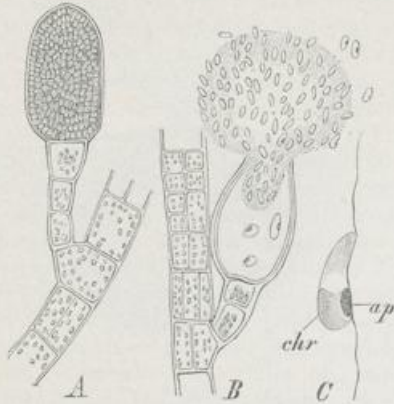


Fig. 255. *Cladostephus verticillatus*, Schwärmsporenbildung. A geschlossenes Sporangium. Vergr. 280. B Entleerung der Sporen. Vergr. 280. C einzelne Schwärmspore mit rothem Augenpunkt *ap* und gelbem Chromatophor *chr*. Vergr. ca. 2000. Nach PRINGSHEIM.



Fig. 256. *Cladostephus verticillatus*. Theilweise entleertes Gametangium. Vergr. 500. Nach PRINGSHEIM.

als Assimilationsgewebe ausgebildet, die inneren als Speicherzellen. Bei gewissen Arten finden sich axile Zellstränge mit siebröhrenähnlichen Elementen und auch mit echten Siebröhren.

Nach der Art der ungeschlechtlichen und geschlechtlichen Fortpflanzung zerfallen die Phaeophyceen in drei Ordnungen.

**1. Ordnung. Phacosporae**<sup>(18)</sup>. Hierher gehört die Mehrzahl der Formen, u. a. auch die Laminarien. Sie vermehren sich durch ungeschlechtliche Schwärmsporen, die in grosser Anzahl in einfächerigen oder uniloculären Sporangien erzeugt werden, einen rothen Augenpunkt, ein Chromatophor und zwei seitlich inserirte Cilien aufweisen (Fig. 255).

Ausser den einfächerigen Sporangien werden von den Phacosporaeen auch vielfächerige oder multiloculäre Sporangien, die am Ende von Seitenzweigen des Thallus stehen, erzeugt (Fig. 256). Jede Zelle derselben bildet nur eine, selten mehrere ausschöpfende Schwärmsporen. Bei einigen Gattungen ist Copulation dieser Schwärmsporen beobachtet worden. Wir haben dieselben demnach als Planogameten und ihre Sporangien als Gametangien zu bezeichnen. Allerdings

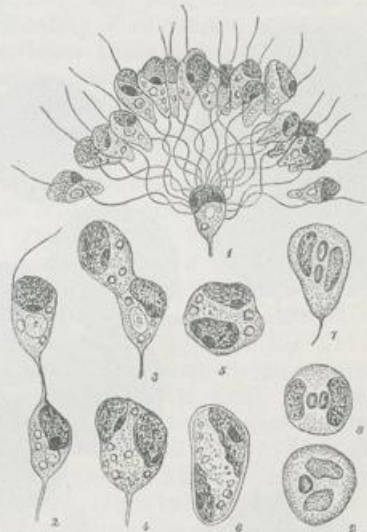


Fig. 257. *Ectocarpus siliculosus*. 1 Weiblicher Gamet von vielen männlichen Gameten umgeben, von der Seite gesehen. 2-5 Verschmelzung der Gameten. 6 Keimling nach 24 Stunden. 7-9 Vereinigung der Zellkerne bei der Copulation, nach fixirtem und gefärbtem Material. 1-5 nach BERTHOLD, 6-9 nach OLTMANN.



Fig. 258. *Fucus vesiculosus*, Blasantang.  
*b* Blasen, *f* Conceptakelstände. Auf  $\frac{1}{3}$   
 verkleinert.

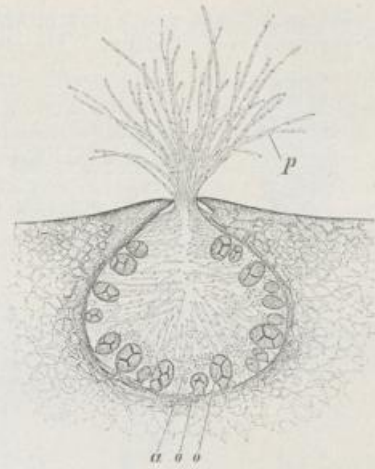


Fig. 259. *Fucus platycarpus*. Monoecisches  
 Conceptaculum mit Oogonien verschiedenen  
 Alters *o* und Antheridienbüscheln *a*. Para-  
 physen *p*. Vergr. ca. 25. Nach THURET.

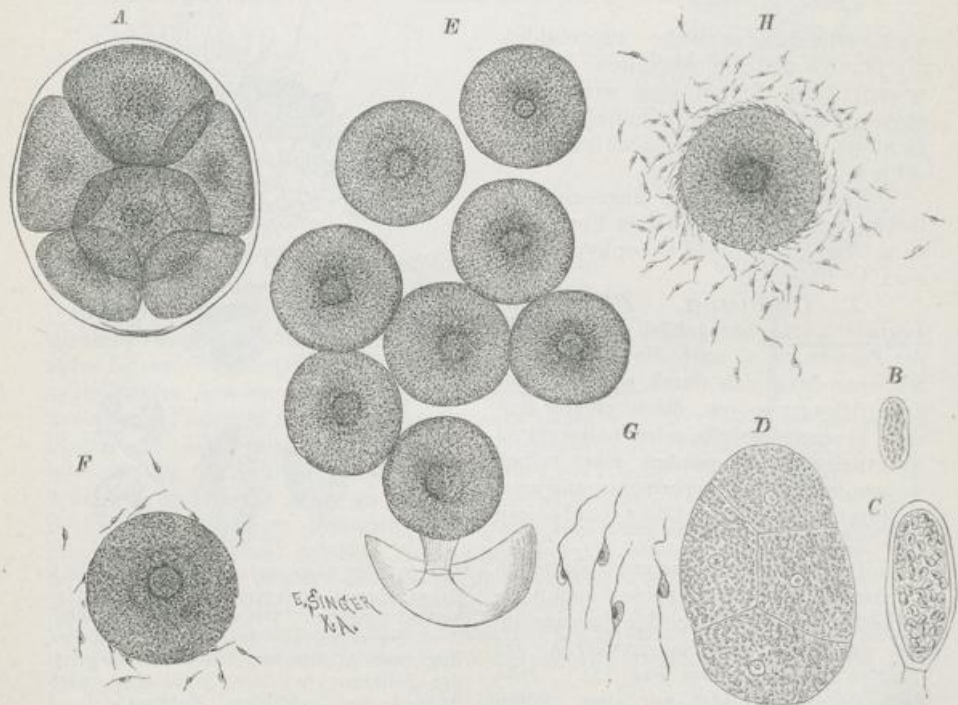


Fig. 260. *A—F Fucus platycarpus*. *A* der entleerte Inhalt des Oogoniums, *B* des Antheridiums, von der inneren Membranschicht umgeben. *C* ein Antheridium. *D* Schnitt durch ein Oogonium. *E* entleerte Eier und der Rest der Oogoniumhülle. *F* ein Ei mit anhaftenden Spermatozoiden. *G* und *H Fucus vesiculosus*. *G* Spermatozoiden. *H* ein Ei mit Spermatozoiden. *C* und *G* Vergr. 540, die übrigen Vergr. 240.

ist die Sexualität verschieden stark ausgeprägt und unter Umständen keimen die Gameten auch ohne Copulation zu neuen Pflanzen, wie dies unter den Chlorophyceen auch für *Ulothrix* bemerkt wurde.

Als Beispiel für Copulation sei *Ectocarpus siliculosus* (Fig. 257) genannt, bei welchem bereits ein Unterschied in dem Verhalten der im übrigen gleichgestalteten Gameten zu constatiren ist, derart dass männliche und weibliche, beide in besonderen diöcisch oder monöcisch vertheilten Gametangien erzeugt, zu unterscheiden sind. Die weiblichen Gameten setzen sich fest und zahlreiche männliche Gameten berühren dieselben mit ihren Cilien (Fig. 257, 1). Schliesslich verschmilzt ein männlicher Gamet mit dem weiblichen zu einer Zygote (Fig. 257, 2—9), welche zuletzt nur einen Kern, aber zwei Chromatophoren enthält, sich festsetzt, mit einer Membran sich umgiebt und zu einer neuen Pflanze heranwächst.

Bei anderen Phaeophyceen ist der Unterschied zwischen den zweierlei Gameten auch in Form und Grösse ausgeprägt und besonders in der Familie der *Cutleriaceen* ist ein entschiedener Uebergang von Isogamie zu Oogamie festzustellen. Die zweicelligen Gameten sind hier ungleich gross, der weibliche grössere wirft nach dem Schwärmen seine Cilien ab, rundet sich zu einem Ei ab, das nun mit einem männlichen kleineren Gameten zu einer ruhenden, sich mit Membran umkleidenden Spore copulirt, übrigens aber unter Umständen auch ohne Befruchtung parthenogenetisch zu einer neuen Pflanze heranwachsen kann.

**2. Ordnung. Fucaceae**<sup>(10)</sup>. Bei den Fucaceen fehlt die ungeschlechtliche Schwärmsporenbildung gänzlich, dagegen ist die sexuelle Fortpflanzung als Oogamie scharf ausgeprägt. Bei *Fucus vesiculosus* und *platycarpus* sitzen die Oogonien und Antheridien in besonderen krugförmigen Vertiefungen, sogen. *Conceptacula*, die zu vielen in die letzten angeschwollenen Auszweigungen des Thallus eingesenkt sind (Fig. 258 f). Bei *F. platycarpus* enthalten die Conceptakeln (Fig. 259) sowohl Oogonien als Antheridien, bei *F. vesiculosus* dagegen herrscht Dioecie. Der Innenwand der *Conceptacula* entspringen zahlreiche unverzweigte sterile Haare, sogen. Saffäden oder Paraphysen, die zum Theil als Büschel nach aussen vortreten (Fig. 259 p). Zwischen denselben befinden sich die Oogonien und Antheridien. Die Letzteren sitzen als ovale Zellen in büscheliger Anordnung an besonderen reich verzweigten kurzen Fäden (Fig. 259 a und 260 C). Der Inhalt des Antheridiums zerfällt in zahlreiche Spermatozoiden, er wird als Ganzes, von der dünnen inneren Wandschicht umgeben, entleert (Fig. 260 B) und entlässt dann die gestreckt eiförmigen, mit zwei verschiedenen langen seitlichen Cilien und rothem Augenfleck versehenen Spermatozoiden (Fig. 260 G). Die Oogonien (Fig. 259 o) sind grosse rundliche, auf einzelligem Stiel sitzende gelbbraune Gebilde, deren Zellhaut im Innern acht grosse, aus der Oogoniummutterzelle durch Theilung entstandene Eizellen umschliesst. Dieselben treten, ebenfalls von einer dünnen Hülle umgeben, aus der aufplatzenden Oogoniumwand heraus (Fig. 260 A), die Hülle verquillt am oberen Theil, stülpt sich theilweise zurück und die nackten Eier werden nun frei ins Wasser entleert (Fig. 260 E). Dort haften die Spermatozoiden in grosser Menge an denselben an, versetzen sie durch ihre Cilien in rotirende Bewegung, wobei die Befruchtung durch ein Spermatozoid erfolgt (Fig. 260 F, H). Nach der Befruchtung umgiebt sich das Ei mit Membran, setzt sich fest und wächst unter Theilung zu einer neuen Pflanze heran.

Bei anderen Fucaceen werden in dem Oogonium nur 4, 2 oder schliesslich auch nur 1 befruchtungsfähiges Ei erzeugt, immer aber theilt sich der eine Kern der Oogoniumanlage nach *OLTMANN'S* in 8 Kerne, wovon dann in diesen Fällen nur 4, 2 oder 1 zu Eikernen ausgebildet, die übrigen aber als reducirte befruchtungsunfähige Eikerne bei Seite geschoben werden.

**3. Ordnung. Dictyotaceae.** Hierher gehören nur wenige Formen, z. B. *Dictyota dichotoma* (Fig. 8, S. 9). Die ungeschlechtlichen Sporen entstehen

zu zwei oder vier in Sporangien, ähnlich wie bei den Rothalgen, und sind bewegungslos, ohne Cilien. Die Geschlechtsorgane sind in Oogonien und Antheridien differenziert; die Oogonien enthalten nur je eine Eizelle, welche nach aussen entleert wird, die vielzelligen Antheridien erzeugen aus jeder Zelle je ein Spermatozoid, welches im Unterschied zu den übrigen Braunalgen nach WILLIAMS<sup>(20)</sup> nur eine einzige lange Cilie besitzt. Indessen ist der Befruchtungsact bis jetzt noch nicht beobachtet worden.

Nutzpflanzen der Phaeophyceen sind: die officinelle *Laminaria digitata* forma *Cloustoni* (Pharm. germ.), deren Thallusstiele getrocknet als Quellstifte in der Chirurgie Verwendung finden. — Verschiedene Laminariaceen und Fucaeeen liefern aus ihrer Asche (Varec, Kelp) Jod, früher wurde auch Soda aus ihnen gewonnen. Viele Laminarien sind reich an Mannit (z. B. *Lam. saccharina*), dienen zur Gewinnung desselben und werden auch, besonders von Chinesen und Japanern, als Nahrung genossen. Von den Polarvölkern werden *Alaria*-Arten gegessen. Auch als Düngmittel finden die grösseren Brauntange Verwendung.

#### Klasse IX.

#### Rhodophyceae, Rothalgen<sup>(14, 21)</sup>.

Die Rothalgen, Rhodophyceen oder Florideen, bilden ebenso wie die Braunalgen eine selbstständige Gruppe höherer Algen, für deren phylogenetische Ableitung aus nieder stehenden Algen sichere Anhaltspunkte noch fehlen. Sie sind ebenfalls fast ausschliesslich festsitzende Meeresalgen und bewohnen vorzugsweise die unteren tiefsten Algenregionen an den Küsten aller Ozeane, besonders der gemässigten und tropischen Zonen. Nur wenige Gattungen (*Batrachospermum*, *Lemanea*, *Hildebrandtia* z. B.) wachsen im Süsswasser, am Boden fliessender Gewässer. Im Ganzen sind ca. 300 Gattungen bekannt.



Fig. 261. *Chondrus crispus*, s ovale Fruchtkörper im Thallus.  $\frac{1}{2}$  nat. Gr. — Officinell.



Fig. 262. *Gigartina mammillosa*, s warzenförmige Fruchtkörper.  $\frac{3}{4}$  nat. Gr. — Officinell.

Der Thallus der Rothalgen weist die grösste Mannichfaltigkeit auf. Einzellige und Siphoneen-ähnliche Formen fehlen wie bei Braunalgen. Die einfachsten Formen stellen aus einfachen Zellreihen bestehende, zierlich verzweigte Fäden dar (z. B. *Callithamnion*). Bei anderen bauen sich die

büschelig verzweigten Thallusfäden aus mehreren Zellen im Querschnitt auf. Zahlreiche Formen besitzen einen vielzelligen, breiter oder schmaler bandförmigen und verzweigten Thallus (z. B. *Chondrus crispus* Fig. 261, *Gigartina mammillosa* Fig. 262). Sodann giebt es Arten, die in Form von Zellflächen dem Boden oder einer anderen Unterlage aufsitzen.

Die höchst gegliederten Formen endlich ahmen in vieler Beziehung äusserlich die Gliederung der Gefässpflanzen nach, indem sie cylindrische verzweigte Achsen mit blattartigen flachen Thallusauszweigungen aufweisen. Bei *Delesseria (Hydrolapathum) sanguinea* sind diese blattartigen Thalluslappen sogar mit Mittel- und Seitenrippen versehen (Fig. 9, S. 9). Alle Florideen sitzen an der Basis mittels Haftfäden oder Haftscheiben fest. Bei den zarteren Formen sind die Zellwände dünn, bei den derberen gallertartig verdickt. Die Familie der *Corallinaceen* dagegen, deren Gattungen theils einen zierlich gegliederten, verzweigten, theils einen krustenförmigen oder korallenartigen Thallus aufweisen, zeichnet sich dadurch aus, dass in und um die Membranen kohlensaurer Kalk massenhaft abgelagert wird, so dass diese Algen ganz den Eindruck von Korallen machen. Die Kalkflorideen vegetiren hauptsächlich an Küsten mit starker Brandung, ganz besonders in den Tropen.

Die Rothalgen sind meist roth oder violett, auch purpurschwarz oder braunroth gefärbt. Ihre Chromatophoren, welche als flache, scheibenförmige, ovale oder gebuchtete Gebilde in grösserer Zahl und dichter Lagerung in den Zellen auftreten, enthalten einen rothen Farbstoff, das *Phycocerythin*, durch den der ebenfalls vorhandene Chlorophyllfarbstoff verdeckt wird. Echte Stärke wird nicht als Assimilationsproduct erzeugt, dafür treten andere Substanzen, häufig z. B. Florideenstärke auf. Die Zellen sind einkernig oder auch mehrkernig.

Die Fortpflanzung geschieht bei den Florideen einerseits ungeschlechtlich durch Sporen, andererseits geschlechtlich durch Befruchtung weiblicher Organe durch männliche Zellen.

Die ungeschlechtlichen Sporen sind nackte runde unbewegliche Zellen ohne Cilien, welche zu vier durch Theilung in einer Mutterzelle, die als Sporangium bezeichnet wird, entstehen. Die Sporangien sitzen als rundliche Körper an den Thallusfäden oder sind dem Thallus eingesenkt, sie entlassen die vier nackten Sporen aus einem Querriss ihrer Wandung. In Folge der Entstehung zu vieren nennt man die Florideensporen *Tetrasporen* (Fig. 263). Sie vertreten die Rolle der Schwärmsporen der übrigen Algen und finden sich in ähnlicher Weise nur bei den Dictyotaceen unter den Braunalgen wieder.

Die Ausbildung der Sexualorgane, besonders der weiblichen, ist eine sehr eigenartige und von dem Verhalten der übrigen Algen sehr abweichende. Sie sei an dem Beispiel von *Batrachospermum moniliforme*, einer einheimischen Süsswasserfloridee, erläutert. Diese Alge besitzt einen in Gallerte gehüllten, bräunlichen, aus wirtelig verzweigten Fäden bestehenden Thallus. Die Sexualorgane treten im Herbst auf und bilden *Glomeruli* oder kugelige, aus radial gehäuften kurzen Zweigen gebildete Köpfechen in den Zweigquirlen.

Die Antheridien, auch Spermatangien genannt (Fig. 264 A), schliessen meist in Zweizahl die Enden der Wirtelzweige im Glomerulus ab. Jedes Antheridium

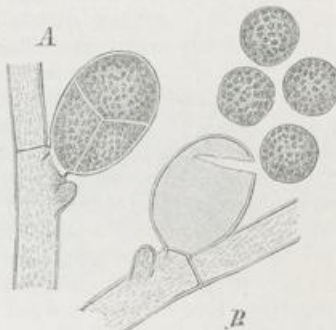


Fig. 263. *Callithamnion corymbosum*. Tetrasporenbildung. A geschlossenes, B entleertes Sporangium mit den vier ausgetretenen Tetrasporen. (Nach THURET.)

besteht aus einer einzelnen zartwandigen Zelle, deren gesamtes Plasma bei den Rothalgen meist in die Bildung nur eines einzigen Spermatoriums aufgeht. Die Spermation werden aus der zurückbleibenden Zellhaut (*A v, s*) entleert, sind rundlich, anfangs membranlos und einkernig, später jedoch mit dünner Membran umkleidet und dann zweikernig, können sich nicht selbstständig bewegen, wie die mit Cilien versehenen Spermatozoiden der übrigen Algen und verdanken diesem Unterschied ihre besondere Bezeichnung. Die weiblichen Organe, hier Carpogonien genannt, sitzen ebenfalls an den Zweigenden zwischen den Antheridien tragenden Aesten. Das Carpogon (Fig. 264 *B*) besteht aus einer lang gestreckten, im unteren Theil (*c*) flaschenförmig angeschwollenen, im oberen Theil (*t*) fadenförmig gestalteten Zelle. Der Basaltheil enthält das Ei mit grossem Zellkern und Chromatophoren, der fadenförmige Theil wird als Trichogyn bezeichnet und fungirt als Empfängnisorgan für die Spermation, die zu einem oder zweien mit dessen Spitze copuliren (*C*), indem ihr Inhalt durch eine entstehende Oefnung

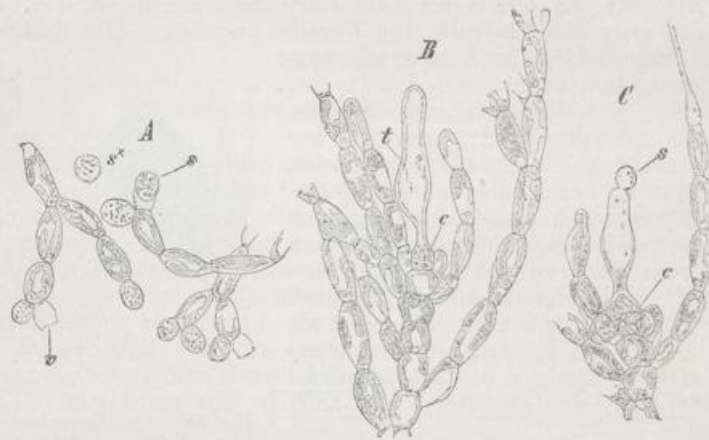


Fig. 264. *Batrachospermum moniliforme*. *A* einzelne durch Druck isolirte Wirtelzweige mit Antheridien. Bei *s\** ein Spermation, bei *s* ein solches im Augenblick der Entleerung, bei *v* ein leeres Antheridium. *B* ein isolirter Wirtelzweig mit einem noch unbefruchteten Carpalogonium. Bei *c* Basaltheil, bei *t* Trichogyn desselben. *C* ein Wirtelzweig mit befruchtetem Carpalogonium, *s* ein entleertes mit dem Trichogyn copulirtes Spermation, beginnende Sprossung aus dem Basaltheile des Carpalogons bei *c*. Vergr. 540.

in den Zellinhalt des Carpalogons unter Zurücklassung der entleerten Membran übertritt. Von den beiden Zellkernen des Spermatoriums soll nur einer zur Eizelle hinabwandern. Die befruchtete, sich vom Trichogyn abgrenzende Eizelle wird nun nicht direct zu einer Oospore, in Folge der Befruchtung wachsen vielmehr aus den Seitenflächen des Bauchtheils des Carpalogons zahlreiche, sich weiter verzweigende Schläuche hervor, die sporogenen Fäden. Zugleich sprossen aus den Tragzellen des befruchteten Carpalogons Hüllzweige hervor, die sich um die letzteren lagern und mit diesen eine sogen. Hüllfrucht, *Cystocarp*, bilden. Die sich reich verzweigenden sporogenen Fäden erzeugen aus ihren anschwellenden Endzellen die kugelförmigen, einkernigen Sporen, die man hier als *Carposporen* bezeichnet. Sie werden aus den zurückbleibenden Hüllen der Endzellen entleert. Aus den Carposporen entwickelt sich bei *Batrachospermum* zunächst ein aus Zellfäden bestehender Vorkeim, der aus seinen Endzellen ungeschlechtliche einzellige Sporen erzeugt. Dieselben dienen der Vermehrung des



Vorkeims. Schliesslich wachsen einzelne Zweige des Vorkeims zu den geschlechtlich differenzirten Thallusfäden heran. Die Sporenbildung am Vorkeim entspricht der Tetrasporenbildung der übrigen Florideen.

Bei anderen Florideengattungen verläuft die Bildung der Cystocarprien und Carposporen in noch complicirter Weise wie bei den Batrachospermen, überall ist aber in übereinstimmender Weise das Carpogon mit dem Trichogyn als Anlage der Cystocarprien vorhanden, und die Carposporen lassen sich nach OLTMANN'S in ihrer Entstehung stets als Abkömmlinge der befruchteten Eizelle nachweisen. Wir haben somit bei den Florideen zwei Generationen zu unterscheiden, einmal die geschlechtliche (Gametophyt), welche Eizellen und Spermastien bildet, und dann die aus der befruchteten Eizelle hervorgehende mit der Mutterpflanze in Verbindung bleibende ungeschlechtliche, Carposporen erzeugende Generation (Sporophyt), also eine Art von Generationswechsel, vergleichbar demjenigen der Moose und Farne. Die Tetrasporenbildung stellt eine ungeschlechtliche Form der Vermehrung der geschlechtlichen Generation vor und geht der Bildung der Sexualorgane voraus entweder auf demselben oder auf getrennten Individuen.

Besonderes Interesse verdient eine kleine Nordseealge, *Harveyella mirabilis*<sup>(22)</sup>, welche auf einer anderen Rothalge, der *Rhodomela subfusca*, als echter Schmarotzer in Form von kleinen weisslichen Polstern auftritt. In Folge der parasitischen Lebensweise ist die Chromatophorenbildung ganz unterdrückt, so dass wir in dieser Floridee einen echten Pilz vor uns sehen.

Officinell sind *Gigartina mamillosa* (Fig. 262) mit zäpfchenförmigen 2—5 mm langen Cystocarprien auf dem Thallus und *Chondrus crispus* (Fig. 261) mit ovalen, dem Thallus eingesenkten, ca. 2 mm langen Cystocarprien auf der Thallusfläche und ähnlichen Tetrasporenlagern an den Thallusendsegmenten. Beide leben in der Nordsee als purpurrothe oder purpurbraune festsitzende Algen; getrocknet sind sie von hellgelblicher Farbe und liefern das officinelle *Carrageen* (irländisches Moos), Pharm. germ., austr., das zu Gallertbereitung verwandt wird. — Verschiedene Florideen liefern das ebenfalls zur Gallertbereitung benutzte Agar-Agar; so *Gracilaria lichenoides* das Agar von Ceylon (auch *Fucus amyloaceus* genannt); *Euclima spinosum*, Agar von Java und Madagaskar. *Muscus helminthochortus* oder Wurmmoos, ein Gemenge der verschiedensten Meeresalgen der europäischen Küsten, wurde früher gegen Würmer und Kröpfe angewandt. Auch *Corallina officinalis*, eine Kalkalge, war früher officinell.

#### Klasse X.

#### Characeae, Armleuchtergewächse<sup>(23)</sup>.

Die Characeen bilden eine scharf umschriebene Gruppe von grünen Thallophyten mit charakteristischem Aufbau des Thallus und mit complicirten Sexualorganen. Sie mögen sich von den grünen Fadenalgen, den Confervoideen, aus abzweigen haben, aus demselben Stamme, welcher sich zu den Bryophyten und Pteridophyten weiter entwickelte, doch ist ihr Anschluss nach unten räthselhaft, da Zwischenformen fehlen und sie in ihren Gestaltungsverhältnissen viel höher als sämtliche grüne Algen stehen. Die Characeen umfassen sechs Gattungen mit ca. 160 Arten, die in Süßwasserteichen oder in Bächen am Grunde fest gewachsen, bis über fuhhohe submerse Wiesen bilden. Sie sind ausgezeichnet durch ihren regelmässigen Aufbau; die cylindrischen Hauptachsen des Thallus sind gegliedert, bestehen aus langen Internodien und kurzen Knoten, an denen kürzere begrenzte, aus wenigen Gliedern bestehende, ebenfalls cylindrische Seitenäste in regelmässigen Quirlen

entspringen (Fig. 265). Diese Seitenachsen sind entweder einfach oder tragen an ihren Knoten kurze Ausstrahlungen zweiter Ordnung. In der Achsel eines Seitenastes in jedem Quirl entspringt eine der Hauptachse ähnliche Seitenachse. So kommt ein armluchterartiger Habitus zu Stande. Am Grunde sind die Achsen mittels farbloser verzweigter Rhizoidfäden im Substrat befestigt. Letztere entspringen aus den Knoten.

Sowohl die Haupt- als die Seitenachsen wachsen an ihren Spitzen mittels je einer Scheitelzelle heran, die sich durch Querwände successive in Segmente theilt, jedes Segment theilt sich nochmals durch eine Querwand und es entwickelt sich nun aus der unteren Zelle die langgestreckte, ungetheilt bleibende Internodienzelle; aus der oberen Zelle entwickeln sich dagegen unter weiterer Theilung die Knotenscheibe, ferner die Seitenachsen und an der unteren Partie der Hauptachsen auch die Rhizoiden. Während bei der Gattung *Nitella* die lange Zelle eines jeden Internodiums nach aussen hin frei bleibt, wird sie bei der Gattung *Chara* dagegen mit einer einschichtigen Rindenlage aus längs verlaufenden Zellreihen, die aus den Basilarzellen der Seitenachsen an den Knoten hervorstehen, dicht umschlossen.

Die Internodienzellen der Characeen enthalten zahlreiche durch Fragmentation sich vermehrende Kerne in dem wandständigen, lebhaften Strömung aufweisenden Plasma und zahlreiche, in Längsreihen angeordnete ovale grüne Chromatophoren ohne Pyrenoide.

Ungeschlechtliche Fortpflanzung durch schwärmende oder andere Sporen fehlt bei den Characeen vollständig. Die sexuelle Fortpflanzung dagegen besteht in Eibefruchtung. Die weiblichen Organe, hier als Eiknospen bezeichnet, sind eiförmig und ebenso wie die kugeligen rothgefärbten Antheridien an den Knoten der Seitenachsen inserirt und mit blossen Auge sichtbar. Meist sind die Pflanzen monoecisch, einige Arten auch dioecisch.

Als Beispiel sei *Chara fragilis*, eine der häufigsten Arten, gewählt. Hier stehen die Geschlechtsorgane paarweise an den Knoten der Aeste (Fig. 266 B), und zwar ist das Antheridium nach unten gerichtet, die Eiknospe nach oben. Das Antheridium hat einen complicirten Aufbau und steht in dieser Hinsicht auf einer höheren Stufe als die gleichnamigen Organe bei den Moosen und Gefässcryptogamen. Es setzt sich mit einer Stielzelle (*Ap*) und



Fig. 265. *Chara fragilis*. Ende eines Hauptsprosses. Nat. Gr.

einer Basilarknotenzelle (*na*) an den Knoten an und besitzt eine hohlkugelförmige einschichtige Wandung aus acht flachen Zellen, von denen die vier oberen dreieckig, die vier unteren in Folge ihrer Anfügung an die Stielzelle trapezförmig gestaltet sind. Die Wandzellen werden als Schilder bezeichnet, sie sind nach den Rändern hin durch nach innen vorspringende Wände strahlig gefächert und bedingen durch ihre rothen Chromatophoren die rothe Farbe der Antheridien. (Im Querschnitt Fig. 266 Aa erscheint die Wandung in Folge der Fächerung der acht Schilderzellen wie aus vielen Zellen zusammengesetzt.) An jedes der acht Schildchen setzt sich in der Mitte ihrer Innenseite eine säulenförmige Zelle an, der Griff oder das Manubrium (*m*), das an seinem oberen Ende eine kugelige Köpfcenzelle trägt, von welcher eine grössere Anzahl langer, aus kurzen Zellen

sich aufbauender einfacher Zellfäden in das Innere des Antheridiums entspringen. Die Zellfäden nun erzeugen die Spermatozoiden, in jeder Fadenzelle nur eins, insgesamt in grosser Menge (bis 40 000 Spermatozoiden in einem Antheridium). Die Spermatozoiden sind korkzieherartig gewundene Fäden mit zwei sehr langen Cilien an der ersten Windung in einiger Entfernung von dem vorderen Ende (Fig. 97 A, S. 75), sie gelangen durch Auseinanderweichen der Schilder in's Wasser. In der Form der Spermatozoiden weichen die Characeen von allen übrigen Algen ab, nähern sich dagegen den Bryophyten und Pteridophyten. Die Eiknospen haben bräunliche Färbung, sind etwas grösser als die Antheridien, von ovaler Gestalt und sitzen mit einer Stielzelle (Fig. 266 A *po*) derselben Zelle (*na*) wie das Antheridium auf; auf die Stielzelle folgt eine flache Knotenzelle (*no*), auf diese eine sogen. Wendungszelle (*v*) und dann die grosse mit Oeltropfen und Stärkekörnern

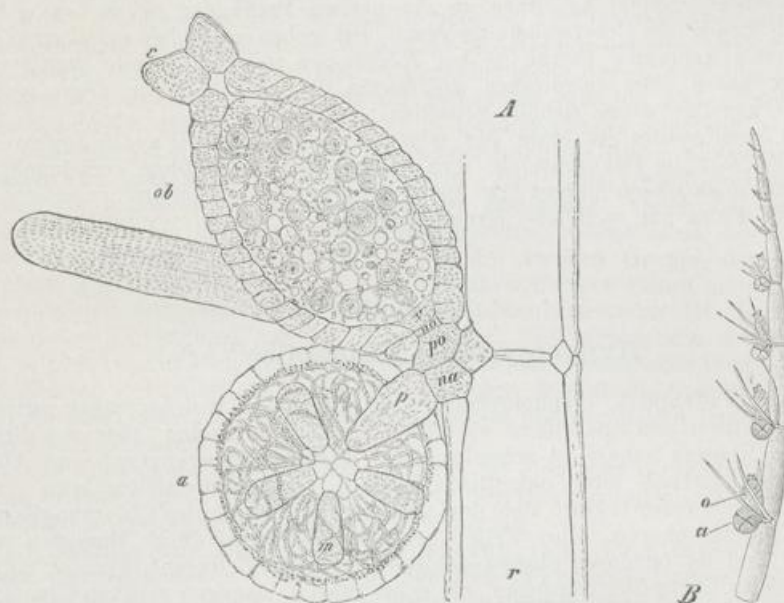


Fig. 266. *Chara fragilis*. A medianer Längsschnitt durch eine Seitenachse *r* und die demselben entspringenden Geschlechtsorgane, *a* Antheridium und zwar *na* Basilarknoten, *p* Stiel, *m* die Griffe, *ob* Eiknospe und zwar *po* Stielzelle, *no* die Knotenzelle, *v* die Wendungszelle, *c* das Krönchen. Vergr. 60. B ganze Seitenachse mit Aestchen dritter Ordnung an den Knoten, an den vier untersten je ein Antheridium *a* und eine Eiknospe *o*. Vergr. 6.

vollgepfropfte Eizelle, welche von fünf aus der Knotenzelle entsprechenden, spiralig gewundenen Hüllschläuchen dicht umschlossen wird. Die Hüllschläuche endigen in dem Krönchen *c*, dessen fünf Zellen von den Hüllschläuchen durch Scheidewände getrennt sind. Unter den Krönchenzellen am Halse weichen die Hüllschläuche vor der Befruchtung spaltenartig aus einander und durch diese Spalten schlüpfen die Spermatozoiden ein zur Eizelle. Nach der Befruchtung umgiebt sich die letztere mit einer dicken farblosen Haut und auch die Innenwände der Schläuche verdicken sich, werden braun und mit einer Schicht von amorphem Kalk bedeckt, während die äusseren weichen Zellwände der Schläuche bald nach dem Abfallen der Frucht vergehen, so dass die Oospore schliesslich von der Kalkschale und der dickwandigen cutinisirten Schale umschlossen wird.

Mit geringen Modificationen liegen die Verhältnisse ähnlich auch bei den

übrigen Characeen. Bei *Nitella* werden von der Mutterzelle der Eizelle nach einander 3 Wendungszellen abgetheilt, die erste am oberen Ende, die zweite seitlich, die dritte am Grunde, alle drei erscheinen später am Grunde der sich vergrößernden Eizelle zusammen gedrängt. Im Vergleich zu den weiblichen Organen der Moose und Farne, den sogen. Archegonien, lassen sich die Wendungszellen vielleicht als eine reducirte Archegoniumwandung auffassen.

Bei der Keimung der Eisporen entsteht zunächst ein einfach gestalteter, fadenförmiger mehrgliederiger Vorkeim, an dessen erstem Knoten Rhizoide entspringen, während am zweiten einige einfache Seitenachsen stehen sowie eine oder mehrere Hauptachsen, aus deren weiterer Verzweigung die fertige Pflanze heranwächst.

Einige Characeenarten zeichnen sich durch die Bildung besonderer, mit Stärke dicht erfüllter Knöllchen an der unteren Partie der Achsen aus. Dieselben dienen als Ueberwinterungsorgane und gehen entweder aus Knoten mit verkürzten Astquirilen hervor (so bei *Tolytelopsis stelligera*, wo sie sternförmige Gestalt haben) oder entsprechen modificirten Rhizoiden (z. B. bei *Chara aspera*, wo sie kugelige weisse Gebilde vorstellen).

*Chara crinita* ist eines der wenigen Beispiele für Parthenogenese (S. 76 u. 251) im Pflanzenreich; ihre Eiknospen werden ohne Verschmelzung mit Spermatozoiden direct zu entwicklungsfähigen Sporen; es treten in unserer Flora nur weibliche Exemplare auf.

#### Klasse XI.

#### Hyphomycetes, Fadenpilze<sup>(1, 2, 24)</sup>.

Die Fadenpilze, Hyphomycetes oder Eumycetes, welche früher mit den Schleimpilzen und Spaltpilzen als Fungi bezeichnet wurden, aber von diesen beiden Klassen scharf zu scheiden sind, dürften phylogenetisch von Algen als saprophytisch oder parasitisch lebende Formen abzuleiten sein. Aus ihrer Lebensweise erklärt sich der vollständige Verlust des Chlorophylls und der Chromatophoren. Ihre Zellen besitzen eine meist dünne Membran (vgl. S. 58) und im farblosen Plasma zahlreiche winzige Zellkerne (Fig. 62, S. 50); sie führen häufig Fettröpfchen, nie echte Stärke, dagegen vielfach Glycogen. Unter den Hyphomyceten zeigt die Gruppe der Wasser- oder Algenpilze, *Phycomyceten*, noch die meisten Beziehungen zu gewissen Chlorophyceen, besonders den Siphoneen, indem der vegetative Thallus bei ihnen aus einer einzigen einfach gestalteten oder fadenförmigen reichverzweigten vielkernigen Zelle besteht (vgl. Fig. 270, S. 310 von *Mucor*). Bei den übrigen Fadenpilzen dagegen ist der Thallus zwar auch aus vielfach verzweigten Fäden zusammengesetzt, dieselben bestehen aber aus einfachen Zellreihen. Die Pilzfäden bezeichnet man als Hyphen und unterscheidet demnach ungliederte und gegliederte Hyphen. Die Gesamtheit des fädigen vegetativen Thallus heisst Mycelium. Die Mycelhyphenzweige sind in der Regel unter sich frei oder nur lose verfilzt, sie durchziehen nach allen Richtungen hin das Substrat und saugen aus demselben organische Nahrung auf. Bei manchen höheren Pilzen können aber die Hyphen Gewebekörper durch reiche regellose Verzweigung und Verknäuelung bilden. Wenn die Fäden dabei dicht zusammenlagern und sich in kurze Zellen theilen, so entsteht auf diese Weise ein Scheinparenchym, Pseudoparenchym. Solches dichtes Hyphengewebe wird bei gewissen Arten erzeugt, wenn dieselben aus ihren Mycelien vegetative Ruhezustände, sogen. Sclerotien bilden, knollige oder strang-

artige feste pseudoparenchymatische Körper, die unter bestimmten Bedingungen wieder auskeimen (Fig. 106, S. 79). Ferner bestehen bei den höheren Pilzen allgemein die Fruchtkörper, die als Schwämme bezeichnet werden, aus lockerem oder dichterem Hyphengewebe (Fig. 105, S. 79). Eine häufige Eigenthümlichkeit der Mycelien sind die Fusionen oder Schnallenbildungen, durch welche benachbarte Zellen desselben oder zweier Fäden mit einander in offene Verbindung treten.

Sexuelle Fortpflanzung ist bei den *Phycomyceten* oder Algenpilzen nachgewiesen. Dieselben nähern sich darin einerseits den Conjugaten, andererseits den oogamen Confervoideen und Siphoneen und werden danach in die Gruppen der *Zygomyceten* und der *Oomyceten* unterschieden. Jedoch findet innerhalb beider Gruppen bereits eine Reduction der Sexualität bis zu vollständigem Schwinden statt und bei den beiden anderen Hauptgruppen der Pilze, den *Ascomyceten* und *Basidiomyceten*, sind Geschlechtsorgane und geschlechtliche Reproduction mit Sicherheit bis jetzt nur bei einigen Gattungen der ersteren nachgewiesen. Gerade umgekehrt bleibt dagegen bei den grünen selbstständig assimilirenden Algen die Sexualität erhalten und compliciren sich bei diesen die Geschlechtsorgane in fortschreitender Richtung.

Dagegen ist die ungeschlechtliche Sporenbildung allgemein vorhanden und zeigt grosse Mannichfaltigkeit. Mit Cilien versehene Schwärmsporen, in grösserer Anzahl in Sporangien entstehend, finden sich nur bei den *Phycomyceten* in der Gruppe der *Oomyceten*, welche darin den *Chlorophyceen* noch am nächsten stehen. Bei der zweiten Gruppe der *Phycomyceten* aber, den *Zygomyceten*, und bei allen übrigen Pilzen sind die ungeschlechtlichen Sporen unbeweglich und mit Membran umkleidet. Es erklärt sich dieser Unterschied aus der Lebensweise. Schwärmsporen werden nur bei solchen Algenpilzen gebildet, welche ganz oder wenigstens theilweise an das Wasser gebunden sind; die unbeweglichen behüteten Sporen dagegen sind an die Verbreitung in der Luft angepasst und somit den terrestrischen Pilzen eigenthümlich.

Die Bildung der letztgenannten Sporen ist eine sehr mannichfaltige und dient in erster Linie zur Charakterisirung der Hauptgruppen. Es sind zwei Hauptarten von Sporenbildung zu unterscheiden.

1. Bildung von Endosporen in Sporangien, deren Inhalt in zahlreiche sich abrundende und sich mit Membran umkleidende Sporen sich theilt (Fig. 271, S. 311). Die Sporangien entstehen in der Regel als Endzellen an besonderen Mycelästen oder Sporangienträgern.

2. Bildung von Conidien (Exosporen) durch Hervorsprossung und Abschneidung von Sporenzellen an den Enden von Mycelzweigen, die dann meist zu besonderen Conidienträgern ausgebildet sind (Fig. 278, S. 316).

Beide Sporenbildungen kommen bei den *Zygomyceten* vor und zwar bei gewissen Gattungen neben einander, bei anderen entweder nur die eine oder nur die andere. Zugleich sind bei gewissen *Zygomyceten* Uebergänge zwischen beiden Sporenbildungen vorhanden, welche uns die Conidie als eine von dem Sporangium abgeleitete Form, als ein einsporig gewordenes Sporangium erscheinen lässt.

Bei den formenreichen *Ascomyceten* ist das Sporangium als Hauptsporenbructification vorhanden und nach bestimmter Richtung hin ausgebildet als Sporenschlauch oder Ascus, in welchem die Sporen durch freie Zellbildung meist reihenweise und in einer bestimmten Zahl (vorherrschend acht) erzeugt werden (Fig. 274, S. 313).

Bei den *Basidiomyceten* dagegen treffen wir ausschliesslich Conidienbructification an und der Conidienträger erscheint hier nach bestimmter

Richtung in Bezug auf Form, Grösse und Sporenzahl ausgebildet als Basidie. Man unterscheidet verschiedene Formen von Basidien; am verbreitetsten ist diejenige der Hutpilze, bei denen am Ende des keulenförmigen Trägers auf vier dünnen Stielchen oder Sterigmen im Ganzen vier Sporen abgegliedert werden (Fig. 292, S. 330).

In beiden letzteren Pilzgruppen finden sich in gleicher Weise nun neben der Hauptfructification in Form von Ascen oder von Basidien auch noch Nebenfructificationen in Form von Conidien von mannichfaltiger Art. Ferner findet in beiden Reihen der höheren Pilze eine fortschreitende Complication in der Anordnung der Ascen beziehungsweise der Basidien statt. Während bei den einfacheren Formen dieselben frei an den Mycelästen entstehen, werden bei den höheren Formen mehr oder weniger complicirte Fruchtkörper gebildet, Ascusfrüchte bei den Ascomyceten, Basidienfrüchte bei den Basidiomyceten. In beiden Gruppen kommt es zur Ausbildung äusserlich oft sehr ähnlich gestalteter Fruchtkörper von knollenförmiger oder hutförmiger Gestalt. Die Ascen beziehungsweise die Basidien sind angeordnet in bestimmten Schichten oder Hymenien, an deren Zusammensetzung sich auch sterile schlauchförmige Hyphenendzellen, sogen. Paraphysen oder Saftfäden betheiligen (Fig. 292, S. 330). Die Hymenien überziehen innere Hohlräume der Fruchtkörper oder treten auf deren Aussenseite an bestimmten Stellen auf. Während für einige Ascomyceten die Anlage der Fruchtkörper auf Sexualorgane, Oogonien und Antheridien, zurückzuführen ist, indem aus dem befruchteten Oogonium zunächst durch Theilung ein mehrzelliges Gebilde, das Ascogon, das sich schliesslich in die ungeschlechtlichen Ascen verzweigt, hervorgeht, scheint dagegen bei den Basidiomyceten die Fruchtkörperbildung allgemein ohne vorherige Ausbildung von Sexualorganen sich zu vollziehen.

Neben den Sporangien und Conidien stellt sich nun bei manchen Pilzen noch eine dritte, secundäre Form der ungeschlechtlichen Sporen ein, die sogen. Chlamydo-sporen (bekleidete Sporen), welche meist reihenweise aus den Pilzhyphen entstehen und aufgefasst werden als Anlagen von Sporangien oder von Conidienträgern, die unter Unterbrechung ihrer Weiterentwicklung die Form von Sporen angenommen haben (Fig. 273, S. 312). Bei ihrer Keimung wachsen sie in der Regel direct zu Sporangien beziehungsweise zu Conidienträgern aus.

Die Fadenpilze gliedern sich nach obigen Ausführungen in folgendes System:

- A. *Phycomycetes*, *Algenpilze*, mit einzelligem Mycel und sexueller Fortpflanzung.
  1. Unterklasse *Oomycetes*. Oogonien und Antheridien; ungeschlechtliche Fortpflanzung meist durch Schwärmsporen.
  2. Unterklasse *Zygomycetes*. Zygosporenbildung; ungeschlechtliche Fortpflanzung durch Sporangien oder Conidien.
- B. *Ascomycetes* im weiteren Sinne, *Schlauchpilze*, mit gegliederten Hyphen, zum Theil mit Oogonien und Antheridien. Ungeschlechtliche Fortpflanzung durch Sporangien, nebenbei Conidien in verschiedenen Formen.
  3. Unterklasse *Hemiasci*. Sporangien ascusähnlich.
  4. Unterklasse *Ascomycetes*. Sporangien als Ascen ausgebildet.
- C. *Basidiomycetes* im weiteren Sinne, mit gegliederten Hyphen, ohne Sexualität; ungeschlechtliche Sporenbildung nur mit Conidien.
  5. Unterklasse *Hemibasidii*. Conidienträger basidienähnlich.
  6. Unterklasse *Basidiomycetes*. Conidienträger als Basidienträger ausgebildet.

Während von BREFELD die Ascomyceten von den sporangientragenden Zygomyceten, die Basidiomyceten von den conidientragenden Zygomyceten als höher stehende Pilzgruppen abgeleitet werden, ist es andererseits nicht ausgeschlossen, dass die Hyphomyceten eine polyphyletische Klasse darstellen, das heisst, dass ihre einzelnen Gruppen selbstständige Entwicklung von verschiedenen Algenordnungen aus genommen haben. Es würde dann die ganze Klasse später in mehrere Klassen zerlegt werden müssen.

### 1. Unterklasse. Oomycetes.

Zu den Oomyceten gehört eine grössere Anzahl von Gattungen, welche theils im Wasser auf faulenden Organismen, theils parasitisch in höheren Pflanzen auf dem Lande leben. In der Ausbildung der Geschlechtsorgane, Oogonien und Antheridien, sowie der ungeschlechtlichen Schwärmsporen zeigen sie vielfache Beziehungen zu gewissen grünen Fadenalgen. Es lässt sich innerhalb der Gruppe aber eine Reduction der Sexualität bis zu völligem Schwinden nachweisen.

1. An den Beginn dieser Reductionsreihe ist die Familie der *Monoblepharidaceen*<sup>(25)</sup> zu stellen, welche noch wohl entwickelte Spermatozoiden, in Antheridien, erzeugt. Die Gattung *Monoblepharis* (mit vier Arten) lebt mit ihrem einzelligen, schlauchförmigen verzweigten Mycel an faulenden organischen Stoffen

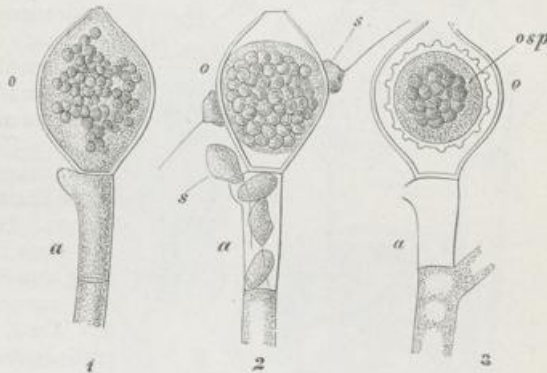


Fig. 267. *Monoblepharis sphaerica*. Ende eines Fadens mit einem terminalen Oogonium *o* und dem darunterliegenden Antheridium *a*, in 1 vor der Bildung der Eizelle und der Spermatozoiden, in 2 die letzteren *s* austretend und nach der offenen Mündung des Oogoniums hinkriechend, in 3 reife Oospore *osp*, das Antheridium entleert. Vergr. 800. (Nach CORNU.) Aus v. TAVEL, Pilze.

im Wasser, pflanzt sich ungeschlechtlich durch Schwärmsporen fort, welche in grösserer Zahl in Sporangien gebildet werden, ferner geschlechtlich durch Oogamie (Fig. 267). Bei *Monoblepharis sphaerica* werden an gewissen Hyphenenden terminale Oogonien mit nur einer Eizelle und Antheridien mit einer Anzahl von nur einzelligen Spermatozoiden erzeugt. Die letzteren kriechen aus einer Oeffnung des Antheridiums heraus auf das Oogonium und befruchten die Eizelle, die dann zu einer stachelig behäuteten Oospore wird. In der Ausbildung der Geschlechtsorgane zeigt sich eine wesentliche Uebereinstimmung mit dem Verhalten der Algenart *Oedogonium* (vgl. S. 289, Fig. 246).

2. In der Familie der *Peronosporaceen*<sup>(26)</sup> erfährt das Antheridium in so fern eine Reduction, als sein vielkerniges Protoplasma sich nicht mehr in Spermatozoiden sondert. Die hierher gehörigen zahlreichen Arten sind parasitische Pilze, welche mit ihrem reichverzweigten einzelligen Mycel in den Geweben höherer Pflanzen schmarotzen und dieselben zum Absterben bringen. Gewisse Arten bewirken in nassen Jahren epidemische Erkrankungen von Culturgewächsen und sind daher in hohem Maasse schädlich, so vor Allem die *Phytophthora infestans*, der Pilz der sogen. Kartoffelkrankheit. Seine Mycelfäden leben intercellular in

den Blättern und Knollen der Kartoffelpflanze, sie senden spärlich kurze Saugschläuche oder Haustorien in die Zellen hinein und verursachen die Braunfärbung und das Absterben des Laubes und der Knollen. Bis jetzt sind Geschlechtsorgane bei dieser Art noch nicht beobachtet, sondern nur die ungeschlechtlichen Sporangien, welche als ovale Gebilde zu mehreren auf langen verzweigten, vorzugsweise auf der Blattunterseite aus den Spaltöffnungen herauswachsenden Sporangienträgern gebildet werden (Fig. 268). Die Letzteren erscheinen dem blossen Auge als weisser Schimmel. Die Sporangien werden endständig angelegt und durch eine Querwand abgegliedert,

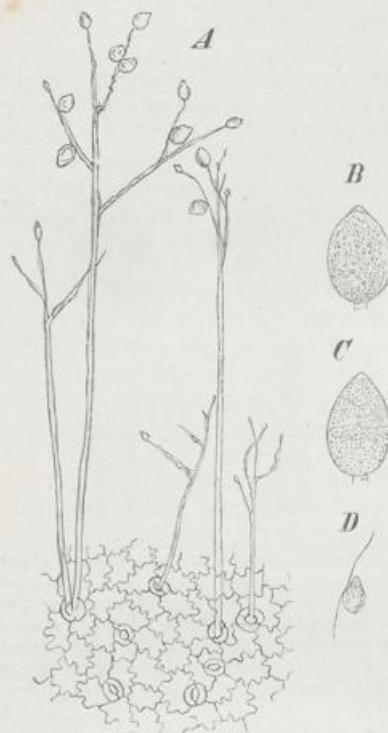


Fig. 268. A Oberflächenansicht der Blattepidermis von *Solanum tuberosum* mit den aus den Spaltöffnungen hervortretenden Sporangienträgern der *Phytophthora infestans*. Vergr. 90. B ein reifes Sporangium. C ein solches mit getheiltem Inhalt. D eine Schwärmspore. B—D Vergr. 540.

verursachend. Die Sporangien werden bei dieser Art in langen Ketten an Mycelästen unter der Epidermis der Nährpflanze erzeugt und entleeren im Wasser zahlreiche Schwärmsporen.

In der Bildung der Sexualorgane erinnern die Peronosporen an die Algengattung *Vaucheria* (S. 291). Sie entstehen im Innern der Nährpflanzen, die Oogonien als kugelige, durch je eine Querwand sich abgrenzende Anschwellungen von Hyphenenden, zuweilen auch intercalär in den Hyphen, die Antheridien als schlauchförmige, sich ebenfalls abgrenzende Ausstülpungen meist dicht unter den Oogonien. Beide sind vielkernig (Fig. 269, 1). Der Inhalt des Oogoniums

dann wächst der Träger neben dem Sporangium vorbei, so dass dasselbe dann eine seitliche Stellung erhält. Noch vor der Theilung des Inhaltes lösen sich die Sporangien (B) ab, werden durch den Wind verbreitet und tragen so zur raschen Ausdehnung der Epidemie bei. Die Entwicklung der Schwärmsporen aus den Sporangien erfolgt nur in Wasser und ist somit nur bei nassem Wetter möglich. Der Sporeinhalt theilt sich in mehrere, mit zwei Cilien versehene, ausschöpfende Schwärmsporen (C, D), die zu einem neuen in das Blatt eindringenden Mycelfaden auskeimen. Die Sporangien können auch direct ohne Theilung des Inhaltes und Bildung von Schwärmsporen zu Keimschläuchen auswachsen, nehmen in diesem Falle den Werth einer einzigen vom Träger abgegliederten Spore an und können dann auch als Conidien bezeichnet werden. Es lässt sich bei dem Kartoffelpilz, wie auch bei anderen Peronosporen somit der Uebergang von Sporangien zu Conidien verfolgen, eine Umbildung, die mit dem Uebergang von der aquatischen zur terrestrischen Lebensweise hier zusammenhängt.

*Plasmopara viticola*, mit reich verästelten Sporangienträgern, ist ein ebenfalls sehr schädlicher Parasit, der Pilz des sogen. falschen Mehlthaus der Blätter und Trauben des Weinstockes. Eine sehr häufige Art ist ferner *Cystopus candidus*, auf Cruciferen, besonders *Capsella bursa pastoris*, weisse Auftreibungen der Stengel



differenziert sich in eine einzige grosse centrale Oosphäre, welche einen Eikern in der Mitte enthält, während die übrigen Kerne in das peripherische sogen. Periplasma hineinwandern (Fig. 261, 2). Die Antheridien treiben nun einen Fortsatz in das Oogonium bis an die Oosphäre, hier öffnet sich die Spitze des Fortsatzes und es findet der Uebertritt eines männlichen Spermakerns in die Oosphäre statt (Fig. 269, 2). Nach erfolgter Verschmelzung beider Kerne erscheint die Oosphäre durch eine Membran abgegrenzt und das Periplasma wird zur Bildung der äusseren Sporenmembran, des Episporium, verbraucht. Die Oosporen keimen entweder direct zu einem Keimschlauch oder entwickeln zunächst Schwärmsporen.

3. Die dritte Familie der Oomyceten umfasst die *Saprolegnieen*<sup>(27)</sup>, die im Gegensatz zu den Peronosporaceen mit ihrem reichverzweigten einzelligen Mycel im Wasser an der Oberfläche faulender Pflanzen, Insecten und selbst auf lebenden Fischen vegetiren. Sie besitzen als ungeschlechtliche Fruchtform an ihren Mycelfäden terminale keulenförmige Sporangien, in denen zahlreiche mit zwei Cilien begabte Schwärmsporen erzeugt und nach aussen entleert werden. Als Geschlechtsorgane treten auch hier kugelige Oogonien als Endzellen von Mycelschläuchen auf, sie enthalten gewöhnlich mehrere oder viele Eizellen (bis 50), selten nur eine einzige. Die Antheridien sind hier ebenfalls schlauchförmig und sprossen meist unter den Oogonien hervor, legen sich an dieselben an und treiben Befruchtungsschläuche in sie hinein bis zu den Eizellen. Hierauf bilden sich die Eizellen zu derbwandigen Oosporen um. Bei einigen Formen kann sogar die Bildung der Antheridien gelegentlich oder auch stets ausbleiben, so dass also hier Parthenogenesis vorzuliegen scheint.

4. Zu den Oomyceten gehören ferner auch die *Cytridieen*, kleine parasitische Pilze, deren einzelliges Mycel nur geringe Entwicklung erfährt und bei gewissen Gattungen auf eine einfache, die Wirthszelle ganz erfüllende sackartige Zelle reducirt erscheint. Geschlechtliche Fortpflanzung ist nur bei wenigen Formen nachgewiesen, wohl aber vermehren sie sich allgemein durch ungeschlechtliche, in Sporangien gebildete Schwärmsporen.

5. Eine Mittelstellung zwischen den Oomyceten und Zygomyceten nehmen endlich die *Entomophthoreen* ein, welche mit ihrem Mycel in den Leibern von Insecten, Raupen u. s. w. schmarotzen und deren Tod verursachen. Am bekanntesten ist der im Herbst auftretende Stubenfliegenschimmel *Empusa Muscae*. Die Mycelschläuche dieses Pilzes brechen aus dem Hinterleib der Stubenfliege hervor und erzeugen an ihren Enden ungeschlechtliche Conidien, welche zur Reifezeit abgeschleudert werden, die Fliegen wie mit einem weissen Schimmelhofe umgeben und sehr zur Ausbreitung der Krankheit beitragen. Geschlechtliche Sporen kennt man von *Empusa* nicht, wohl aber von anderen Vertretern. Bei ihnen sind

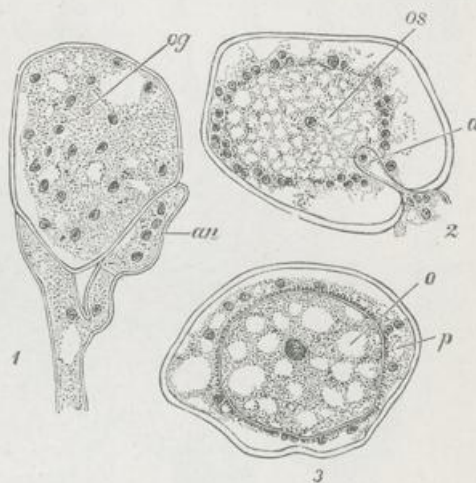


Fig. 269. Befruchtung der Peronosporaceen. 1 Peronospora parasitica. Junges vielkerniges Oogonium og und Antheridium an. 2 Cystopus candidus. Oogonium mit der centralen einkernigen Oosphäre und dem Befruchtungsschlauch a des Antheridium, welcher den männlichen Kern einführt. 3 desgl. Befruchtete Eizelle o umgeben von dem Periplasma p. Vergr. 666. (Nach WAGER.)

Oogonien und Antheridienschläuche von gleicher Beschaffenheit, einfache Schläuche, welche an ihren Enden anschwellen und durch Copulation eine Dauerspore bilden.

## 2. Unterklasse. Zygomycetes.

Zu den Zygomyceten gehören eine Anzahl der gewöhnlichsten Schimmelpilze, die vorwiegend auf faulenden pflanzlichen und thierischen Stoffen saprophytisch vegetiren und terrestrische Lebensweise führen. Ihr Mycelium ist einzellig, fadenförmig, reichverzweigt und erzeugt nie Schwärmsporen, dagegen ungeschlechtliche, unbewegliche, behütete Sporen in Sporangien oder als Conidien. Die sexuelle Fortpflanzung besteht in der Copulation zweier gleichwerthiger Gametenzellen zu einer Zygospore.

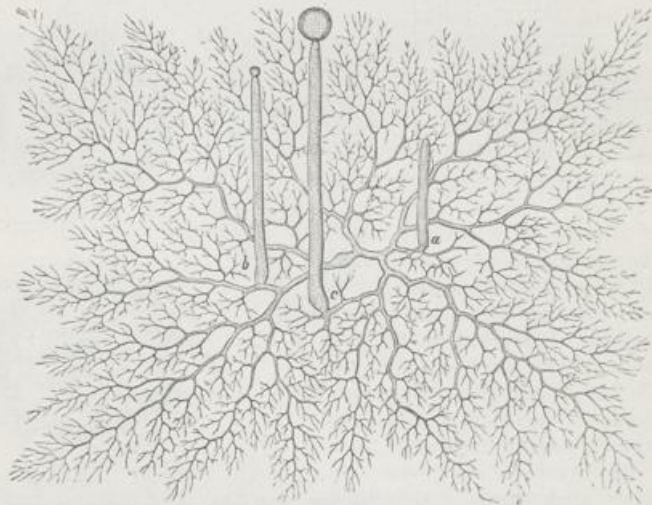


Fig. 270. *Mucor Mucedo*, aus einer Spore hervorgegangenes, einzelliges Mycelium mit drei Sporangienträgern *a*, *b*, *c* in verschiedenen Alterszuständen. Schwach vergrößert. Nach KNY's Wandtafeln. Aus v. TAVEL, Pilze.

Am bekanntesten und verbreitetsten ist der cosmopolitische Kopfschimmel, *Mucor mucedo*, dessen zierlich verzweigtes Mycel weisse Schimmelrasen auf feuchtem Brod, Mist, Fruchtsäften u. s. w. bei Abschluss von frischer Luft bildet.

Fig. 270 stellt ein Mycel von *Mucor mucedo* dar und zeigt zugleich, wie die kugeligen ungeschlechtlichen Sporangien auf senkrecht sich erhebenden dickeren Mycelschläuchen angelegt werden. Das Sporangium wird durch eine Querwand von dem Träger abgegliedert, die Querwand wölbt sich als sogen. Columella (Fig. 271 I, *c*) in das Innere vor und der Inhalt des Sporangiums zerfällt in zahlreiche ovale Sporen, die in einer in hohem Maasse quellungsfähigen Zwischensubstanz eingebettet liegen. Die Wandung des Sporangiums wird sehr leicht gesprengt und die Sporen werden bei der Entleerung durch die quellende Zwischensubstanz ausgebreitet, während die Columella zurückbleibt (Fig. 271 I, 5, 2).

Unter gewissen Bedingungen wird die ungeschlechtliche Sporangienfructification abgelöst durch die sexuelle Fortpflanzung, die darin besteht, dass an den Mycelschläuchen seitliche keulenförmige Aeste hervorkommen, paarweise mit den Enden

auf einander stossen (Fig. 272) und dort die conjugirenden Zellen oder Gameten durch je eine Querwand abgrenzen. Die letzteren verschmelzen nun zu einer Zygospore mit warzenbesetzter Membran. Die Zygosporen keimen nach längerer Ruhe und es können dann direct an den Keimschläuchen Sporangien gebildet werden (Fig. 272 5). Die copulirenden Myceläste entstehen in ganz ähnlicher Weise wie die Sporangienträger und können als geschlechtlich differenzirte Sporangienträgeranlagen betrachtet werden.

Auch innerhalb der Gruppe der Zygomyceten ist eine Reduction der Sexualität zu verfolgen. Bei gewissen Mucorineen werden zwar die Conjugationsschläuche paarweise angelegt, es findet aber keine Verschmelzung mehr statt, sondern die Endzellen werden direct zu Sporen, die man dann als Azygosporen bezeichnet, und endlich bei anderen Formen werden die an ihren Enden Azygosporen bildenden Schläuche einzeln am Mycelium angelegt.

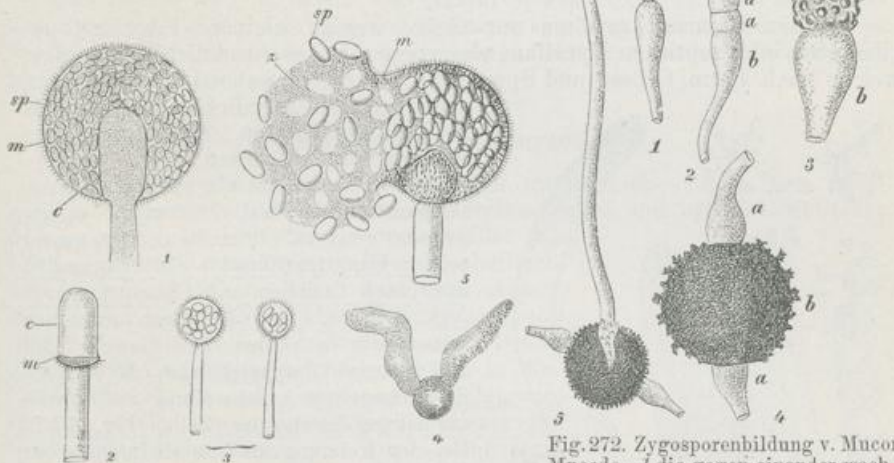


Fig. 271. 1—4 *Mucor Mucedo*. 1 Sporangium im optischen Längsschnitt, *c* Columella, *m* Membran. 2 entleertes Sporangium, nur die Columella *c* und ein Rest der Membran *m* ist beim Zerfliessen übriggeblieben. 3 zwei schwächliche Sporangien mit nur wenig Sporen und ohne Columella. 4 keimende Spore. 5 *Mucor mucilagineus*, *m* Sporangium in der Sporentleerung begriffen, die Membran *m* zerfliessend, die Zwischensubstanz *z* stark aufquellend. 1 Vergr. 225. 2—5 Vergr. 300. (Nach BREFFELD.) Aus v. TAVEL, Pilze.

Fig. 272. Zygosporenbildung v. *Mucor Mucedo*. 1 die gegen einander wachsenden Conjugationsäste. 2 Abgrenzung der conjugirenden Zellen *a* von den Suspensoren *b*. 3 weiteres Stadium, die conjugirten Zellen *a* sind als solche noch zu erkennen, die Warzen der Membran beginnen ihre Bildung. 4 reife Zygospore *b* zwischen den Suspensoren *a*. 5 Keimung der Zygospore mit einem Sporangium am Keimschlauch. 1—4 Vergr. 225, 5 Vergr. ca. 60. (Nach BREFFELD.) Aus v. TAVEL, Pilze.

Bei *Mucor mucedo* unterliegt die Grösse und die Sporenzahl der Sporangien auffallenden Schwankungen (vgl. Fig. 271 1, 3). Bei der Gattung *Thamnidium* nun hat sich ein Dimorphismus der Sporangien ausgebildet, ein grösseres viel-sporiges steht am Ende des Trägers und zahlreiche kleine wenigsporige, sogen. Sporangiolen, an wirtelig verzweigten Seitenästen des Trägers. Letztere können sogar unter bestimmten Ernährungsbedingungen nur eine einzige Spore ausbilden und auf diese Weise zu Conidien werden. Bei der tropischen Gattung *Choane-*

*phora* (auf Hibiscusblüthen lebend) ist der Dimorphismus am weitesten gegangen, indem hier neben den grossen Sporangien auf anderen besonderen Trägern Conidien erzeugt werden. Endlich giebt es Zygomyceten (z. B. *Chaetocladium*), bei denen ausschliesslich Conidien als ungeschlechtliche Fructification auftreten. So haben wir also in derselben Pilzgruppe alle Uebergänge vom vielsporigen Sporangium bis zur einzelligen Conidie.

Die Gattung *Pilobolus*, deren Arten als Schimmelpilze auf Excrementen häufig auftreten, besitzt eine besondere Vorrichtung zur Verbreitung der Sporen, die wie bei *Mucor* in grossen endständigen Sporangien erzeugt werden. Der Träger schwillt unter dem Sporangium birnförmig stark an und in Folge Turgorerhöhung und Wasseraufnahme im Träger platzt schliesslich die Columella und der aus ihr hervorspritzende Flüssigkeitsstrahl schleudert das abgerissene Sporangium mit grosser Kraft weit weg. Die Sporangienträger von *Pilobolus* sowie auch von anderen Mucorineen sind ausgesprochen positiv heliotropisch (S. 224).

### 3. Unterklasse. Hemiasci.

Zu den Hemiasci gehören nur einige wenige kleinere Pilze mit gegliedertem oder septirtem Mycelium, sie erzeugen ungeschlechtlich Sporangien, welche nach Form, Grösse und Sporenzahl zwar noch unbestimmt sind, aber schon gewisse Aehnlichkeit mit den als Asei ausgebildeten Sporangien der Ascomyceten aufweisen.

Als Beispiel sei ein auf Cichoriaceen schmarotzender Pilz, *Protomyces pachydermus*, genannt. Derselbe erzeugt ausser seiner Hauptfructification in Sporangien auch noch Conidien und Chlamydosporen (vgl. S. 306). Die Letzteren entstehen reihenweise aus den das Gewebe der Nährpflanze durchziehenden Mycelfäden durch kugelige Anschwellung und Wandverdickung der einzelnen Zellen (Fig. 273 1). Bei der Keimung treiben sie unmittelbar schlauchförmige Sporangien (2, 3), indem der Inhalt des Keimschlauches in zahlreiche kleine, schliesslich austretende Sporen (4) zerfällt. Bringt man die Sporen in Nährlösungen, so keimen sie und erzeugen dabei unmittelbar, ohne Mycelbildung, ovale Conidien, die durch Sprossung immer wieder neue, sich aus dem Sprossverband schliesslich lösende Conidien entwickeln (5). Eine solche Sprossung und man als Hefesprossung, die letzteren

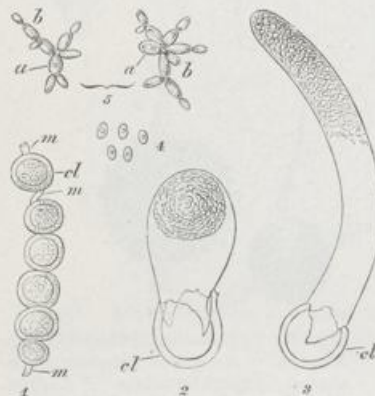


Fig. 273. *Protomyces pachydermus*. 1 Mycelfaden *m* mit Chlamydosporen *cl*. 2, 3 Chlamydosporen, welche zu Sporangien ausgekeimt sind, 4 befreite Sporen. 5 in Nährlösung keimende Sporen *a*, welche in hefeartiger Sprossung unmittelbar Conidien *b* abschnüren. 1 Vergr. 120. 2, 3 Vergr. 200. 4, 5 Vergr. 320. (Nach BRENFELD.) Aus v. TAVEL, Pilze.

Vermehrung von Conidien bezeichnet man als Hefeconidien. Erst wenn die Conidien auf die Nährpflanze selbst gelangen, keimen sie zu einem eindringenden Mycelium aus.

Auch viele andere Pilze der folgenden Unterklassen weisen neben ihrer sonstigen ungeschlechtlichen Sporenfructification in ihrem Entwicklungsgang solche durch Hefesprossung sich vermehrende Conidien auf, die unter bestimmten günstigen Ernährungsbedingungen gebildet werden. In der Natur finden sich Hefeconidien besonders häufig auf zuckerhaltigen Nährböden, also an Früchten z. B.

vor, und für manche dieser Conidien hat man die Zugehörigkeit zu einem bestimmten höheren Pilze bis jetzt noch nicht nachweisen können.

Solche Hefeconidien stellen nun auch die zur Gattung *Saccharomyces* vereinigten Bier-, Branntwein- und Weinhefen vor. Diese Pilze sind in physiologischer Beziehung bemerkenswerth; sie bewirken als Gährungserreger oder Fermente die Spaltung der Zuckerarten in Alkohol unter Kohlensäureabscheidung. *S. cerevisiae* bewirkt die Biergährung, *S. ellipsoideus* die Weingährung. Die Bierhefe ist nur in der cultivirten Form bekannt, der Weinhefenpilz dagegen kommt in der Natur schon im Boden der Weinberge vor und gelangt von dort auf die Trauben und so in den Most. *S. mycoderma*, der Kahmpilz, erzeugt auf der Oberfläche von Wein und Bier die sogen. Kahnhaut und bewirkt eine nachtheilige Zersetzung dieser Flüssigkeiten.

Die Hefen bestehen aus kugeligen, ovalen oder cylindrischen Conidien, die im Innern einen Kern enthalten und stets wieder in Conidien weitersprossen, indem die dünne Membran an einer Stelle sackartig vorgewölbt wird (Fig. 2, S. 7). Mycelbildung fehlt oder ist nur unvollkommen. Wenn bei fortgesetzter Sprossung das Substrat erschöpft wird, dann bilden die Hefen Sporangien, äusserlich den Conidien gleich, aber im Innern eine Anzahl Sporen erzeugend. Da die Grösse und Sporenzahl dieser Sporangien nicht immer eine bestimmte ist, so kann man die Saccharomyceten zu den Hemiasei rechnen, ihre systematische Stellung ist übrigens noch zweifelhaft.

#### 4. Unterklasse. Ascomycetes<sup>(28)</sup>.

Die Ascomyceten sind eine ungemein formenreiche Sippe von überwiegend parasitischen Pilzen mit gegliedertem Mycel, mit ungeschlechtlicher Sporenbildung in Sporangien, welche hier die Form des Ascus oder Sporenschlauches besitzen, der in seinem Innern eine bestimmte Anzahl von Sporen (meist acht in einer Reihe) entwickelt (Fig. 274). Als Nebenfructification treten besonders häufig Conidien verschiedener Form in dem Entwicklungsgang auf, ferner auch Chlamydosporen. Viele Ascomyceten sind in dieser Beziehung in hohem Maasse pleomorph. Von manchen kennt man bis jetzt nur die Nebenfructification in Conidien oder Chlamydosporen, aber nicht die dazu gehörigen Ascusfrüchte, und werden diese Pilze einstweilen als „Fungi imperfecti“ in der systematischen Literatur aufgezählt. Die physiologische Ursache der Pleomorphie und der Aufeinanderfolge der Asci, Conidien und Chlamydosporen in dem Entwicklungsgang der Ascomyceten ist noch wenig bekannt. Sexuelle Fortpflanzung ist mit Sicherheit erst bei einigen Gattungen nachgewiesen.

Bei den einfachsten Ascomyceten, den *Exoasci*, entstehen die Asci frei am Mycel, bei der Mehrzahl jedoch, den *Carpoasci*, in oder an besonderen Fruchtkörpern von verschiedener Form, welche sich aus sterilen und aus fertilen oder ascogenen Hyphen zusammensetzen. Nach der Beschaffenheit der Fruchtkörper zerfallen die Carpoasci in folgende Ordnungen:

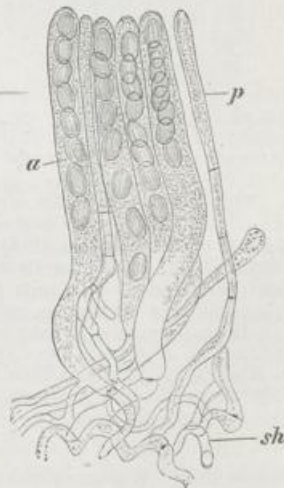


Fig. 274. Partie aus dem Hymenium von *Morchella esculenta*. a Asci, p Paraphysen, sh subhymeniales Gewebe. Vergr. 240.

1. *Perisporiaceae*. Sterile Fäden die ascogenen Fäden alleseitig mit einem Fadengeflecht einhüllend. Erst durch Verwesung oder Aufbrechen dieser Hülle (Perithecium) werden die Ascussporen frei (Fig. 277).

2. *Pyrenomyces*. Die sterilen Fäden bilden ein krugförmiges Perithecium, das zur Reifezeit an seinem Scheitel eine Oeffnung hat, in seinem Grunde die Asci nebst den Paraphysen in einer Schicht, dem Hymenium, trägt und die Sporen aus dem Porus entleert (Fig. 279).

3. *Discomycetes*. Die sterilen Fäden bilden zur Reifezeit einen offenen becherförmigen Fruchtkörper (Apothecium), auf dessen Scheibe das Hymenium sich befindet (Fig. 283), oder die Fruchtkörper sind grosse fleischige Träger, auf deren Oberfläche das Hymenium steht (Fig. 284).

4. *Tuberaceen*. Fruchtkörper knollenförmig, unterirdisch, zur Reifezeit geschlossen (Fig. 277).

### I. Ordnung. *Exoasci*<sup>(29)</sup>.

Die wichtigste Gattung dieser einfachsten, keine Fruchtkörper bildenden Ascomyceten ist *Taphrina* (incl. *Exoascus*), deren Arten als parasitische Pilze auf verschiedenen Bäumen leben und theils als einjährige Pilze sich subcuticular nur fleckiges Erkranken derselben bewirken, theils mit ihrem Mycel im Gewebe der Nährpflanzen überwintern, somit jährlich wiederkehrende Krankheiten an denselben verursachen. Das Mycel veranlasst dann die befallenen Sprosse zu reichlichen anomalen Verzweigungen, die man als Hexenbesen bezeichnet. So erzeugt *Taphrina Carpini* Hexenbesen auf der Weissbuche, *Taphrina epiphylla* solche auf *Alnus incana*. *Taphrina deformans* bewirkt die Kräuselkrankheit der Pfirsichblätter. *Taphrina Pruni* dagegen schmarotzt in den jungen Fruchtknoten der Pflaumen, in Folge dessen die Pflaumenfrüchte zu hohlen sackartigen Pilzgallen, sogen. Taschen, umgebildet werden. Die Ascusbildung vollzieht sich in der Weise, dass das Mycelium zwischen die Epidermis und die Cuticula der Blätter oder der Fruchtknoten eindringt und sich hier reichlich verzweigt und ausbreitet. Die einzelnen Mycelzellen schwellen an und bilden meist unter Abgliederung einer basalen Stielzelle je einen die

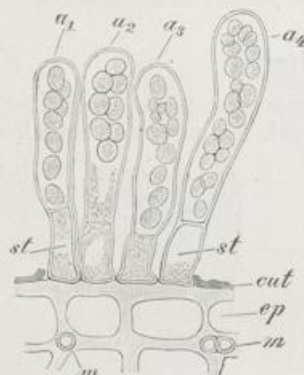


Fig. 275. *Taphrina Pruni*. Querschnitt durch die Epidermis einer inficirten Pflaume. Vier reife Asci.  $a_1, a_2$  mit acht Sporen,  $a_3, a_4$  mit Conidienhefesprossung aus den Sporen. *st* Stielzelle des Ascus. *m* Mycel quer durchschnitten, *cut* Cuticula, *ep* Epidermis. Vergr. 600. (Nach SADEBECK.)

Abgliederung einer basalen Stielzelle je einen die Cuticula nach aussen durchbrechenden Ascus mit acht Sporen (Fig. 275). Die zahlreichen Asci stehen dicht neben einander zu einem Ascushymenium vereinigt. Die Sporen werden aus

den in Folge Wasseraufnahme stark turgescirenden und am Scheitel aufplatzenden Schläuchen hinausgespritzt oder ejaculirt.

Die Sporen sprossen, häufig sogar schon in den noch geschlossenen Asci (Fig. 275  $a_3, a_4$ ) hefenartig aus und gliedern Conidien ab, so bei *Taphrina Pruni*.

### 2. Ordnung. *Perisporiaceae*<sup>(30)</sup>.

Zu dieser Ordnung gehören als Ascomyceten mit geschlossenen Ascusfrüchten die zwei Familien der *Erysipheen* oder Mehlthaupilze und der *Perisporicen*.

1. Die *Erysipheen* leben als schädliche Parasiten mit ihrem Mycel auf der Oberfläche, besonders auf den Blättern höherer Pflanzen, überziehen dieselben spinnwebartig und entsenden aus ihren Mycelfäden Haustorien oder Saugfortsätze in die Epidermis der Nährpflanze. Die reifen Ascusfrüchte (Peritheccien) sind in diesen weissen Ueberzügen als kleine schwarze Körperchen mit blossen Auge zu erkennen. Im einfachsten Fall (z. B. bei der Gattung *Sphaerotheca*) umschliesst das rundliche Peritheccium nur einen einzigen Ascus mit acht Sporen, welcher von sterilen Hyphen oder Hüllfäden in mehreren pseudoparenchymatischen Schichten dicht umwachsen ist. Bei der Gattung *Erysiphe* dagegen finden sich in jedem Peritheccium innerhalb der mehrschichtigen Hülle mehrere Asci vor. Durch unregelmässiges Aufplatzen des Perithecciums am Scheitel werden die Sporen schliesslich frei. Wie HARPER neuerdings nachgewiesen hat, besteht die erste Anlage des Perithecciums aus einem Oogonium und einem Antheridium. Beide werden an Hyphenästen als einkernige Sexualzellen durch je eine Scheidewand abgegrenzt, stehen dicht neben einander

und der männliche Kern tritt durch ein Loch in der Zellwand in das Oogon über (Fig. 276 1—4). Nach der Befruchtung des Oogoniums wird dieses von Hüllfäden, welche aus der Stielzelle entspringen, umgeben (5) und das Oogonium selbst wird zu einem mehrzelligen Gebilde, dem Ascogon (6), aus dessen vorletzter mehrkernigen Zelle bei *Sphaerotheca* der sporige Ascus entsteht, während bei *Erysiphe* diese Zelle ascogene Schläuche treibt, die ihrerseits die hier in Mehrzahl vorhandenen Asci bilden. Wir haben also hier ähnlich wie bei den Rothalgen einen regelmässigen Wechsel einer geschlechtlichen mit einer ungeschlechtlichen Generation. Die Mehlthauptilze vermehren sich, bevor sie zur

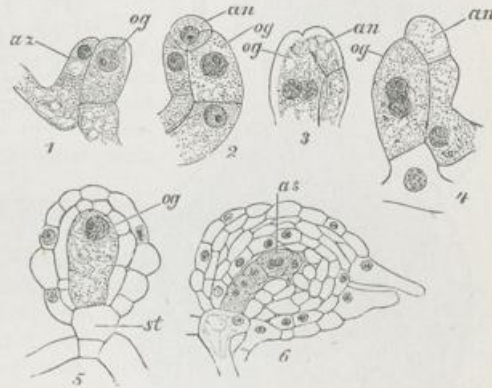


Fig. 276. *Sphaerotheca Castagnei*, Befruchtung und Perithecciumentwicklung. 1 Oogonium *og* mit angeschmiegttem Antheridiumzweig *ax*, 2 Abgrenzung des Antheridiums *an*, 3 Uebertritt des Antheridiumkernes zum Oogoniumkern, 4 Verschmelzung der Kerne, 5 Befruchtetes Oogonium mit 2 Lagen Hüllfäden aus der Stielzelle *st*, 6 Mehrzelliges Ascogon durch Theilung des Oogonium hervorgegangen, die vorletzte 2 kernige Zelle, *as*, liefert den Ascus. (Nach HARPER.)

Perithecciumbildung übergehen, zunächst durch Conidien, welche an besonderen aufrechten Mycelzweigen in Form von Ketten von der Spitze nach abwärts abgliedert werden. Nur in Form solcher Conidienträger fructificirend tritt der Mehlthauptilze des Weinstocks *Erysiphe Tuckeri* auf, ein in hohem Maasse schädlicher Parasit, der durch Bestäubung mit Schwefelblumen und mit Kupfersulfatmehl oder mit Bordeaux-Brühe (Kalk und Kupfersulfatlösung) bekämpft wird. Die Ascusfrüchte sind in Europa bis jetzt noch nicht gefunden. Seine Conidienform wird auch als *Oidium Tuckeri* bezeichnet.

2. Die *Perisporieen* sind mit den *Erysipheen* nahe verwandt, leben aber saprophytisch auf faulenden organischen Stoffen. Es gehören hierher zwei der gemeinsten Schimmelpilze, *Eurotium herbariorum* und *Penicillium glaucum*. Beide vermehren sich anfangs in reichlichem Maasse nur durch Conidien, bevor sie zur Bildung der Peritheccien übergehen.

Die Conidien von *Eurotium herbariorum* sind unter dem Namen Giesskannenschimmel bekannt, eine Bezeichnung, die von der eigenthümlichen Gestalt der

Conidienträger herrührt (Fig. 277 D). Der aus dem Mycel entspringende aufrechte Träger endigt mit einer kugeligen Anschwellung, auf welcher zahlreiche flaschenförmige Zellen (Sterigmen) aufsitzen, die fortgesetzt an ihrer Spitze kettenförmig zusammenhängende, radial ausstrahlende Conidienreihen abgliedern.

Diese Conidienträger stehen reihenweise neben einander und bilden so einen anfangs weissen, später blaugrünen Schimmel auf feuchten Vegetabilien, Früchten, Brod u. s. w.

Die ebenfalls blaugrünen Schimmelrasen von *Penicillium crustaceum*, dem überall verbreiteten Pinsel- oder Brodschimmel, bestehen dagegen aus quirlig verzweigten aufrechten Conidienträgern (Fig. 278), deren Zweige in flaschenförmigen Zellen endigen, welche die Conidien successive in Ketten abgliedern.

Die kugeligen Peritheecien von *Eurotium* und *Penicillium* erscheinen später

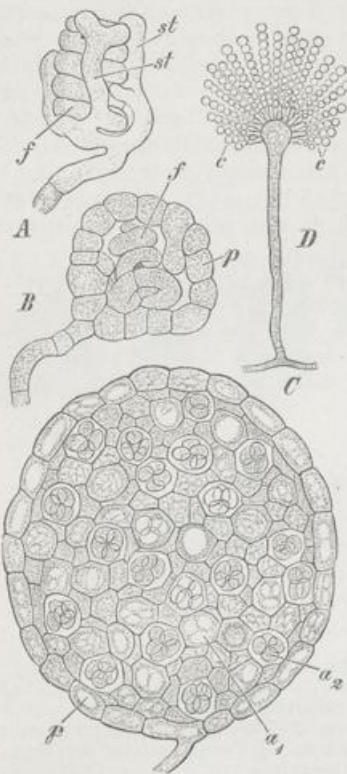


Fig. 277. *Eurotium herbariorum* (= *E. Aspergillus glaucus*). A Anlage der Schlauchfrucht, *f* gewundene fertile Hyphe, *st* sterile Hypphen. B junge Frucht, *p* die aus sterilen Hypphen gebildete Peritheciumwand. C halbreife Frucht mit achtsporigen reifen Asci  $a_2$  und einer Anzahl von unreifen Asci  $a_1$ . D Conidienträger, aus dem Mycel entspringend, *c* Conidien. (Nach KNY.)

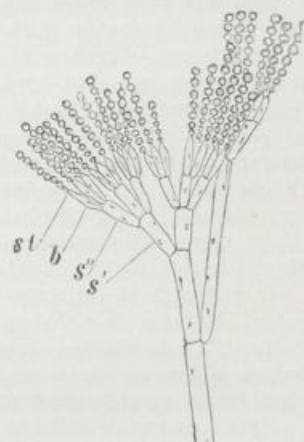


Fig. 278. *Penicillium crustaceum*, Conidienträger mit Zweigquirlen ( $s'$   $s''$ ). *b*, *st* Sterigmen mit den Conidienketten. Zellkerne sichtbar. Nach einem mit Alcohol gehärtetem und mit Haematoxylin gefärbtem Präparat. Vergr. 540.

am Mycel, bei letzterer Gattung treten sie nur selten auf. Sie sind complicirter gebaut als bei den Erysipheen. Ihre erste Anlage ist eine schraubig gewundene fertile Hyphe (Oogonium?), welche bald von Seitensprossen dicht umhüllt wird (Fig. 277 A, B), sich später in dem dicht umschliessenden pseudoparenchymatischen sterilen Peritheciumgewebe verzweigt und zahlreiche kleine rundliche achtsporige Asci erzeugt (C). In den reifen Früchten erscheinen die Schlauchwandungen und das Pseudoparenchym bis auf die einschichtige Fruchtwand aufgelöst; letztere platzt unregelmässig auf und entlässt die Sporen.



### 3. Ordnung. *Pyrenomycetes*, Kernpilze.

Ausserordentlich formenreiche Gruppe von Pilzen, welche theils parasitisch auf Pflanzentheilen, besonders Rinde und Blättern, theils saprophytisch auf faulem Holz, Mist u. s. w. leben. Einige wenige Gattungen leben parasitisch in Insectenlarven. Die Pyrenomyceten charakterisiren sich durch die krugförmige Gestalt ihrer Ascusfrüchte oder Peritheecien, welche an der Spitze eine offene Mündung besitzen und in ihrem Grunde ein Hymenium aus Asci und haarförmigen oft verzweigten Saftfäden oder Paraphysen (Fig. 279). Die Seitenwände des Perithecium sind bis zur Mündung ausgekleidet mit ähnlichen Hyphenhaaren, den Periphysen. Die Ascussporen werden durch den Porus nach aussen entleert, es streckt sich ein Ascus nach dem anderen in Folge Wasseraufnahme in die Länge und ejaculirt nun durch den Porus die Sporen, oder die Entleerung geschieht im Innern des Perithecium und die Sporen werden in aufquellendem Schleim eingebettet nach aussen hervorgepresst.

Die einfachsten Pyrenomyceten besitzen freie dem Mycel aufsitzende Peritheecien (Fig. 279 von *Podospora*), die in Form von meist schwarz gefärbten kleinen Körperchen auf dem pflanzlichen Substrat auftreten. Bei vielen anderen Kernpilzen aber complicirt sich die Ascusfruchtbildung, die Peritheecien erscheinen zu mehreren oder vielen dicht neben einander eingebettet in rundliche polsterförmige oder keulenförmige, zuweilen verzweigte Mycelkörper von dichter pseudo-parenchymatischer Structur. Man bezeichnet dieselben als Stroma.

Der Peritheciumbildung voraus gehen in dem Entwicklungsgang der meisten Pyrenomyceten mannichfache Nebenfructificationen, hauptsächlich Conidien, welche in verschiedener Weise von den Mycelfäden theils direct, theils auf besonderen Trägern abgegliedert werden und zur Ausbreitung des Pilzes beitragen. Häufig erscheinen die Conidienträger auf einem Conidienstroma vereinigt, treten in krustenförmigen Ueberzügen oder auf warzen- oder keulenförmigen Mycelkörpern auf und stellen dann sogen. Conidienfrüchte dar. Eine besondere Form solcher Früchte sind die bei vielen Gattungen auftretenden Pykniden, kleine kugelige oder flaschenförmige Gebilde, welche im Aufbau den Ascusperitheecien gleichen, aber statt der Asci als Auskleidung verzweigte Hyphenfäden besitzen, an deren Spitzen die Conidien, hier Pyknoconidien (oder Pyknoconidien) genannt, abgegliedert werden (Fig. 280 1, 2). Die verschiedenen Fruchtformen der Pyrenomyceten erscheinen in der Regel zeitlich nach einander.

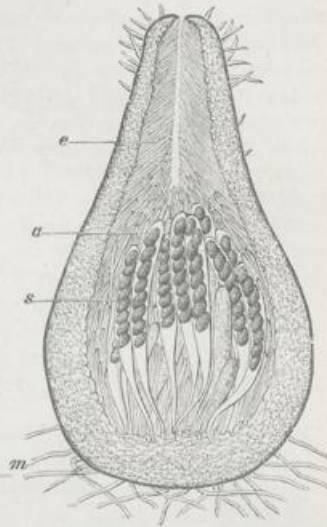


Fig. 279. Perithecium von *Podospora fimiseda* im Längsschnitt. *s* die Asci, *a* die Paraphysen, *e* die Periphysen, *m* Mycelfäden. Vergr. 90. (Nach v. TAVEL.)

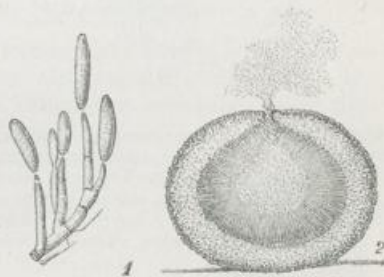


Fig. 280. 1 Conidienabschnürung an den Conidienträgern aus der Pyknide von *Cryptospora hypoderma*. Vgr. 300. (Nach BREFELD.) 2 Pyknide von *Strickeria obducens*, im Durchschnitt. Vergr. 70. (Nach TULASNE.) Aus v. TAVEL, Pilze.

Als Vertreter von Pyrenomyceten seien erwähnt die zahlreichen Arten der Gattung *Sphaeria*, die zu den Kernpilzen mit freien Peritheciën gehören und in Form kleiner tiefschwarzer kugliger Körper aus dünnen Stengeln und Blättern hervorkommen. Eine sehr häufige Art mit Stromabildung ist die auf abgetrockneten Aesten unserer Laubhölzer auftretende *Nectria cinnabarina* mit kleinen zinnoberrothen rundlichen oder länglichen Stromata, auf denen anfangs nur Conidien an fadenförmigen Trägern abgegliedert werden, später aber die eingesenkten Peritheciën sich bilden. *Xylaria hypoxylon*, der gemeine Holzpilz, auf faulen Baumstämpfen, erzeugt ein mehrere Centimeter hohes aufrechtes hirschwiehartiges Stroma, das an den Astenden Conidien erzeugt, in seiner mittleren Partie die zahlreichen eingesenkten Peritheciën entwickelt.

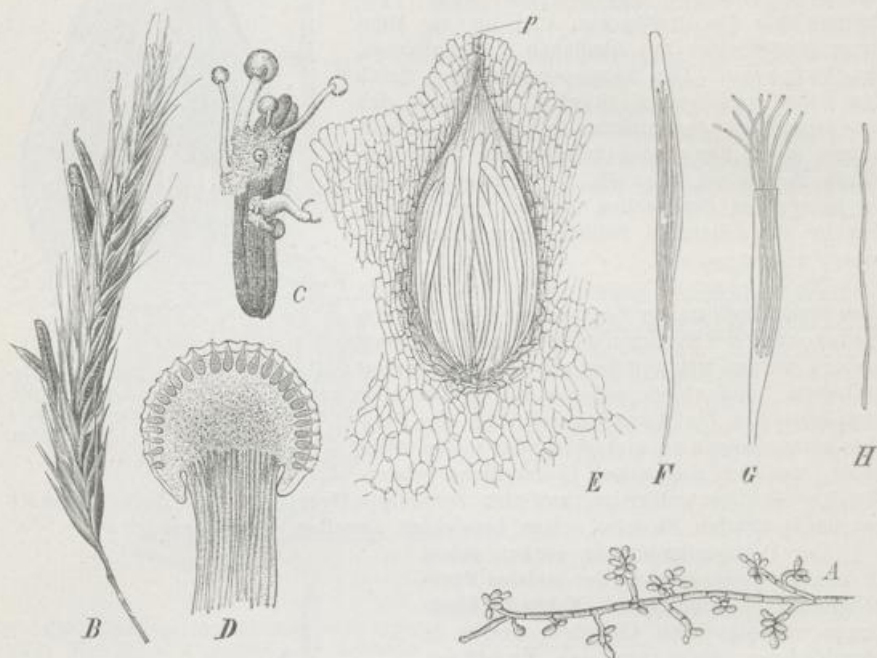


Fig. 281. *Claviceps purpurea*. A Conidienbildender Mycelfaden. B Roggenähre mit mehreren reifen Sclerotien. C gekeimtes Sclerotium mit gestielten zusammengesetzten Fruchtkörpern. D Längsschnitt durch das Köpfchen eines solchen Fruchtkörpers mit zahlreichen Peritheciën. E einzelnes Perithecium stärker vergrößert. F geschlossener Ascus mit acht fadenförmigen Sporen. G Austreten der Sporen. H einzelne Sporen. A nach BREFELD. C—H nach TULASNE. B phot. nach der Natur. — Officinell und giftig.

Wichtig als officinelles Gewächs ist *Claviceps purpurea*, der Pilz des Mutterkorns. Derselbe lebt parasitisch in den jungen Fruchtknoten verschiedener Gramineen, hauptsächlich des Roggens. Die Fruchtknoten werden im Frühsommer durch die Ascussporen inficirt, mit Pilzmycel überzogen und durch dasselbe zu weichen aussen gefurchten Körpern deformirt. Das Mycel geht bald zur Bildung von Conidien über, welche auf kurzen seitlichen Trägern in kleinen Köpfchen vereinigt abgegliedert werden (Fig. 281 A). Zugleich findet Ausscheidung eines süßen Saftes statt, mit dem die massenhaft erzeugten Conidien zu Tropfen zusammenfließen. Dieser sogen. Honigthau des Getreides wird von Insecten gesucht und durch diese auf andere Fruchtknoten übertragen. Die Conidien-

fructification des Pilzes wurde früher als besondere Pilzgattung *Sphacelia segetum* bezeichnet. Mit der Erschöpfung dieser Fructification und der Resorption des Fruchtknotengewebes durch das Mycel entsteht schliesslich an Stelle des Fruchtknotens aus dem Mycel ein Sclerotium, dadurch, dass die Hyphenfäden dicht zusammenwachsen und namentlich in der Peripherie unter Quertheilung zu einem geschlossenen Pseudoparenchym sich umbilden (vgl. Fig. 106, S. 79). Nur in der Mitte des Sclerotiums ist das Hyphengewebe lockerer und von weisslicher Färbung. Diese langgestreckten schwarzviolett gefärbten, aus der Kornnähre mit schwach hornförmiger Krümmung hervorragenden Sclerotien werden als sogen. Mutterkorn, *Secale cornutum* bezeichnet (Fig. 281 B). Die mit Reservestoffen (Fett) dicht angefüllten Sclerotien fallen schliesslich zu Boden, überwintern und keimen erst im nächsten Frühsommer zur Zeit der Roggenblüthe. Es brechen Hyphenbündel aus ihnen hervor, welche zu langgestielten, blassroth gefärbten Köpfchen heranwachsen (C). In letzteren werden zahlreiche eingesenkte Peritheccien, gleichmässig über die Oberfläche vertheilt, erzeugt (D, E). Diese gestielten Köpfchen, welche zu vielen aus demselben Sclerotium hervorbrennen und sich so lange strecken, bis sie aus dem Boden hinausragen, stellen somit zusammengesetzte Ascusfrüchte, Stromata mit Peritheccien, vor. Jedes Peritheccium enthält in seinem Grund eine Anzahl Asci mit acht langen fadenförmigen Ascosporen. Dieselben werden durch den Porus ejaculirt und gelangen, durch den Wind verbreitet, auf die Grasähren.

Verwandt mit *Claviceps* ist die in Insectenraupen parasitische Gattung *Cordyceps*. Diese Pilze verwandeln die Raupen in Sclerotien, aus denen schliesslich ein langes, keulenförmiges Stroma mit zahlreichen eingesenkten Peritheccien hervorkommt. Auch hier findet zunächst Conidienbildung am Mycel statt. *Botrytis Bassiana* ist der Pilz der Muscardine-Krankheit der Seidenraupen. Von ihm ist bis jetzt nur die Conidienfructification des Mycels bekannt, die in Form von schneeweissem Schimmel die getödteten Raupen überzieht und ähnlich beschaffen ist wie bei *Claviceps* (Fig. 281 A).

Officinell ist *Secale cornutum* (Pharm. germ.), Mutterkorn, das Sclerotium von *Claviceps purpurea*.

#### 4. Ordnung. *Discomycetes, Scheibepilze*<sup>(31)</sup>.

Die Discomyceten sind ebenfalls eine sehr formenreiche Gruppe von Schlauchpilzen; sie unterscheiden sich von den übrigen Ordnungen dadurch, dass ihre Schlauchfrüchte zur Reifezeit das aus Asci und Paraphysen bestehende Hymenium offen an ihrer Oberseite tragen. In der Ausbildung der Fruchtkörper machen sich bei den einzelnen Gruppen Verschiedenheiten geltend.

Die überwiegende Mehrzahl der Discomyceten, als deren Typus die Gattung *Peziza* mit einigen hundert Arten gelten kann, vegetiren meist mit ihrem Mycel auf lebenden oder todtten Pflanzentheilen, besonders auf faulendem Holz, zum Theil aber auch als Erdpilze in Humusboden. Sie besitzen napf-, becher-, trichter- oder kreiselförmige, fleischige oder lederartige Ascusfrüchte, meist von geringem Durchmesser. Eine der grössten Formen ist die erdbewohnende *Peziza aurantiaca* (Fig. 282) mit bis 7 cm breiten unregelmässig becherförmigen Früchten, welche lebhaft orangeroth gefärbt sind, während die Mehrzahl der Arten graue oder braune Färbung aufweist. Solche Becherfrüchte bezeichnet man hier nicht als Peritheccien, sondern als Apothecien. In den ersten Entwicklungsstadien



Fig. 282. *Peziza aurantiaca*. Nat. Gr. (Nach KROMBHOLZ.)

sind die Apothecien geschlossen, die dünne Hülle bricht aber bald nach der Anlage des scheibenförmigen Hymeniums auf und damit wird die Frucht gymnocarp (Fig. 283). Das Hymenium liegt auf der Innenseite des Bechers. Der unter dem Hymenium gelegene Theil des Fruchtkörpers, das Hypothecium, besteht aus dicht verflochtenen sterilen Hyphen, aus denen die Paraphysen des Hymeniums hervorstrecken, während die achtsporigen Asci aus besonderen, dickeren ascogenen, im Hypothecium sich verzweigenden Hyphen, die zwischen die Paraphysen hineinwachsen, entstehen. Die ascogenen Hyphen dürften auch hier aus einem befruchteten Oogonium hervorgehen. Die Apothecien treten getrennt unter sich, oft heerdenweise neben einander auf.

Sclerotien von verschiedener Form werden bei *Sclerotinia*-Arten gebildet. Sie entstehen bei *S. tuberosa* unterirdisch als knollige schwarze Gebilde auf todtten Rhizomen von *Anemone nemorosa*, bei anderen Arten dagegen ähnlich wie bei *Claviceps* aus den inficirten Fruchtknoten, so bei *S. baccarum* auf *Vaccinium Myrtillus*. Im Frühjahr keimen sie zu langgestielten Apothecien aus.

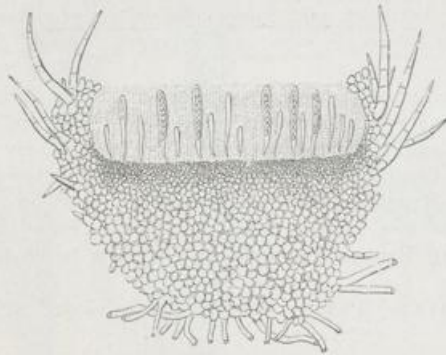


Fig. 283. *Lachnea pulcherrima*. Sporenreifes geöffnetes Apothecium. Zwischen den Paraphysen sind alte und junge Schläuche vertheilt. (Nach WORONIN.)  
Aus v. TAVEL, Pilze.



Fig. 284. *Morchella esculenta*.  
 $\frac{3}{4}$  nat. Gr.

Die eigenartigste und höchste Entwicklung erfährt der Fruchtkörper der Discomyceeten in der Gruppe der *Helvellaceen* oder Morchelpilze, welche mit ihrem Mycel unter der Erde, in Waldhumus vegetiren, ihre mannichfach gestalteten, wachsartig weichen Fruchtkörper aber über die Oberfläche hervorstrecken. Bei der Gattung *Morchella*, Morchel (Fig. 284) besteht der grosse Fruchtkörper aus einem aufrechten dicken Stiel, auf welchem ein kegelförmiger oder abgerundeter Hut mit grubiger runzelig vertiefter Oberfläche sich erhebt. Das Hymenium (Fig. 274, S. 313) mit den achtsporigen Asci breitet sich auf der Oberfläche des Hutes aus. Die Morcheln sind vorzügliche Speisepilze von angenehmem Geruch und Geschmack, besonders *M. esculenta*, die Speisemorchel, mit blassgelb-braunem rundlich eiförmigem Hut, bis 12 cm hoch, *M. conica*, die Spitzmorchel, mit dunkelbraunem kegelförmigem Hut, bis 15 cm hoch u. A. Ebenfalls essbare Pilze sind die ähnlich gestalteten *Lorcheln*, deren Hut aber müthenförmig herabgeschlagen, unregelmässig gelappt und blasig aufgetrieben ist, so *Gyromitra esculenta*, Lorchel oder Stockmorchel, mit schwarzbraunem Hut und weisslichem Stiel u. A. In der äusseren Form ihrer Fruchtkörper gleichen diese höchst entwickelten Discomyceeten vielfach den Fruchtkörpern der Basidiomyceeten.

Bei den Helvellaceen ist Conidienbildung als Nebenfructification nicht bekannt, wohl aber bei den übrigen Discomyceten häufig und in ähnlicher Weise mannichfaltig, wie bei den Pyrenomyceten.

### 5. Ordnung. Tuberaceae, Trüffelpilze<sup>(31, 32)</sup>.

Die Tuberaceen oder Trüffelpilze sind saprophytische, unterirdisch mit ihrem Mycel im Humus oder unter der faulenden Laubdecke der Wälder lebenden Ascomyceten. Sie gehören zu den Mykorrhizen bildenden Pilzen (S. 152). Die Ascusfrüchte, unter der Bezeichnung Trüffel bekannt, stellen unterirdische knollenförmige Körper vor (Fig. 285), welche von einer dicken pseudoparenchymatischen Hülle umgeben sind und im Innern des aus Hyphen bestehenden Grundgewebes die keulenförmigen Asci in nesterartigen Gruppen oder, wie z. B. bei *Tuber rufum* (Fig. 285 2), in engen gewundenen Kammern, die an ihren Wänden mit dem Ascushymenium bekleidet sind, tragen. Das Grundgewebe ist zum Theil locker gefügt mit luftführenden Intercellularen versehen (*d*), zum Theil in Form von anastomosirenden Adern aus dicht zusammenschliessenden Hyphen ausgebildet (*c*). Auf Querschnitten erscheint somit das Innere der Trüffel marmorirt und geadert. Die Sporen werden zu wenigen in den Asci erzeugt, bei den echten Trüffeln (Gattung *Tuber*) meist zu vier und meist mit stacheligem oder netzförmig verdicktem Epispor versehen. Bei völliger Reife der Früchte sind das sterile Gewebe des Innern und die Schlauchwandungen aufgelöst, die reifen Sporen liegen frei im Innern der Fruchthülle.

Manche Tuberaceen haben essbare Fruchtkörper von aromatischem Geruch und Geschmack. Sie werden besonders in Frankreich und Italien, auch in einzelnen Theilen von Deutschland, gesammelt und in den Handel gebracht. Die wichtigsten essbaren Trüffelarten sind die vier als schwarze Trüffel bezeichneten Arten der Gattung *Tuber*, nämlich *Tuber brumale*, *melanosporum*, *aestivum* und *mesentericum*, welche aussen schwarz, rothbraun oder schwarzbraun gefärbt und mit Warzen

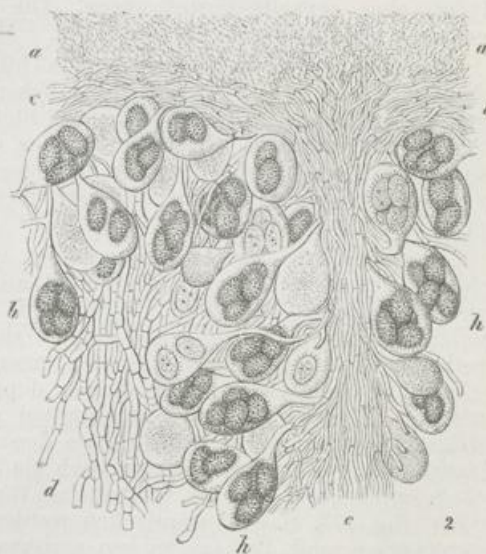
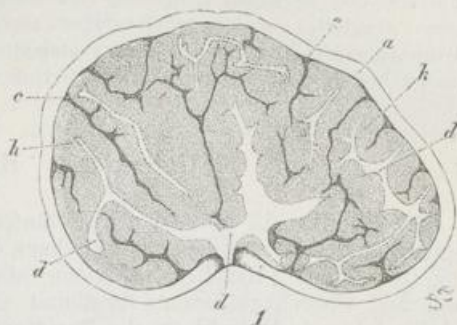


Fig. 285. *Tuber rufum*. 1 ein Fruchtkörper in Verticalsechnitt. Vergr. 5. *a* die Rinde, *d* lufthaltiges Gewebe, *c* dunkle Adern lückenlosen Gewebes, *h* das ascusbildende Gewebe, 2 ein Stückchen des Hymeniums. Vergr. 460. (Nach TULASNE.) Aus v. TAVEL, Pilze.

versehen sind, ferner die weisse Trüffel, *Choironomyces meandriformis*, welche das Ansehen und die Grösse der Kartoffeln aufweist, aussen blassbraun, innen weiss mit gelblichen Adern gefärbt ist. Die beiden ersten Arten erreichen Faustgrösse und werden bis zwei Pfund schwer. Nicht essbar ist *Tuber rufum*, von Wallnussgrösse, mit lederartiger Hülle und harter Innensubstanz, ferner auch die bei uns einheimische Hirschtrüffel *Elaphomyces granulatus*, deren gelbbraune Hülle hart korkig oder holzig ist.

Die Tuberaeen sind nach E. FISCHER theils von den Helvellaceen (so *Tuber*), theils von den Pezizeen, theils von den Perisporiaceen (so *Elaphomyces*, *Choironomyces*) abzuleiten und würden daher als sogen. polyphyletische Gruppe in 3 Gruppen aufzulösen sein. Ihre systematische Stellung zu den übrigen Ascomyceten bedarf indessen noch weiterer Untersuchungen.

### 5. Unterklasse. Hemibasidii.

Die Hemibasidii können als Vorläufer der eigentlichen Basidiomyceten insofern aufgefasst werden, als bei ihnen die Conidienträger gewisse Aehnlichkeiten mit den Basidien aufweisen, aber noch nicht wie die letzteren in Form und Sporenzahl scharf bestimmt sind. Sowohl die Hemibasidii als auch die folgende Unterklasse der Basidiomyceten sind Pilze mit gegliedertem Mycel, ohne sexuelle Fortpflanzung. Die ungeschlechtliche Sporenbildung geschieht nie in Sporangien oder Asci.

Die Hemibasidii umfassen nur eine Ordnung, die *Brandpilze*. Dieselben leben mit ihrem Mycel parasitisch in höheren Pflanzen meist in bestimmten Organen, entweder in den Blättern und Stengeln oder in den Früchten oder in den Staubgefässen. Besonders dienen die Gramineen als Nährpflanzen. Gewisse Arten sind dem Getreide in hohem Maasse schädlich, sie erzeugen in den Inflorescenzen von Hafer, Gerste, Weizen, Hirse, Mais die als Getreidebrand bekannten Krankheiten.

Das Mycelium der Brandpilze bildet auf der Nährpflanze als Abschluss seines vegetativen Lebens die sogen. Brandsporen, indem die reich verzweigten Hyphen sich durch Querwände in kurze anschwellende Zellen theilen (Fig. 286 A). Die Zellen runden sich ab, lassen ihre Membran aufquellen und umgeben sich als Sporen innerhalb der später verschwindenden Gallerthüllen mit einer neuen dicken doppelten Membran, bestehend aus farblosem dünnem Endospor und dunkel gefärbtem dickem Exospor. So zerfällt das Mycel in Sporen, die eine dunkelbraune oder schwarze staubige Masse vorstellen. Ihrer Bildung nach sind die Brandsporen als Chlamydosporen aufzufassen, wie sie in ähnlicher Weise unter den Hemiasci bei Protomyces (Fig. 273, S. 312) angetroffen werden, aber auch schon bei gewissen Zygomyceten und bei zahlreichen anderen Pilzen vorkommen. Die Entstehungsart der Chlamydosporen durch Zergliederung der Hyphen ist eine wesentlich andere als die der Conidien, welche an der Spitze von Hyphenästen durch Sprossung abgegliedert werden. Die Chlamydosporen keimen fructificativ aus, bei Protomyces bilden sie ein ascusähnliches Sporangium, bei den Brandpilzen dagegen geht aus ihnen bei der Keimung ein basidienähnlicher Conidienträger hervor. Die Brandsporen sind Dauersporen, sie werden von den Wirthspflanzen aus durch den Wind verstreut und keimen erst nach längerer Dauer, nach der Winterruhe, zu den Conidienträgern, deren Bildung bei den beiden Familien der Brandpilze, den *Ustilagineen* und den *Tilletiën* nach verschiedenen Typen erfolgt.

Als wichtigster Vertreter der *Ustilagineen* ist die Gattung *Ustilago* zu erwähnen. *Ust. segetum* (= *U. Carbo*) verursacht den Staubbrand in den Inflorescenzen von Hafer, Gerste, Weizen. Das Mycel durchsetzt die Fruchtknoten zwischen den Spelzen und erzeugt hier massenhaft die Brandsporen als schwarzbraunes ausstaubendes Pulver an Stelle der Getreidekörner. *Ust. Maydis* bildet an den Halmen, Blättern und Inflorescenzen des Mais grosse sackartige, mit dem schwarzen Brandsporenpulver erfüllte, geschwürartige Beulen und Blasen. Andere Arten leben auf den Blättern von Gräsern, *Ust. violacea* (= *U. antherarum*) dagegen in den Staubbeuteln verschiedener Caryophyllaceen (z. B. *Lychnis*) und erfüllt dieselben an Stelle des Pollen mit Brandsporen.

Die Brandsporen von *Ustilago* keimen nach der Ruhezeit auf dem Boden zu einem kurzen Schlauch, der sich durch 3 bis 4 Querwände theilt (Fig. 286 B) und den Conidienträger vorstellt; er bringt seitlich am oberen Ende der einzelnen Zellen sowie an seiner Spitze die eiförmigen Conidien hervor. Wenn reichlich Nährstoffe dem Pilz zur Verfügung stehen, also bei Cultur in Nährlösungen, so werden beständig Conidien in grosser Zahl abgegliedert (C) und die Conidien vermehren sich dann durch Sprossung in Hefeform (C, D). Sind die Nährstoffe im Substrat erschöpft, so wachsen die Conidien zu Mycelfäden aus. Auf den Getreideäckern findet die Conidienbildung in dem feuchten gedüngten Boden statt, also bei saprophytischer Ernährungsweise, und die schliesslich aus den Conidien hervorgehenden Fäden gehen zur parasitischen Lebensweise über, dringen in die ganz jungen Getreidekeimlinge ein bis zur Vegetations Spitze, wo später die Inflorescenzen angelegt werden. In Letzteren entwickelt sich das Mycel weiter und schliesst mit der Erzeugung der Brandsporen ab. Auf der Nährpflanze selbst werden keine Conidien gebildet.

Die *Tilletieen* führen ganz ähnliche Lebensweise wie die *Ustilagineen*. Am bekanntesten sind *Tilletia Tritici* (auch *T. Caries* genannt) und *Till. laevis*, die Pilze des Stein- oder Stinkbrandes des Weizens. Die Brandsporen werden auch hier in den Fruchtknoten gebildet, brechen aber nicht hervor, sondern erfüllen das Innere der aussen normal aussehenden Weizenkörner mit schwärzlichen, nach fauler Heringslake riechenden Brandsporen, welche bei ersterer Art mit netzförmigen Verdickungsleisten des Epispors versehen, bei letzteren dagegen glattwandig sind. Im Gegensatz zu den *Ustilagineen* erzeugt der Keimschlauch die fadenförmigen Brandsporen nur an seinem Scheitel, in wirteliger Anordnung zu 4 bis 12 (Fig. 287 1). Die Conidien zeigen hier die Eigenthümlichkeit, dass sie paarweise H-förmig mit einander verschmelzen, d. h. in der Mitte durch eine Brücke in offene Verbindung ihrer Zellen treten, ein Vorgang, der sich vielfach bei höheren Pilzen auch an den Mycelfäden einstellt. Die fadenförmigen Conidien keimen leicht aus und erzeugen nun an der Spitze des Keimschlauches wiederum eine Conidie, aber von sichelförmiger Gestalt (Fig. 287 2). Bei reich-

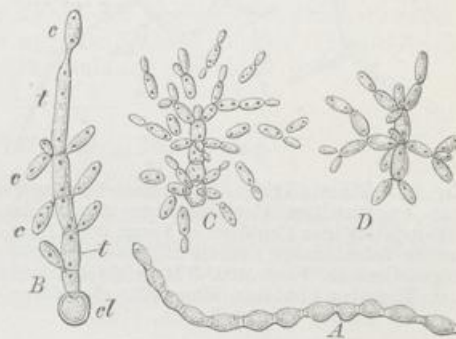


Fig. 286. A *Ustilago olivacea*. In der Bildung von Brandsporen befindlicher Mycelfäden. Vergr. 400. B—D *Ustilago segetum*. B in Nährlösung keimende Brandspore *cl* mit dem quergetheilten Conidienträger *t*, aus welchem seitlich und am Ende die Conidien *e* hervorsprossen. Vergr. 450. C in Nährlösung liegender, von abgefallenen sprossenden Conidien umgebener Keimling. Vergr. 200. D Sprossverband von Conidien. Vergr. 350. (Nach BREFELD.) Aus v. TAVEL, Pilze.

licher Ernährung wachsen die Keimschläuche aber zu grösseren Mycelien heran, an denen in reichem Maasse solche sichelförmige Conidien in Form von Schimmelrasen an der Luft abgegliedert werden. *Tilletia* weist somit im Gegensatz zu *Ustilago* zweierlei Formen von Conidien auf. Im Uebrigen ist die Entwicklung bei beiden Gruppen dieselbe.

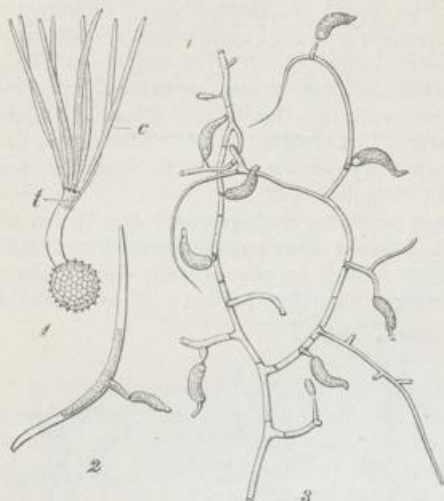


Fig. 287. *Tilletia Tritici*. 1 keimende Brandspore mit ungetheiltem Conidienträger *t* und den scheidelständigen Conidien *c*. Vergr. 300. 2 keimende fadenförmige Conidie mit einer sichelförmigen Conidie. Vergr. 400. 3 Mycelabschnitt mit sichelförmigen Conidien. Vergr. 350. (Nach BREFFELD.) Aus V. TAVEL, Pilze.

während die Bildung der Brandsporen als eine secundär erworbene eingeschobene Sporenbildung aufzufassen ist.

Zu den Tilletieen gehört auch *Urocystis occulta*, der Pilz des sogen. Roggenstengelbrands, dessen Brandsporenlager in den Roggenhalmen gebildet werden.

Die quergetheilten Conidienträger der Ustilagineen und die ungetheilten der Tilletieen erzeugen die Conidien in unbestimmter Zahl. Bei den eigentlichen Basidiomyceten kehren beide Typen von Conidienträgern wieder, die Sporenzahl ist aber eine bestimmte, beträgt vier, und solche Conidienträger bezeichnet man als Basidien.

Die Conidienbildung der Hemi-basidii stellt eine ursprüngliche Form der ungeschlechtlichen Sporenbildung, die Hauptfructification dar,

## 6. Unterklasse. Basidiomycetes.

Wie die Ascomyceten sind auch die Basidiomyceten eine ungemein artenreiche Gruppe von Fadenpilzen mit gegliedertem Mycel; sexuelle Fortpflanzung fehlt gänzlich. Sie charakterisiren sich durch das Auftreten der Basidien, d. h. Conidienträger von bestimmter Form, Grösse und Sporenzahl. Diese Zahl beträgt vier (nur ausnahmsweise zwei, sechs oder acht). Die Basidien treten in zwei Hauptformen auf: 1) als sogen. Protobasidien, deren Träger mehrzellig ist und zwar entweder quergetheilt (Fig. 288 A), indem der obere Theil des Trägers in vier Zellen getheilt wird, von denen eine jede auf einem seitlich am Ende inserirten Sterigma eine Spore abgliedert, oder längsgetheilt (Fig. 288 B), indem die Basidie durch zwei vertikale, auf einander senkrecht stehende Wände in vier mit langen schlauchförmigen Sterigmen versehene Zellen zerlegt wird; 2) als sogen. Autobasidien, mit ungetheiltem Träger (Fig. 288 C), welcher auf seinem Scheitel in der Regel vier dünne Sterigmen mit je einer Spore am Ende entwickelt. Die quergetheilten Protobasidien entsprechen den Conidienträgern der Ustilagineen, die Autobasidien denjenigen der Tilletieen.

Neben den als Basidien differenzirten Conidienträgern treten noch andere Conidienformen als Nebenfructificationen auf, ferner auch vielfach Chlamydosporen, so dass auch bei diesen Pilzen eine reiche Pleomorphie



der ungeschlechtlichen Sporenbildung an Stelle der mangelnden Sexualität tritt.

Nach der Form der Basidien zerfallen die Basidiomyceten in zwei Gruppen mit folgenden in Europa vertretenen Ordnungen:

A. *Protobasidiomyceten.*

- |            |                      |  |
|------------|----------------------|--|
| 1. Ordnung | <i>Uredineen</i>     | Basidien quergeheilt, nicht in Fruchtkörpern, aus Chlamydosporen hervorgehend. |
| 2. "       | <i>Auricularieen</i> | Basidien quergeheilt, auf oder in Fruchtkörpern.                               |
| 3. "       | <i>Tremellineen</i>  | Basidien längsgeteilt, auf Fruchtkörpern.                                      |

B. *Autobasidiomyceten.*

- |      |                       |  |
|------|-----------------------|--|
| 4. " | <i>Dacryomyceten</i>  | Basidien ungeteilt, mit 2 Sporen auf langen Sterigmen, auf Fruchtkörpern.        |
| 5. " | <i>Hymenomyceten</i>  | Basidien ungeteilt, 4 sporig, Fruchtkörper offen.                                |
| 6. " | <i>Gasteromyceten</i> | Basidien ungeteilt, meist 4 sporig, Fruchtkörper wenigstens anfangs geschlossen. |

1. Ordnung. *Uredineae, Rostpilze.*

Die Rostpilze leben als schädliche Parasiten mit ihrem Mycel in den Inter-cellularräumen der Gewebe hauptsächlich der Blätter höherer Pflanzen und sind die Erreger der Rostkrankheiten. Am nächsten schliessen sie sich an die Brandpilze an und erzeugen wie diese Chlamydosporen, die in Form von kleinen Pusteln oder Sporenhäufchen aus dem Gewebe der Nährpflanzen, als sogen. Rost, hervorbrechen. Bei der Keimung der Chlamydosporen geht aus dem Keimschlauch direct die quergeheilte Basidie hervor (Fig. 288 A), an welcher die vier Sterigmen mit je einer Spore successive sich entwickeln. Früher bezeichnete man die quergeheilte Basidie als Promycel und die Basidiosporen als Sporidien. Die Chlamydosporenbildung erfährt innerhalb der Familie eine weitgehende Complication. Bei der Mehrzahl der Uredineen treten nämlich diese Sporen in dreierlei Form neben oder nach einander auf:

1. als Telentosporen, Wintersporen, oder typische Chlamydosporen; sie sind wohl sämtlichen Arten ursprünglich eigenthümlich, treiben bei der Keimung unmittelbar zu den viersporigen Basidien

aus, sind mit dicker Membran umkleidet und repräsentiren in der Regel Dauersporen, welche den Winter überdauern. Sie entstehen in kleinen, die Epidermis durchbrechenden, meist rundlichen Lagern an den Enden zahlreicher, dicht neben einander stehenden Mycelenden, häufig zu zwei oder mehreren verbunden (Fig. 290 I, 5 t) und werden im Spätsommer gegen Ausgang der Vegetationsperiode gebildet.

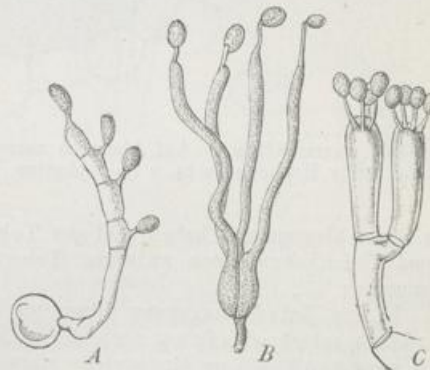


Fig. 288. Basidien. A einer Uredinee (*Endophyllum Euphorbiae silvaticae*). (Nach TULASNE.) B einer Tremellinee (*Tremella lutescens*). Vergr. 450. (Nach BREFELD.) C eines Hymenomyceten (*Tomentella granulata*). Vergr. 350. (Nach BREFELD.) Aus v. TAVEL, Pilze.

2. als Uredosporen, Sommersporen; sie entstehen in denselben oder in ähnlichen Lagern wie die Teleutosporen, gehen aber deren Bildung voraus, keimen nach ihrer Ablösung direct vegetativ auf der Nährpflanze aus und vermitteln die Ausbreitung des Pilzes im Sommer. Sie sind einzellig und mit dünner Membran umgeben (Fig. 290 5 u. 6).

3. als Aecidiosporen, welche den Uredo- und den Teleutosporen vorangehen, nach ihrer Ablösung vegetativ auskeimen und in besonderen Fruchtkörpern oder Aecidien entstehen. Die Aecidien (Fig. 289) sind kleine anfangs geschlossene, später sich öffnende becherförmige Gebilde, brechen aus der Epidermis der Nährpflanze hervor und tragen in ihrem Grunde ein Hymenium aus dichtstehenden Mycelästen, an denen in langen Ketten die rundlich polyedrischen Sporen abgegliedert werden. Die Hülle des Aecidiums, Peridie genannt, besteht aus den peripherischen, steril bleibenden Zellfäden.

Uredo- und Aecidiosporen weichen in ihrer nur vegetativen Keimung von den Teleutosporen ab, sind aber ihrer ganzen Bildung nach ebenfalls als Chlamydo- sporen aufzufassen, welche eine bestimmte biologische Rolle für die Ausbreitung

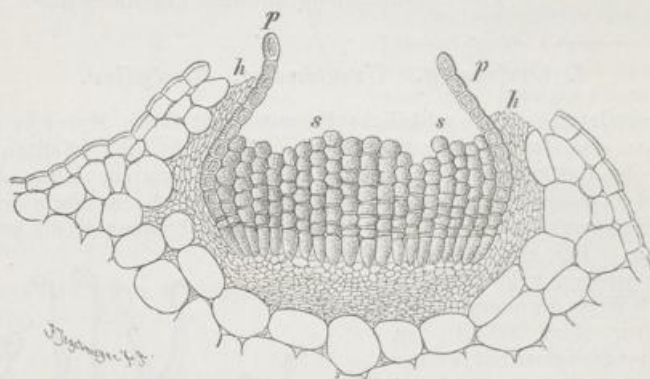


Fig. 289. *Puccinia fusca*. Auf *Anemone nemorosa*. Schnitt durch das Aecidium. *h* das umgebende Hyphengeflecht, *s* Sporenketten, *p* Peridie. Vergr. 150. (Nach v. TAVEL.)

des Pilzes übernommen haben und aus Teleutosporen hervorgegangen sein dürften, zumal Uebergangsformen zwischen Teleuto- und Uredosporen gelegentlich vorkommen.

In den Entwicklungsgang dieser mit trimorphen Chlamydo- sporen versehenen Uredineen schiebt sich ferner noch eine andere ungeschlechtliche Sporenfructification und zwar von Conidien ein, welche stets in Fruchtkörpern entstehen, nämlich in Pykniden von gleicher Form und Beschaffenheit, wie sie sich auch bei manchen höheren Ascomyceten vorfinden. Diese Pykniden (früher Spermogonien genannt) erzeugen im Innern auf fadenförmigen Conidienträgern winzige Conidien, sogen. Pyknosporen oder Pyknoconidien (früher Spermastien genannt, weil man sie für männliche Sexualzellen hielt), die aus der Mündung des krugförmigen Organs ausgestossen werden (Fig. 291). Die weitere Entwicklung dieser Sporen auf der Nährpflanze ist noch unbekannt, sie können aber in Nährlösungen zur Keimung gebracht werden. Die Pykniden erscheinen im Frühjahr in Gemeinschaft mit Aecidien aber etwas früher an der Oberseite der Blätter, während die Aecidien auf der Unterseite entstehen.

Die Uredineen weisen somit, da sie ausser den drei Chlamydo- sporenformen zweierlei Conidien, nämlich die in Pykniden und die an Basidien gebildeten, be-

sitzen, eine grosse Mannichfaltigkeit der ungeschlechtlichen Sporenbildung auf. Die verschiedenen Sporen folgen im Allgemeinen in der Jahreszeit auf einander, Aecidien und Pykniden im Frühjahr, im Sommer die Uredosporen, im Herbst die Teleutosporen, die dann im nächsten Frühjahr zu Basidien austreiben. Die Basidiosporen keimen alsbald und das aus ihnen hervorgehende Mycel dringt in die Nährpflanze ein und erzeugt dann zunächst Aecidien und Pykniden u. s. f. Aecidio- und Uredosporen besorgen die Ausbreitung des Pilzes während der Vegetationsperiode.

Entweder treten diese verschiedenen Sporenformen im Laufe des Jahres auf an ein und derselben Nährpflanze und man bezeichnet solche Uredineen als autöcisch (z. B. *Puccinia Porri*, der Zwiebelrost auf *Allium*, ferner *P. Asparagi*, der Spargelrost auf *Asparagus*) oder Pykniden und Aecidien finden sich auf der einen Nährspecies, Uredo- und Teleutosporen dagegen auf einer anderen, der ersteren im System oft sehr ferne stehenden Pflanze. Bei diesen letzteren heteröcischen Arten liegt also ein Wirthswechsel des Parasiten vor.

Als Beispiel für letzteres Verhalten und zugleich für den Entwicklungsgang der Uredineen sei *Puccinia graminis*, der Getreiderost erwähnt, welcher seine Uredo- und Teleutosporen auf allen grünen Theilen von Gräsern, besonders Roggen, Weizen, Gerste erzeugt und dessen parasitisches Mycel in hohem Maasse dem Getreide Schaden bringt. Die Aecidien und Pykniden dieser Art

entwickeln sich auf den Blättern der Berberitze (*Berberis vulgaris*). Im Frühjahr treiben zunächst die überwinterten, zu zweien vereinigten Teleutosporen ihre quergetheilten Basidien, von denen successive die vier Basidiosporen sich ablösen (Fig. 290 2), um auf die Berberitzenblätter durch den Wind verbreitet zu werden. Nur hier können sie keimen, der Keimschlauch dringt durch die Cuticula ein und entwickelt sich zum Mycel, aus dem bald an der Blattoberseite die Pykniden

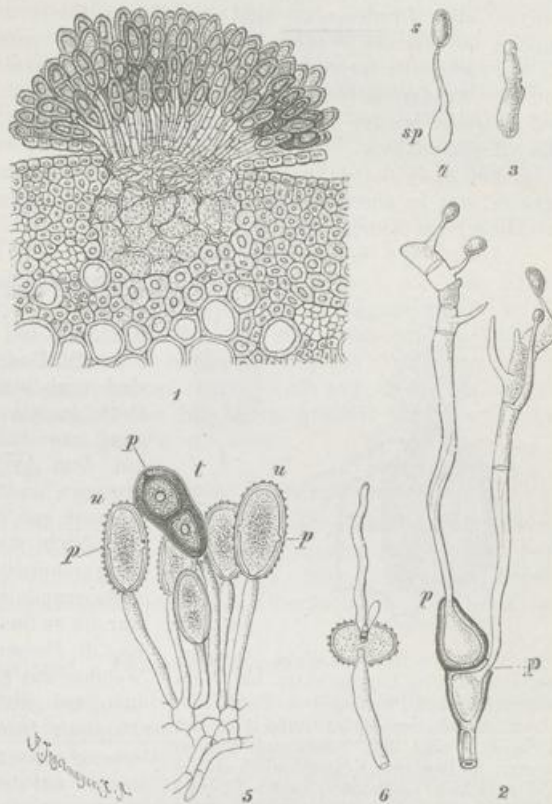


Fig. 290. *Puccinia graminis*. 1 Querschnitt durch einen Getreidehalm mit einem Teleutosporenlager. 2 keimende Teleutospore mit zwei Basidien. 3 vegetativ, 4 fructificativ keimende Basidienspore. Letztere mit Secundärspore, welche gebildet wird, wenn zur Infection einer Pflanze keine Gelegenheit geboten ist. 5 eine Gruppe von Uredosporen *u*, untermischt mit einer Teleutospore *t*; *p* die Keimsporen. 6 keimende Uredospore. (1 Vergr. 150; 2, 3, 4 nach TULASNE, 2 Vergr. ca. 230, 3, 4 Vergr. 370; 5, 6 nach DE BARY, 5 Vergr. 300, 6 Vergr. 390.)

Aus v. TAVEL, Pilze.

(Fig. 291), auf der Unterseite die Aecidien hervorgehen. Die letzteren werden als Becherrost (*Aecidium Berberidis*) bezeichnet und gleichen im Wesentlichen dem in Fig. 289 dargestellten *Aecidium* von *Puccinia fusca*. Die rothgelben Aecidiosporen stäuben aus der geöffneten Peridie aus und gelangen auf die Halme und Blätter von Gräsern, auf denen allein sie zu keimen vermögen. Das aus ihnen hervorgehende Mycel bringt im Sommer zunächst die Uredosporen (Fig. 290 5) hervor. Die Uredosporen sind einzellig, mit vier äquatorialen Keimporen in der aussen mit kleinen Warzen bedeckten Wandung versehen und enthalten rothgelbe Fetttropfen in ihrem Plasma, erscheinen daher als rothe strichförmige Häufchen auf der Epidermis (früher *Uredo linearis* genannt). Die Uredosporen sind sofort auf Getreide wieder keimfähig und verbreiten rasch in verderbenbringender Weise die Rostkrankheit. Im Ausgang des Sommers werden in denselben Lagern (Fig. 290 5, 1) die schwarzen stets zu zwei vereinigten dickwandigen Teleutosporen, mit je einem Keimporus, erzeugt, von denen im nächsten Jahr die Entwicklung von neuem anhebt.

Auch kann in dem durch *Uredo* inficirten Wintergetreide das Mycel überwintern und dann den Getreiderost mit Uebergehung von Basidiosporen und *Berberis-Aecidium* im nächsten Sommer hervorrufen.

Mit *Puccinia graminis* nahe verwandt sind noch einige andere häufige Gras- oder Getreideroste von ähnlichem Entwicklungsgang, so *P. Rubigovera* (= *P. straminis*) mit dem *Aecidium Asperifoliorum* auf Boragineen und *P. coronata* mit dem *Aecidium Rhamni* auf *Rhamnus*.

Nicht alle Uredineen weisen einen derartig complicirten Entwicklungsgang wie *Puccinia graminis* auf. Gewisse Arten erzeugen nur die zu Basidien keimenden Teleutosporen, so z. B. *Puccinia Malvacearum*, der Malvenrost, welcher aus Chile eingeschleppt, jetzt allgemein bei uns auf Malvaceen verbreitet ist. *Puccinia Bistortae* auf *Polygonum bistorta*, erzeugt ausser den Teleutosporen nur Uredosporen auf derselben Nährpflanze. *Puccinia fusca* entwickelt erst Pykniden und Aecidien

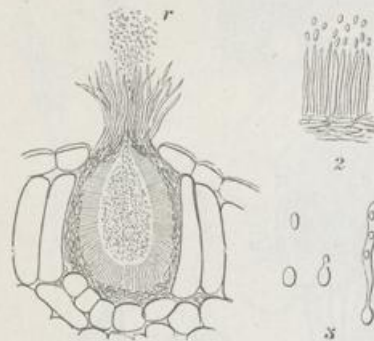


Fig. 291. *Puccinia graminis*. Pyknide auf *Berberis* im Längsschnitt, bei *r* die ausgestossenen Pyknosporen. Vergr. 150. 2 ein Stück des Hymeniums aus der Pyknide. Vergr. 225. 3 keimende Pyknosporen, im längeren Keimschlauch einige Oeltröpfchen. Vergr. 360. (Nach v. TAVEL.)

und dann Teleutosporen auf den Blättern von *Anemone nemorosa*, aber keine Uredosporen. Die verschiedene Ausbildung der Chlamydosporen ist somit innerhalb der Gruppe verschieden weit vorgeschritten, oder es ist die eine oder andere Sporenform nachträglich wieder ausgefallen. Ferner giebt es Arten, welche hauptsächlich oder ausschliesslich nur durch *Uredo* oder nur durch Aecidien sich fortpflanzen und muss bei diesen angenommen werden, dass vielleicht in Folge von besonderen äusseren Lebensbedingungen die Teleutosporenproduction fast ganz oder gänzlich unterdrückt wurde. So soll sich *Uromyces Fabae* auf *Vicia Faba* in Ecuador, im tropischen Klima, nur durch *Uredo* fortpflanzen.

Bei den heteröcischen Arten gelingt es nur durch entsprechende Aussaatversuche, die Zusammengehörigkeit der verschiedenen Sporenbildungen nachzuweisen. So lange dieser Zusammenhang für die einzelnen Formen noch nicht bekannt war, bezeichnete man die drei Sporenformen mit besonderen Gattungsnamen, die Uredosporenhäufchen als *Uredo*, die Aecidien je nach ihrer Beschaffenheit als *Aecidium*, *Roestelia*, *Peridermium* u. s. w. Die Gattungsbezeichnung ge-

schieht jetzt nach der Beschaffenheit der Teleutosporen, weil diese Sporen die charakteristischsten Unterschiede aufweisen.

Manche Uredineen sind schädliche Parasiten, so z. B. *Gymnosporangium Sabinae*, deren Teleutosporen auf *Juniperus Sabina* auftreten, während Pykniden und Aecidien auf *Pirus communis* erscheinen. Die Aecidien stellen den sogen. Gitterrost der Birnbaumblätter vor und wurden als *Roestelia cancellata* bezeichnet. Die als *Peridermium* oder Blasenrost bezeichneten Aecidien auf den Nadeln und der Rinde von Pinus-Arten gehören zu verschiedenen Arten der Gattung *Coleosporium*, deren Uredo und Teleutosporen auf Compositen und Rhinanthaceen auftreten, sowie der Gattung *Cronartium* mit Uredo und Teleutosporen auf *Vincetoxicum* und *Ribes*. In hohem Maasse schädlich der tropischen Kaffeeultur ist die *Hemileia vastatrix*, deren Uredo und Teleutosporen auf Kaffeeblättern auftreten. Die durch sie verursachte sogen. „Coffee leave's disease“ hat die Kaffeeultur auf Ceylon fast vernichtet.

### 2. Ordnung. Auriculariaceae.

Basidien wie bei den Uredineen quergeteilt, mit vier Sporen, aus dem Mycel entspringend, ohne Chlamyosporenbildung. Hierher nur wenige Formen, unter denen am bekanntesten der Hollunderschwamm oder das Judasohr, *Auricularia sambucina*, mit gallertartigen dunkelbraunen muschelförmigen Fruchtkörpern, die auf ihrer Innenseite das Basidienhymenium tragen und aus alten Hollunderstämmen hervorbrechen. Die Gattung *Pilacre* hat kleine gestielt köpfchenförmige Fruchtkörper, welche die Basidien im Innern erzeugen.

### 3. Ordnung. Tremellineae, Zitterpilze.

Basidien der Länge nach geteilt (Fig. 288 B). Die Fruchtkörper der Zitterpilze sind von gallertartiger Beschaffenheit, lappig oder runzlig gefaltet und auf ihrer Oberseite mit dem Basidienhymenium überkleidet. Nur wenige Gattungen, saprophytisch in faulenden Baumstämmen, aus deren Oberfläche die Fruchtkörper hervorkommen.

### 4. Ordnung. Dacryomycetes.

Die Basidien sind ungeteilt, lang keulenförmig und wachsen in zwei lange dicke Sterigmen aus, welche an ihren pfriemlichen Enden je eine Spore bilden. Fruchtkörper gallertig oder knorpelig, verschieden gestaltet, auf der Oberseite die Basidien tragend. Hierher u. a. *Calocera viscosa* mit rothgelben gabelig verzweigten bis 6 cm hohen Fruchtkörpern auf alten Nadelholzstämmen in unseren Wäldern häufig.

### 5. Ordnung. Hymenomycetes<sup>(31, 33)</sup>.

Die Basidien sind ungeteilt und tragen an der Spitze auf schmalen Sterigmen vier Sporen (Fig. 292 b, sp). Bei den einfachsten Formen entspringen diese Autobasidien direct dem Mycel, bei der überwiegenden Mehrzahl aber kommt es zur Bildung von Fruchtkörpern, auf denen an bestimmten Stellen die Basidien in Schichten oder Hymenien auftreten. An der Zusammensetzung der letzteren theiligen sich die Saftfäden oder Paraphysen (Fig. 292 p) und die ebenfalls sterilen Cystiden (c) oder Schläuche, welche sich durch grösseren Umfang auszeichnen und meist stark verdickte Membran aufweisen. Chlamyosporenbildung tritt innerhalb der Ordnung nur vereinzelt auf, hat also im Gegensatz zu den Uredineen ganz untergeordnete Bedeutung.

Die meisten Hymenomyceeten leben mit ihrem reich verzweigten weissen Mycelium im humushaltigen Boden der Wälder oder in faulendem Holz, in absterbenden Baumstämmen und erheben ihre, oft bedeutende Grösse erreichenden

*Der Hymenomycetes*

massigen Fruchtkörper, die gemeinlich als Schwämme bezeichnet werden, über die Oberfläche des Substrats. Das Mycel der im Boden vegetirenden Formen breitet sich an der Peripherie immer weiter aus und nimmt, indem es von der Mitte aus nach Erschöpfung der Nährstoffe im Substrat abstirbt, eine von Jahr zu Jahr immer grösser werdende ringförmige Zone ein. In Folge dessen erscheinen dann auch die jährlich im Herbst hervorkommenden Schwämme bei ungestörter Entwicklung in Ringen angeordnet, welche vom Volk Hexenringe genannt werden. Die Hexenringe können mehrere Meter Durchmesser erreichen, sie sind nicht nur von Hymenomyceten (beispielsweise vom Fliegenschwamm und Steinpilz) bekannt, sondern auch von den grösseren humusbewohnenden Ascomyceten, den Morcheln. Die Minderzahl der Hymenomyceten vegetirt parasitisch in der Rinde oder dem Holz von Holzgewächsen, so z. B. unter den Hutschwämmen der Hallimasch, *Armillaria mellea*, dessen Mycel zugleich eine abweichende Ausbildung erfährt (Fig. 293). Die Mycelfäden, welche zwischen Rinde und Holz von Nadelhölzern vegetiren, verfilzen sich nämlich unter reichlicher Verzweigung

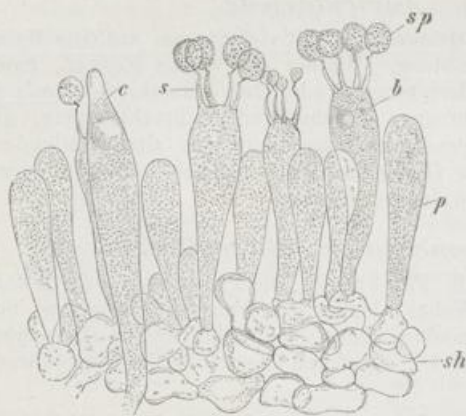


Fig. 292. *Russula rubra*. Partie aus dem Hymenium; *sh* subhymeniale Schicht, *b* Basidien, *s* Sterigmen, *sp* Sporen, *p* Paraphysen, *c* eine Cystide. Vergr. 540.

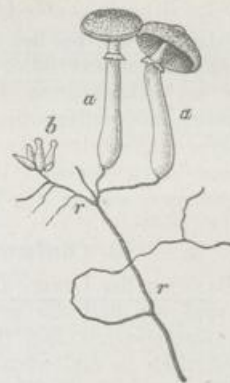


Fig. 293. *Armillaria mellea*. Stück eines Rhizomorphastranges mit reifen (*a*) und jungen (*b*) Fruchtkörpern.  $\frac{1}{4}$  nat. Gr. (Nach HARRIG.) Aus v. TAVEL, Pilze.

zu flachen, verästelten, aussen schwarzen Strängen, von denen feine haarförmige Hyphen zur Nahrungsaufnahme aus dem Substrat entspringen. Aus diesen als Rhizomorpha bezeichneten Strängen kommen später die Fruchtkörper als gestielte Hüte hervor. Ausser diesen subcorticalen Rhizomorphen werden vom Mycel auch noch unterirdische lange Rhizomorphen gebildet, welche von einer Wurzel ausgehend andere Wurzeln mit dem Pilz inficiren können. Die Rhizomorphen können als eine Sclerotiumbildung aufgefasst werden. Auch andere Arten bilden Sclerotien, so *Caprinus stercorarius*, ein auf Kuh- und Pferdemit lebender kleiner Hutpilz mit kleinen rundlichen schwarzen Sclerotien.

Die fortschreitende Complication im Aufbau der mannichfachen Basidienfruchtkörper dient zur weiteren Eintheilung der Hymenomyceten.

1. Bei einer kleineren Anzahl von Gattungen kommt es nicht zur Fruchtkörperbildung, vielmehr entstehen die Autobasidien noch frei aus den Mycelfäden in Lagern von unbestimmter Form. Als Vertreter derselben sei *Exobasidium Vaccinii*<sup>(34)</sup> genannt, ein in Europa weit verbreiteter, auf Ericaceen, besonders Preissel- und Heidelbeeren auftretender parasitischer Pilz, dessen Mycel Aufreibungen der befallenen Pflanzentheile verursacht. Die Basidien werden in Lagern unter der Epidermis gebildet und brechen durch dieselbe an die Ober-

fläche hervor (Fig. 294). Als Nebenfructification treten bei dieser Gattung, wie bei vielen anderen, Conidien auf, die als schmalspindelförmige Zellen vom Mycel abgegliedert werden und an der Oberfläche der Nährpflanze der Basidienbildung vorausgehen.

2. In der Gruppe der *Thelephoreen* treten bereits echte Fruchtkörper, aber noch von einfacher Beschaffenheit, auf. Dieselben sind von korkig lederartiger Beschaffenheit, bestehen aus dicht verflochtenen Hyphen und bilden auf Baumstämpfen theils flache Krusten von rundlichem oder gelapptem Umriss und das Basidienhymenium überzieht die glatte Oberseite dieser Krusten; oder die flachen Fruchtkörper heben sich in horizontaler Richtung vom Substrat ab, bilden halbkreisförmige Hüte, die oft dachziegelartig gruppenweise über einander gelagert sind und das Hymenium ist auf ihrer Unterseite entwickelt: So bei dem an Laubholzstämmen häufigen *Stereum hirsutum*.

3. In der Gruppe der *Clavarien* sind die Fruchtkörper ebenfalls gymnocarp, d. h. das Hymenium liegt frei auf ihrer Oberfläche. Sie haben

hier die Form von weisslichen oder gelben, aus dem Boden sich erhebenden fleischigen kleinen Keulen oder sind mehr oder weniger reich corallenartig verzweigt, so bei *Clavaria* (Fig. 295). Die grösseren reich verästelten Formen dieser Gruppe liefern Speiseschwämme, so der gelbe Hirschschwamm, *Clavaria flava*, mit bis 10 cm hohem, fleischigem, orange gelbem Fruchtkörper, der Trauben-Händling, *Clavaria Botrytis*, von blassröthlicher Farbe, ferner der krause Ziegenbart, *Sparassis crispa*, auf Sandboden in Nadelwäldern auftretend, mit blattförmig zusammengedrückten, reich verzweigten Aesten, bis  $\frac{1}{2}$  m im Durchmesser erreichend.

4. Die *Hydneen* oder Stachelschwämme besitzen Fruchtkörper mit stachelartigen Auswüchsen, auf denen die Hymenien als Ueberzug

entwickelt werden. Die einfachsten Hydneen haben krustenförmige Fruchtkörper, auf deren Oberseite diese Stacheln stehen, andere dagegen entwickeln wohlausgebildete, gestielt hutförmige fleischige Fruchtkörper, die auf der Hutunterseite die herabhängenden Stacheln tragen. Zu letzteren gehören verschiedene essbare Schwämme, so *Hydnum imbricatum*, der Habichtschwamm, in Kieferwäldern, mit

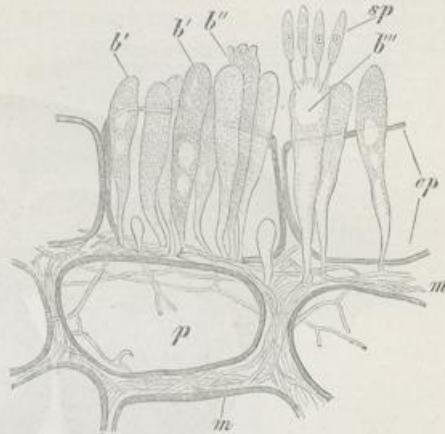


Fig. 294. *Exobasidium Vaccinii*. Querschnitt durch die Stengelperipherie von *Vaccinium*, ep Epidermis, p Rindenparenchym, m Mycelfäden in den Intercellularräumen, b die nach aussen hervorbrechenden Basidien, b' noch ohne Sterigmen, b'' Anlage der Sterigmen, b''' mit vier Sporen. Vergr. 620. (Nach WORONIN.)



Fig. 295. *Clavaria aurantia*. Nat. Gr.



Fig. 296. *Hydnum repandum*. Verkleinert.

braunem oben schwärzlich beschupptem, bis 15 cm breitem Hut, ferner *Hydnum repandum*, der Stoppelschwamm (Fig. 296) mit fleischfarbig gelblichem Hut.

5. Bei den artenreichen *Polyporeen* oder Löcherschwämmen besitzen die grossen gestielten oder sitzenden Hüte auf ihrer Unterseite offene röhrenförmige Vertiefungen oder tief gewundene Gänge oder dicht zusammenstehende, frei herabhängende Röhren und das Basidienhymenium ist in diesen offenen Poren auf



Fig. 297. *Boletus Satanas*, Satanspilz.  $\frac{1}{2}$  nat. Gr. (Nach KROMBHOLZ.) — Giftig.

der Innenseite entwickelt. Hierher gehört die Gattung *Boletus* mit grossen fleischigen, auf Waldboden auftretenden dickstielligen Hüten, deren Unterseite mit einer dicken Schicht von feinen Röhren bekleidet ist. Die Arten sind theils vorzügliche Speisepilze, so *B. edulis*, der Steinpilz, theils aber sehr giftig, wie der Satanspilz, *Boletus Satanas* (Fig. 297) mit gelbbraunem, bis 20 cm breitem

Hut, gelb bis purpurroth gefärbtem, oder mit rother Netzzeichnung versehenem Stiel und erst blutrother, dann orangerother Hutunterseite. Von den zahlreichen Arten der Gattung *Polyporus* ist der Feuer- oder Zunderschwamm, *P. fomentarius* officinell (*Fungus chirurgorum*). Sein Mycelium lebt parasitisch in Laubbäumen, besonders Buchen, und erzeugt grosse consolförmige oder dreiseitig hufförmige, bis 30 cm breite und 15 cm dicke mehrjährige Fruchtkörper mit harter grauer Rinde und weicher flockiger, den Zunderschwamm liefernder Innenmasse. Auf der Unterseite stehen die engen Hymeniumröhren in über einander lagernden Jahresschichten. Der ähnliche *Polyp. igniarius*, unechter Zunderschwamm (Fig. 298), besonders an Weiden und Eichen auftretend, ist rostbraun gefärbt, viel härter und liefert nur einen schlechten Zunder.



Fig. 298. *Polyporus igniarius*. Durchschnitt durch einen mehrjährigen Fruchtkörper mit Zuwachszonen. a Befestigungsstelle des halbkreisförmigen Hutes.  $\frac{1}{2}$  nat. Gr.

Manche Polyporeen sind sehr schädliche Parasiten der Waldbäume, so *Heterobasidium annosum*, das oft ganze Bestände von Kiefern und Fichten vernichtet.



Eine sehr schädliche saprophytische Art ist *Merulius lacrymans*, der Hausschwamm<sup>(35)</sup>, der in feuchtem Bauholz vegetirt und dieses zerstört. Sein Mycel bildet grosse weisse filzige Watten und flach ausgebreitete, unregelmässig gestaltete, aus Ritzen hervorkommende Fruchtkörper mit ockergelber oder rostbrauner grubiger, hymeniumbedeckter Oberseite. Als Mittel gegen Hausschwamm wird Lüften der inficirten Räume, Tränkung des Holzes mit Carbol oder Petroleum angewandt.

6. Als artenreichste Gruppe sind schliesslich die *Agaricineen* oder Blätterschwämme zu nennen, deren gestielte Hüte auf der Unterseite radial ausstrahlende senkrecht stehende Lamellen, die mit dem Hymenium überzogen sind, tragen. Die Agaricineenfruchtkörper bilden in ihrer Anlage rundliche aus Hyphengeflecht bestehende Körper, in denen sich bald der Stiel und der Hut differenziren. Stiel- und Hutanlagen sind von einer lockeren, peripherischen Hülle umschlossen, der Volva, welche bald mit der weiteren Entwicklung und Streckung des Stiels zwischen Hutrand und Stielbasis durchrissen wird und dann als Scheide am Grunde zurückbleibt, bei manchen Blätterpilzen übrigens nur rudimentär entwickelt ist. Die Fruchtkörper sind somit hemiangiocarp, d. h. nur in der ersten Anlage geschlossen. Eine wohlentwickelte Volva hat der Fliegenschwamm, *Amanita muscaria*. Bei der Ausbreitung des rothen Hutes wird die weisse filzige Volva in einzelne, der Hutoberfläche anhaftende Schuppen zersprengt und auch an der knolligen Stielbasis bleiben ihre Reste zurück (Fig. 299).

Ausser der Volva entwickelt sich bei vielen Blätterpilzen noch ein sogen. Schleier, *Velum*, eine dünne Hyphenhaut, welche sich an dem jungen Fruchtkörper vom Hutrand quer zum Stiel ausspannt und welche somit die aus der Hutunterfläche hervorstehenden radialen Lamellen anfangs bedeckt, später aber einreiss und nun als ringförmiger Hautlappen, *Annulus inferus*, am Stiele sitzen bleibt. So verhält sich der Hallimasch, *Armillaria mellea* (Fig. 293) und der Champignon, *Psalliota campestris* (Fig. 300).

Bei der Mehrzahl der Blätterschwämme entstehen die Lamellen frei durch Hervorwachsen von der Hutunterseite. Bei der Gattung des Fliegenschwamms, *Amanita*, ist die Entwicklung eine andere. Hier differenziren sich die Lamellen aus einem homogenen Hyphengewebe im Inneren der kuppelförmigen Hutanlage unter Trennung der Hyphen auf radialen Spalten. Vom Stiel



Fig. 299. *Amanita muscaria*, Fliegenpilz.  
1/2 nat. Gr. — Giftig.



Fig. 300. *Psalliota campestris*  
(= *Agaricus campestris*). Champignon, rechts junger Fruchtkörper. Verkleinert.

werden die Lamellen durch eine neutrale mit ihm oben zusammenhängende Hyphen-schicht getrennt. Bei der Ausbreitung des Hutes löst sich diese Schicht als Haut von den Lamellen und vom Stiel bis auf ihre oberste Partie los und hängt nun als sogen. Manschette, *Annulus superus*, am Stiel herab (Fig. 299).

Manche Hutpilze unserer Wälder und Wiesen werden als vorzügliche Speise-schwämme geschätzt, so vor Allem auch der in Cultur genommene Champignon, *Psalliota campestris* (Fig. 300) mit weisslichem Hut und erst weissen, dann rosen-rothen, zuletzt braunschwarzen Lamellen, ferner der Pfifferling oder Eierschwamm, *Cantharellus cibarius* mit dottergelbem kreiselförmigem Hut, der Reizker, *Lactarius deliciosus* mit rothgelbem Hut und rothgelbem Milchsaff in besonderen Hyphen-schläuchen, der Parasolschwamm, *Lepiota procera* mit weissem braunbeschupptem Hut.

Zu den giftigen Blätterschwämmen gehören vor Allem der Fliegenschwamm unserer Nadel- und Birkenwälder, *Amanita muscaria* (Fig. 299), der mit dem Champignon oft verwechselte Knollenblätterschwamm *Amanita bulbosa* mit weisslichem oder gelblichem Hut und dickknolligem Stiefel, der Speiteufel, *Russula emetica* mit röthlichem Hut und weissen Lamellen, der Giftreizker, *Lactarius torminosus*, mit gelbem oder rothbraunem zottigem Hut und weissem Milchsaff.

Von hohem biologischem Interesse ist ein südbrasilischer Hutpilz, die Agari-cinee *Rozites gongylophora*, deren Mycel nach A. MÖLLER von den Blattschneider-ameisen in ihren Nestern regelrecht cultivirt wird. Das Mycel erzeugt in denselben kugelige, dicht mit Plasma erfüllte Anschwellungen seiner Hyphenenden, die sogen. Kohlraabköpfchen, welche den Ameisen zur Nahrung dienen. Die Ameisen verhindern die Entwicklung der Conidien, die als Nebenfructification dem Pilz eigenthümlich sind und nur bei Cultur des Mycels ohne Ameisen gebildet werden, erhalten also den Pilz in ihren Nestern stets in seinem vegetativen Zustand. Die Fruchtkörper finden sich nur selten auf den Nestern; sie haben in ihrer Form Aehnlichkeit mit denen des Fliegenschwamms, in dessen Verwandtschaft *Rozites* gehört. Im tropischen Asien wird nach HOLTERMANN das Mycel von *Agaricus Rajap* von Termiten in deren Nestern cultivirt<sup>(36)</sup>.

Officinell ist unter den Hymenomyceten nur *Polyporus fomentarius* (Fungus Chirurgorum).

### 6. Ordnung. Gasteromycetes, Bauchpilze<sup>(31)</sup>.

Die Gasteromyceten unterscheiden sich von den Hymenomyceten durch ihre angiocarpen, oder geschlossen bleibenden Fruchtkörper, welche sich erst nach der Sporenreife öffnen, indem die als Peridie bezeichnete feste äussere Hyphen-rinde in charakteristischer Weise aufplatzt. Die von der Peridie umschlossene sporenbildende Innenmasse wird insgesamt als Gleba bezeichnet. Die Gleba ist von zahlreichen Kammern oder Hohlräumen durchsetzt, deren Wandung Trama genannt wird. Die Hohlräume sind entweder von dem Basidienhymenium ausgekleidet oder von locker verflochtenen Hyphen, deren Zweige in Basidien endigen, angefüllt.

Die Gasteromyceten vegetiren mit ihrem Mycel saprophytisch im Humusboden der Wälder und Wiesen und erheben ihre Fruchtkörper über die Oberfläche nach Art der Blätterschwämme. Nur die Gruppe der Hymenogastreen besitzt unterirdische knollenförmige trüffelähnliche Fruchtkörper.

Bei den einzelnen Gattungen treten mannichfache Verschiedenheiten in der Fruchtkörperbildung auf.

Verhältnissmässig einfach gebaut ist der Fruchtkörper von *Scleroderma vulgare*, dem Hartbovist, dessen breitkugelige meist 5 cm dicke Basidienfrucht eine weisslichbraune lederartige dicke einfache, später am Scheitel rissig aufspringende Peridie besitzt (Fig. 301). Die im reifen Zustand schwarze Gleba ist gekammert

und die Kammern sind ausgefüllt von Hyphengeflecht mit seitlichen birnförmigen Basidien, welche vier sitzende kugelige Sporen tragen (Fig. 301 2). Der Hartbovist gilt als giftig und wird zuweilen mit Trüffeln verwechselt.

Die Gattungen *Bovista* und *Lycoperdon*, Boviste und Stäublinge, haben ebenfalls kugelige, bei letzterer Gattung auch gestielte, anfangs weissliche, später bräunliche Fruchtkörper. Sie erreichen bei dem Riesenbovist *Lycoperdon Bovista* sogar bis  $\frac{1}{2}$  Meter Durchmesser. Ihre Peridie ist in Form von zwei Schichten entwickelt, von denen sich die äussere mit der Reife gewöhnlich ablöst und die innere am Scheitel sich öffnet. Die Kammern der Gleba werden hier von einem regelmässigen Hymenium aus Basidien ausgekleidet. Eine Eigenthümlichkeit der Boviste besteht ferner in dem Auftreten sogen. Capillitiumfasern in den Kammern der Gleba, d. h. brauner



Fig. 301. *Scleroderma vulgare*. 1 ein junger Fruchtkörper im Längsschnitt, die Kammerung zeigend. 2 Stück aus einem Basidienknäuel, wie solche die Kammern ausfüllen. (Nach TULASNE.) Aus v. TAVEL, Pilze.



Fig. 302. *Phallus impudicus*.  $\frac{1}{2}$  nat. Gr. (Nach KROMBHOlz.)

dickwandiger verästelter Hyphen, welche von den Wänden ausgehen und das Innere reifer Fruchtkörper zusammen mit den Sporen als braune flockige Masse erfüllen. Sie entsprechen biologisch dem gleichnamigen, aber morphologisch durchaus verschiedenen Capillitium der Myxomycetenfruchtkörper. Die jungen noch weissen, fleischigen Boviste sind essbar und wohlschmeckend. Die reife Sporenmasse, besonders vom Riesenbovist, wurde früher als blutstillendes Mittel angewandt.

Bei der verwandten Gattung *Geaster*, Erdstern, ist die Peridie der runden Fruchtkörper ebenfalls als doppelte Hülle ausgebildet. Die äussere Hülle breitet sich bei der Reife in sternförmige Lappen aus, die innere öffnet sich am Scheitel mit einem Loch.

Die höchste Entwicklung erreicht der Gasteromycetenfruchtkörper in der Gruppe der *Phalloideen*<sup>(37)</sup>, als deren bekanntester Vertreter *Phallus impudicus*, die Stink- oder Gichtmorchel, in Wäldern und Gärten in Deutschland einheimisch, zu nennen ist. Dieser Pilz gilt vielfach als giftig, doch sind giftige Wirkungen nicht constatirt. Früher wurde er zu Gichtsalben verwendet. Sein Fruchtkörper gleicht habituell den echten, zu den Discomyceten gehörenden Moreheln, hat aber eine ganz verschiedene Entwicklungsgeschichte. Er ist etwa 15 cm hoch, hat einen langen dicken, innen hohlen, netzförmig gekammerten weissen Stiel und einen glockenförmigen, mit der braungrünen, im reifen Zustand zu Schleim verflüssigten Glebamasse bedeckten Hut (Fig. 302). Der junge Fruchtkörper bildet einen eiförmigen weissen Körper (Hexenei oder Teufelsei genannt) und wird von einer doppelwandigen Hülle mit gallertartiger Mittelschicht ganz umschlossen. Im Innern der Hülle oder Peridie (auch Volva genannt) differenzirt sich das Hyphengewebe in den axialen Stiel und in den glockenförmigen Hut. Im Umkreise des Hutes wird die Gleba als ein gekammertes, die Basidienhymenien enthaltendes Gewebe ausgebildet. Bei der Reife streckt sich der Stiel enorm in die Länge, sprengt dabei die an seiner Basis als Scheide zurückbleibende Hülle und hebt den glockenförmigen Hut mit der anhaftenden Gleba empor. Letztere zerfliesst alsbald zu einer abtropfenden schleimigen, die Sporen enthaltenden Masse, welche einen ekelhaften aasartigen Geruch verbreitet, und dadurch Aasinsecten zur Verbreitung der Sporen anlockt.

## Klasse XII.

### Lichenes, Flechten<sup>(38)</sup>.

Die Flechten sind symbiotische Organismen (S. 184), sie bestehen aus Fadenpilzen, vorwiegend *Ascomyceten*, seltener *Basidiomyceten*, welche mit gewissen einfacheren einzelligen oder fädigen Algen, entweder *Cyanophyceen* oder *Chlorophyceen*, gemeinsam vegetiren und so einen zusammengesetzten Thallus, ein Consortium bilden. Die Flechtenpilze und Flechtenalgen sind im natürlichen System in die Gruppen der nächstverwandten Pilze und Algen einzureihen. Die Flechten besitzen aber unter einander so viel Uebereinstimmendes in Bau und Lebensweise, dass sie hier zweckmässiger als besondere Klasse behandelt werden müssen.

Was das Verhältniss von Pilz zu Alge anbelangt, so umspinnt der Pilz mit seinem Mycel die Algenzellen (Fig. 303), schliesst sie in ein Hyphengewebe ein und ernährt sich von den durch die assimilirenden grünen Algenzellen erzeugten organischen Stoffen; er kann aber auch Haustorien in die Algenzellen hinein entsenden und sogar deren Inhalt aufzehren. Andererseits gewährt der Pilz den in seinem Gewebe lebenden Algenzellen bestimmte Vortheile, führt ihnen die anorganischen Stoffe und Wasser zu. Die Symbiose der flechtenbildenden Pilze mit Algen führt so zur Bildung von zusammengesetzten Organismen mit eigenartiger Form des Thallus, welcher entsprechend seiner durch die Algen bedingten selbstständigen Ernährungsweise andere Gestalten als bei den nächstverwandten, nicht flechtenbildenden Fadenpilzen, deren Thallus ein reich verzweigtes Mycelium darstellt, aufweist, vielmehr die Formen der Algen und Lebermoose vielfach wiederholt.

Der Flechtenthallus kann sehr verschiedene Ausbildung erfahren. Man unterscheidet folgende Formen, welche früher auch zur Eintheilung benutzt wurden, aber nicht den natürlichen Verwandtschaftsgruppen entsprechen.

Die einfachsten Flechtenformen sind die Fadenflechten, mit fadenförmigem verzweigtem Thallus, bestehend aus Algenfäden, welche mit Pilzhypen der Länge nach umspinnen sind. Als Beispiel sei *Ephebe pubescens* genannt, eine an feuchten Felsen in Form von zierlichen verästelten niedrigen Räschen auftretende Flechte. Sie besteht aus dicken, vielzelligen Fäden der blaugrünen Alge *Sirosiphon*, deren gallertige Zellmembranen von den Hypen eines *Pyrenomyceten* durchzogen werden.

Sodann unterscheidet man Gallertflechten, mit gallertigem laubartigem Lager. Die Algen derselben sind *Chroococcaceen* und *Nostocaceen* mit gallertig aufgequollenen Membranen, wie sie für *Nostoc* charakteristisch sind. In der

Algengallerte verlaufen die Pilzhypen. Von einheimischen Gattungen gehört z. B. *Collema* hierher.

Sowohl bei den Faden- als Gallertflechten sind Algen und Pilzhypen gleichmäßig im Thallus vertheilt und wird dieser daher als ungeschichtet oder homöomer bezeichnet.

Die übrigen Flechten weisen dagegen einen geschichteten oder heteromeren Thallus auf. Die Algenzellen, die man bei den Flechten überhaupt als Gonidien bezeichnet, treten im heteromeren Thallus in bestimmten sogen. Gonidienschichten auf, welche nach aussen von einer algentreien und aus pseudoparenchymatisch dicht verflochtenen Pilzhypen bestehenden sogen. Rindenschicht bedeckt werden. Man unterscheidet unter den heteromeren Flechten im Allgemeinen drei Vegetationsformen, nämlich die Krustenflechten, deren Thallus in Form von Krusten an Baumstämmen, Felsen oder auf dem Erdboden auftritt und dem Substrat fest anhaftet, mittels Pilzhypen etwas in dasselbe eindringt, ferner die Laubflechten (vgl. Fig. 304), deren Thallus laubartig klein- oder grosslappig, mit zerschlitzten Lappen ausgestaltet und auf der Unterseite entweder nur in der Mitte oder bis auf die freien Ränder mittels rhizoidartiger

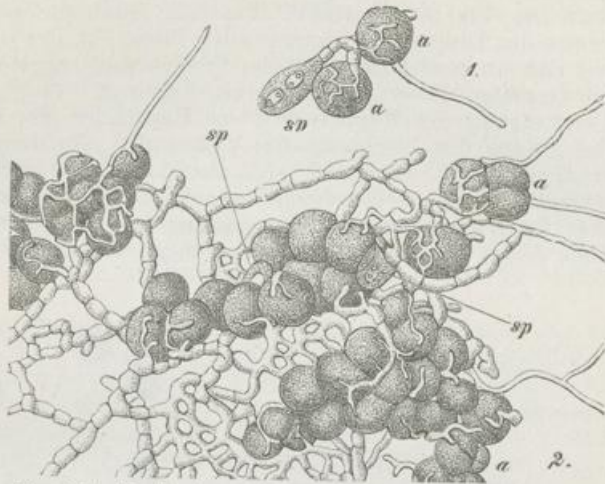


Fig 303. *Xanthoria parietina*. 1 keimende Ascusspore (*sp*), deren Keimschlauch sich verzweigt und mit den Aesten Cystococcuszellen (*a*) umspinn. 2 beginnende Thallusbildung, in *sp* zwei Ascussporen, *a* die Cystococcuszellen. In der Mitte des Mycels beginnt durch Fusionen an den kurzgliedrigen Hypen die Bildung einer pseudoparenchymatischen Rindenschicht. Vergr. 500. (Nach BONNIER.) Aus v. TAVEL, Pilze.

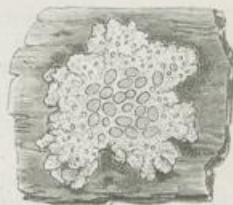


Fig 304. *Xanthoria parietina*, auf Baumrinde. Nat. Gr.

Pilzhypphen angewachsen ist, endlich die Strauchflechten (vgl. Fig. 305), mit verzweigtem fadenförmigem oder bandförmigem, an der Basis angeheftetem, zuweilen auch frei auf dem Substrat liegendem Thallus.

Die Art und Weise wie der Pilz in Verbindung mit den Algenzellen tritt, geht aus Fig. 303 hervor, welche diese Beziehung für eine an Mauern oder Bäumen sehr häufige orangegelb gefärbte Laubflechte, die *Xanthoria parietina* (Fig. 304), vorführt. Fig. 303 1 stellt die keimende Ascusspore (*sp*) des zu den Discomyceten gehörenden Pilzes dar, der verzweigte Keimschlauch hat sich an zwei Algenzellen der Protococcoideengattung *Cystococcus*, welche die Gonidien dieser Flechte liefert, angelegt. In Fig. 303 2 ist die weitere Verzweigung der Hypphen und das Umspinnen der *Cystococcus*zellgruppen, die Anlage des Flechtenthallus dargestellt. An den natürlichen Standorten scheinen die Flechtenpilze sich nur dann aus den Sporen weiter zu entwickeln, wenn sie die ihnen zusagenden Algenzellen zur Verfügung haben. Nur für ganz wenige Flechtengattungen ist festgestellt, dass ihr Pilz auch ohne Algen in der Natur existenzfähig ist, so neuerdings für die tropische

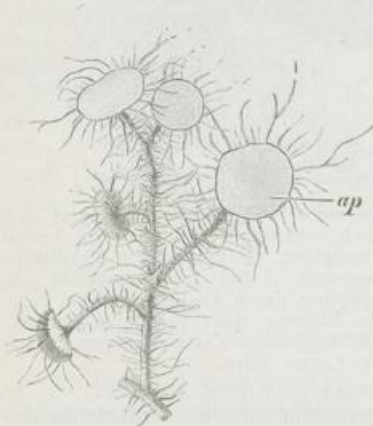


Fig. 305. *Usnea barbata*. *ap* Apothecium.  
Nat. Gr.

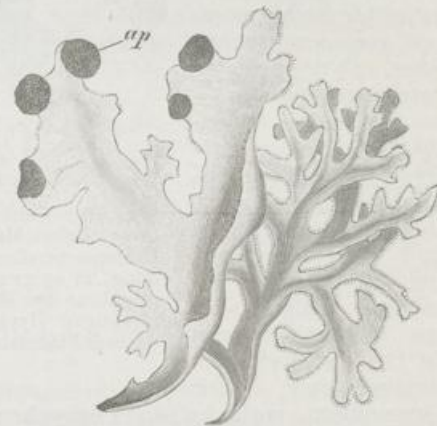


Fig. 306. *Cetraria islandica*. *ap* Apothecium.  
Nat. Gr. — Officinell.

*Cora pavonia*, deren Pilz zu der Ordnung der Hymenomyceten gehört und auch algenfreie Fruchtkörper, welche denen der Pilzgattung *Thelephora* in der Form entsprechen, erzeugen kann. Wohl aber ist es gelungen, aus den Sporen gewisser flechtenbildender Ascomyceten unter Zufuhr geeigneter Nährlösung auch ohne Algen in der Cultur Mycelien und kleine Thalli zu ziehen.

Aus der in Fig. 303 2 dargestellten Anlage einer Flechte geht nun durch weiteres Wachstum der zu einem dichten Gewebe zusammenschliessenden Hypphen und unter Theilung der Algenzellen der fertige Thallus hervor. Das Hyphengewebe differenzirt sich dabei im Allgemeinen in eine dichte pseudoparenchymatische Rindenschicht und in ein lockeres Mark, dazwischen liegt die Gonidienschicht, aus den von Hypphen umspinnenen Algenzellen bestehend.

Am deutlichsten sind diese Zonen entwickelt bei den Strauchflechten, unter denen die an Bäumen häufige Bartflechte *Usnea barbata* (Fig. 305) ausserdem noch im Mark einen soliden festen Hypphenstrang als mechanisches System aufweist. Bei den Laubflechten ist gewöhnlich Ober- und Unter-

seite mit der Rindenschicht bedeckt; zwischen beiden liegt die Markschiebt; die Gonidienschicht findet sich hier nur an der Oberseite zwischen Rinde und Mark vor. Bei manchen Laubflechten und den meisten Krustenflechten ist die Rindenschicht nur an der Oberseite entwickelt, oder ausserdem auch noch an der Unterseite, doch dort nur an den Rändern; die Markschiebt liegt so direct dem Substrat auf. Der Thallus der Flechten wird mit Hülfe von Haftfasern, *Rhizinen*, die aus wurzelhaarartigen Haftthyphen bestehen, an das Substrat befestigt.

Viele Flechten vermögen sich auf rein vegetative Weise zu vermehren, dadurch dass losgerissene Theile des Thallus weiter wachsen und sich wieder mit Rhizinen festsetzen. Die meisten heteromerischen Flechten besitzen ferner in der Bildung von *Soredien* ein ausgezeichnetes Mittel vegetativer Vermehrung. Dieselbe vollzieht sich in den Gonidienschichten. Kleine Gruppen von sich theilenden Algenzellen werden dicht umspinnen von Mycelfäden, lösen sich los und bilden isolirte Körperchen, die in grosser Masse erzeugt und unter Aufreissen der Thallusrinde als staubartige Masse frei werden, um durch den Wind verbreitet sich anderswo wieder zu einer Flechte weiter zu entwickeln.

Was die Fructification der Flechten anbelangt, so ist dieselbe nur an die Flechtenpilze, nicht an die vegetativ bleibenden Flechtenalgen gebunden. Die Flechtenpilze gehören ihrer natürlichen Verwandtschaft nach überwiegend zu den *Discomyceten*, wenige Gattungen zu den *Pyrenomyceten* und nur eine einzige Gattung zu den *Hymenomyceten*. Die beiden ersteren Gruppen sind als *Ascolichenen*, die dritte als *Hymenolichenen*, ihrer Herkunft entsprechend, zu bezeichnen.

#### 1. Ascolichenes.

a) Die *Discolichenen* entwickeln als Ascusfrüchte ihres Pilzes offene meist schüssel- oder scheibenförmige, dem Thallus aufsitzende oder in ihn etwas eingesenkte Apothecien, welche in ihrem Aufbau wie bei den Pezizeen (vgl. Fig. 283) beschaffen sind, also auf ihrer Oberseite ein Hymenium aus Asci und Paraphysen tragen. Von Strauchflechten gehört hierher als eine der häufigsten Arten die an Baumstämmen festsitzende *Usnea barbata*, die sogen. Bartflechte mit grossen, am Rande bewimperten Apothecien (Fig. 305), ferner die an Felsen der africanischen Küsten und Ostindiens weit verbreitete *Rocella tinctoria* mit aufrechtem wurmförmigen, gabelig getheiltem Thallus, aus welchem Lackmus und Orseille gewonnen werden. Eine Mittelstellung zwischen Strauch- und Blattflechten nimmt *Cetraria islandica*, das isländische Moos (Fig. 306) ein, mit vieltheiligen aufsteigenden blattartigen Thalluslappen, welche blass blaugrün oder braun, auf der Unterseite weisslich gefärbt sind und die Apothecien schief randständig tragen. Diese Flechte ist auf den Gebirgen und im Norden der nördlichen Hemisphäre, sowie auch am Cap Horn weitverbreitet und dient als officinelles Gewächs zur Bereitung der Licheningallerte. Eine der gewöhnlichsten einheimischen Blattflechten ist die orangegelbe *Xanthoria parietina* (Fig. 304) mit zahlreichen Apothecien auf der Thallusmitte. — Unter den Krustenflechten ist als häufige Form die Schriftflechte, *Graphis scripta* zu nennen, deren grauweisser Thallus auf Baumrinden, besonders Buchen lebt und deren Apothecien die Form von schwarzen schmalen strichförmigen oder gegabelten, an Schriftzüge erinnernden Rinnen haben. Zu den Krustenflechten gehört auch die in Steppen und Wästen Nordafricas und Asiens verbreitete *Sphaerothallia esculenta*, deren felsbewohnender Thallus in erbsengrosse Stücke, die durch den Wind verbreitet werden, leicht zerfällt. Diese rundlichen Gebilde sind essbar und werden von den Tartaren zur Bereitung von „Erdbrod“ verwandt. Die in Nordeuropa einheimische Krustenflechte *Ochrolechia*

*tartarea* liefert wie *Roccella* aus ihrem Thallus Lackmus und ausserdem rothen Indigo (Cudbear oder Persio).

Eine sehr eigenartige Entwicklung erfährt der Flechtenthallus bei der vielgestaltigen erdbewohnenden Gattung *Cladonia*<sup>(39)</sup>, deren Thallus zunächst aus horizontalen, kleinen, dem Substrat aufsitzenden gekerbten Schüppchen besteht. Auf diesem Primärthallus erheben sich nun die vertikalen Theile des Thallus, die Podetien, die bei den einzelnen Arten sehr verschiedene Gestalt haben und in ihrer Form auch sehr stark variiren. Sie sind bei man-



Fig. 307. *Cladonia coccifera*. t Thalluschüppchen. Nat. Gr.

chen Arten, so bei *Cladonia pyxidata*, der Becherflechte und bei *Cladonia coccifera* (Fig. 307) gestielt kreiselförmig und tragen am Becher- rand oder auf Aussprossungen desselben die bei ersterer Art braunen, bei letzterer lebhaft rothen Apothecien in Form von runden Knöpfchen. Bei anderen Arten sind die Podetien aufrecht schmal cylindrisch einfach oder gegabelt; bei *Cladonia rangiferina*, der Rennthierflechte, welche über die ganze Erde verbreitet und in grosser Menge rasenbildend in den nordischen Tundren auftritt, sind die Podetien (Fig. 308) zierlich verästelt und tragen an den Astenden die kleinen braunen Apothecien. Oft bleiben aber die Podetien dieser Art wie auch der anderen Cladonien



Fig. 308. *Cladonia rangiferina*. A steril, B mit Ascusfrüchtchen an den Astenden. Nat. Gr.

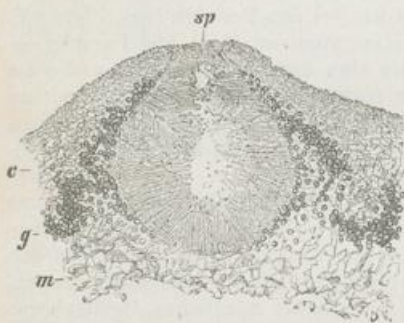


Fig. 309. Schnitt durch den Thallus von *Anaptychia ciliaris* mit einer Pyknide *sp*, c Rindenschicht, m Markschicht, g Algen-schicht. Vergr. 90.

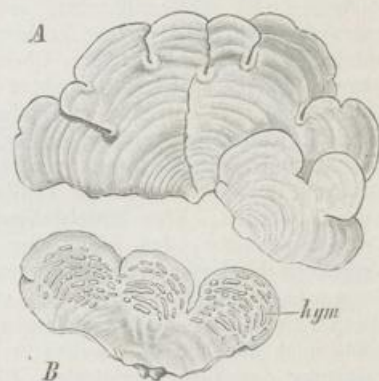


Fig. 310. *Cora pavonia*. A von oben, B von unten, *hym* Hymenium. Nat. Gr.

steril, indem die im Innern differenzirten ascogenen Hyphen nicht zur Bildung der Ascii gelangen.

Ausser der Ascusfructification weisen die Discolichenen auch noch eine Nebenfructification in Form von Conidien und zwar stets in Pykniden auf, welche kleine Conidien abschneiden und aus ihrer Mündung entlassen. Fig. 309 stellt eine solche Pyknide von einer häufigen Laubflechte *Anaptychia ciliaris* dar. Die Pykniden entstehen an der Oberfläche des Thallus, oder an den Rändern auf



kleinen Warzen (so bei *Cetraria islandica*). Bei den *Cladonien* kommen sie auf denselben Fruchtkörpern vor wie die Ascushymenien oder auf besonderen, diesen ähnlichen. Die Pyknosporen wurden früher als Spermastien bezeichnet und irrtümlicherweise für männliche Sexualzellen gehalten, die Pykniden hiessen Spermogonien.

b) Die *Pyrenolichenen* besitzen krugförmige Ascusfrüchte oder Peritheecien wie die *Pyrenomyceten* und entwickeln ausserdem auch Pykniden. Hierher gehören nur wenige, meist Krustenflechten bildende Gattungen, z. B. die Laubflechte *Endocarpon*, die Krustenflechte *Verrucaria*.

## 2. Hymenolichenes<sup>(40)</sup>.

Die *Hymenolichenen* werden nur durch die in den Tropen weitverbreitete, auf Erdboden oder auf Bäumen lebende *Cora pavonia* vertreten, zu welcher auch die Gattungen *Dictyonema* und *Laudatea* als besondere Wuchsformen zu rechnen sind. Der Pilz der *Cora* ist eine *Thelephoree* (vgl. S. 331), deren halbkreisförmige gelappte flache, dachziegelartig gruppierte Fruchtkörper auch ganz ohne Algen gefunden werden. Tritt der Pilz in Symbiose mit einzelligen Chroococccusalgen, so resultirt als Fruchtkörper die *Cora pavonia* (Fig. 310), welche wie eine *Thelephora*frucht auf der Unterseite ein durch Risse gefeldertes Basidienhymenium entwickelt. Tritt dagegen derselbe Pilz mit den Fäden der blaugrünen Alge *Seytonema* in Symbiose, so bildet sich, wenn der Pilz überwiegt, die Flechte zu strahlig fädigen, halbkreisförmigen oder kreisförmigen, an Baumästen abstehenden Scheiben mit dem Hymenium auf der Unterseite aus (*Dictyonema*-Form), und wenn die Alge formbestimmend ist, in Form von feinfädigen filzigen Ueberzügen auf Baumrinde mit unregelmässigen, an dem Lichte abgewandten Stellen des Thallus erscheinenden Hymenien (*Laudatea*-Form).

Die Flechten sind überall auf der Erde verbreitet, auf Erdboden, an Felsen, an Baumstämmen, an Aesten vegetirend. Sie können unbeschadet die grösste Kälte, Hitze und Trockenheit ertragen; bei genügender Feuchtigkeit und Wärme leben sie wieder auf und vegetiren weiter. So treten die Flechten noch auf den höchsten Gipfeln der Gebirge auf. In den Polargegenden erscheinen sie im Verein mit manchen Moosen vielfach formbestimmend für die Vegetation durch ihre massenhafte gesellige Vegetation, besonders in den sogen. Tundren, deren Hauptgewächs die *Cladonia rangiferina* vorstellt.

Officinell ist unter den Flechten nur *Cetraria islandica* (Lichen islandicus Pharm. germ.).

## II.

### Bryophyta, Moospflanzen<sup>(1, 41, 42)</sup>.

Die Bryophyten, Moospflanzen oder Muscineen umfassen die beiden Klassen der *Lebermoose* (*Hepaticae*) und der *Laubmoose* (*Musci*). Sie unterscheiden sich von den Thallophyten zunächst durch den charakteristischen Bau ihrer Geschlechtsorgane, der Antheridien und Archegonien, welche in ganz ähnlicher Ausbildung auch bei den höchststehenden Cryptogamen, den Pteridophyten wiederkehren. Bryophyten und Pteridophyten dürften

daher von gemeinsamen Stammformen den Ausgang ihrer Entwicklung genommen haben und werden den Thallophyten gegenüber auch als *Archegoniaten* zusammengefasst.

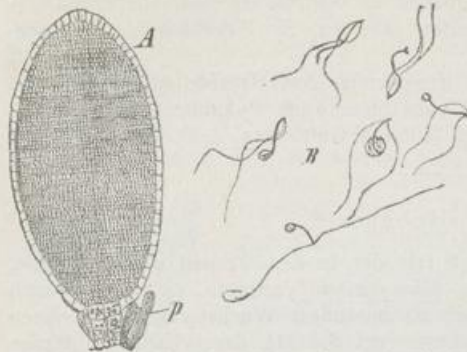


Fig. 311. *Marchantia polymorpha*. A ein fast reifes Antheridium im optischen Durchschnitt, p Paraphysen. B Spermatozoiden mit 1-prozent. Ueberosmiumsäure fixirt. A Vergr. 90. B Vergr. 600.

Die Antheridien oder männlichen Organe sind besondere, auf einem mehrzelligen Stiele sitzende ovale, kugelige oder keulenförmige Gebilde, deren dünne Wandung aus einer einzigen Zellschicht besteht und zahlreiche kleine Zellen umschliesst, von denen jede ein Spermatozoid erzeugt (Fig. 311). Bei der Reife trennen sich die Spermatozoidenmutterzellen, die Wandung des Antheridiums platzt am Scheitel auf, und nun werden die zahlreichen Spermatozoidenmutterzellen entleert, aus welchen durch Verquellung der Wandung die Spermatozoiden als kurze, etwas gewundene, nahe am Vorderende zwei lange feine Cilien tragende Fäden frei werden. Eine ähnliche Gestalt der Spermatozoiden findet sich unter den Thallophyten nur bei den Characeen vor.

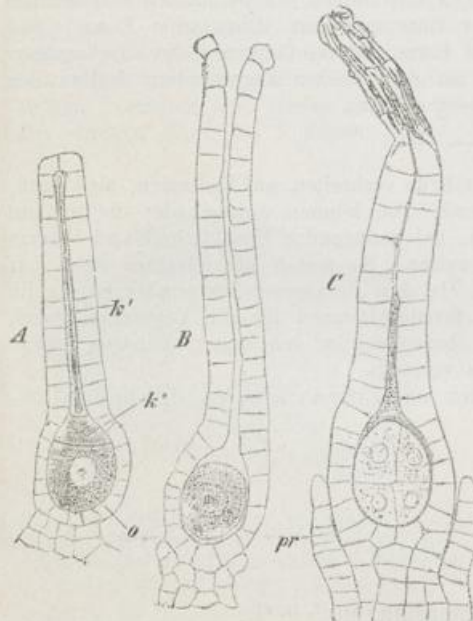


Fig. 312. *Marchantia polymorpha*. A junges, B geöffnetes Archegonium, C befruchtetes Archegonium nach erfolgtem Beginn der Keimbildung. k' Halscanalzelle, k'' Bauchcanalzelle, o Ei, pr Pseudo-perianth. Vergr. 540.

Die Archegonien stellen sitzende oder kurzgestielte, zuweilen auch in das Gewebe eingesenkte flaschenförmige Organe vor, deren Wandung ebenfalls einschichtig ist und einen Bauchtheil und einen Hals unterscheiden lässt. Der Bauchtheil umschliesst eine grosse Centralzelle, deren Inhalt kurz vor der Reife in die Eizelle (Fig. 312 A, o) und in eine am Grunde des Halses gelegene sogen. Bauchcanalzelle (k'') zerfällt. An diese schliesst im Halse selbst eine centrale Reihe von Halscanalzellen (k') an. Bauch- und Canalzellen wandeln sich bei der Reife in Schleim um. Bei Wasserzutritt weichen die Zellen am Scheitel des Halses aus einander (B) und der Schleim wird aus dem Archegonium entleert. Bestimmte in diesem vertretenen Stoffe (Rohrzucker bei Laubmoosen) diffundieren in das umgebende Wasser und bestimmen die Bewegungsrichtung der Spermatozoiden, die auf den Archegoniumhals zusteuern. Sie gelangen in den Hals und

durch diesen bis zum Ei, in welches ein Spermatozoid eindringt. Da der Befruchtungsvorgang sich nur im Wasser vollziehen kann, so erfolgt er bei den Landformen nur nach Benetzung durch Regen oder Thau. Nach der Befruchtung stellen sich Theilungen in der Eizelle ein und sie entwickelt sich direct weiter zum Embryo (*C*), ohne erst, wie es bei den oogamen Thallophyten allgemein der Fall ist, zu einer Oospore zu werden und als solche einen Dauerzustand durchzumachen.

Ausser der sexuellen Fortpflanzung findet allgemein bei den Moosen wie auch bei den Pteridophyten eine ungeschlechtliche Fortpflanzung durch einzellige mit Membran umkleidete, an die Verbreitung in der Luft angepasste Sporen statt. Beide Fortpflanzungsweisen wechseln

in regelmässiger Weise mit einander ab und sind auf zwei scharf geschiedene Generationen, eine geschlechtliche, welche die Sexualorgane erzeugt, und eine ungeschlechtliche, welche die Sporen hervorbringt, vertheilt. Die geschlechtliche Generation geht aus den Sporen hervor, die ungeschlechtliche aus der befruchteten Eizelle. Dieser regelmässige Generationswechsel ist charakteristisch für alle Archegoniaten.

Was zunächst die geschlechtliche Generation anbelangt, so keimt die einzellige Spore unter Sprengung ihrer äusseren cutinisirten, als Exine bezeichneten Haut zu einem Schlauche aus, der bei den Lebermoosen alsbald zur Ausbildung der definitiven Pflanze schreitet, während er bei den meisten Laubmoosen zunächst ein Protonema erzeugt, das in seiner Gestalt an den Thallus der Confervoideen erinnert (Fig. 313 *A, B*). Die Protonemazellen enthalten grüne Chlorophyllkörner. Von den grünen Fäden gehen farblose verzweigte Rhizoiden oder Wurzelhaare ab und dringen in den Boden ein (Fig. 313 *r*). Unter den Verzweigungsstellen des Protonema entstehen nunmehr kleine Knospen (*kn*), aus denen die definitive Moospflanze hervorwächst. Protonema und Moospflanze stellen aber, auch wo sie in solcher Weise von einander abgesetzt sind, nur die eine geschlechtliche Generation der Pflanze vor. Viele Lebermoose weisen noch einen aus dichotomisch ver-

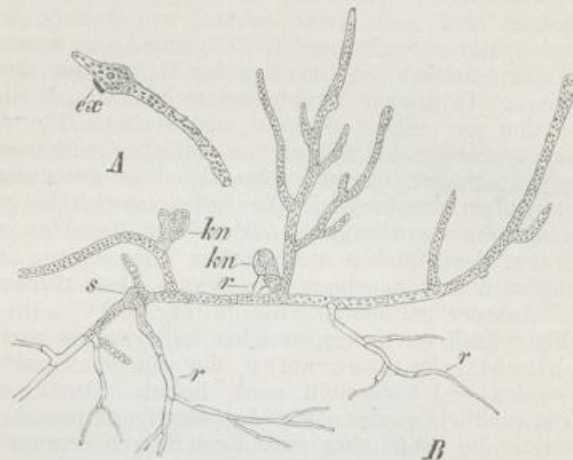


Fig. 313. *Funaria hygrometrica*. *A* keimende Spore, *ex* Exine. *B* Protonema mit Knospen *kn* und Rhizoiden *r*. *s* Spore. Vergrössert. (Nach MÜLLER-THURGAU.)

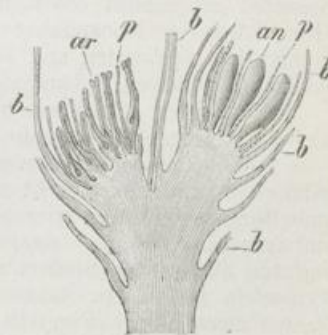


Fig. 314. Antheridien *an* und Archegonien *ar* an den Enden des gabelig verzweigten Moosstämmchens von *Phascum cuspidatum*, *b* Blätter, *p* Paraphysen. Vergr. 45. (Nach HORMEISTER.)

zweigigen Lappen bestehenden Thallus auf, welcher an seiner Basis oder an seiner Unterseite mittels Rhizoiden festgeheftet ist, und wiederholen somit den vegetativen Aufbau mancher Algen (vgl. Fig. 8 mit 10 S. 9 und 10). Bei anderen Lebermoosen und bei allen Laubmoosen dagegen ist eine scharfe Gliederung in Stengel und Blätter durchgeführt (Fig. 326), dagegen sind noch keine echten, aus Gewebe bestehenden Wurzeln vorhanden, deren Stelle überall Rhizoiden, also verzweigte farblose Zellfäden, die hauptsächlich die Function der Befestigung der Pflanze verrichten, einnehmen. In diesem Punkte unterscheiden sich die Bryophyten wesentlich von den mit echten Wurzeln ausgestatteten Pteridophyten. Auch sind die Moosstämmchen und Blätter von einfacher anatomischer Structur, sie werden, wenn überhaupt, nur von sehr einfachen, aus gestreckten Zellen gebildeten Leitbündeln durchzogen. Die fertig entwickelte geschlechtliche Generation erzeugt die Sexualorgane, die in der Regel zu mehreren, bei thalloiden Formen dem Rücken des Thallus entspringen, bei cormophyten auf den Scheitel des Stämmchens oder dessen Aeste rücken (Fig. 314).

Aus der befruchteten Eizelle (Fig. 312 C) geht durch Theilung ein vielzelliger Embryo hervor, welcher heranwächst und die zweite oder ungeschlechtliche Generation, die von dem Sporogon oder der gestielten Mooskapsel vorgestellt wird, liefert. Das Sporogon besteht aus einem meist rundlichen oder ovalen kapselartigen Sporenbehälter, in dessen innerem Gewebe die zahlreichen einzelligen Sporen erzeugt werden, die bei der Reife aus der sich öffnenden Kapsel entleert werden. Allgemein entstehen die Sporen bei den Bryophyten wie auch bei allen Pteridophyten zu 4, in Tetraden, durch zweimalige Theilung aus den Sporenmutterzellen, welche sich vorher von einander lösen und abrunden und den eigentlichen Ausgangspunkt der geschlechtlichen Generation vorstellen. Die Sporenkapsel sitzt meist auf einem kürzeren oder längeren Stiel, dessen unteres Ende, der sogen. Fuss, in dem erweiterten Archegoniumbauch stecken bleibt und von dem unterliegenden Gewebe scheidenartig überwuchert wird, daher in dasselbe eingesenkt erscheint. Obwohl also das Sporogon eine besondere Generation der Moospflanze darstellt, bleibt es zeitlebens mit der anderen Generation verbunden und bezieht von dieser zum Theil die zu seiner Entwicklung nöthigen Substanzen.

Die beiden scharf geschiedenen Klassen der Bryophyten charakterisiren sich kurz folgendermaassen:

1. *Hepaticae, Lebermoose.* Geschlechtliche Generation mit schwach entwickeltem und meist nicht scharf abgesetztem Protonema, ist entweder als gabeltheiliger Thallus oder als beblätterter, mit einigen wenigen Ausnahmen dorsiventraler Stengel ausgebildet. Der Sporenbehälter erzeugt bei den meisten ausser den Sporen auch Elateren d. h. sterile Zellen, welche in den typischen Fällen zu langen mit spiraligen Verdickungsleisten versehenen Zellen auswachsen (Fig. 318 F), anfangs die Stoffzufuhr zu den sporogenen Zellen vermitteln und bei der Reife und nach dem Oeffnen der Kapsel zur Auflockerung oder zum Wegschleudern der Sporen dienen. Nur bei einer Ordnung, den Anthocerotaceen, wird in der Kapsel eine Columella, d. h. ein axiler Körper aus sterilen Zellen, welcher ebenfalls die Stoffzufuhr zu den sich entwickelnden Sporen besorgt, ausgebildet.

2. *Musci, Laubmoose.* Vorkeim der geschlechtlichen Generation meist kräftig entwickelt, scharf abgesetzt, Pflanze stets in Stengel und Blätter gliedert. Die Blätter in spiralig mehrzeiliger, seltener in zweizeiliger Anordnung, Stengel also poly- oder bisymmetrisch beblättert. Sporenbehälter stets ohne Elateren, aber mit Columella, welche nur bei einer Gattung fehlt.

## Klasse I.

Hepaticae, Lebermoose<sup>(43,44)</sup>.

Die Lebermoose zerfallen nach dem Bau der Sporogone und der Gliederung der geschlechtlichen Generation in vier Ordnungen, von denen die *Ricciaceen*, *Marchantiaceen* und *Anthocerotaceen* ausschliesslich thallose Formen, die *Jungermanniaceen* theils thallose, theils foliose Formen umfassen.

**1. Ordnung. Die Ricciaceen** weisen unter allen Hepaticae die einfachste Ausbildung auf. Es gehören zu ihnen die Arten der Gattung *Riccia*, deren dichotomisch gelappter Thallus auf Schlamm- oder auf feuchten Aeckern kleine Rosetten bildet (Fig. 315 A). *Riccia natans* schwimmt mit ihren breiten Thalluslappen frei auf der Oberfläche des Wassers nach Art der Lemnaceen. *Riccia fluitans* lebt dagegen ganz untergetaucht und hat schmale reicher verästelte Thalluslappen (Fig. 10, S. 10), sie kann aber auch auf Schlamm- oder auf feuchten Aeckern niederliegende Rosetten bilden. Die Riccien tragen auf der Unterseite des Thallus feine Rhizoiden (Fig. 315 B) und besitzen ausserdem daselbst eine Reihe von quer gestellten einschichtigen Zelllamellen, sogen. Ventralschuppen, welche wie erstere sich an der Nährstoffaufnahme betheiligen. Beide Organe fehlen vollständig der submersen Form von *Riccia fluitans*, die somit die einfachste Form eines Lebermooses darstellt. Der Thallus besitzt eine deutliche Epidermis, darunter grünes assimilirendes Zellgewebe, mit grossen, durch Umwallung des umgebenden Gewebes entstehenden Lufthöhlen. In der Mittellinie wird der Thallus von einem centralen Strang langgestreckter chlorophyllfreier aber stärkeführender Zellen durchzogen.

Antheridien und Archegonien treten auf der Oberseite auf und sind eingesenkt. Aus der Eizelle entwickelt sich nach der Befruchtung ein ungestieltes kugeliges Sporogon mit einschichtiger Wandung, das im Innern nur mit grossen tetraëdrischen Sporen erfüllt ist. Die Wandung wird vor der Sporenreife aufgelöst und die Sporen werden durch Verwitterung und Zerreissung des sie umgebenden Archegoniumbauches und der umgebenden Zellen des Thallus frei. Bei der Keimung der Sporen entsteht ein ungegliederter Keimschlauch mit Rhizoiden und aus dem Ende desselben eine mehrzellige Keimscheibe, aus welcher der neue Thallus hervorsprosst. Die Protonemabildung ist somit nur eine unbedeutende.

**2. Ordnung. Die Marchantiaceen** sind weit höher organisirt und in manchen Gattungen von recht complicirtem Aufbau. Als Beispiel sei die auf feuchtem Erdboden, an Quellen bei uns sehr häufige *Marchantia polymorpha* geschildert. Sie bildet bis 2 cm breite, an den Enden sich gabelig verzweigende niederliegende Thalluslappen (Fig. 317 A, Fig. 318 A) mit undeutlich ausgeprägten Mittellinien. — An der Unterseite entspringen lange einzellige Rhizoiden, welche zum Theil glattwandig sind und vorzugsweise der Befestigung des Thallus dienen, zum Theil aber zapfenförmige, in das Lumen hineinragende Wandverdickungen aufweisen und die Wasserzuführung vermitteln (Zäpfchenrhizoiden), ausserdem einschichtige Schuppen. Die Dorsiventralität des Thallus macht sich auch in dem

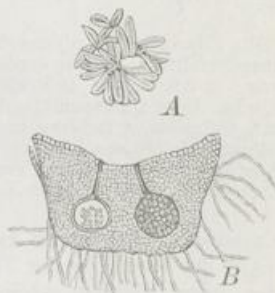


Fig. 315. *Riccia minima*. A Thallus mit eingesenkten Sporogonien am Grunde der Lappen. Nat. Gr. B Schnitt durch einen Thalluslappen, schwach vergr. (Nach BISHOFF.)

complicirten anatomischen Aufbau geltend. Auf der Oberfläche des Thallus bemerkt man schon mit blossen Auge eine zierliche rhombische Felderung. Jedes Feld entspricht einer unter der obersten Zellschicht oder Epidermis befindlichen, von geschlossenen seitlichen Wänden abgegrenzten Luftkammer, welche durch eine Athemöffnung in der Mitte des Feldes nach aussen führt (Fig. 159, *A, B*, S. 123). Die Oeffnung besteht aus einem kurzen Canal mit einschichtiger, aus mehreren ringförmigen Etagen von je vier Zellen gebildeten Wandung. Vom Boden der Kammer erheben sich zahlreiche kurze, aus rundlichen Zellen bestehende Fäden, welche die Chlorophyllkörner enthalten und das eigentliche Assimilationsgewebe vorstellen. Auch in den Kammerwänden und in der Epidermis befindet sich Chlorophyll, aber in geringerer Menge. Im Uebrigen besteht der Thallus unter den als grubchenartige Einsenkungen angelegten und dann durch Wachstum bestimmter Epidermiszellen überdachten Luftkammern aus grossen chlorophyllarmen, als Speicherzellen fungirenden Parenchymzellen, die nach unten von einer einschichtigen Epidermis abgeschlossen werden. Auf die Ausbildung der Luftkammern ist die Belichtung von grossem Einfluss. Bei

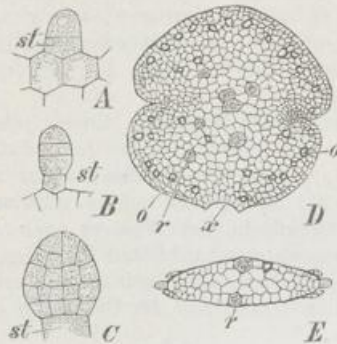


Fig. 316. *Marchantia polymorpha*. *A-C* aufeinander folgende Stadien der Brutkörperbildung. *st* Stielzelle. *D* Brutkörper von der Fläche. *E* im Querschnitt *x* Ablösungsstelle, *o* Oelzellen, *r* farblose, körnigen Inhalt führende Zellen, aus denen die Rhizoiden später entspringen. *A-C* Vergr. 275. *D-E* Vergr. 65. (Nach KNY.)

sehr schwacher Belichtung kann ihre Bildung ganz unterbleiben.

Auf der Oberseite des Thallus und zwar auf den Mittelrippen sitzend treten in der Regel zierliche kleine offene becherförmige Auswüchse mit gezähntem Rand, die Brutbecher oder Brutkörbchen (Fig. 317 *b*), auf, in deren Mitte



Fig. 317. *A* männliche Pflanze von *Marchantia polymorpha*, *b* Brutkörbchen. Nat. Gr. *B* Antheridiumstand mit den eingesenkten Antheridien *a* vergrössert, *t* Thallus, *s* Ventral schuppen, *r* Rhizoiden. Etwas vergr.

treten auch im fertigen Thallus zerstreut auf und sind überhaupt bei Lebermoosen sehr verbreitet. Mit Hilfe der Brutkörbchen kann sich *Marchantia* in reichlichem Maasse vegetativ vermehren.

Die Sexualorgane, Antheridien und Archegonien werden von besonderen aufstrebenden Zweigen des Thallus getragen. Im unteren Theile sind diese

eine Anzahl von gestielten flachen grünen Brutkörperchen von biscuitförmigem Umriss sich befinden. Sie entstehen, wie Fig. 316 zeigt, durch Hervorwölbung und weitere Theilung einzelner Epidermiszellen und sitzen mit einer Stielzelle (*st*) bis zu ihrer fertigen Ausbildung fest, um sich dann von derselben (*D* bei *x*) abzulösen. Sie besitzen an den beiden Einschnürungsstellen zwei Vegetationspunkte, von denen aus sie sich nach der Ablösung zu neuen Pflänzchen weiter entwickeln, und bestehen aus mehreren Schichten von Zellen, unter denen eine Anzahl mit Oelkörpern erfüllt sind (*D, o*), andere, farblose, als Anlagen der späteren Rhizoide dienen. Oelhaltige Zellen

Zweige stielartig zusammengerollt, im oberen Theile verzweigen sie sich reichlich und breiten sich wieder aus. Antheridien und Archegonien treten auf verschiedenen Pflanzen auf, die Art ist somit diöcisch. Die männlichen Zweige schliessen mit einer lappig gerandeten Scheibe ab, in deren Oberseite die Antheridien eingesenkt sind und zwar ein jedes in einen flaschenförmigen Behälter, der mit einer engen Oeffnung nach aussen mündet (Fig. 317 B). Diese Behälter werden von Luftkammern führendem Gewebe getrennt. Gestalt der Antheridien und Spermatozoiden ist aus Fig. 311 ersichtlich.

Die weiblichen Zweige (Fig. 318 A) schliessen mit einem neunstrahligen Schirm ab. Die Oberseite des Schirmes ist zwischen den Strahlen umgeschlagen und trägt an den umgeschlagenen Theilen die Archegonien, welche somit der Unterseite des Schirmes zu entspringen scheinen. Sie bilden dort zwischen den Strahlen radiale Reihen. Jede dieser Reihen wird von einer zierlich gezähnten Lamelle oder Hülle (B, C, h) umgeben. Die Gestalt der Archegonien ist aus Fig. 312 ersichtlich.

Nach der Befruchtung entwickelt sich die Eizelle zu einem vielzelligen Embryo (Figur 312 C), dieser unter weiterer Theilung und Differenzirung zu einem gestielten ovalen Sporogon. Die Kapsel derselben hat eine einschichtige Wandung, deren Zellen Ringfaserverdickung aufweisen. Nur am Scheitel ist die

Wandung zweischichtig, hier beginnt auch das Einreissen der Kapsel in Form mehrerer sich zurückkrümmender Zähne. Charakteristisch für die Marchantien sowie für die

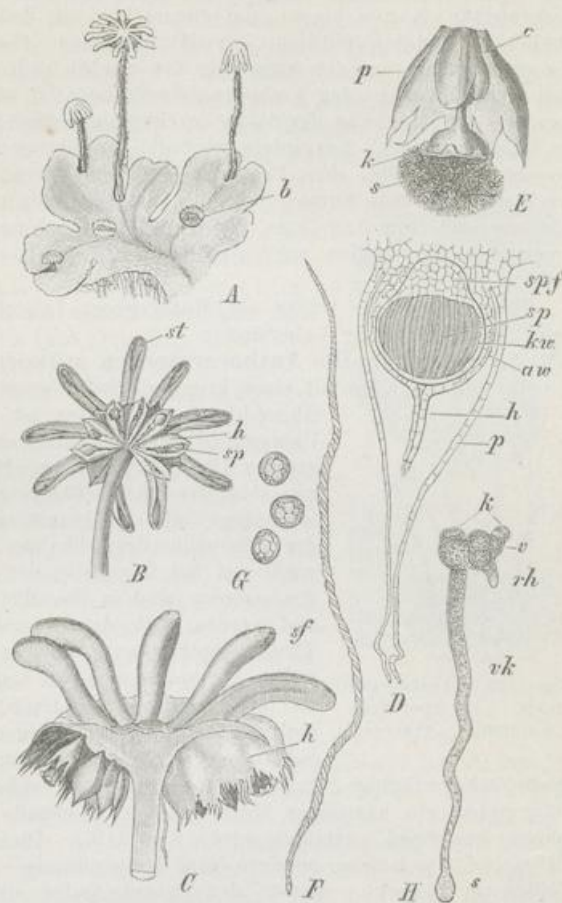


Fig. 318. *Marchantia polymorpha*. A weibliche Pflanze mit vier verschiedenalterigen Archegoniumständen, b Brutkörbchen. Nat. Gr. B Receptaculum von unten, st Strahlen, h Hülle, sp vortretende Sporogone. Vergr. 3. C Receptaculum halb durchschnitten. Vergr. 5. D junges Sporogon im Längsschnitt, mit dem Fuss *spf*, dem sporenbildenden Gewebe *sp*, der Kapselwandung *kw*, der Archegoniumwandung *aw*, dem Archegoniumhals *h*, dem Pseudoperianth *p*. Vergr. 70. E Aufgesprungenes Sporogon mit Kapsel *k*, Sporen und Elaterenmasse *s*, Pseudoperianth *p*, Archegoniumwand *c*. Vergr. 10. F Elatere. G reife Sporen. Vergr. 315. H gekeimte Spore *s* mit Vorkeim *vk* und Keimplatte *k*, Letztere mit der Scheitelzelle *v* und dem Rhizoid *rh*. Vergr. 100. C, E nach BISCHOFF, B, D, F—H nach KNY.

meisten Lebermoose sind die sogen. Elateren oder Schleudern, langgestreckte mit zwei spiraligen Verdickungsleisten versehene Faserzellen, die zwischen den Sporenmutterzellen in der Kapsel durch Auswachsen bestimmter Zellen entstehen. Die Elateren treten mit den Sporen zusammen als flockige Masse aus der aufgesprungenen Kapsel hervor und dienen hier zur Auflockerung der Sporenmasse, ähnlich wie das Capillitium der Myxomyceten (Fig. 318 E, F, G). Die reife Kapsel Frucht ist vor der Streckung des Stiels noch eingeschlossen von der eine Zeit lang mitwachsenden Archeogoniumwandung (D, aw, h), der sogen. Haube, die nun bei der Streckung des Stiels durchbrochen wird und an der Basis als Scheide zurückbleibt (E, c). Ausserdem wird die Kapsel von einer vier- bis fünfspaltigen dünnhäutigen Hülle, dem Pseudoperianth, umgeben, welches schon vor der Befruchtung aus dem kurzen Stiel des Archeogoniums ringsum als sackartige Hülle hervorsprosst (Fig. 312 C, pr, 318 D, E, p). Auch bei den höheren Lebermoosen kommen solche Hüllen vor, werden aber dort als echtes Perianth von Blättern gebildet.

Marchantia war früher als Mittel gegen Leberkrankheiten officinell, daher auch die Bezeichnung Lebermoose.

**3. Ordnung. Die Anthocerotaceen** umfassen nur wenige Formen, deren Thallus meist die Gestalt einer krausen Scheibe zeigt und auf dem Boden mittels



Fig. 319. *Anthoceros laevis*. sp Sporogon, c Columella. Nat. Gr.

Rhizoiden festgewachsen ist. Seine Zellen enthalten im Unterschied von allen anderen Moosen nur einen einzigen grossen Chlorophyllkörper. Die Antheridien entstehen zu zwei bis vier durch Theilung einer unter der Epidermis liegenden Zelle im Innern geschlossener Höhlungen an der Oberseite des Thallus. Die Decke der Höhlung wird erst bei der Reife der Antheridien gesprengt. Die Archeogonien sind in die Oberseite des Thallus eingesenkt und werden nach der Befruchtung durch Wucherung des Thallusgewebes von einer mehrschichtigen Hülle überwölbt, die später von der Kapsel Frucht durchbrochen wird und als Scheide an der Basis zurückbleibt. Das Sporogon besitzt einen angeschwollenen, mit Rhizoiden-ähnlichen Schläuchen im Thallus befestigten Fuss und eine ungestielte, lange schotenförmige, mit zwei Längsklappen aufspringende Kapsel, in deren Längsachse ein haarfeines Mittelsäulchen, Columella, aus wenigen sterilen Zellreihen bestehend, gebildet wird (Fig. 319). Dieselbe reicht aber nicht bis zur Spitze der Kapsel, sondern wird kappenförmig von der schmalen sporogenen Zellschicht bedeckt. Ausser den Sporen finden sich Schleudern vor; sie sind mehrzellig, vielgestaltig, oft gegabelt. Im Gegensatz zu allen übrigen Lebermoosen reift dieses Sporogon nicht in seiner ganzen Länge gleichzeitig heran, sondern von der Spitze ausgehend unter andauernder Fortentwicklung an seiner Basis nach dem Heraustreten aus dem Archeogonium. Auch enthält die Sporogonwand Chlorophyll und besitzt Spaltöffnungen.

An der Unterseite des Thallus der Anthocerotaceen werden durch Auseinanderweichen angrenzender Zellen Spalten erzeugt, die in Höhlungen führen, welche Schleim enthalten. In diese dringen häufig Nostocfäden ein, um sich dort zu endophytischen Colonien zu entwickeln.

**4. Ordnung. Die Jungermanniaceen** weisen in ihren einfacheren Formen einen breitlappigen Thallus wie *Marchantia* auf, z. B. die auf feuchtem Erdboden häufige *Pellia epiphylla*, oder einen schmal bandförmig dichotom verzweigten ähnlich wie *Riccia fluitans*, so die an Baumstämmen oder Felsen lebende *Metzgeria furcata* (vgl. Fig. 162, S. 125). Sodann giebt es Formen, deren breitlappiger mit Mittelrippe versehener Thallus bereits eine schwache Ausbildung von blattähn-



lichen Gliedern am Rande aufweist, so die erdbewohnende *Blasia pusilla* (Fig. 11, S. 10). Die Mehrzahl aber besitzt eine deutliche Gliederung in einen Stengel und einschichtige Blättchen ohne Mittelnerv, welche in zwei Zeilen an den Flanken des Stengels mit schiefer Stellung ihrer Spreite angeordnet sind. Bei gewissen Gattungen treten zu diesen zwei Zeilen Rückenblätter auch noch eine bauchständige Reihe von kleineren und anders beschaffenen Blättchen, Amphigastrien oder Bauchblätter, hinzu, so bei *Frullania Tamarisci* (Fig. 320 a), einem zierlich verzweigten, an Felsen und Baumstämmen häufigen Lebermoos von bräunlicher Farbe. Die Rückenblätter gliedern sich häufig in einen Oberlappen und einen Unterlappen. Der Letztere erscheint bei gewissen, trockene Standorte bewohnenden Arten sackartig ausgebildet und dient als capillarer Wasserbehälter, so bei *Frullania Tamarisci*. Die Rückenblätter sind entweder ober-schlächting, wenn der Hinterrand eines Blattes von dem Vorderrand des nächstunteren überdeckt wird (Fig. 320 *Frullania*) oder unter-schlächting, wenn der Hinterrand eines Blattes über dem Vorderrand des nächstunteren liegt (Fig. 12, S. 10 *Plagiochila*).

Der sich verzweigende Stengel der beblätterten Jungermanniaceen ist niederliegend oder aufstrebend und in Folge seiner Beblätterung ausgesprochen dorsiventral beschaffen.

Charakteristisch für die Jungermanniaceen ist die langgestielte Sporenkapsel. Das Sporogon ist schon fertig ausgebildet, ehe es bei der Streckung des Stiels die Archegoniumwand an deren Spitze durchbricht und als häutige Scheide an seinem Grunde zurücklässt, es weist eine kugelige, meist in vier Klappen aufspringende Kapsel (Fig. 11 u. 12) auf, bildet keine Columella aus und erzeugt stets neben den Sporen auch Elateren, die hier in den meisten Fällen durch ihre Bewegungen beim Austrocknen die Sporen weg-schleudern. Der Kapselstiel ist stets zart und weich.

Die Sporogone stehen entweder auf der Oberseite des Thallus oder des Stämmchens und werden an ihrer Basis von einem scheidenähnlichen Auswuchs des Thallus oder des Stengels, einem sogen. Involucrum, umgeben (z. B. *Blasia pusilla* Fig. 11) oder aber die Archegonien bzw. Sporogone gehen aus dem Scheitel des Stengels oder seiner Aeste hervor, sind gipfelständig und werden von einem aus besonders gestalteten Blättern gebildeten Perianth umhüllt (Fig. 12). Die meisten Jungermanniaceen sind kleine auf Erde oder an Baumstämmen, in den Tropen auch auf den Blättern von Waldpflanzen lebende Moose.

## Klasse II.

### Musci, Laubmoose <sup>(45)</sup>.

Das reich verzweigte Protonema der Laubmoose erscheint dem blossen Auge als ein feiner grüner Filz (Fig. 313). An demselben entstehen die Knospen, die mit dreiseitigen Scheitelzellen wachsen und die Moospflänzchen erzeugen. Letztere sind stets in Stengel und Blätter gegliedert. Die Laubmoose unterscheiden sich habituell leicht von den beblätterten Jungermanniaceen durch die spiralförmige Anordnung der kleinen Blättchen. Nur selten findet sich zweizeilige Anordnung. Bei solchen Laubmoosen, welche niederliegende Stengel haben, sind die Blättchen häufig einseitig gewandt oder geseitelt, bei



Fig. 320. *Frullania Tamarisci*, von unten, *r* Rückenblatt, *ws* als Wassersack ausgebildeter Unterlappen des Rückenblattes, *a* Amphigastrien. Vergr. 36.

spiraliger Anordnung, so dass auf diese Weise auch ein Gegensatz von Oberseite und Unterseite, aber in anderer Weise als bei den Lebermoosen zu Stande kommt.

Der Moosstengel wird von Zellen aufgebaut, die nach der Oberfläche zu enger und dickwandiger werden. Bei verschiedenen Gattungen z. B. bei *Mnium* (Fig. 160, S. 124) findet sich in der Achse des Stengels ein centraler Strang aus englumigen langgestreckten Zellen vor. Diese Leitbündel stehen noch nicht auf derselben Stufe der Differenzirung wie die Gefässbündel der Farnpflanzen. Sie fehlen z. B. den *Sphagnaceen* oder Torfmoosen, welche an sumpfigen Standorten leben. Der Stengel derselben zeigt eine eigenthümliche Ausbildung der peripherischen Zellschichten, deren Zellen plasmaleer sind, mit grossen offenen Poren unter einander und mit der Atmosphäre in Verbindung stehen und spiralförmige Verdickungsleisten als Aussteifungen auf ihrer Wandung besitzen. Sie saugen Wasser mit Begierde auf und dienen als capillare Wasserbehälter und Leiter (Fig. 321 C).

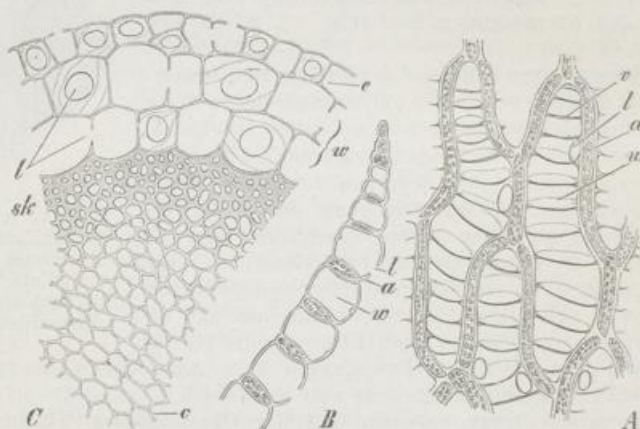


Fig. 321. A aus dem Blatt von *Sphagnum cymbifolium*, *a* chlorophyllhaltige Zellen, *w* Wasserzellen mit Verdickungsleisten *v* und Löchern *l*, von der Fläche. Vergr. 300. B Querschnitt durch das Blatt von *Sph. fimbriatum*. C Theil eines Querschnitts durch den Stengel von *Sph. cymbifolium*, *c* Mitte, *sk* sklerenchymatische Rindenzellen, *w* Wasserzellen mit Löchern und Verdickungsleisten, *e* Epidermis. Vergr. 120.

Die Blätter der Laubmoose sind in der Regel sehr einfach gebaut, bestehen meist nur aus einer Schicht von polygonalen chlorophyllführenden Zellen (Fig. 63, S. 51 und Fig. 99, S. 76 *Funaria*), und werden in der Regel in der Mediane von einem Leitbündel langgestreckter Zellen durchzogen. Den Torfmoosblättern geht letzteres ab, dagegen sind dieselben eigenartig differenzirt, indem in der einschichtigen Blattfläche ähnliche plasmaleere wasserspeichernde Zellen auftreten wie an der Stengelperipherie. Diese sind hier gross und langgestreckt, mit queren Verdickungsleisten und offenen Poren versehen (Fig. 321 A und B). Zwischen ihnen verlaufen die langgestreckten chlorophyllhaltigen Zellen in Form eines zusammenhängenden Netzes. Ausser den Torfmoosen zeigen auch noch einige Laubmoose eine ähnliche Differenzirung der Blattzellen (*Leucobryum vulgare* z. B.).

Complicirteren Blattbau, welcher sich als Anpassung an die Wasseraufnahme darstellt, besitzt unter den Laubmoosen *Polytrichum commune*, der gemeine Widerthou, u. A., dessen mehrschichtige Blätter auf der Innenseite

zahlreiche einschichtige dichtstehende Längslamellen aus chlorophyllhaltigen Zellen entwickeln, welche das assimilirende Gewebe vorstellen und in den Zwischenräumen Wasser speichern können. Bei Trockenheit faltet sich das Blatt rinnig zusammen und bringt die zarten Lamellen dadurch in eine vor übermässiger Transpiration geschützte Lage.

Am Grunde des Stengels entspringen die mehrzelligen verzweigten farblosen Wurzelhaare oder Rhizoiden (Fig. 324 B), welche ganz ähnlichen Aufbau aufweisen wie das Protonema und auch gelegentlich zu solchem auswachsen und neue Moospflänzchen in derselben Weise wie dieses erzeugen können.

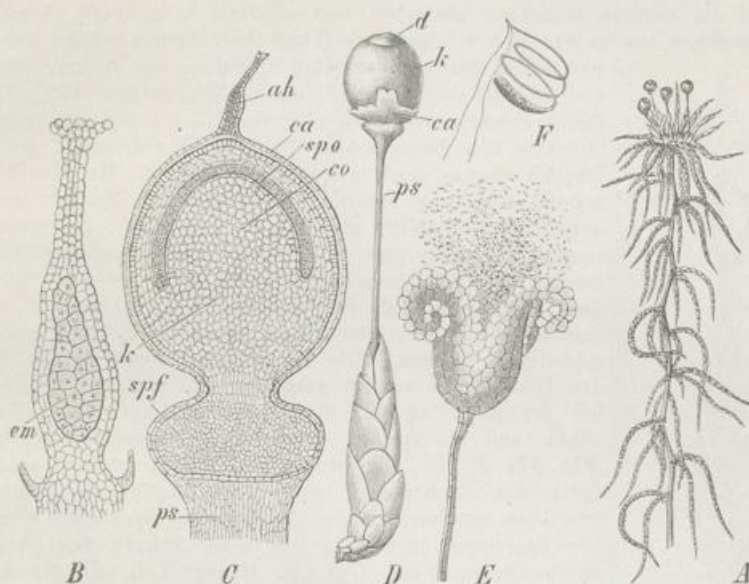


Fig. 322. *Sphagnum fimbriatum* A mit vier reifen Sporogonen. Nat. Gr. — *Sphagnum acutifolium*. B Archegonium mit dem mehrzelligen Embryo des Sporogons *em*. C junges Sporogon im Längsschnitt, *ps* Pseudopodium, *ca* Archegoniumwand oder Calyptra, *ah* Archegoniumhals, *spf* Sporogonfuss, *k* Kapsel, *co* Columella, *spo* Sporensack mit Sporen. E geöffnetes Antheridium mit den entleerten Spermatozoiden. F einzelnes Spermatozoid stark vergrößert. — *Sphagnum squarrosum*. D Reifes Sporogon am Ende eines kleinen Zweiges, *ca* durchrissene Calyptra, *d* Deckel. Vergr. — (Nach W. P. SCHIMPER.)

Die Sexualorgane sitzen bei den Laubmoosen stets gruppenweise beisammen an der Spitze der Hauptachsen oder am Ende kleiner Seitenzweigen, umgeben von den obersten Blättern. Man bezeichnet diese Antheridium- und Archegoniumstände in nicht zutreffender Weise als Moosblüthen, welche aber nichts mit den echten Blüthen der Gefäßpflanzen gemein haben, und nennt die oft besonders ausgestalteten Hüllblättchen Perichaetium. Zwischen den Sexualorganen stehen gewöhnlich eine Anzahl von mehrzelligen Saft-haaren oder Paraphysen. Entweder finden sich beiderlei Sexualorgane in demselben Stand vereinigt oder getrennt in verschiedenen Ständen auf derselben Pflanze oder auf getrennten Pflanzen.

Das Sporogon der Laubmoose weist in seiner Kapsel ein centrales Säulchen oder Columella aus sterilem Gewebe auf, in deren Umkreis der Sporensack mit den Sporen liegt. Die Columella fungirt als Nähr-

stoff- und Wasserspeicher für die sich bildenden Sporen. Elateren werden nie gebildet. Im Einzelnen weist die Gestaltung des Laubmoosporogons bei den vier Ordnungen der Laubmoose, nämlich den *Sphagnaceen*, den *Andreaeaceen*, den *Phascaceen* und den *Bryinen* mancherlei Verschiedenheiten auf. Am nächsten stehen den Lebermoosen die *Sphagnaceen* und *Andreaeaceen*.

**1. Ordnung. Sphagnaceae**<sup>(46)</sup>. Die Sphagnaceen oder Torfmoose enthalten nur eine, allerdings sehr formenreiche Gattung, *Sphagnum*. Die Torfmoose leben an sumpfigen Orten, häufig in Quellen, und bilden grosse schwellende Polster, die an ihrer Oberfläche von Jahr zu Jahr weiterwachsen, während die tieferen Schichten absterben und schliesslich in Torf übergehen. Die Stämmchen verzweigen sich reichlich, ein Theil ihrer Zweige wächst aufwärts



Fig. 323. *Andreaea petrophila*. *ps* Pseudopodium, *Spf* Sporogonfuss, *k* Kapsel, *c* Calyptra. Vergr. 12.

und bildet das gipfelständige Köpfchen, ein anderer abwärts und umhüllt den unteren Theil des Stämmchen (Fig. 322 *A*). Diese abwärts wachsenden Zweige sind peitschenförmig gestreckt. Ein Zweig unter dem Gipfel entwickelt sich alljährlich ebenso stark wie der Mutterspross, der damit eine falsche Gabelung erhält. Indem nun die Stämmchen von unten her allmählich absterben, werden die successive erzeugten Tochttersprosse zu selbstständigen Pflanzen. Einzelne Zweige des Köpfchens fallen durch ihre besondere Gestalt und Färbung auf; sie erzeugen die Geschlechtsorgane, meist monöisch auf derselben Pflanze, seltener diöisch auf verschiedenen Stöcken. Die männlichen Zweige tragen neben den Blättern die runden gestielten Antheridien, welche sich bei der Reife an der Spitze mit zurückgerollten Klappen öffnen und die spiralig gewundenen Samenfäden entlassen (Fig. 322 *E, F*), die weiblichen Zweige weisen an ihrer Spitze die Archegonien auf, deren Eizelle nach der Befruchtung zum mehrzelligen Embryo des Sporogons wird (*B*). Die Sporogone entwickeln nur einen kurzen Stiel mit angeschwollenem Fuss (*C*), sind längere Zeit von der Archegoniumwand oder Calyptra eingeschlossen und sprengen dieselbe an deren Spitze, lassen sie also an ihrer Basis als Scheide zurück, wie es auch bei den Lebermoosen der Fall ist. In der kugeligen Kapsel wird eine centrale halbkugelige Columella ausgebildet, die von dem sporenbildenden Gewebe (*spo*) überlagert wird. Die Kapsel öffnet sich mittels eines

Deckels, welcher abgeworfen wird. Das reife Sporogon erscheint wie bei *Andreaea* auf einem Pseudopodium, der Verlängerung des Zweiges, emporgehoben und ist mit dem Fuss in das angeschwollene obere Ende desselben eingesenkt. Auf den eigenthümlichen Bau der Blätter und der Stengelrinde ist bereits oben hingewiesen (S. 321).

Eigenartig sind die Vorkerne der Torfmoose gestaltet. Die Sporen keimen zunächst zu kurzen Fäden aus, welche sich zu flächenförmigen Vorkernen, auf denen die Stammknospen entstehen, erbreitern.

**2. Ordnung. Andreaeaceae.** Die Andreaeaceen oder spaltfrüchtigen Laubmoose (Schizocarpae) werden von der Gattung *Andreaea* gebildet, deren Arten kleine bräunliche Moospolster an Felsen vorstellen. Die Sporogone stehen an der Spitze des Stengels, ihre von einer mützenförmigen Calyptra anfangs bedeckte Kapsel öffnet sich in eigenthümlicher Weise mittels vier an der Spitze und Basis verbundenen Klappen (Fig. 323) und besitzt nur einen kurzen Stiel mit einem basalen erweiterten Fuss *Spf*, welcher an dem oberen Ende einer

nach der Befruchtung der Archegonien sich emporstreckenden stiel förmigen Verlängerung der Stengelspitze, dem Pseudopodium (*ps*), eingesenkt ist.

**3. Ordnung. Phascaceae.** Die Phascaceen oder schliessfrüchtigen Laubmoose (auch Cleistocarpae genannt) umfassen winzige wenigblättrige erdbewohnende Formen, an denen der fädige Vorkeim bis zur Kapselreife erhalten bleibt (Fig. 330). Die mit der Haube bedeckte endständige Kapsel ist nur kurzgestielt und öffnet sich nicht mittels eines Deckels, sondern die Sporen werden durch Verwesung der Kapselwand frei. Die Phascaceen stellen sehr einfach gebaute Laubmoose dar.

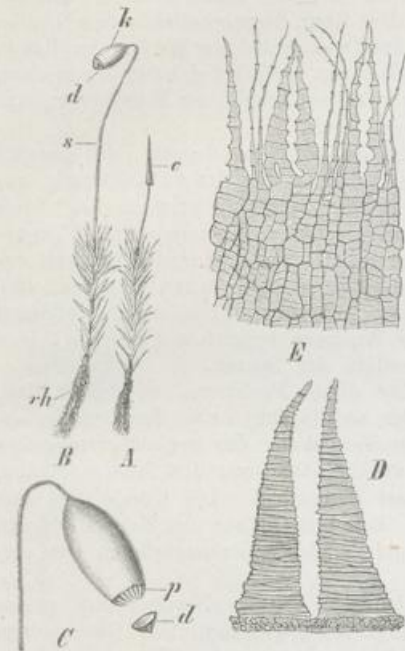


Fig. 324. *Mnium hornum*. A Pflanze mit Sporogon, dessen Kapsel noch von der Calyptra *c* bedeckt ist. B mit reifem Sporogon, *s* Seta, *k* Kapsel, *d* Deckel, *rh* Rhizoide. C Kapsel aufgesprungen, *p* Peristom. D zwei äussere Peristomzähne. E inneres Peristom. A, B nat. Gr. C Vergr. 3. D, E Vergr. 58.

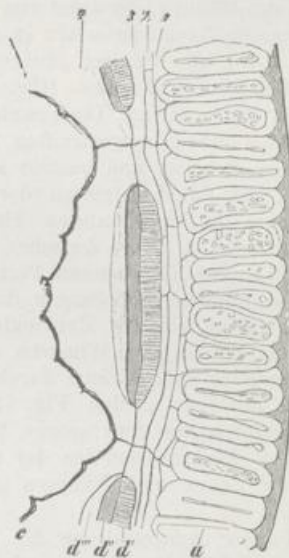


Fig. 325. *Mnium hornum*. Querschnitt durch den Kapselrand in der Höhe des Ringes. *a* Zellen des Ringes, 1—4 auf einander folgende Zellschichten, *d* die in der dritten, *d'* die in der vierten Zellschicht entstandene Verdickungsmasse der Zähne. *d''* vorspringende Querleisten, *c* verschmolzene Wimpern. Vergr. 240.

**4. Ordnung. Bryinae**<sup>(47)</sup>. Bei den Bryinen oder deckelfrüchtigen Laubmoosen (auch Stegocarpae genannt), zu denen die überwiegende Mehrzahl der zahlreichen Gattungen und Arten gehört, erreicht die Moosfrucht ihre complicirteste Ausbildung. Das reife, nach der Befruchtung aus der Eizelle hervorgegangene Sporogon besteht aus einem langen Stiel, der Seta (Fig. 324 B *s*), die am Grunde mit ihrem Fuss in das Gewebe der Mutterpflanze eingesenkt ist, und aus der Kapsel (*k*), die im jugendlichen Zustand von der Haube oder Calyptra (*A c*) bedeckt wird. Die Calyptra wird vor der Sporenreife abgeworfen, sie besteht aus einer bis zwei Schichten gestreckter Zellen und geht hervor aus der den Embryo umschliessenden und anfangs mitwachsenden Archegoniumwandung, welche bald an der Basis abgesprengt und bei der Streckung

der Seta von der Kapsel mit emporgehoben wird, während bei den Lebermoosen die Haube stets an der Spitze von dem sich streckenden Sporogon durchgerissen wird, also an der Basis als Scheide zurückbleibt. Der oberste Theil der Seta unter der Kapsel wird als Apophyse bezeichnet. Sie ist bei *Mnium* kaum ausgeprägt, dagegen bei *Polytrichum commune* in Form eines Ringwulstes entwickelt (Fig. 326 *ap*) und am auffälligsten bei den nordischen *Splachnum*-Arten, bei welchen auf grosser kragenförmig ausgebreiteter, gelb oder roth gefärbter Apophyse die Kapsel nur als kleiner Höcker erscheint. Der obere Theil der Kapselwandung ist in Form eines Deckels (Fig. 324 *d*) mit oder ohne schnabelartige Spitze ausgebildet. Unterhalb des Deckelrandes ist eine schmale Zone der Kapselwandungszellen als sogen. Ring differenzirt. Der Ring, dessen Zellen aufquellenden Schleim führen, vermittelt das Absprennen des Deckels bei der Reife. Am Rande der Kapselöffnung, zunächst von dem Deckel bedeckt, befindet sich bei den meisten stegocarpen Laubmoosen ein in der Regel von Zähnen gebildeter Mundbesatz, das Peristom, das bei den übrigen Moosgruppen fehlt.

Bei *Mnium hornum* (Fig. 324 *C p*) ist das Peristom doppelt, das äussere besteht aus 16, am Innenrande der Kapselwandung inserirten, keilförmig zugespitzten und quergestreiften Zähnen (*D*). Das innere Peristom liegt dem äusseren dicht an und besteht aus flachen wimperartigen Lamellen und Wimperfäden, die mit Leisten an der Innenfläche besetzt und daher quergestreift erscheinen, in ihrem unteren Theile aber zu einer continuirlichen Membran verschmolzen sind (*E*). Zwischen zwei äusseren Peristomzähnen stehen jedesmal zwei Wimpern des inneren Peristoms. Die Wimpern vermitteln hier durch ihre hygroskopischen Bewegungen das Wegschleudern der Sporen.

Verfolgt man die Entwicklungsgeschichte dieses Peristoms, so ergibt sich, dass die Zähne und Wimpern aus einer der an die Innenseite des Deckels anschliessenden Zellschichten durch stellenweise Verdickung der gegenüberstehenden Wände angelegt werden (Fig. 325) und zwar die Zähne aus den Aussenwänden, die Wimpern aus den inneren Wänden dieser Zellschicht. Die Querleisten entsprechen den Ansatzstellen der Querwände. Bei dem Oeffnen der Kapsel trennen sich die Zähne und Wimpern in den dünnbleibenden Wandungsstellen von einander.

In der Ausgestaltung des Peristoms herrscht bei den Bryinen eine grosse Mannichfaltigkeit. Durch seine Form und seine hygroskopischen Bewegungen bewirkt es ein allmähliches Ausstreuen der Sporen aus der Kapsel.

Die Mitte der Kapsel wird der Länge nach von der grosszelligen Columella durchzogen. Das sporenbildende Gewebe, der sogen. Sporensack, umgiebt dieselbe mantelförmig. Von der Kapselwandung und vielfach auch der Columella trennt ihn ein lockeres chlorophyllhaltiges Gewebe. Die Epidermis der Kapsel führt Spaltöffnungen. Entsprechend ihrer anatomischen Structur theiligt sich die junge Moosfrucht auch an der Assimilation. Sie reift ausserhalb des Archegoniums langsam heran, während bei fast allen Lebermoosen das Sporogon bis zur Reife in dem Archegonium eingeschlossen bleibt.

Gestalt der Kapsel, des Peristoms, des Deckels und der Haube geben die wichtigsten Gattungsunterschiede ab. Die Bryinen zerfallen zunächst in zwei grosse Unterordnungen nach der Stellung der Archegonien beziehungsweise der Kapseln:

a) Bei den *Bryinae acrocarpae* stehen die Archegonien und somit auch die Sporogone am Ende des Hauptstengels. Von häufigeren Arten gehört hierher das oben besprochene *Mnium hornum*, welches an feuchten Stellen, auf Waldböden, am Grunde von Felswänden auftritt. Ferner *Polytrichum commune*, ein sehr gemeines, auch im hohen Norden sehr verbreitetes Laubmoos (Fig. 326). Die Stengel desselben erreichen oft mehrere Decimeter Länge und wachsen rasen-

artig auf dem Erdboden. Die Kapsel ist sehr lang gestielt, vierkantig prismatisch, mit ringförmiger Apophyse, die Haube goldbraun, filzig, die Kapsel allseitig einhüllend, das Peristom einfach, aus 32 Zähnen bestehend. Ein sehr häufiges acrocarpes Moos ist ferner *Funaria hygrometrica*, auf Erdboden oder an Mauern vegetierend. Die beblätterten Stämmchen sind bei dieser Art sehr klein, die geneigte birnförmige Kapsel erhebt sich auf langer Seta, die beim Austrocknen sich



Fig. 326. *Polytrichum commune*. *rh* Rhizoide, *s* Seta, *c* Calyptra, *ap* Apophyse, *d* Deckel. Nat. Gr.



Fig. 327. *Schistostega osmundacea*. *A* sterile, *B* fertile Pflanze. Vergr. 5.



Fig. 329. *Hypnum purum*. Nat. Gr.

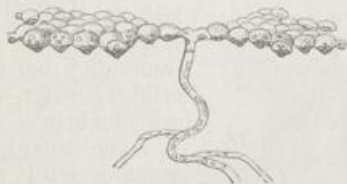


Fig. 328. Protonema von *Schistostega osmundacea*. Vergr. 90.

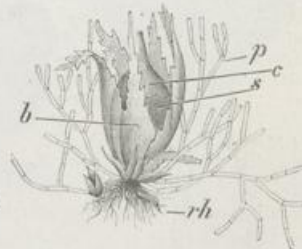


Fig. 330. *Ephemeron serratum*. *p* Protonema, *b* Laubblatt, *s* Sporogon, *c* Calyptra, *rh* Rhizoide. Vergr. 200. (Nach W. P. SCHIMPER.)

spiralig dreht, beim Befeuchten wieder gerade streckt, daher die Bezeichnung Drehmoos. Eine sehr eigenthümliche Ausbildung des Protonema treffen wir bei dem in Erdlöchern oder in Höhlen lebenden Leuchtmoos *Schistostega osmundacea*. Die fertilen Sprosse dieses Moores sind spiralig beblättert und tragen auf langer Seta eine peristomlose Kapsel, die sterilen Sprosse dagegen sind zweizeilig beblättert (Fig. 327 *A*, *B*). Der Vorkeim allein leuchtet mit smaragdgrünem Licht

(S. 195). Seine aus dem Substrat sich erhebenden Fäden verzweigen sich in einer zum einfallenden Licht senkrechten Ebene und bilden so eine kleine strahlige Fläche. Die Fadenzellen in derselben sind linsenförmig gestaltet mit konisch ausgesacktem, mehrere Chlorophyllkörner enthaltendem Boden und wirken wie Blendlaternen, indem sie die einfallenden Lichtstrahlen brechen und reflectiren (Fig. 328).

b) Bei den *Bryinae pleurocarpae* wachsen die Hauptachsen unbegrenzt weiter und die Archegonien bzw. Sporogone stehen auf besonderen ganz kurzen Seitenzweiglein (Fig. 329). Hierher gehören zahlreiche, meist reich verzweigte, dichte Polster bildende Arten, darunter unsere grössten Waldmoose, die den Gattungen *Hylocomium*, *Neckera* und *Hypnum* entstammen, ferner auch die in den Bächen und Flüssen submers fluthende *Fontinalis antipyretica*.

## III.

Pteridophyta, Farnpflanzen<sup>(1, 42, 48)</sup>.

Die Pteridophyten umfassen die Farne, Wasserfarne, Schachtelhalme und Bärlappgewächse und stellen die höchst entwickelten Cryptogamen vor. Wie bei den Bryophyten vollzieht sich auch hier der Entwicklungsgang in zwei scharf geschiedenen Generationen. Die erste Generation ist die geschlechtliche, sie trägt Antheridien und Archegonien, die zweite ist die ungeschlechtliche, sie geht aus der befruchteten Eizelle hervor und erzeugt ungeschlechtliche einzellige Sporen. Aus der Keimung der letzteren entsteht wieder die geschlechtliche Generation. Die Ausbildung, welche die geschlechtliche und die ungeschlechtliche Generation bei den Pteridophyten erfährt, zeigt weitgehende Verschiedenheiten.

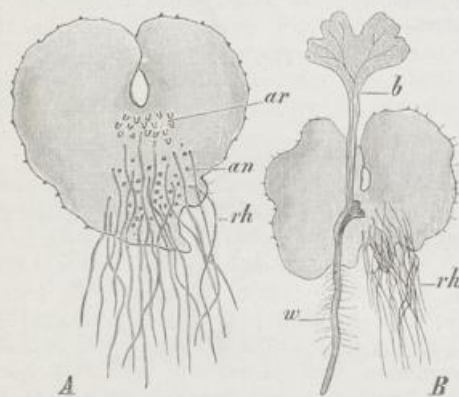


Fig. 331. *Aspidium filix mas.* A Prothallium von der Unterseite mit Archegonien *ar*, Antheridien *an*, Wurzelhaaren *rh*. B Prothallium mit jungem, aus einer befruchteten Eizelle entstandenem Farnpflänzchen, *b* erstes Blatt, *w* Wurzel desselben. Vergr. ca. 8.

Die geschlechtliche Generation wird als Prothallium (auch als Gametophyt) bezeichnet, sie erreicht keine bedeutende Grösse, bei einzelnen Formen höchstens einige Centimeter im Durchmesser und gleicht dann in ihrem Aufbau einem einfachen thallosen Lebermoos, d. h. sie besteht aus einem kleinen grünen blattartigen, auf der Unterseite mit Rhizoiden am Boden befestigten Thallus (Fig. 331 A). In einigen Fällen ist das Prothallium verzweigt fadenförmig ausgebildet, in anderen Fällen halb oder ganz unterirdisch in Form von knollenförmigen, ungefärbten Gewebekörpern mit saprophytischer Lebensweise; in gewissen Abtheilungen der Pteridophyten endlich erleidet es eine Reduction und bleibt in der Spore mehr oder weniger



eingeschlossen. An dem Prothallium entstehen die Geschlechtsorgane, sowohl Antheridien (Fig. 338) mit zahlreichen cilientragenden, meist schraubig gewundenen Spermatozoiden, als auch Archegonien (Fig. 339) mit je einer Eizelle. Die Befruchtung ist wie bei den Moosen nur in Wasser, also bei Benetzung der Prothallien möglich.

Nach der Befruchtung entwickelt sich aus der Eizelle wie bei den Bryophyten zunächst ein mehrzelliger Embryo, welcher zur ungeschlechtlichen Generation heranwächst. Bryophyten und Pteridophyten werden daher von ENGLER als Embryophyta bezeichnet, und zwar als Embryophyta zoidiogama, weil die männlichen Zellen als Spermatozoiden ausgebildet sind.

Die ungeschlechtliche Generation, die auch als Sporophyt bezeichnet wird, ist bei den Pteridophyten eine in der äusseren Gliederung und inneren Structur hochdifferenzierte Pflanze mit Gliederung in Stengel, Blätter und Wurzeln. Bei der Mehrzahl der Pteridophyten, so bei den Farnen und

Schachtelhalmen, theilt sich die befruchtete Eizelle, nachdem sie sich mit einer Cellulosemembran umgeben hat, im Archegonium zunächst durch eine Quer- oder Basalwand in zwei Zellen und dann durch zwei zu dieser senkrecht stehende Wände in Octanten. Unter weiterer Theilung dieser acht Zellen entsteht ein Gewebekörper, an welchem der Stammscheitel, das erste Blatt, die erste Wurzel und neben dieser ein der Keimpflanze des Pteridophyten eigenenthümliches Organ, der sogen. Fuss angelegt werden (Fig. 332 f). Der Fuss ist ein höckerartig vorspringender Gewebekörper, durch welchen die junge Keimpflanze mit dem anfangs mitwachsenden, sich erweiternden Archegoniumbauch in Verbindung bleibt; er sorgt als Saugorgan für ihre Ernährung, bis die Wurzel in den Boden gedrungen ist, die ersten Blätter sich entfaltet haben und die Keimpflanze somit selbstständig sich ernähren kann. Das Prothallium geht dann in der Regel bald zu Grunde. Aus dem Stammscheitel des Embryo entwickelt sich ein einfacher oder sich gabelig, ohne Beziehung zu den Blättern verzweigender aufrechter oder niederliegender Stamm, welcher in spiraliger, quirliger oder dorsiventraler Anordnung die Blätter erzeugt. Statt Rhizoiden wie bei Moosen werden echte aus Geweben aufgebaute Wurzeln, wie wir sie auch bei den Phanerogamen vorfinden, erzeugt (vgl. Fig. 166). Auch die Blätter stimmen im Wesentlichen in ihrer Structur mit denen der Phanerogamen überein. Stämme, Wurzeln und Blätter werden von wohldifferenzierten Gefässbündeln durchzogen und daher bezeichnet man auch die Pteridophyten als Gefässcryptogamen. Die Gefässbündel der Pteridophyten sind überwiegend nach einem besonderen Typus gebaut (vgl. Fig. 104, 124, 129, 130). Secundäres Dickenwachsthum durch Cambiumthätigkeit kommt bei den jetzt lebenden

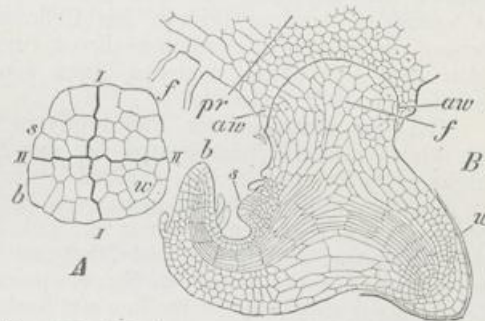


Fig. 332. A *Pteris serrulata*. Aus dem Archegonium befreiter Embryo im Längsschnitt. I Basalwand, II senkrecht zu dieser stehende Quadrantenwand, f Anlage des Fusses, s des Stammscheitels, b des ersten Blattes, w der Wurzel. (Nach KIENZIG-GERLOFF.) B *Pteris aquilina*. Weiterentwickelter Embryo, mit dem Fuss f noch im erweiterten Archegoniumbauch, aw steckend, pr Prothallium. Vergr. (Nach HORMEISTER.)

den Archegoniumbauch in Verbindung bleibt; er sorgt als Saugorgan für ihre Ernährung, bis die Wurzel in den Boden gedrungen ist, die ersten Blätter sich entfaltet haben und die Keimpflanze somit selbstständig sich ernähren kann. Das Prothallium geht dann in der Regel bald zu Grunde. Aus dem Stammscheitel des Embryo entwickelt sich ein einfacher oder sich gabelig, ohne Beziehung zu den Blättern verzweigender aufrechter oder niederliegender Stamm, welcher in spiraliger, quirliger oder dorsiventraler Anordnung die Blätter erzeugt. Statt Rhizoiden wie bei Moosen werden echte aus Geweben aufgebaute Wurzeln, wie wir sie auch bei den Phanerogamen vorfinden, erzeugt (vgl. Fig. 166). Auch die Blätter stimmen im Wesentlichen in ihrer Structur mit denen der Phanerogamen überein. Stämme, Wurzeln und Blätter werden von wohldifferenzierten Gefässbündeln durchzogen und daher bezeichnet man auch die Pteridophyten als Gefässcryptogamen. Die Gefässbündel der Pteridophyten sind überwiegend nach einem besonderen Typus gebaut (vgl. Fig. 104, 124, 129, 130). Secundäres Dickenwachsthum durch Cambiumthätigkeit kommt bei den jetzt lebenden

Familien nur ganz vereinzelt vor, zeichnete aber die Stämme von gewissen fossilen Pteridophytengruppen aus.

An den Blättern, in einzelnen Fällen an den Stengeln in den Blattachseln, werden an der ungeschlechtlichen Generation auf ungeschlechtlichem Wege die Sporen erzeugt und zwar in besonderen Behältern oder Sporangien. Die sporangientragenden Blätter heissen Sporophylle. Die Sporangien umschliessen mit einer mehrschichtigen Wandung das sporogene Gewebe, dessen Zellen sich abrunden, von einander loslösen und als Sporenmutterzellen je vier tetraëdrische Sporen (Sporentetraden) erzeugen. Die innerste Schicht der Wandung besteht aus plasmareichen Zellen, sogen. Tapetenzellen, die im Laufe der Sporangiumausbildung ihre Selbstständigkeit aufgeben, ihre Membranen auflösen und zwischen die Sporenmutterzellen einwandern, so dass die Sporen in eine schleimige, sie ernährende Plasmamasse, das Periplasma, eingebettet erscheinen. In den reifen Sporangien ist nur die äussere Schicht der Wandung erhalten. Die einzelligen Sporen besitzen eine doppelte, aus Exine und Intine bestehende Membran; erstere ist cutinisirt, letztere besteht aus Cellulose. Bei gewissen Pteridophyten werden die Sporen ausserdem noch von einer besonders differenzirten Aussenhaut, dem Perinium, welches ihnen von dem Plasma der Tapetenzellen aufgelagert wird, umkleidet.

Bei der Mehrzahl der Pteridophyten sind die Sporen unter sich alle von gleicher Beschaffenheit und bei der Keimung geht aus ihnen ein Prothallium hervor, an welchem zugleich Antheridien und Archegonien entstehen. In gewissen Fällen können aber auch die Prothallien diöcisch sein. Diese Trennung der Geschlechter erstreckt sich bei einigen Pteridophytengruppen auch schon auf die Sporen und führt zur Ausbildung von zweierlei Formen von Sporen, Macrosporen, in Macrosporangien erzeugt, aus denen bei der Keimung nur weibliche Prothallien mit Archegonien hervorgehen, und Microsporen, in Microsporangien erzeugt, aus denen männliche Prothallien hervorgehen. Danach hat man also zwischen gleichsporigen oder homosporen und verschiedensporigen oder heterosporen Farnen zu unterscheiden, ein Unterschied, der aber nicht zur Gesamteintheilung verwertet werden kann, da er sich in gleichem Grade in systematisch getrennten Gruppen, also mehrmals herausgebildet hat.

Vergleichen wir den Entwicklungsgang der Pteridophyten mit dem der Bryophyten, so entspricht die ungeschlechtliche cormophyte Generation der Farnpflanzen dem Sporogon, das Prothallium dagegen der Moospflanze sammt dem vorausgehenden Protonema. Obwohl beide Gruppen gemeinsamen phylogenetischen Ausgangspunkt besitzen mögen, haben sie sich nach ganz verschiedenen Richtungen gesondert weiterentwickelt. Auf ihre Verwandtschaft weist vor Allem die Uebereinstimmung im Bau der Geschlechtsorgane hin, während dagegen die ungeschlechtliche Generation die weitgehendsten Unterschiede darbietet, so dass es nicht statthaft erscheint, die Farnpflanze, die allerdings in der Anlage dem Moossporogon homolog ist, von letzterem direct als Weiterbildung abzuleiten.

Die jetzt lebenden Pteridophyten gliedern sich in folgende Klassen:

1. *Filicinae*, *Farne*. Stengel einfach oder verzweigt mit wohlentwickelten abwechselnden, meist reichgefiederten Blättern. Sporangien zu mehreren in sogen. Sori vereinigt, oder zu vielen frei auf der Unterseite der Sporophylle, oder in besonderen Blattabschnitten eingeschlossen.

1. Ordnung. *Filices* Farne im engeren Sinne. Homospor.
2. Ordnung. *Hydropterides* Wasserfarne. Heterospor.

2. *Equisetinae*, *Schachtelhalme*. Stengel einfach oder quirlig verzweigt, mit quirlig gestellten schuppenartigen zu geschlossenen Scheiden verwachsenen Blättern. Sporophylle am Ende der Zweige zu einem ährenförmigen Sporangienstand vereinigt, schildförmig, auf der Unterseite mit vielen Sporangien.

3. Ordnung. *Equisetaceae* Schachtelhalme. Homospor.

3. *Lycopodinae*, *Bärlappartige Gewächse*. Stengel entweder gestreckt dichotomisch verzweigt und zwar gabelig oder sympodial ausgebildet, mit kleinen, in manchen Fällen sehr reducirten Blättchen, selten gestaucht knollig mit pfriemlichen Blättern. Sporangien derbwandige Kapseln, einzeln in den Blattachsen am Stengel oder auf dem Blattgrund entspringend.

4. Ordnung. *Lycopodiaceae* Bärlappe. Homospor.

5. Ordnung. *Selaginellaceae* Selaginellen. Heterospor.

6. Ordnung. *Isotaceae* Brachsenkräuter. Heterospor.

Im fossilen Zustande bekannt sind ausserdem verschiedene Gruppen, welche theils zu den drei genannten Klassen gezählt werden, theils besondere Klassen bilden.

#### Klasse I.

#### Filicinae, Farne.

##### 1. Ordnung. Filices<sup>(49)</sup>.

Die Filices oder Farne im engeren Sinne umfassen die Hauptmasse der Gefässcryptogamen. Sie sind in ausserordentlicher Fülle von Gattungen und Arten in allen Erdtheilen verbreitet; ihre Hauptentwicklung erreichen sie in den Tropen. Hier treffen wir auch die stattlichsten Vertreter der Ordnung an, die Baumfarne (*Cyathea*, *Alsophila* u. A.), welche die besondere Familie der *Cyatheaceen* bilden. Der einfache holzige, meist etwa armdicke Stamm der Baumfarne (Fig. 334) ist unverzweigt und trägt an seinem Ende eine Rosette von riesigen mehrfach gefiederten Blättern oder Wedeln, die successive von der Stammknospe erzeugt werden und mit Hinterlassung grosser Blattstielnarben später absterben und abfallen. Der Stamm ist mittels zahlreicher Adventivwurzeln im Boden befestigt. Er gleicht im Habitus einer Palme. Die Mehrzahl der Farne, so auch alle unsere einheimischen, leben dagegen als krautartige bodenständige Pflanzen, besitzen ein kriechendes wenig verzweigtes Rhizom und meist am Ende desselben eine Rosette reichgefiederter Blätter. So verhält sich u. A. der in unseren Wäldern sehr häufige Wurmfarne, *Aspidium filix mas*, dessen Rhizom als wurmtreibendes Mittel officinell ist. Wie Fig. 333 1 a zeigt, sind die Blätter in der Jugend mit der Spitze eingerollt, eine Eigenthümlichkeit, welche sämmtlichen Blättern der Farne und auch der Wasserfarne zukommt. Im Gegensatz zu den Phanerogamenblättern vollzieht sich bei den Farnblättern das Wachstum an der Spitze bis zur vollen Grösse.

Bei dem gewöhnlichsten, einheimischen Farnkraut, dem Engelsüss, *Polypodium vulgare*, sind die Blätter einfach gefiedert und entspringen einzeln auf der Oberseite des zwischen Moos oder an Felsen kriechenden verzweigten Rhizoms. Auch giebt es manche Farne, welche ganz einfache ungetheilte Blätter aufweisen, so die Hirschezunge, *Scolopendrium vulgare*.

In den Tropen wachsen zahlreiche krautige Farne als Epiphyten auf den Waldbäumen.

Die meisten Farne sind an ihren Stämmen, Blattstielen und zum Theil auch den Blättern mit bräunlichen einschichtigen, oft gefranzten, sogen. Spreuschuppen (Paleae) bekleidet, welche zu den Trichomen zu rechnen sind.



Fig. 333. *Aspidium filix mas*. 1 Habitusbild. *a* junge Blätter noch eingerollt. 2 Rhizom quer durchschnitten mit den Gefässbündeln *a*. 3 Blattfieder mit Sori, *a* Schleier, *b* Sporangien. 4 Fruchthäufchen im Längsschnitt. 5 dasselbe quer durchschnitten, *a* Blatt, *b* Schleier, *c* Sporangien. 6 Sporangium, *a* Stiel, *c* Ring, *d* Sporen. (Nach WOSSIDLO.) — Officinell.

Im Allgemeinen werden die Sporangien in grosser Zahl auf der Unterseite der Blätter erzeugt. Die Sporophylle sind in der Regel nicht von den sterilen Laubblättern in der äusseren Form verschieden. Nur bei einigen

Gattungen findet eine ausgeprägte Heterophyllie statt. Als einheimischer Vertreter ist hier der Straussfarn, *Struthiopteris germanica*, zu nennen, dessen gedrungene, weniger reich verzweigte dunkelbraune Sporophylle zu mehreren im Innern der grossen Blattrosette stehen.

Bezüglich der Ausbildung der Sporangien machen sich bei den einzelnen Familien Unterschiede geltend.

Es sei zunächst das Verhalten der Mehrzahl unserer einheimischen Farne, welche zu der umfangreichen Familie der *Polypodiaceen* gehören, dargestellt. Die Sporangien erscheinen hier in verschieden gestalteten Häufchen,

sog. Sori, vereinigt, an den Enden oder zwischen den Auszweigungen der Blattnerven auf der Unterseite. Sie entspringen auf einem hervortretenden Blattgewebepolster, dem *Receptaculum* (Fig. 333 5), und werden bei vielen Arten von einem häutigen Auswuchs der Blattfläche, dem sogen. Schleier, *Indusium*, vor der Reife bedeckt und geschützt (Fig. 333 3—5). Das einzelne Sporangium geht aus einer einzigen Epidermiszelle durch Theilung hervor, besteht im reifen Zustand aus einer kleinen, mit mehrzelligem dünnem Stiel dem Polster aufsitzenden Kapsel mit einschichtiger Wandung und umschliesst in derselben eine grössere Anzahl von Sporen mit leisten- oder warzenartiger Verdickung der Exine (Fig. 333 6). Sehr charakteristisch für die Polypodiaceen ist der Ring, *Annulus*, welcher hier über den Rücken und

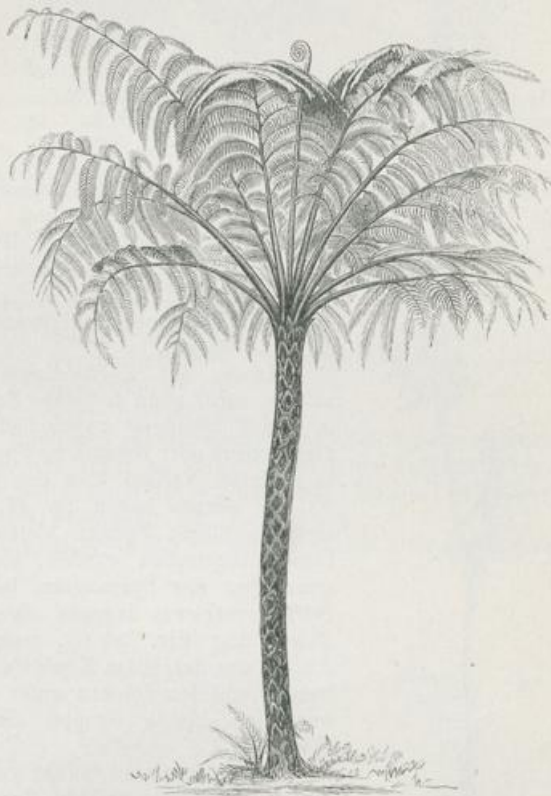


Fig. 334. *Alsophila crinita*, Baumfarn von Ceylon. Verkl.

Scheitel der Sporangienwandung bis zur Mitte der Bauchseite als vortretende Zellenreihe mit stark verdickten Radial- und Innenwänden verläuft. Der Ring vermittelt das Aufspringen der Kapsel in einer Querspalte zwischen seinen breiten Endzellen. Beim Austrocknen der Kapselwand werden seine dünnen Aussenwände nach innen eingefaltet. (Vgl. p. 220.)

Die Form und Insertion der Sori, das Vorhandensein und die Gestalt oder das Fehlen der Indusien geben die wichtigsten Gattungsunterschiede ab. Bei *Scolopendrium* sind die Sori strichförmig, parallel zu den Seitennerven, bestehen aus zwei über je einen Blattnerven laufenden Streifen und werden an beiden Seiten von einem lippenförmigen einschichtigen *Indusium* bedeckt, das bei der Reife zurückklappt. Das *Indusium* hat den Bau der Epidermis, doch fehlen ihm

die Spaltöffnungen und die Chromatophoren sind farblos. Bei *Aspidium* dagegen treffen wir zahlreiche rundliche Sori mit herz-nierenförmigem, dem Receptaculum-

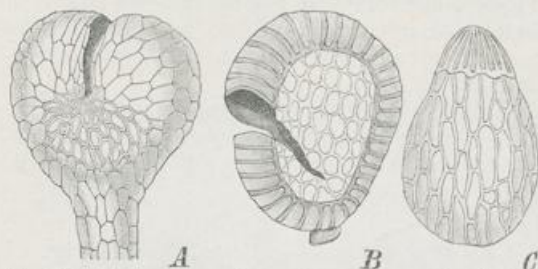


Fig. 335. Sporangien. A von *Osmunda regalis*, Rückenansicht. (Nach LÜRSSEN.) B von *Alsophila compta*. C von *Aneimia rutaefolia*. (Nach MARTIUS.) Vergr.

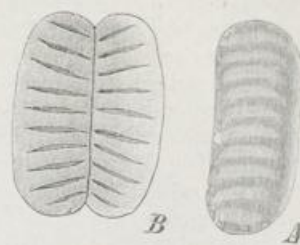


Fig. 336. *Marattia laevis*. Sporangiensorus. A von der Seite. B aufgesprungen, die Fächer zeigend. Vergr. 12.

scheitel eingefügtem Indusium, und die Sporangien tragen öfters an ihrem Stiel ein gestieltes köpfchenförmiges Drüsenhaar. Bei *Polypodium vulgare* sind die rundlichen Sori ganz ohne Schleier. Bei dem Adlerfarn, *Pteris aquilina*, stehen die Sporangien an den Rändern der Blättfiedern in continuirlicher Linie und werden von dem nach unten eingeschlagenen Blattrand, einem sogen. falschen Indusium, bedeckt.



Fig. 337. *Botrychium Lunaria*.  $\frac{1}{2}$  nat. Gr.

Ausser den Polypodiaceen umfassen die Farne noch andere, vorwiegend tropische Familien, deren Sporangien sich in der Ringbildung unterscheiden. So besitzen die **Cyatheaceen** oder Baumfarne Sporangien mit vollständigem, in schiefer Verlauf über den Scheitel ziehenden Ring (Fig. 335 B), ebenso haben die **Hymenophyllaceen**, deren zierliche kleine Formen vielfach als Epiphyten an Baumfarnen angetroffen werden, einen vollständigen schiefer oder quer über das Sporangium laufenden Ring, die tropischen **Schizaeaceen** dagegen einen geschlossenen scheidelständigen Ring (Fig. 335 C), während die **Osmundaceen**, die bei uns durch den Königsfarn, *Osmunda regalis*, vertreten werden, auf dem Rücken unter dem Scheitel des Sporangiums nur eine kleine Gruppe dickwandiger Zellen aufweisen (Fig. 335 A).

Alle diese und auch noch andere Familien besitzen freie Sporangien mit in der Reife einschichtiger Wand und stets gehen die Sporangien aus einer einzigen Epidermiszelle hervor. Sie werden als *Filices leptosporangiatae* zusammengefasst. Ihnen stehen die *Eusporangiatae* gegenüber, zu denen die *Marattiaceen* und die *Ophioglossaceen* gehören. Bei diesen entstehen die Sporangien aus einer ganzen Gruppe von Epidermiszellen und darunter gelegenen Zellschichten, sind derbwandig, ohne Ring, und springen mit Querriss auf.

Die **Marattiaceen** sind grosse stattliche tropische Farne mit dicker Stammknolle und riesigen an der Basis mit zwei Stipulae versehenen Wedeln. Ihre Sporangien sind im reifen Zustand mit derber mehrschichtiger Wand versehen, entweder frei (*Angiopteris*) oder alle Sporangien eines Sorus mit einander zu einem, in

ebenso vielen Fächern aufspringenden kapselartigen ovalen Gebilde verwachsen (Fig. 336).

Eigenartige Farne sind die *Ophioglossaceen*, zu denen nur wenige Arten gehören. Bei uns einheimisch sind *Ophioglossum vulgatum*, die Natternzunge und verschiedene Arten der Mondraute, *Botrychium* (Fig. 337). Beide haben einen kurzen Stamm, an dem jedes Jahr nur ein einziges mit Blattscheide versehenes Blatt sich entfaltet. Dasselbe ist bei ersterer Gattung einfach zungenförmig, bei letzterer gefiedert. Die Blätter beider Gattungen sind eigenthümlich verzweigt, sie tragen auf ihrer Oberseite einen unter der Spreite aus dem Stiel entspringenden fertilen Blattabschnitt, welcher bei *Ophioglossum* einfach, schmal cylindrisch ist und die Sporangien in zwei Reihen in das Gewebe eingesenkt trägt, bei *Botrychium* dagegen am Ende fiederartig verzweigt und daselbst mit grossen rundlichen Sporangien auf der Innenseite dicht besetzt ist.

Alle Filices sind homospor. Das Prothallium hat meist die Gestalt eines flachen kleinen Thallus von der für *Aspidium* in Fig. 331 dargestellten Form. Antheridien und Archegonien entstehen an der Unterseite. Bei *Botrychium* dagegen bildet das Prothallium eine unterirdische saprophytische kleine Knolle, welche die Sexualorgane an der Oberseite eingesenkt entwickelt und endlich bei gewissen *Hymenophyllaceen* (*Trichomanes*) ist das Prothallium fädig verzweigt und trägt an seinen Aesten die Antheridien und auf besonderen mehrzelligen Seitenästen die Archegonien. Im Aufbau erinnern diese Prothallien ganz an das Protonema der Laubmoose.

Die Antheridien und Archegonien<sup>(45)</sup> sind ziemlich übereinstimmend bei allen Farnen gebaut und können daher die Abbildungen von *Polypodium vulgare* Fig. 338 und 339 als Typus gelten. Die Antheridien werden an jungen Prothallien angelegt und sind kugelig vorgewölbte Gebilde, die mitten auf einer Prothalliumzelle (Fig. 338 A p) aufsitzen und aus derselben durch papillenartige Vorwölbung, Abgrenzung durch eine Querwand und weitere Theilung hervorgegangen sind. Im reifen Zustand enthalten sie

innerhalb einer einschichtigen Wandung eine grössere Zahl von kleinen kugeligen Spermatozoidmutterzellen. Die Wandzellen bestehen aus zwei ringförmigen Zellen (A 1, 2) und der Deckelzelle (3). Die Spermatozoidmutterzellen gehen aus der centralen Zelle durch Theilung hervor. Die Entleerung der Antheridien geschieht durch den Druck der anschwellenden Ringzellen unter

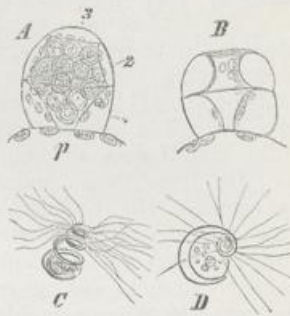


Fig. 338. *Polypodium vulgare*. A reifes, B entleertes Antheridium, p Prothalliumzelle, 1 und 2 Ringzellen, 3 Deckelzelle. A und B Vergr. 240. C ein Spermatozoid in Bewegung. D ein mit Jodlösung fixirtes. C und D Vergr. 540.

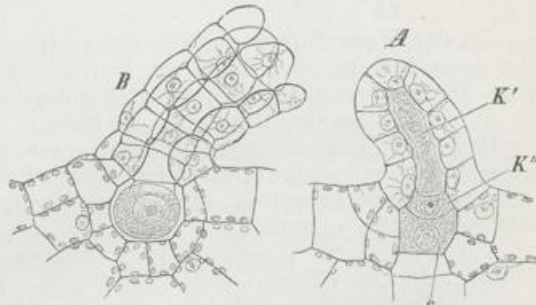


Fig. 339. *Polypodium vulgare*. A unreifes Archegonium, K' Halscanalzelle, K'' Bauchcanalzelle, o Ei. B reifes geöffnetes Archegonium. Vergr. 240.

Sprengung der Deckelzelle. So gelangen die rundlichen Spermatozoidmutterzellen ins Wasser und entlassen nach einiger Zeit die pflanzlich gewundenen, mit zahlreichen Cilien an den vorderen Windungen besetzten Samenfäden, an deren Hinterende ein Bläschen befestigt ist, das einige kleine Körnchen führt und einen unverbrauchten Rest des Inhaltes der Mutterzelle darstellt (Fig. 338 D C, Fig. 97 B S. 75).

Die Archegonien entstehen an älteren Prothallien, in der mehrschichtigen Mediane derselben. Sie gehen aus einzelnen Prothalliumzellen hervor und lassen einen eingesenkten Bauchtheil und einen Halstheil unterscheiden. Der Halstheil ragt hervor, besteht aus einer einschichtigen Wandung, die von vier Zellreihen gebildet wird (Fig. 339 A, B) und schliesst eine centrale Zellreihe, die Halscanalzellen, ein.

Im Bauchtheile befindet sich die grosse Eizelle, über ihr die Bauchcanalzelle. Die Canalzellen werden aufgelöst und erfüllen den Canal mit einer stark lichtbrechenden quellbaren Substanz. Diese quillt bei Wasserzutritt, öffnet an der Spitze das empfängnisfähige Archegonium und tritt hervor. Eine in das umgebende Wasser diffundirende Substanz (Aepfelsäure) inducirt den Spermatozoiden die Bewegungsrichtung nach dem Archegonium. Nach der Aufnahme eines Spermatozoids in das Ei umgiebt sich die Eizelle mit Membran und entwickelt sich in der schon angegebenen Weise (vgl. Fig. 332), ohne einen Ruhezustand durchzumachen, zum Embryo der ungeschlechtlichen Generation.

Ausnahmsweise kann bei gewissen Farnkräutern der Sporophyt auf dem Prothallium durch directe vegetative Knospung sich entwickeln, ohne dass Sexualorgane mitwirken oder ausgebildet werden (Apogamie), und umgekehrt kommt es auch vor, dass an den Farnwedeln direct die Prothallien ohne Zwischentreten von Sporen producirt werden (Aposporie)<sup>(50)</sup>.

Officinell ist unter den Farnkräutern nur *Aspidium filix mas* (Rhizoma filicis, Pharm. germ., austr.).

## 2. Ordnung. Hydropterides, Wasserfarne.

Zu den Wasserfarne gehören nur einige wenige Gattungen von wasser- oder sumpfbewohnenden krautigen Gewächsen. Sie sind sämmtlich heterospor. Die Macro- und Microsporangien entspringen nicht wie die Sporangien der Filices frei an der Unterseite der Blätter, sondern sind in besondere an der Basis der Blätter sitzende Behälter, sogen. Sporangienfrüchte oder Sporocarprien eingeschlossen. Die frühere Bezeichnung der Ordnung als Rhizocarpeen ist nicht zutreffend, da die Sporocarprien nicht an Wurzeln, sondern stets an Blättern entstehen.

Die Wasserfarne werden in zwei Familien mit je zwei Gattungen unterschieden, die *Marsiliaceen* und *Salviniaceen*. Zu ersteren gehört die ca. 50 Arten zählende Gattung *Marsilia*, die bei uns durch *M. quadrifoliata* vertreten ist (Fig. 340). Dieselbe wächst auf sumpfigen Wiesen, hat eine kriechende dünne verzweigte Achse mit einzeln stehenden langgestielten Blättern, deren Spreite aus zwei dicht an einander gerückten Fiederblattpaaren sich zusammensetzt. Ueber der Basis des Blattstiels entspringen paarweise, bei anderen Arten in noch grösserer Anzahl, die gestielten ovalen Sporocarprien, von denen ein jedes seiner Anlage nach dem assimilirenden 4fiedrigen sterilen, hier aber ungegliedert bleibenden Blatttheil entspringt. Die Sporangien-sori finden sich im Innern der Kapseln in 2 Reihen von Hohlräumen, die eine Zeit lang durch je einen nach der Bauchseite ausmündenden Canal nach



aussen führen, zuletzt aber ganz geschlossen sind; es entstehen nämlich die Sporangien wie bei allen übrigen Farnen auch hier ursprünglich aus Oberflächenzellen, die dann durch Umwallung des umgebenden Gewebes in die Hohlräume zu liegen kommen. Wie die Abbildung zeigt, sind die jungen Blätter (*a*) an der Spitze schneckenförmig eingerollt, sie entwickeln sich somit bei den Marsiliaceen in derselben Weise wie bei den Farnen.

Die zweite Gattung *Pilularia*, zu der als einheimische Art *P. globulifera*, ebenfalls auf sumpfigen Wiesen wachsend, gehört, unterscheidet sich von *Marsilia* durch einfache lineale Blätter, an deren Grunde die kugeligen in der Anlage dem sterilen Blatttheil entsprechenden Sporocarpien einzeln entspringen (Fig. 341).

Die zweite Familie, *Salviniaceen*, enthält freischwimmende Wasserpflanzen. Die erste Gattung *Salvinia* ist in unserer Flora durch *S. natans*

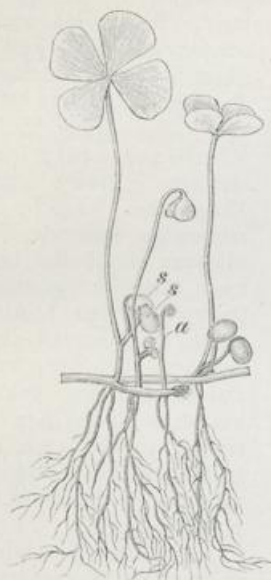


Fig. 340. *Marsilia quadrifoliata*.  
*a* junges Blatt, *s* Sporocarpien.  
Verkleinert. (Nach Bischoff.)



Fig. 341. *Pilularia globulifera*.  
*s* Sporocarpien. Verkleinert.  
(Nach Bischoff.)

vertreten, deren wenig verzweigter Stengel an jedem Knoten drei Blätter trägt; die beiden oberen sind als ovale Schwimmblätter ausgebildet, das untere dagegen ist in zahlreiche in das Wasser herabhängende fadenförmige behaarte Zipfel vertheilt und übernimmt die Function der fehlenden Wurzeln. An diesen Wasserblättern sitzen am Grunde der basalen Zipfel zu mehreren die kugeligen Sporocarpien (Fig. 342), welche bei den Salviniaceen eine andere Entwicklungsgeschichte zeigen wie bei den Marsiliaceen. Die Sporangien entspringen am Grunde des Sporocarps auf einem säulenförmigen Receptaculum, das seiner Anlage nach einem modificirten Wasserblattzipfel entspricht. Die Hülle dagegen ist als Indusium aufzufassen, sie entsteht als Neubildung in Form eines Ringwalles, der krugförmig und schliesslich hohlkugelförmig über dem Receptaculum mit seinem Sporangiensorus zusammenwächst. Die zweite Gattung *Azolla* ist vorwiegend tropisch und

stellt kleine zierliche reichverzweigte Schwimmpflänzchen vor, mit dicht auf einander folgenden Blättchen in zweizeiliger Anordnung. Jedes Blatt besteht aus zwei Lappen, von denen der obere schwimmt, der untere ins Wasser taucht. Der obere Lappen enthält eine Höhlung, die mit enger Oeffnung nach aussen mündet und stets Nostocfäden beherbergt. Zwischen diese wachsen aus der Wand der Höhlung Haare hinein, eine Erscheinung, die auf das Bestehen eines symbiotischen Verhältnisses zwischen *Azolla* und *Nostoc* hindeutet. *Azolla* besitzt zarte lange echte Würzelchen an der Unterseite des Stengels und rundliche Sporenfrüchte meist zu zwei unterseits am ersten Blatt einzelner Seitenzweige.

Der Bau der Sporangien und Sporen und die Entwicklung der Prothallien zeigen manche Unterschiede den Filices gegenüber. Sie mögen an dem Beispiel von *Salvinia natans*<sup>(51)</sup> erläutert werden. Die Sporocarpien enthalten entweder Microsporangien in grösserer Zahl oder Macrosporangien in geringerer Zahl Fig. 343 *A ma, mi*. Beiderlei Sporangien erinnern in ihrem Bau am ehesten an die Sporangien der leptosporangiaten Farnkräuter, sie sind gestielt, besitzen im reifen Zustand eine

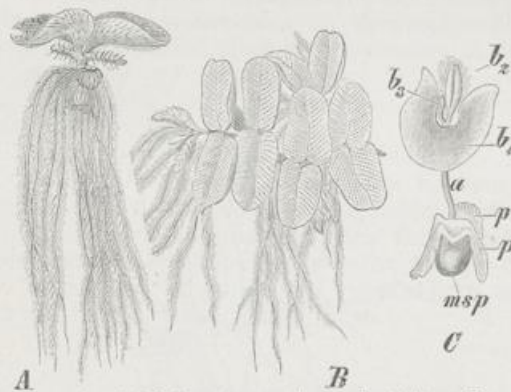


Fig. 342. *Salvinia natans*. A von der Seite. B von oben. Verkleinert. (Nach Bischoff.) C Keimpflanze, *msp* Macrospore, *p* Prothallium, *a* Stengel, *b<sub>1</sub>* *b<sub>2</sub>* *b<sub>3</sub>* die drei ersten Blätter, *b<sub>4</sub>* das sogen. Schildchen. Vergr. 15. (Nach PRINGSHEIM.)

vielmehr innerhalb derselben und entwickeln nur ein kurzes schlauchförmiges männliches Prothallium, das nach aussen durch die Sporangiumwand hervortritt. Die Theilungsvorgänge in der Microspore bis zum fertigen Prothallium sind in Fig. 344 dargestellt. Sie theilt sich zunächst in drei Zellen (*A I—III*), wovon die unterste *I* bald eine kleine linsenförmige Zelle *p*, die als Anlage eines nicht zur Entwicklung kommenden Wurzelhaares gedeutet werden kann, von der grösseren Zelle *a* abgliedert. Letztere streckt sich schlauchförmig und schiebt die beiden Endzellen *II* und *III* aus der Microsporangienwand hervor. Aus Zelle *II* und *III* werden durch weitere Theilung je zwei sterile Zellen und je zwei spermatogene Zellen abgeschieden (*B, C*). Die letzteren stellen zwei Antheridien vor, die ersteren deren Wandungszellen. Jedes Antheridium erzeugt im Ganzen vier Spermatozoidmutterzellen, welche nach aussen durch Aufbrechen der Zellwände gelangen. Obwohl somit das ganze männliche Prothallium sehr reducirt erscheint, lässt es sich in seinem Aufbau unschwer auf die Prothallien der Filices zurückführen.

Die Macrosporangien sind grösser als die Microsporangien und besitzen ebenfalls einschichtige Wandung (Fig. 343 *D*), entwickeln aber nur eine einzige

einschichtige dünne Wandung, aber keinen Ring (*B D*). Die Microsporangien umschliessen eine grössere Anzahl von Microsporen, welche in eine schaumige erhärtete Zwischensubstanz eingebettet liegen und zwar ihrer Entstehung in Tetraden aus den Sporenmutterzellen entsprechend zu je vier genähert (*C*). Die schaumige Zwischensubstanz geht hervor aus dem Plasma der Tapetenzellen, welche auch hier ihre Selbstständigkeit aufgeben und zwischen die Sporenmutterzellen einwandern.

Die Microsporangien platzen nicht auf, die Microsporen keimen

grosse Macrospore, indem nur eine der zahlreich angelegten Sporen auf Kosten der übrigen sich weiter entwickelt. Die Macrospore ist mit grossen eckigen Proteinkörnern (*D, Ea*), mit Oeltröpfchen und Stärkekörnern dicht erfüllt, an ihrem Scheitel liegt dichteres Plasma und der Kern (*En*). Die Membran der Spore wird von einem derben braunen Exinium (*Ee*) bedeckt und dieses ist mit einer dicken schaumigen Hülle, dem Perinium, überlagert, welche der Zwischen-substanz des Microsporangiums entspricht und wie diese aus den Tapetenzellen hervorgeht, also der Spore aufgelagert wird. Die Macrospore bleibt von der Sporangiumwand umschlossen, wird mit dieser von der Mutterpflanze frei und schwimmt an der Wasseroberfläche. Bei ihrer Keimung wird in dem Plasma am Scheitel durch

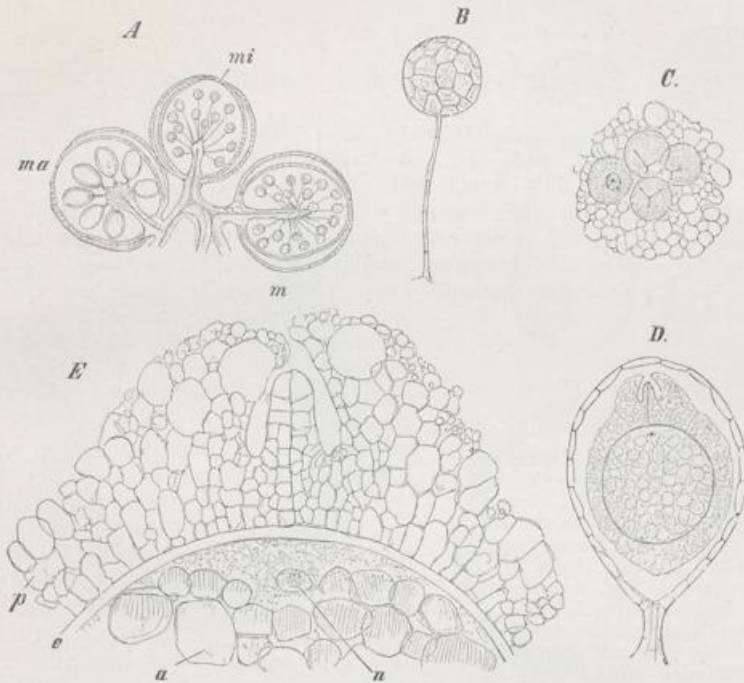


Fig. 343. *Salvinia natans*. *A* drei Sporocarpium in medianem Längsschnitt, *ma* Macrosporocarpium, *mi* Microsporocarpium. Vergr. 8. *B* ein Microsporangium von aussen gesehen. Vergr. 55. *C* Partie aus einem Microsporangium, die in die schaumige Zwischen-substanz eingebetteten Microsporen zeigend. Vergr. 250. *D* Macrosporangium und Macrospore, beide in medianem Längsschnitt. Vergr. 55. *E* Scheitel einer Macrospore, *p* Perinium, *e* Exinium, *a* Proteinkörner, *n* Zellkern. Vergr. 240.

Theilung ein kleinzelliges weibliches Prothallium gebildet, während die darunter gelegene grosse Zelle mit ihrem Reichthum an Reservestoffen zu dessen Ernährung dient und sich nicht weiter theilt. Die Sporenhaut platzt in drei Klappen auf, ebenso springt die Sporangiumwand auf, und das grüne Prothallium ragt nun als kleines sattelförmiges Gebilde etwas hervor. Es entwickelt drei Archegonien; aber nur die befruchtete Eizelle des einen derselben kommt zur Weiterentwicklung und zur Anlage eines Embryo, welcher mit seinem Fuss im erweiterten und schliesslich gesprengten Archegoniumbauch steckt (Fig. 345). Das erste Blatt der Keimpflanze (Fig. 342 *C*) hat schildförmige Gestalt, es schwimmt auf der Oberfläche des Wassers.

Bei *Axolla*<sup>(52)</sup> verläuft der Entwicklungsgang in ähnlicher Weise, aber die Sporangien und Sporen zeigen eine Reihe von Besonderheiten. In den Microsporangien werden die zahlreichen Sporen durch die von dem Plasma der Tapetenzellen stammende Zwischensubstanz zu mehreren rundlichen Ballen, den sogen. Massulae, vereinigt. Jede Massula umschliesst eine Anzahl von Sporen und ist an der Oberfläche mit gestielten Widerhaken, sogen. Glochiden, Auswüchsen der Zwischensubstanz, besetzt. Die Sporangiumwand platzt auf und entlässt die Massulae, welche im Wasser verbreitet werden und zu den Macrosporen gelangen. In den Macrosporangien, welche zu je 1 in jeder Frucht stehen, wächst nur eine Spore weiter, verdrängt alle anderen Sporenanlagen, und presst schliesslich auch

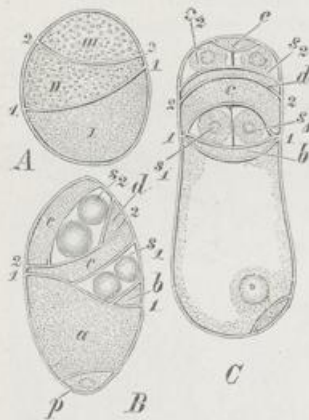


Fig. 344. Salvinianatans. Männliche Prothallien. A Teilung der Microsporen in drei Zellen I-III. Vergr. 860. B fertiges Prothallium von der Planke. C von der Bauchseite. Vergr. 640. Zelle I hat sich in die Prothalliumzellen a und p geteilt, Zelle II in die sterilen Zellen b, c und die beiden spermatogenen Zellen  $s_1$ , von denen jede zwei Spermatozoidmutterzellen bildet. Zelle III in die sterilen d, e und die beiden spermatogenen Zellen  $s_2$ . Die Zellen  $s_1 s_1$  und  $s_2 s_2$  stellen zwei Antheridien vor, die Zellen b, c, d, e deren Wandungszellen. (Nach BELAJEFF.)

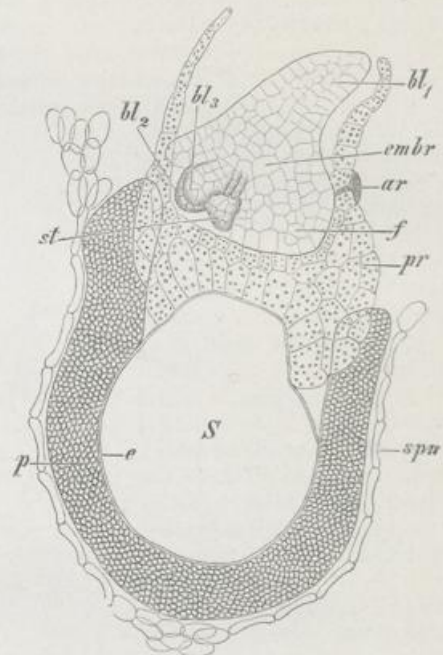


Fig. 345. *Salvinia natans*. Embryo im Längsschnitt. Prothallium pr, s Sporenzelle, e Exinium, p Perinium, spu Sporangiumwand, embr Embryo, f Fuss,  $bl^1, bl^2, bl^3$  die drei ersten Blätter, st Stammscheitel. Vergr. 100. (Nach PRINGSHEIM.)

die Wandung des Macrosporangiums selbst flach zusammen, so dass dieselbe dicht an die eiförmige Sporenfruchtwandung zu liegen kommt; auch kann die Sporangiumwandung dabei theilweise aufgelöst werden. Das Perinium umgibt die Macrospore als schaumige, mit Vertiefungen und fadenförmigen Verlängerungen versehene Haut und bildet an deren Scheitel einen Aufsatz von drei birnförmig gestalteten Körpern. Die Massulae haken sich in das Perinium fest. Die Sporenfrucht reißt am unteren Theile auf, ihr Scheitel verbleibt an der frei gewordenen Macrospore in Form eines Schirmes. Die Prothalliumbildung ist im Wesentlichen mit *Salvinia* übereinstimmend; an den kleinen wenigzelligen männlichen Prothallien, die aus den Massulae hervorgestreckt werden, entsteht aber nur ein einziges Antheridium mit acht Spermatozoiden.

Die Sporocarprien der *Marsiliaceen* sind complicirter gebaut, enthalten bei *Pilularia globulifera* vier Fächer, jedes mit einem Sorus, bei *Marsilia* zahlreiche Sori (14—18) in zwei Reihen über einander gelagert. Die Sori beider Gattungen enthalten zugleich Macro- und Microsporangien, während bei den *Salviniaceen* die Sori immer nur eine Art von Sporangien umschliessen.

Auch bei den *Marsiliaceen* ist im Grossen und Ganzen der Entwicklungsgang ein ähnlicher, jedoch erscheinen hier die Prothallien noch mehr reducirt. Die weiblichen kleinen Prothallien, die sich am Scheitel der Macrosporen ausbilden, bringen nur ein einziges Archegonium hervor.

## Klasse II.

**Equisetinae, Schachtelhalme**<sup>(53)</sup>.

Die Schachtelhalme stellen eine ganz selbstständige Klasse vor und umfassen nur die Gattung *Equisetum*, die mit ihren 20 Arten eine weite Verbreitung auf der Erde aufweist. Die Arten sind theils Land- theils Sumpfpflanzen. Sie zeigen einen sehr charakteristischen Habitus und Aufbau ihrer ungeschlechtlichen Generation. Aus einem im Boden kriechenden, sich verzweigenden Rhizom entspringen aufrechte oberirdische Halme von meist nur einjähriger Lebensdauer. Bei *Equisetum arvense*, dem bei uns sehr häufigen Ackerschachtelhalm, sowie auch bei anderen Arten werden seitliche kurze Rhizomäste in Form von rundlichen Knollen als Reservestoffbehälter und Ueberwinterungsorgane ausgebildet (Fig. 347 2a). Die oberirdischen Halme bleiben entweder einfach, oder sie verzweigen sich in quirlig gestellte Aeste zweiter, dritter u. w. Ordnung. Alle Achsen sind aus gestreckten Internodien zusammengesetzt, aussen mit Längsriefen versehen, innen von einem centralen Luftgang und von peripherischen Luftgängen, je einer unter jeder Furche gelegen, durchzogen. Zwischen dem centralen Gang und den peripherischen Gängen (Vallecularhöhlen) liegt der Kreis der mit letzteren alternirenden bicollateralen Gefässbündel, welche somit unter die Rippen des Stengels fallen und in ihrem Innern von je einem wasserführenden Längsgang (Carinalhöhle) durchzogen werden (Fig. 346).

Eigenartig ist die Beblätterung der Schachtelhalme. An jedem Knoten steht ein Quirl von kleinen zugespitzten, unterwärts in eine manschettenartige den Stengel umschliessende Scheide verwachsenen Schuppenblättern. Die Internodien sind mit ihrer Basis somit in diese Scheiden eingeschachtelt. Die auf einander folgenden Quirle wechseln mit einander ab und ein jedes Blatt setzt sich nach unten in eine Längsriefe des Stengels fort, so dass auch diese an den auf einander folgenden Internodien alterniren. Die Seitenzweige werden in den Achseln der Quirlscheidenblätter angelegt und brechen,

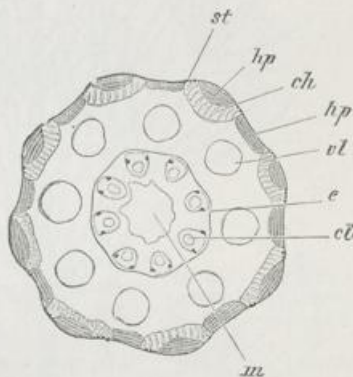


Fig. 346. *Equisetum arvense*. Querschnitt durch den Stengel. *m* lysigene Markhöhle, *e* Endodermis, *cl* Carinalhöhlen in den bicollateralen Gefässbündeln, *vl* Vallecularhöhlen, *hp* Sklerenchymstränge in den Riefen und Rippen, *ch* chlorophyllführendes Gewebe der primären Rinde, *st* Spaltöffnungsreihen. Vergr. 11.

da sie aus der engen Scheide nicht nach oben herauswachsen können, durch dieselbe nach aussen hervor. Entsprechend der Reduction der Blattspreiten übernehmen die Halme die Function der Assimilation und bilden unter ihrer Epidermis das chlorophyllführende Gewebe aus.

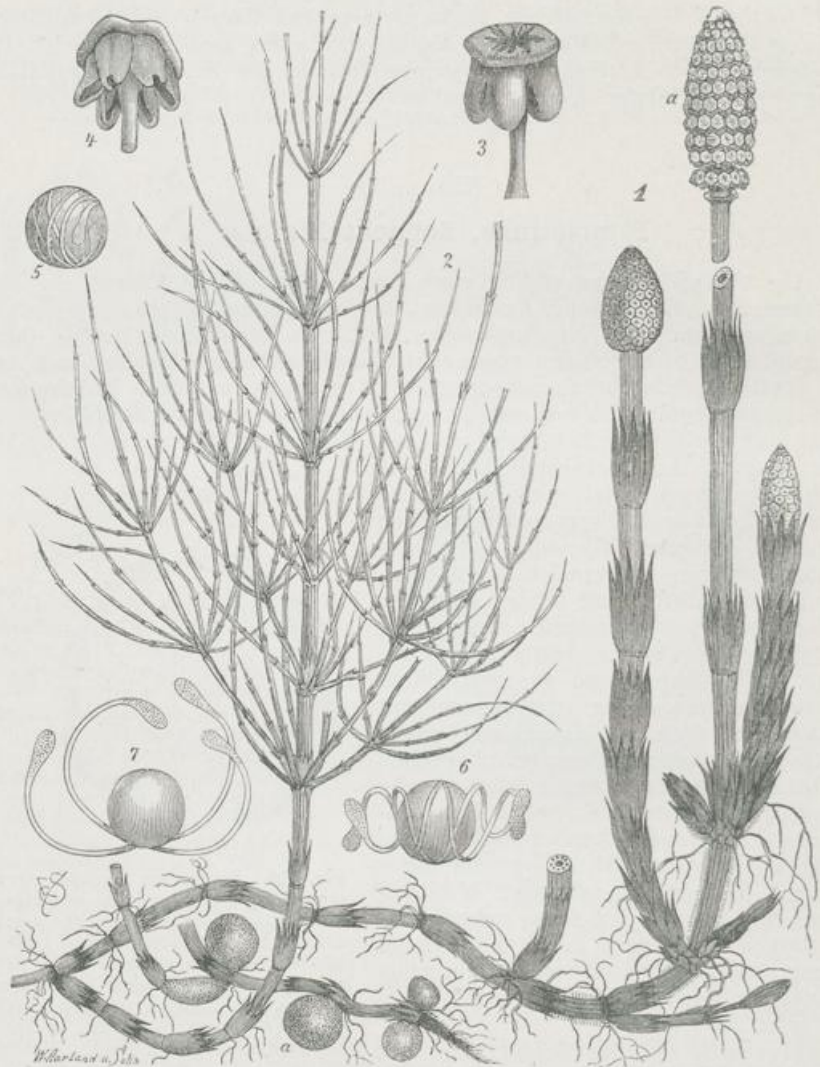


Fig. 347. *Equisetum arvense*. 1 fertiler Halm mit der Blüthe a. 2 unfruchtbarer, vegetativer Halm, a Rhizomknollen. 3 Sporophyll mit Sporangien. 4 die Sporangien mit Längsriß aufgesprungen. 5, 6, 7 Sporen mit den Spiralbändern des Periniums. (Nach WOSSIDLO.)

Die Sporangien der Schachtelhalme werden von besonders gestalteten Blättern, Sporophyllen, erzeugt. Dieselben stehen in dicht auf einander folgenden Quirlen am Gipfel der aufrechten Sprosse in Form eines ovalen

oder kugeligen Sporangiumstandes oder Sporophyllstandes (Fig. 347 1a), welcher in seinem Aufbau der männlichen Blüthe der Coniferen entspricht und demgemäss auch als Blüthe zu bezeichnen ist. Der unterste Quirl ist steril, bildet einen kurzen Kragen und kann als eine Art von Perigonbildung angesehen werden. Die Sporophylle selbst haben die Form eines gestielten Schildes, an dessen Unterseite 5—10 sackförmige, mit Längsriß aufspringende Sporangien sitzen (Fig. 347 3, 4). Das sporenbildende Gewebe ist im jüngeren Sporangium von einer mehrschichtigen Wandung umgeben. Während die inneren Lagen als sogen. Tapetenzellen aufgelöst werden und mit ihrem Plasma zwischen die sich abrundenden Sporen eindringen, bleibt bei der Reife nur die äussere Schicht als definitive Wandung erhalten; ihre Zellen erhalten Spiral- und Ringfaserverdickungen und gleichen die Sporangien darin ganz den ihnen homologen Pollensäcken der Phanerogamen. Das geöffnete Sporangium entleert zahlreiche rundliche grüne Sporen mit höchst eigenthümlich beschaffener Membranbildung. Ausser der eigentlichen aus Intine und Exine bestehenden Sporenmembran ist ein dieser von dem Plasma der Tapetenzellen aufgelagertes Perinium vorhanden. Dasselbe besteht (Fig. 347 5—7) aus zwei spiralig gewundenen, an einem Punkt sich kreuzenden Bändern, die sich beim Austrocknen der Sporen ablösen und ausbreiten, bei Zutritt von Feuchtigkeit aber wieder zusammenlegen und durch ihre hygroskopischen Bewegungen dazu dienen, die Sporen, welche eingeschlechtliche Prothallien bilden, in einander zu haken.

Bei gewissen Schachtelhalmmarten hat sich ein Unterschied in der Ausgestaltung der oberirdischen Halme herausgebildet. Theils bleiben dieselben steril, verzweigen sich reichlich, theils tragen sie an ihrem Ende die Blüthen und verzweigen sich dann später sparsamer oder überhaupt nicht in unfruchtbare Seitenzweige. Am ausgeprägtesten ist dieser Unterschied bei *Equisetum arvense* und *E. telmateja*, bei denen die fertilen Halme ganz einfach sind, an ihrem Ende mit einer einzigen Blüthe abschliessen (Fig. 347 1) und sich auch durch den Mangel des Chlorophylls und ihre blassgelbliche Färbung von den vegetativen Halmen unterscheiden. Sie verhalten sich also gleichsam wie auf dem Rhizom lebende parasitische Sprosse.

Die Sporen sind sämmtlich von gleicher Beschaffenheit und keimen zu thallosen Prothallien aus. Die Prothallien sind meist diöcisch. Fig. 348 stellt ein männliches Prothallium von *Equisetum arvense* dar mit den zuerst gebildeten in das Gewebe etwas eingesenkten Antheridien *a*. Die weiblichen Prothallien erreichen bedeutendere Grösse und verzweigen sich reichlicher in aufrechte krause Lappen, an deren Grunde die Archegonien sitzen. Letztere sind ganz ähnlich wie bei den Farnen beschaffen, nur sind die obersten Zellen des aus vier Zellreihen bestehenden Halses stark verlängert und biegen sich bei der Oeffnung des Archegoniums stark nach aussen um. Auch die Embryoentwicklung stimmt im Wesentlichen mit den Farnen überein, nur treten die ersten Blätter gleich in einem Quirl angeordnet auf und umwallen ringförmig den Stammscheitel, welcher mit dreiseitiger Scheitelzelle weiterwächst (Fig. 163, 164, S. 126).

Die äusseren Membranen der Stengelepidermis sind bei den Schachtelhalmen mehr oder weniger stark mit Kieselsäure imprägnirt, in besonderem Maasse bei

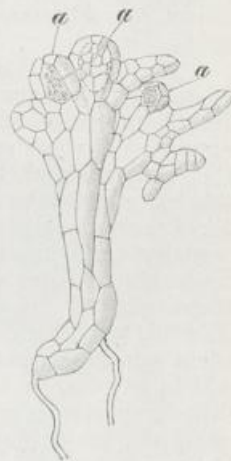


Fig. 348. *Equisetum arvense*. Männliches Prothallium mit drei Antheridien *a*. Vergr. 200. (Nach Hofmeister.)

*Equisetum hiemale*, welches ebenso wie auch *E. arvense* in Folge dessen zum Scheuern von metallenen Gefässen, zum Poliren von Holz und zu ähnlichen Zwecken Verwendung findet.

Das im tropischen Amerika einheimische *Equisetum giganteum* ist die grösste Art der Gattung, sie erhebt sich halbkletternd im Gestrüch mit ihren einige Centimeter dicken quirlig verzweigten Halmen bis über 10 m Höhe.

### Klasse III.

#### Lycopodinae, Bärlappgewächse.

Zu den Lycopodinae gehören als wichtigste und verbreitetste Gattungen *Lycopodium*, *Selaginella* und *Isoetes*. Sie unterscheiden sich von den übrigen Pteridophyten, unter denen sie sich am ehesten noch an die eusporangiaten Filices anschliessen lassen, durch ihren Habitus und ihre Sporangienentwicklung.

Während bei Filicinen und Equisetinen die Sporophylle stets zahlreiche Sporangien erzeugen, tragen sie hier diese Organe in der Einzahl am Grunde der Blattoberseite oder in ihrer Achsel. Bei manchen Lycopodinen sind die Sporophylle von den sterilen Blättern kaum verschieden, bei den meisten aber anders gestaltet und an den Sprossenden zu ährenförmigen Sporophyllständen oder Blüthen, ähnlich wie bei *Equisetum*, vereinigt. Die Sporangien der Lycopodiaceen sind im Verhältniss zu den Blättern relativ gross, sie entstehen aus einem sich vorwölbenden Gewebehöcker, welcher aus der Epidermis und den darunter gelegenen Zellen hervorgeht, also in derselben Weise wie bei den eusporangiaten Filices und den Equisetinen, während bei allen übrigen Pteridophyten das Sporangium stets aus einer Epidermiszelle allein seinen Ursprung nimmt. Die innerste Schicht der Wandung, Tapetenschicht, wird auch hier aufgelöst. Ringbildung fehlt. Die Sporangien öffnen sich durch eine oder durch mehrere über den Scheitel laufende Spalten mit zwei oder mehreren Klappen. Die Spalten sind durch zwei Reihen dünn bleibender Zellen vorgebildet. Nur bei *Isoetes* werden die Sporen durch Verwesung der Sporangiumwand frei. Während *Lycopodium* homospore Sporangien aufweist, treffen wir bei den übrigen Lycopodinen Heterosporie an und zugleich eine weitgehende Reduction und sehr eigenartige Ausbildung des Prothalliums; bei *Lycopodium* dagegen sind die Prothallien wohl entwickelt und zeigen unter allen Pteridophyten die complicirteste Structur. Im Verhalten der geschlechtlichen Generation erinnern die heterosporen Lycopodinen vielfach an die ebenfalls heterosporen Hydropteriden.

Charakteristisch für die Lycopodinen ist die dichotome Verzweigung ihrer Stengel (Fig. 18, 19, S. 15) und Wurzeln. Nur die Gattung *Isoetes* hat einen unverzweigten knolligen Stamm.

#### 1. Ordnung. Lycopodiaceae<sup>(54)</sup>.

Die zahlreichen über die ganze Erde verbreiteten Arten der Gattung *Lycopodium*, Bärlapp, sind krautige, meist erdbewohnende Gewächse, in den Tropen giebt es aber auch epiphytische Formen. Eine der häufigsten Arten unserer Flora ist *Lycopodium clavatum*. Der Stengel dieser wie auch anderer Arten kriecht weit über den Boden hin, verzweigt sich gabelig in aufsteigende Seitenäste und ist dicht mit linealpfrämlichen kleinen



Blättchen besetzt. Auf der Unterseite der Stengel entspringen dichotom verzweigte Wurzeln (Fig. 349). Die ährenförmigen Blüten stehen zu zwei oder mehreren an den Enden von aufrechten dichotom verzweigten Zweigen und setzen sich aus dicht auf einander folgenden Sporophyllen zusammen. Die Letzteren haben andere Form wie die sterilen Stengelblätter, sind breit schuppenförmig, laufen in eine lange Spitze aus und tragen am Grunde ihrer Oberseite je ein grosses nierenförmiges durch eine Querspalte zweiklappig aufspringendes Sporangium mit zahlreichen winzigen Sporen (Fig. 349 2).

Das einheimische *Lycopodium Selago* weicht in seinem Habitus von den übrigen Arten ab, seine gabelig verzweigten Stengel sind alle aufrecht und die Sporophyllstände sind von der vegetativen Region der Zweige nicht abgesetzt.

Die *Lycopodium*sporen sind alle gleichgestaltet, in Folge ihrer Entstehung in Tetraden von kugeltetraëdrischer Gestalt. Ihre Exine ist mit netzförmigen Verdickungsleisten versehen.

Die aus den Sporen hervorgehenden Prothallien sind erst für eine kleinere Anzahl von Arten bekannt geworden und zeigen bemerkenswerthe Verschiedenheiten. Bei *L. clavatum* und dem nahe verwandten *L. annotinum* stellen sie unterirdische, saprophytisch lebende, kleine weissliche Knöllchen dar, welche anfangs kreiselförmig gestaltet, später durch Auswachsen der Randparthie zu vielgestaltigen, becherförmigen, wulstigen buchtig gelappten, bis ca. 2 cm grossen Gewebekörpern werden, die mit langen

Wurzelhaaren besetzt sind und auf ihrer oberen Fläche zahlreiche Antheridien und Archegonien tragen. Bei *L. complanatum* sind diese unterirdischen Gewebekörper rübenförmige, bei *L. Selago* dagegen rundliche oder cylindrisch langgestreckte und gekrümmte Knöllchen, welche bei letzter Art auch an der Oberfläche des Erdbodens sich entwickeln können und dann ergrünen. Anders dagegen verhält sich das auf feuchtem Torfboden lebende kleine *L. inundatum* unserer Flora und das tropische mit aufrechten reichverzweigten Sprossen versehene *L. cornutum* (Fig. 350), deren Prothallien kleine im Boden steckende und mit Rhizoiden befestigte chlorophyllarme

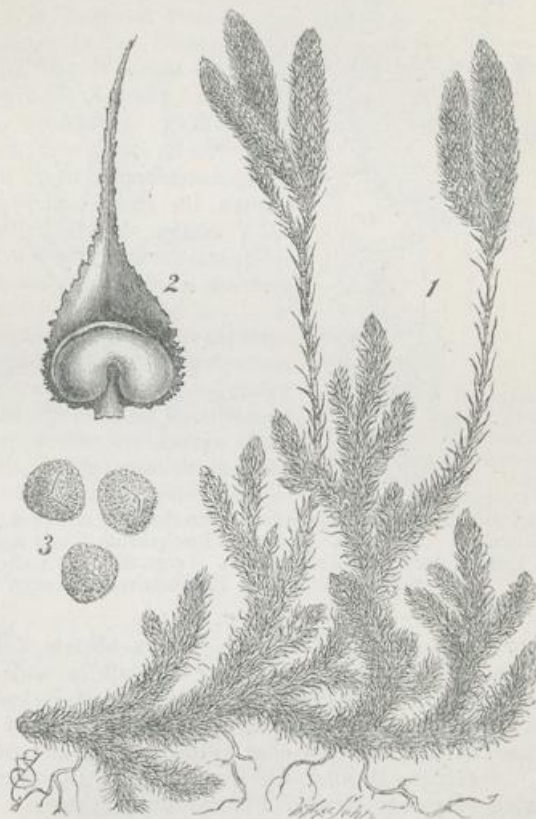


Fig. 349. *Lycopodium clavatum*. 1 Sporangien tragende Pflanze. 2 schuppenförmiges Sporophyll mit dem Sporangium. 3 Sporen stark vergrössert. (Nach WOSSIDLO.)  
Officinell.

Gewebekörper vorstellen, die am oberen Ende grüne oberirdische Thalluslappen entsenden. Die Archegonien entspringen am Grunde dieser Thalluslappen, die Antheridien auch auf den Lappen selbst.

Die Prothallien sind alle monöisch. Die Antheridien (Fig. 350 C) sind in das Gewebe etwas eingesenkt und umschliessen zahlreiche Spermatozoidmutterzellen, aus denen die kleinen zweiciligen Spermatozoiden frei werden. Die Archegonien (Fig. 350 D) sind ähnlich wie bei den Farnen beschaffen, haben

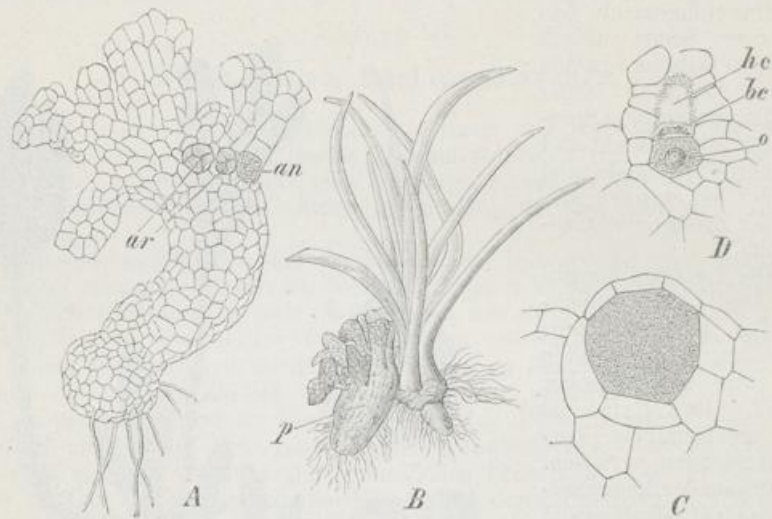


Fig. 350. *Lycopodium cernuum*. A Prothallium mit zwei Archegonien *ar* und einem Antheridium *an*. Vergr. 70. B älteres Prothallium *p* mit ansitzender Keimpflanze. Vergr. 15. C Schnitt durch ein Antheridium. Vergr. 250. D Archegonium, *o* Eizelle, *bc* Bauchcanalzelle, *hc* aufgelöste Halscanalzelle. Vergr. 250. (Nach TREUB.)

aber einen kürzeren Halstheil, dessen oberste Zellen beim Öffnen zu Grunde gehen. Die Embryoentwicklung verläuft in anderer Weise als bei den Farnkräutern und zeigt gewisse Ähnlichkeit mit derjenigen von *Selaginella* (Fig. 355). Es wird ein Embryoträger oder Suspensor gebildet, der aber auf dem Fussende des Embryos oder zwischen Fuss und Stammknospe steht.

Officinell sind die Sporen von *Lycopodium clavatum* und anderer Arten (*Lycopodium*, Pharm. germ., austr.). Sie werden als Hexenmehl bezeichnet.

## 2. Ordnung. Selaginellaceae<sup>(55)</sup>.

Die Gattung *Selaginella* ist bei uns nur durch einige wenige Arten, in den Tropen dagegen durch zahlreiche Formen vertreten. Sie besitzen theils niederliegende am Boden kriechende, reich gabelig, mit sympodialer Ausbildung verzweigte, theils aufrechte verzweigte Stengel, einige sind rasenbildend, andere klettern sogar mit mehrere Meter langem Stengel im Gesträuch empor. Im Allgemeinen haben die Selaginellen ähnlichen Habitus wie die Lycopodien, ihr Stengel ist mit kleinen schuppenartigen Blättchen und zwar meist in dorsiventraler Anordnung besetzt, so bei der in den Alpen einheimischen *Selaginella helvetica* (Fig. 351), deren Stengel zwei Reihen kleiner sogen. Oberblätter, und zwei

Reihen diesen gegenüberstehender grösserer Unterblätter trägt. Die Blätter der Selaginellen sind ausgezeichnet durch eine der Blattoberseite am Grunde entspringende kleine häutige Ligula.

Die Sporophyllstände oder Blüten verhalten sich ähnlich wie bei *Lycopodium*, sind also endständig. Jedes Sporophyll trägt nur ein über der Blattachsel aus dem Stengel entspringendes Sporangium. In derselben Blüte treten sowohl Macro- als auch Microsporangien auf, erstere in geringerer Zahl an den untersten Sporophyllen. In der Grösse unterscheiden sich beiderlei Formen von Sporangien nur wenig, wohl aber in der Form. Während die Microsporangien (Fig. 352 *b*) flach gedrückte mit zwei Klappen aufspringende Kapseln vorstellen und zahlreiche Microsporen ausstäuben, enthält das kugelige Macrosporangium nur vier grosse Macrosporen (Fig. 359 *a*), indem nur eine einzige Sporenmutterzelle heranwächst und sich in vier Sporen theilt, die übrigen angelegten Mutterzellen aber zu Grunde gehen. Die Macrosporen bewirken ein höckerartiges Auftreiben der Sporangiumwand, welche sich bei der Reife in mehrere Klappen öffnet.

Die Microsporen beginnen ihre Weiterentwicklung schon innerhalb des Sporangiums. Die Sporenzelle theilt sich zunächst in eine kleine linsenförmige vegetativ bleibende, allein das Prothallium vorstellende Zelle und in eine grosse Zelle, welche die Anlage eines einzigen Antheridiums vorstellt und successive in acht sterile Wandzellen und zwei oder vier centrale spermato-gene Zellen sich weiter theilt (Fig. 353 *A*). Durch weitere Theilung der letzteren Zellen entstehen die sich abrunden den Spermatozoidmutterzellen in grösserer Anzahl (Fig. 353

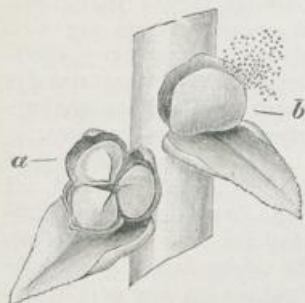


Fig. 352. *Selaginella helvetica*. Macrosporangium mit drei sichtbaren Macrosporen (die vierte verdeckt) und Microsporangium, beide geöffnet. Vergr. ca. 10.

*B—D*). Die Wandzellen lösen alsdann ihre Wände auf und werden zu einer Schleimschicht, in welcher die centrale Masse der Spermatozoidmutterzellen ein-

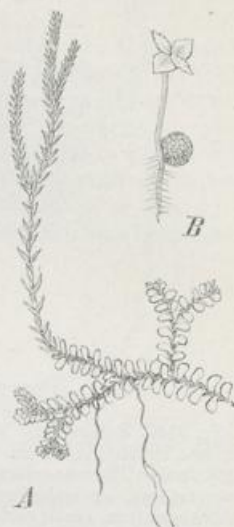


Fig. 351. *A Selaginella helvetica*. Nat. Gr. (Nach der Natur.) *B S. denticulata*, Keimpflänzchen mit der Macrospore. Vergr. (Nach Bischoff.)

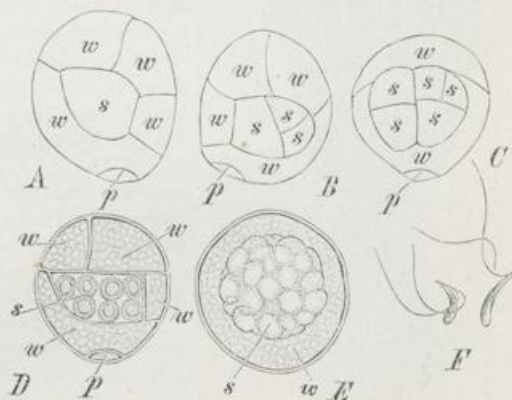


Fig. 353. *A—E Selaginella stolonifera*. Vergr. 640. Keimung der Microsporen, successive Stadien. *p* Prothalliumzelle, *w* Antheridiumwandzellen, *s* spermato-gene Zellen. *A, B, D* von der Seite, *C* vom Rücken. In *E* die Prothalliumzelle nicht sichtbar, die Wandzellen aufgelöst, umgeben die Spermatozoidmutterzellen. *F Sel. cuspidata*, Spermatozoiden. Vergr. 780. (Nach BELAJEFF.)

gebettet liegt (*E*). Die kleine Prothalliumzelle bleibt hingegen erhalten. Das ganze männliche Prothallium ist bis zu diesem Stadium von der Microsporenhaut noch umschlossen; schliesslich bricht diese auf und die Mutterzellen werden frei, um die keulenförmigen, an der Spitze mit zwei langen Cilien versehenen Samenfäden zu entlassen. Die Bildung dieses reducirten Prothalliums erinnert an die gleichartigen Vorgänge bei den Hydropteriden.

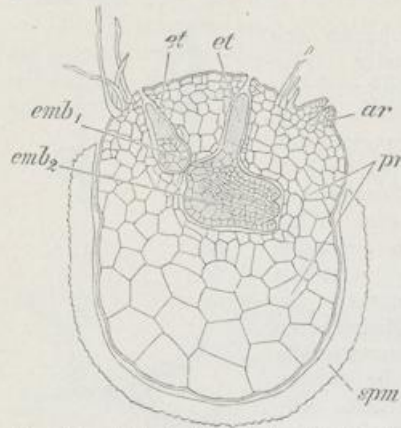


Fig. 354. *Selaginella Martensii*. Weibliches Prothallium, aus der am Scheitel geöffneten Macrosporenmembran *spm* hervortretend, *ar* unbefruchtet gebliebenes Archegonium, *emb1*, *emb2* zwei in das Prothalliumgewebe eingesenkte Embryonen mit den Embryoträgern *et*. Vergr. 124. (Combinirt nach PFEFFER.)

Scheitel einige wenige Archegonien angelegt und zwar manchmal bereits, wenn die Spore noch nicht vom Prothalliumgewebe ganz ausgefüllt ist. Meist werden die Archegonien erst gebildet, wenn die Sporen aus dem Sporangium entleert sind.

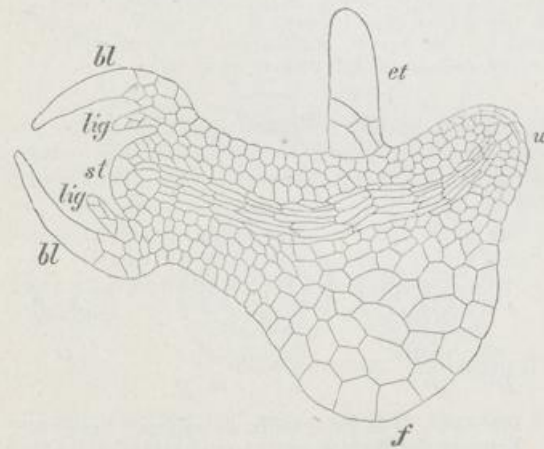


Fig. 355. *Selaginella Martensii*. Längsschnitt durch einen noch nicht aus der Spore hervorgebrochenen Embryo. *et* Embryoträger, *w* Wurzel, *f* Fuss, *bl* Blätter, *lig* Ligula, *st* Stammscheitel. Vergr. 165. (Nach PFEFFER.)

In der Entwicklung des Embryo aus der befruchteten Eizelle erinnert *Selaginella* mit einigen Unterschieden am meisten an *Lycopodium*. Das Ei theilt sich durch eine Querwand in zwei Zellen und die obere derselben vergrössert

Auch die Macrosporen beginnen, allerdings nicht bei allen Arten, ihre Weiterentwicklung schon, wenn sie noch im Sporangium eingeschlossen liegen. Der Zellkern befindet sich am Scheitel der Spore in dem wandständigen Plasma. Er theilt sich in Tochterkerne, die in dem Wandplasma am Scheitel sich vertheilen, und nun beginnt hier die Ausbildung von Zellwänden. So wird vom Scheitel bis zur Basis fortschreitend die Spore durch Vielzellbildung ganz mit grossen Prothallienzellen angefüllt; zugleich beginnt aber auch in derselben Richtung mit der fortschreitenden Bildung die weitere Theilung dieser Zellen in kleinzelliges Gewebe. In dem kleinzelligen Gewebe werden am

Die Prothalliumbildung von *Selaginella* und ebenso auch von der verwandten Gattung *Isoetes* geht somit in anderer Weise vor sich als bei den übrigen Pteridophyten und nähert sich dagegen den gleichnamigen Vorgängen bei den Coniferen.

Die Sporenwand platzt schliesslich am Scheitel auf und das kleinzellige Prothallium tritt etwas hervor. Es erfolgt dann die Befruchtung von ein oder zwei Archegonien und die directe Weiterentwicklung der befruchteten Eizellen zum Embryo (Fig. 354).

sich stark, geht in ihrer unteren Partie noch einige Theilungen ein und wird auch hier zu dem Embryoträger oder Suspensor (Fig. 355 *et*), während aus der unteren Zelle durch weitere Theilungen der sich in das erste Blattpaar, den Stammscheitel, Wurzel und Fuss gliedernde Embryo hervorgeht (*w, f, bl, st*). Der Fuss hat hier eine andere Lage als bei *Lycopodium*. Schon an dem ersten Blattpaar treten die Ligulargebilde als Aussprossungen der Blattbasis auf (*lig*).

Der Embryoträger steht senkrecht zur Achse des Keimlings und dient dazu, den sich entwickelnden Embryo in das Prothalliumgewebe, aus dem er seine Nährstoffe mittels des Fusses bezieht, vorzuschieben. Schliesslich wächst der Sposscheitel mit dem ersten Blattpaar nach oben, die Wurzel nach unten aus der Macrospore hervor; die junge Keimpflanze bleibt mit dem Fuss in dem Prothalliumgewebe derselben stecken, so dass das Ganze den Eindruck eines keimenden Phanerogamensamens hervorruft (Fig. 351 *B*).

### 3. Ordnung. Isoetaceae<sup>(56)</sup>.

Hierher gehört nur die Gattung *Isoetes*, Brachsenkraut, deren systematische Stellung unter den Lycopodinen übrigens noch zweifelhaft ist, da sie manche Beziehungen zu den eusporangiaten Filices aufweist. Die *Isoetes*-Arten sind theils untergetauchte, theils auf feuchtem Boden lebende perennirende Kräuter mit knolliger gestauchter Achse, die nach unten ein Büschel von dichotom sich gabelnden Wurzeln, nach oben eine dichte Rosette von langen pfriemförmigen, steifen, von vier Luftcanälen durchzogenen Blättern trägt (Fig. 356). Die Blätter verbreitern sich am Grunde zu einer breiten Scheide und sind an der Innenseite über der Insertion mit einer länglichen grubenartigen Vertiefung, der Fovea, versehen, auf deren Grunde ein einziges sitzendes grosses Sporangium erzeugt wird. Ueber der Fovea ist die Ligula als dreieckiges Häutchen mit eingesenkter Basis inserirt. Im Habitus weicht also *Isoetes* von den übrigen Gattungen bedeutend ab, mit *Selaginella* ist ihr die Ligula gemeinsam.

Die Macrosporangien sitzen an den äusseren Blättern der Rosette, die ihnen ähnlichen Microsporangien an den inneren. Beide sind hier von querverlaufenden sterilen Gewebesträngen durchsetzt und unvollständig gefächert. Die Sporen werden erst durch Verwesung der Behälter frei.

Die Entwicklung der geschlechtlichen Generation geschieht in ähnlicher Weise wie bei *Selaginella*. Das reducirte männliche Prothallium entwickelt sich bereits in der Spore. Es wird auch hier die Sporenzelle in eine kleine linsenförmige Prothalliumzelle und eine grössere als Anlage eines einzigen Antheridiums zerlegt. Die grosse Zelle theilt sich weiter in vier sterile Wandzellen, welche allseitig zwei centrale spermatogene Zellen umschliessen. Aus jeder der letzteren entstehen zwei Spermatozoidmutterzellen, im Ganzen also vier, die nun nach dem Aufplatzen der Sporenhülle nach aussen gelangen und die spiralig gewundenen, mit Anhang versehenen und am vorderen Ende im Gegensatz zu den übrigen Lycopodinen mit einem Cilienbüschel besetzten Samenfäden entlassen.

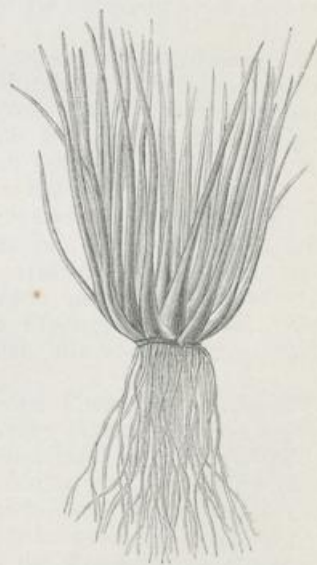


Fig. 356. *Isoetes lacustris*.  
1/2 nat. Gr.

Wie bei *Selaginella* bleibt auch hier das weibliche Prothallium in der Macrospore eingeschlossen und ist nicht zu selbstständigem Wachsthum befähigt. In seiner Bildung zeigt es wie bei *Selaginella* Annäherung an die Coniferen, indem zunächst der Kern der Macrospore in zahlreiche wandständige Tochterkerne frei sich theilt, bevor die Zellwände, vom Scheitel der Spore zur Basis längs der Wandung fortschreitend, angelegt werden. Die ganze Spore wird so mit einem Prothallium erfüllt, an dessen Scheitel die Archegonien zur Entwicklung kommen. Der Embryo besitzt keinen Embryoträger, er hat in mancher Beziehung Aehnlichkeit mit dem Embryo der Monocotylen, an welche *Isoetes* auch im Habitus der ganzen Pflanze erinnert.

## Zweite Abtheilung.

### Phanerogamen.

**Allgemeines.** Die Phanerogamen setzen die Reihe der Pteridophyten ohne scharfe Grenze fort und stellen phylogenetisch ihre höher entwickelten Nachkommen dar. Die Vervollkommnung ist auf die sporenbildende Generation beschränkt geblieben, die unter Beibehaltung der Gliederung in Wurzel und Spross eine viel weitergehende Differenzirung und grössere Mannichfaltigkeit, namentlich in der Ausbildung ihrer Sporophyllstände erhalten hat, als diejenige der Pteridophyten. Dagegen ist die bereits bei diesen eingetretene Reduction der geschlechtlichen Generation bis zum völligen Aufgeben ihrer Selbstständigkeit fortgeschritten. Die meist auf wenige Zellen reducirte geschlechtliche Pflanze führt bei den Phanerogamen keine von der sporenbildenden Pflanze unabhängige Existenz mehr, sondern ist nur auf Grund der vergleichenden Entwicklungsgeschichte als Ueberrest einer eigenen Generation erkennbar.

**Die sporenbildende Generation.** Die vegetative Gliederung der Phanerogamen ist bereits in der Allgemeinen Morphologie (S. 11 u. f.) des Näheren geschildert worden und soll an dieser Stelle keine Berücksichtigung finden. Dieser Abschnitt wird sich vielmehr nur mit den im Dienste der Erzeugung und Verbreitung der Sporen stehenden Gliedern beschäftigen, da dieselben allein die Phanerogamen als besondere Klasse charakterisiren.

Die Phanerogamen sind ausnahmslos heterospor. Aehnlich wie bei den Selaginellaceen, werden Macro- und Microsporen stets von getrennten Sporophyllen erzeugt, die meist, wie bei jenen, Glieder desselben Sprosses sind, zuweilen aber getrennten Achsen entspringen oder sogar besonderen, demnach rein männlichen oder rein weiblichen Pflanzen angehören. Die Sporen werden auch hier in Sporangien gebildet, die wie bei den Pteridophyten Organe sui generis darstellen.

Die männlichen Sporophylle werden bei den Phanerogamen Staubblätter (Stamina), die weiblichen Fruchtblätter (Carpide, Carpelle) genannt. Trotz der abweichenden Bezeichnung sind Staub- und Fruchtblätter den Sporophyllen der Pteridophyten durchaus homolog und demnach phylogenetisch als metamorphosirte Laubblätter zu betrachten, obwohl sie in den meisten Fällen mit solchen keine Aehnlichkeit mehr besitzen, sondern wie die Sporophylle der meisten Lycopodiaceen und der Equisetaceen nur noch als Erzeuger und Träger der Sporen wirken. Staub- und Fruchtblätter entspringen dicht gedrängt und gewöhnlich in quirliger, selten in spiraliger Anordnung aus dem Endstück einer Achse, die mit Ausnahme der weiblichen Blüthe von Cycas, nach ihrer Erzeugung ihr Wachstum endgültig einstellt.

In der Mehrzahl der Fälle befinden sich dicht unterhalb der Staub- und Fruchtblätter einige sterile Blattgebilde, die mit den Sporophyllen functionell zusammenhängen und dem entsprechend von Laubblättern wesentlich abweichen. Auch in ihrer beinahe stets quirligen, mit derjenigen der Sporo-

phylle übereinstimmenden Anordnung und der leichten Umwandlung letzterer in solche sterile Blattgebilde zeigen diese nähere Beziehungen zu den Sporophyllen als zu den Laubblättern. Sie stellen das Perianth oder die Blütenhülle dar (Fig. 357 *k, c*).

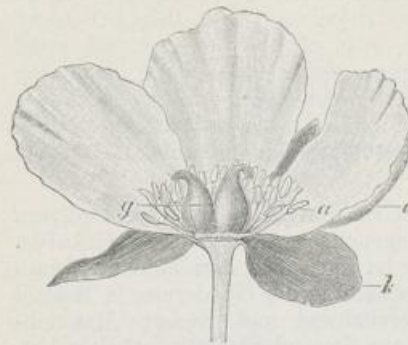


Fig. 357. Blüte von *Paeonia peregrina*, Kelch und Krone halbirt. *k* und *c* Perianth, *a* Androeceum, *g* Gynoeceum. Nat. Gr.

Der von dem Perianth, den Sporophyllen und dem sie tragenden Achsenstücke gebildete Spross oder Sprossstheil wird eine **Blüte** genannt. Fehlt das Perianth, so ist die Blüte nackt. Die Gesamtheit der Staubblätter einer Blüte wird als ihr Androeceum, diejenige der Fruchtblätter als ihr Gynoeceum bezeichnet. Sind Androeceum und Gynoeceum in einer Blüte vereinigt, so ist dieselbe zwit- terig. In diesem Falle nimmt das Gynoeceum stets den Gipfel der Blüte ein. Ist nur das Androeceum oder nur das Gynoeceum in einer Blüte vorhanden, so spricht man von einer eingeschlechtlichen oder diklinischen Blüte. Sind die diklinischen Blüten beiderlei Geschlechts auf einer Pflanze vereinigt, so heisst letztere monöisch; sie wird diöisch genannt, wenn sie nur Blüten eines Geschlechtes,

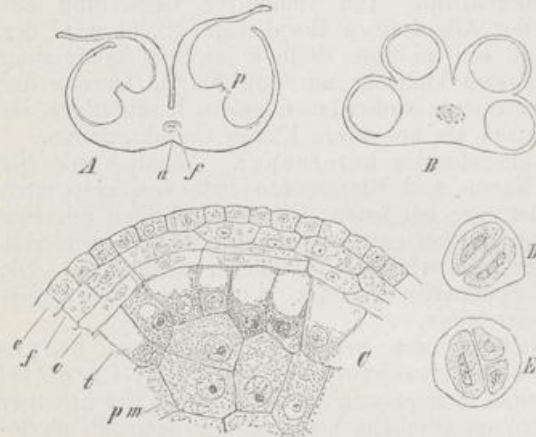


Fig. 358. *Hemerocallis fulva*. *A* Querschnitt durch eine fast reife Anthere, mit den durch den Schnitt geöffneten Fächern, *p* die Scheidewand zwischen den Fächern, *a* Fache am Connectiv, *f* Gefässbündel. Vergr. 14. *B* Querschnitt durch eine junge Anthere. Vergr. 28. *C* Theil des Querschnittes an einem Fache, *e* Epidermis, *f* die spätere Faserschicht, *c* später verdrängte Wandschicht, *t* die sich später auflösende Tapetenschicht, *pm* Pollenmutterzelle. Vergr. 240. *D* und *E* getheilte Pollenmutterzellen. Vergr. 240.

Angiospermen weicht von den Sporophyllständen der Pteridophyten nur durch die mehr ausgeprägte Metamorphose ihrer Theile ab. Eine Rose, eine complicirte Orchideen-Blüte sind nur Endglieder einer nach oben viel

polygam, wenn sie gleichzeitig eingeschlechtliche und zwit- terige Blüten entwickelt. Des constanten Besitzes von Blüten halber werden die Phanerogamen auch Blütenpflanzen genannt. Es darf aus dieser Bezeichnung nicht geschlossen werden, dass die Blüte ein durchaus charakteristisches Merkmal der Phanerogamen sei. Vielmehr sind die Sporophyllstände der Lycopodiaceen und Equisetaceen mit allen wesentlichen Merkmalen von Blüten, allerdings auf einer niedrigen Stufe der Ausbildung versehen (vgl. S. 369 u. f.). Die Blüte der Gymnospermen bezeichnet kaum einen Fortschritt und diejenige der

geschlechtes, polygam, wenn sie gleichzeitig eingeschlechtliche und zwit- terige Blüten entwickelt.

Des constanten Besitzes von Blüten halber werden die Phanerogamen auch Blütenpflanzen genannt. Es darf aus dieser Bezeichnung nicht geschlossen werden, dass die Blüte ein durchaus charakteristisches Merkmal der Phanerogamen sei. Vielmehr sind die Sporophyllstände der Lycopodiaceen und Equisetaceen mit allen wesentlichen Merkmalen von Blüten, allerdings auf einer niedrigen Stufe der Ausbildung versehen (vgl. S. 369 u. f.). Die Blüte der Gymnospermen bezeichnet kaum einen Fortschritt und diejenige der



verzweigten Entwicklungsreihe, welche bei den Pteridophyten ihren Ursprung nahm. Den ersten Anstoss zur Blütenbildung finden wir bei einigen Farnen, z. B. *Blechnum*, deren fertile Blätter gesondert von den sterilen entstehen und rosettenartig den Achsengipfel krönen.

Die Microsporangien der Phanerogamen heissen Pollensäcke, die Microsporen Pollenkörner, die Gesamtheit der letzteren Pollen oder Blütenstaub. Die Entwicklung der Pollensäcke und Pollenkörner (Fig. 358) geschieht in vollständiger Uebereinstimmung mit derjenigen der homologen Gebilde bei den Pteridophyten<sup>(1)</sup>. Auch hier wird eine unmittelbar unter der Epidermis befindliche Zellschicht des Sporophylls durch tangentielle Wände in zwei Schichten gespalten, von welchen die äussere die Wand des Sporangium, die innere das sporogene Gewebe liefert. Durch weitere Theilungen des letzteren werden die Pollenmutterzellen gebildet, welche durch Viertheilung die Pollenkörner erzeugen. Letztere bleiben zuweilen zu einer Tetrade verbunden (Fig. 359 A); meist jedoch sind sie vollkommen frei und stellen rundliche oder längliche, zunächst einzellige Gebilde dar

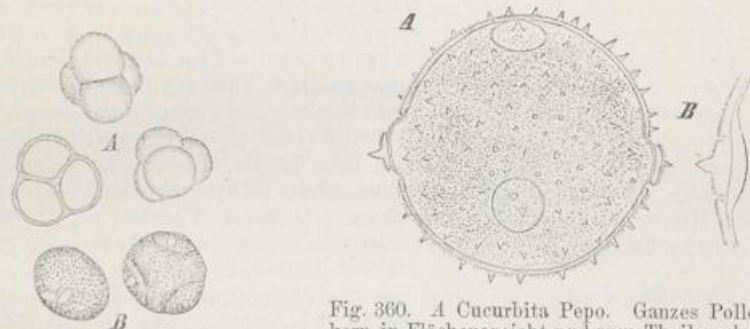


Fig. 359. A Pollenkörnertetraden des Heidekrauts (*Calluna vulgaris*). B Einfache Pollenkörner der Linde (*Tilia*). Vergr. 350.

Fig. 360. A *Cucurbita Pepo*. Ganzes Pollenkorn in Flächenansicht und zum Theil auch im optischen Durchschnitt. Vergr. 240. B *Cucurbita verrucosa*. Theil eines Querschnitts durch das Pollenkorn mit einer deckelartig circumscripten Austrittsstelle. Vergr. 540.

(Fig. 359 B, 360), welche später, in Folge der Entstehung eines reducirten männlichen Prothallium, mehrzellig werden.

Jedes Pollenkorn ist von einer zähen Haut umgeben, die in eine cutinisirte Exine und eine wesentlich aus Pectinstoffen bestehende Intine differenzirt ist. Die Oberfläche des Pollenkorns ist häufig von Stacheln, Warzen oder auch von zierlichen und regelmässig vertheilten Auswüchsen besetzt (Fig. 359 B). Ausserdem sind vielfach verdünnte (Fig. 360 A) oder deckelartig circumscripte (Fig. 360 B) Stellen, die sogen. Austrittsstellen, sichtbar, welchen, wie später gezeigt werden soll, eine bestimmte Bedeutung bei den Befruchtungsvorgängen zukommt.

Die Macrosporangien der Phanerogamen werden Samenanlagen (widersinnig auch Samenknochen, Eichen, Ovula) genannt<sup>(2)</sup>. Sie entstehen gewöhnlich am Rande der Fruchtblätter, welchen sie entweder frei aufsitzen oder von welchen sie rings umschlossen sind. Nackte Samenanlagen sind für die Gymnospermen, von den Fruchtblättern umhüllte für die Angiospermen charakteristisch. Näheres darüber wird in der speciellen Morphologie beider Klassen mitgetheilt werden.

Die fertige Samenanlage (Fig. 361) stellt ein ellipsoidisches Gebilde dar,

welches meist durch einen Stiel, den Funiculus, mit dem Fruchtblatte verbunden ist. Die Mitte der Samenanlage ist von einem kegelförmigen Gewebekörper, dem Nucellus, eingenommen; um diesen herum befinden sich eine oder zwei becherähnliche Hüllen, die Integumente, die dem Basaltheil des Nucellus, der sogen. Chalaza, entspringen. Die Integumente setzen sich oberhalb des Nucellus in einen kurzen, von einem Canal, der Micropyle, durchzogenen Hals fort.

Zuweilen bildet die Achse des Nucellus die directe Fortsetzung derjenigen des Funiculus; die Samenanlage ist dann gerade, atrop



Fig. 361. *A* atrope, *B* anatropo, *C* campylotrope Samenanlage. Schematisch und vergrössert.

ist der Funiculus unterhalb der Samenanlage scharf gekrümmt, so dass beide Theile sich neben einander befinden, so heisst letztere umgewendet oder anatrop (Fig. 361 *B*). In diesem, dem häufigsten Falle, ist der Funiculus dem äusseren Integument theilweise angewachsen und bildet auf demselben eine Leiste, die sogen. Samennaht oder Raphe. Endlich kann die Samenanlage selbst gekrümmt sein, derart, dass die Micropyle sich neben der Chalaza befindet (Fig. 361 *C*). In diesem nicht gerade häufigen Falle spricht man von einer campylotropen Samenanlage.

Im Nucellus wird in der Regel nur eine Macrospore, der sogen. Embryosack, gebildet. Letzterer verbleibt, im Gegensatz zu den Macrosporen der Pteridophyten, zeitlebens von dem Macrosporangium umgeben und mit diesem organisch verbunden. In seltenen Fällen werden Embryosäcke in Mehrzahl erzeugt.

**Die geschlechtliche Generation, die Befruchtung und die Folgen der letzteren.** Das keimende Pollenkorn erfährt meist nur eine Theilung, aus welcher zwei ungleich grosse Zellen hervorgehen. Die kleine Zelle entspricht dem Antheridium der Pteridophyten und erzeugt später in den meisten Fällen zwei generative Zellen, welche bei einigen niederen Formen (*Cycas*, *Zamia*, *Ginkgo*) zu Spermatozoen werden, bei der überwiegenden Mehrzahl der Phanerogamen hingegen der Cilien und einer durch diese bewirkten Bewegung entbehren. Die grosse Zelle stellt den vegetativen Theil des Prothallium dar und bleibt einfach.

Die nun reifen Pollensäcke springen durch Spalten (Fig. 358 *A*), seltener durch Löcher auf und entlassen den Blütenstaub, der alsbald entweder durch den Wind fortgeweht, oder von dem Wasser fortgeschwemmt oder durch Insecten fortgetragen wird. Der grösste Theil desselben geht für die Pflanze verloren; einzelne Körner erreichen aber, in Folge geeigneter Vorrichtungen (vgl. S. 253), die für ihre Aufnahme bestimmten Theile des Gynoeceum, sei es, wie bei den Gymnospermen die Micropyle, sei es, wie bei den Angiospermen, eine später des Näheren zu schildernde klebrige Stelle der Fruchtblätter, die Narbe. In beiden Fällen treibt die Intine der vegetativen Zelle aus den früher erwähnten Austrittsstellen röhrenartige Auswüchse, die Pollenschläuche, welche, manchmal auf langem Wege, die

Die nun reifen Pollensäcke springen durch Spalten (Fig. 358 *A*), seltener durch Löcher auf und entlassen den Blütenstaub, der alsbald entweder durch den Wind fortgeweht, oder von dem Wasser fortgeschwemmt oder durch Insecten fortgetragen wird. Der grösste Theil desselben geht für die Pflanze verloren; einzelne Körner erreichen aber, in Folge geeigneter Vorrichtungen (vgl. S. 253), die für ihre Aufnahme bestimmten Theile des Gynoeceum, sei es, wie bei den Gymnospermen die Micropyle, sei es, wie bei den Angiospermen, eine später des Näheren zu schildernde klebrige Stelle der Fruchtblätter, die Narbe. In beiden Fällen treibt die Intine der vegetativen Zelle aus den früher erwähnten Austrittsstellen röhrenartige Auswüchse, die Pollenschläuche, welche, manchmal auf langem Wege, die

beiden generativen Zellen bis zu den Eizellen führen. Daher werden von ENGLER die Phanerogamen Siphonogamen (*Embryophyta siphonogama*) genannt. In Zuckerwasser oder Fruchtsaft können Pollenkörner ebenfalls Schläuche treiben. Chemotaktische Reize sind allem Anscheine nach für die Wachstumsrichtung der Pollenschläuche, ähnlich wie für die Bewegung der Spermatozoen maassgebend.

Im Embryosack wird in einer bei Gymnospermen und Angiospermen nicht übereinstimmenden, später zu schildernden Weise ein weibliches Prothallium mit einer oder mehreren Eizellen erzeugt. Der Befruchtungsact besteht, wie im ganzen Pflanzenreiche, in der innigen Verschmelzung der Protoplasten einer männlichen generativen Zelle mit der Eizelle (vgl. S. 246).

Aus der befruchteten Eizelle entsteht der Keim (Embryo), der noch innerhalb des Embryosacks eine mehr oder weniger beträchtliche Grösse und Differenzirung erlangt. Hat derselbe eine bestimmte, oft nach der Art ungleiche Entwicklungsstufe erreicht, so pflegt er sein Wachstum einzustellen und unter Wasserverlust in einen Zustand latenten Lebens überzugehen, aus welchem er erst nach kürzerer oder längerer Zeit, und nur bei Zufuhr reicher Wassermengen, austreten wird. Die anderen Theile der Samenanlage haben ebenfalls, in Folge der Befruchtung, an Grösse beträchtlich zugenommen und eine weitgehende innere Gliederung erfahren. Im reifen Zustande wird das aus den Samenanlagen hervorgegangene Gebilde Samen genannt.

Der Besitz des **Samens**, d.h. eines keimhaltigen, umhüllten Macrosporangium, ist eines der wesentlichsten Merkmale der Phanerogamen. Daher werden dieselben auch Samenpflanzen, Spermaphyten genannt.

Die wesentlichen, niemals fehlenden Theile des Samens sind die aus den Integumenten der Samenanlage hervorgehende Samenschale (Fig. 362 *B*) und der Keim. In manchen Fällen entsteht aus der Chalaza der befruchteten Samenanlage auch noch eine äussere saftige Hülle, der Samenmantel oder Arillus. Häufig ist die Samenschale durch nährstoffreiches Parenchym, das Nährgewebe, vom Keime getrennt. Dasselbe wird Perisperm (Fig. 363 *B*) genannt, wenn es aus dem Nucellus hervorgeht, Endosperm (Fig. 363 *A*), wenn es im Embryosack gebildet wird. Fehlt das Nährgewebe (Fig. 362 *A*), so sind die Zellen des Keims selbst Nährstoffspeicher.

Die Folgen der Befruchtung sind nicht auf die Bildung des Samens beschränkt. Vielmehr erfahren noch andere Blüthenglieder Veränderungen, durch welche sie neuen Functionen, wie Schutz und Verbreitung der Samen, angepasst werden. Hingegen gehen diejenigen Blüthentheile, welchen nach der Bestäubung keine Rolle mehr zukommt, alsbald zu Grunde.

Das Gebilde, welches nach der Befruchtung von den persistirenden Blüthentheilen gebildet wird, heisst die **Frucht**. Der

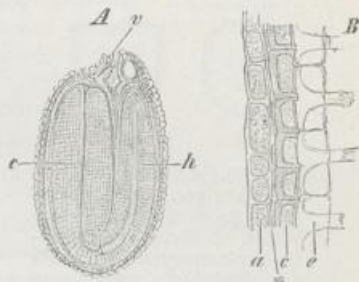


Fig. 362. *Capsella bursa pastoris*. *A* Längsschnitt durch den reifen Samen, *h* hypocotyles Glied, *e* Cotyledonen, *e* Gefässbündel des Funiculus. Vergr. 26. *B* Partie aus dem Längsschnitt durch die Samenschale nach Einwirkung von Wasser, *e* die gequollene Epidermis, *c* braun gefärbte, stark verdickte Schicht, \* zerdrückte Zellschichten, *a* Aleuronkörner. Vergr. 240.

Besitz der Frucht ist, wie derjenige des Samens, ein wesentliches Merkmal der Phanerogamen. Wie die Blüthe, welche sie erzeugt, kann auch die Frucht bald mehr, bald weniger complicirt gebaut sein. Im einfachsten Falle besteht sie nur aus den Fruchtblättern (z. B. bei Cruciferen), welche in allen Fällen, neben den Samen, den wesentlichsten Theil der Frucht bilden. Häufig nimmt ausserdem die Blütenachse an der Blütenbildung Theil, namentlich bei Peri- und Epigynie (z. B. Rose, Apfel). Seltener werden Perianthblätter zu Fruchtheilen umgebildet, wie bei der Maulbeere, wo sie um das Gynoeceum herum eine fleischige, saftreiche Hülle bilden. Dagegen geht das Androeceum nach der Bestäubung stets zu Grunde.

Nach einer sehr gebräuchlichen, jedoch nur Verwirrung schaffenden Bezeichnungsweise fasst man das befruchtete Gynoeceum allein als Frucht auf. Nach dieser Auffassung ist z. B. der Apfel nur in seinem mittleren Theile eine Frucht, während der äussere, als Achsengebilde, nicht zur Frucht gehört. Die oben vertretene Definition wurde von EICHLER eingeführt.



Fig. 363. A Same von *Hyoscyamus niger*. Der dicotyle Keim im Endosperm eingebettet. B Same von *Elettaria Cardamomum*. Innerhalb der dunkelen, von einem dünnen Arillus umhüllten Samenschale liegt zunächst weisses mehliges Perisperm, dann (schraffirt) ein öliges Endosperm und in der Mitte der monocotyle Keim. Vergr. (Nach BERG und SCHMIDT.)

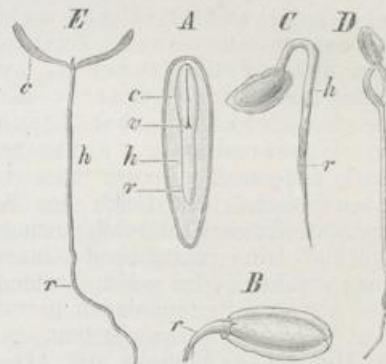


Fig. 364. *Thuja occidentalis*. Keimung. A Same im Längsschnitt. c Cotyledonen, e Plumula, h Hypocotyl, r Würzelchen. B-E Stufen der Keimung.

Der Samen fällt in der Regel auf den Boden, wo er nach kürzerer oder längerer Zeit aus dem latenten in das active Leben zurückkehrt. Dieser Vorgang wird als Keimung bezeichnet. Die Samenschale wird gesprengt und der Keim entwickelt sich ohne andere Unterbrechungen als solche, die durch die Jahreszeiten geboten sind, zur samentragenden Pflanze weiter (Fig. 364).

**Eintheilung.** Die Phanerogamen werden in zwei sehr ungleich grosse Klassen, die Gymnospermen und die Angiospermen, eingetheilt. Erstere sind älter als letztere und haben in früheren geologischen Epochen eine weit grössere Rolle gespielt als gegenwärtig, wo sie auf wenige Hunderte von Arten zusammengeschrunpft sind. Entsprechend ihrem höheren Alter schliessen sie sich den Pteridophyten weit enger an, als die Angiospermen, die die höchst entwickelten aller Gewächse umfassen und sowohl an Zahl der Arten als auch ihrer Menge nach den Hauptbestandtheil der Vegetation seit der Tertiärzeit bilden.

## Uebersicht der Klassen, Ordnungen und Familien.

## Klasse I. Gymnospermae.

1. *Cycadinae*. Fam.: Cycadaceae.
2. *Coniferae*. Fam.: Gingkoaceae. Taxaceae. Pinaceae.
3. *Gnetinae*. Fam.: Gnetaceae.

## Klasse II. Angiospermae.

## Unterklasse A. Monocotylae.

1. *Liliiflorae*. Fam.: Juncaceae. Liliaceae. Amaryllidaceae. Iridaceae. Dioscoreaceae. Bromeliaceae.
2. *Enantioblastae*. Fam.: Commelinaceae.
3. *Spadiciflorae*. Fam.: Palmae. Araceae. Lemnaceae. Pandanaceae. Sparganiaceae.
4. *Glumiflorae*. Fam.: Cyperaceae. Gramineae.
5. *Helobiae*. Fam.: Hydrocharitaceae. Potamogetonaceae. Najadaceae.
6. *Scitamineae*. Fam.: Musaceae. Zingiberaceae. Cannaceae. Marantaceae.
7. *Gynandrae*. Fam.: Orchidaceae. Burmanniaceae.

## Unterklasse B. Dicotylae.

## a. Choripetalae.

1. *Amentaceae*. Fam.: Salicaceae. Cupuliferae. Juglandaceae. Myricaceae. Casuarinaceae.
2. *Urticinae*. Fam.: Ulmaceae. Moraceae. Cannabinaceae. Urticaceae.
3. *Polygoninae*. Fam.: Piperaceae. Polygonaceae.
4. *Centrospermae*. Fam.: Chenopodiaceae. Amarantaceae. Caryophyllaceae.
5. *Polycarpicae*. Fam.: Ranunculaceae. Nymphaeaceae. Magnoliaceae. Myristicaceae. Menispermaceae. Berberidaceae. Lauraceae.
6. *Rhoeadinae*. Fam.: Cruciferae. Capparidaceae. Fumariaceae. Papaveraceae. Resedaceae.
7. *Cistiflorae*. Fam.: Cistaceae. Droseraceae. Violaceae. Hypericaceae. Clusiaceae. Ternstroemiaceae. Dipterocarpaceae.
8. *Passiflorinae*. Fam.: Passifloraceae. Begoniaceae.
9. *Opuntinae*. Fam.: Cactaceae.
10. *Columniferae*. Fam.: Tiliaceae. Sterculiaceae. Malvaceae.
11. *Gruinales*. Fam.: Geraniaceae. Oxalidaceae. Linaceae. Balsaminaceae. Erythroxylaceae. Polygalaceae.
12. *Terebinthinae*. Fam.: Rutaceae. Burseraceae. Zygophyllaceae. Simarubaceae. Anacardiaceae.
13. *Sapindinae*. Fam.: Aceraceae. Sapindaceae.
14. *Fragulinae*. Fam.: Celastraceae. Aquifoliaceae. Vitaceae. Rhamnaceae. Buxaceae. Empetraceae.
15. *Thymelaeinae*. Fam.: Thymelaeaceae. Elaeagnaceae.
16. *Tricoccae*. Fam.: Euphorbiaceae. Callitrichaceae.
17. *Umbelliflorae*. Fam.: Cornaceae. Araliaceae. Umbelliferae.
18. *Saxifraginae*. Fam.: Crassulaceae. Saxifragaceae. Platanaceae.
19. *Rosiflorae*. Fam.: Rosaceae.
20. *Leguminosae*. Fam.: Mimosaceae. Caesalpiniaceae. Papilionaceae.
21. *Myrtiflorae*. Fam.: Onagraceae. Haloragidaceae. Lythraceae. Punicaceae. Melastomataceae. Myrtaceae.
22. *Hysterophyta*. Fam.: Aristolochiaceae. Rafflesiaceae. Santalaceae. Loranthaceae.

## b. Sympetalae.

1. *Ericinae*. Fam.: Ericaceae. Pirolaceae.
2. *Diospyrinae*. Fam.: Sapotaceae. Styracaceae.
3. *Primulinae*. Fam.: Primulaceae. Plumbaginaceae.
4. *Contortae*. Fam.: Oleaceae. Loganiaceae. Gentianaceae. Apocynaceae. Asclepiadaceae.
5. *Tubiflorae*. Fam.: Convolvulaceae. Hydrophyllaceae. Cordiaceae. Boraginaceae.
6. *Personatae*. Fam.: Solanaceae. Scrophulariaceae. Utriculariaceae. Gesneraceae. Plantaginaceae.
7. *Labiatiflorae*. Fam.: Verbenaceae. Labiatae.
8. *Rubiinae*. Fam.: Rubiaceae. Caprifoliaceae. Valerianaceae.
9. *Campanulinae*. Fam.: Campanulaceae. Lobeliaceae. Cucurbitaceae.
10. *Aggregatae*. Fam.: Dipsacaceae. Calyceraceae. Compositae.

## Klasse I.

Gymnospermae<sup>(\*)</sup>.

Die Blüten der Gymnospermen sind stets eingeschlechtlich, nackt oder in seltenen Fällen (*Gnetaceen*) mit einem kleinen, unscheinbaren Perianth versehen.

Die männlichen Blüten stellen in der Regel einen länglichen Spross

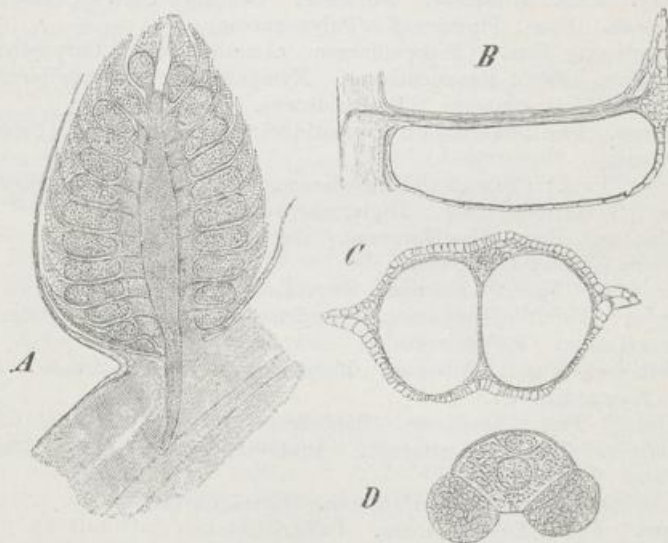


Fig. 365. *Pinus Pumilio*. *A* Längsschnitt durch eine fast reife männliche Blüte. Vergr. 10. *B* Längsschnitt durch ein einzelnes Staubblatt. Vergr. 20. *C* Querschnitt durch ein Staubblatt. Vergr. 27. *D* ein reifes Pollenkorn von *Pinus silvestris*. Vergr. 400.

dar mit mehr oder weniger zahlreichen, spiralig oder quirlig geordneten, schuppenartigen Staubblättern (Fig. 365 *A* u. *C*), deren Unterseite zwei oder mehr Pollensäcke trägt. Die Pollenkörner sind in der Regel kugelig,

häufig mit zwei luftgefüllten, als Flugapparate dienenden Ausstülpungen der Exine versehen (Fig. 365 D).

Das keimende Pollenkorn führt eine oder mehrere Theilungen aus und bildet so eine oder mehrere, von Membranen umgebene Prothalliumzellen, von welchen nur eine antheridialen Charakter besitzt und in zwei Spermatozoen oder den Spermatozoen entsprechende, generative Zellen zerfällt.

Die weiblichen Blüten sind in ihrem Gesamtaufbau den männlichen meist ähnlich. Die Fruchtblätter sind in der Regel schuppenartig, flach ausgebreitet, niemals mit einander verwachsen und tragen eine wechselnde Anzahl von Samenanlagen, am häufigsten zwei (Fig. 367).

Der im Basaltheil des Nucellus (Fig. 368 *nc*) eingeschlossene Embryosack erzeugt durch Vielzellbildung um die durch freie Kerntheilung zuvor vermehrte Kerne eine wandständige Zellschicht und durch Theilungen in dieser Zellschicht ein den Embryosack ausfüllendes weibliches Prothallium (Fig. 368 *e*). Einzelne im Scheitel des Embryosacks gelegene

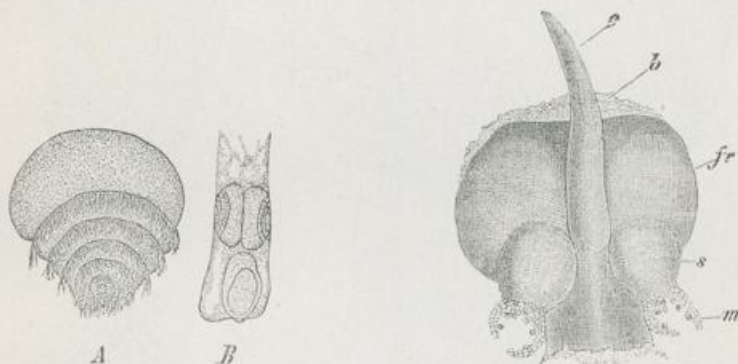


Fig. 366. A Spermatozoon von *Zamia integrifolia*. Vergr. 90. B Pollenschlauch unmittelbar vor der Befruchtung mit zwei Spermatozoen und der Stielzelle. Unten Rest des Pollenkorns. Vergr. 50. (Nach WEBBER.)

Fig. 367. *Pinus silvestris*. Fruchtschuppe *fr* mit den beiden Samenknospen *s* und dem Kiel *c*. Dahinter die Deckschuppe *b*. An den Samenknospen der Integumentrand in zwei Fortsätze (*m*) ausgewachsen. Vergr. 7.

Zellen dieses Prothallium bilden sich zu Archegonien aus (Fig. 368). — Das Archegonium der Gymnospermen besteht, wie bei den Pteridophyten, aus dem Bauchtheile mit der Eizelle, einem wenigzelligen Halse und der unter letzterem befindlichen Bauchcanalzelle.

Die Befruchtung vollzieht sich in der für die Phanerogamen im Allgemeinen gültigen Weise (Fig. 369 B u. C) durch Vereinigung der aus dem Pollenschlauch in das Archegonium eintretenden männlichen Zelle mit der Eizelle.

Spermatozoen sind bisher nur bei zwei Cycadaceen, *Zamia integrifolia* und *Cycas revoluta*, und einer Conifere, *Gingko biloba* beobachtet worden. WEBBER stellte bei *Zamia* Folgendes fest: Das Pollenkorn erzeugt nach der Bildung des Pollenschlauchs zunächst ein zweizelliges Antheridium, bestehend aus einer der Wand aufliegenden Stielzelle und einer Centralzelle (generative Zelle). An beiden Polen des verlängerten Zellkerns der Centralzelle befindet sich ein centrosomähnliches Körperchen, das WEBBER Blepharoplast nennt, um welches herum das Kinoplasma strahlig geordnet ist. Die Befruchtung wird dadurch eingeleitet, dass das Pollenkorn tragende Ende und nicht wie sonst die Spitze des Pollenschlauchs durch

das Nucellargewebe hindurch bis zu den Archegonien getrieben wird. Die Centralzelle theilt sich dann in zwei nackte Zellen, welche sich zu je einem sehr grossen Spermatozoon entwickeln (Fig. 366); das spiralförmige die Cilien tragende Band geht aus dem centrosomartigen Körperchen hervor.

Bei *Zamia integrifolia* (Fig. 369) dringen die Spermatozoen gewöhnlich in Zweizahl, zuweilen in Drei- bis Vierzahl zwischen die Halszellen, aber nur eines vollzieht die Befruchtung, während die übrigen allmählich ausserhalb der Eizelle desorganisirt werden. Das befruchtende Spermatozoon entledigt sich gleich nach dem Eintritt in die Eizelle des cilienträgenden Bands und des Cytoplasma, während der Zellkern zum Eikern wandert und mit demselben verschmilzt. *Cycas revoluta* verhält sich nach IKENO ähnlich, doch sind die Spermatozoen viel kleiner.

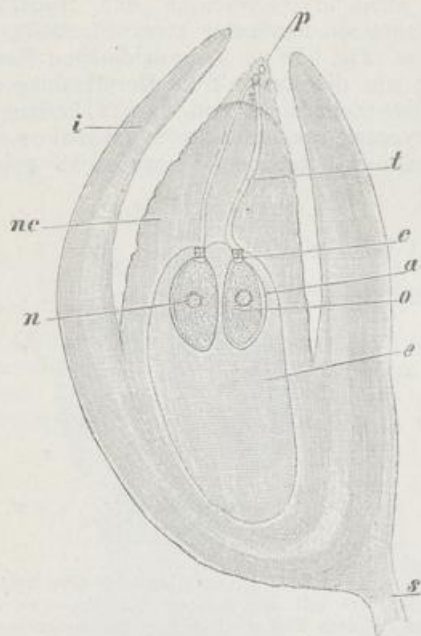


Fig. 368. Medianer Längsschnitt durch die empfängnisreife Samenknope von *Picea vulgaris*, *e* Embryosack mit Endosperm erfüllt, *a* ein Archegonium und zwar der Bauchtheil, *e* der Halstheil desselben, *n* der Eikern, *nc* der Nucellus, *p* Pollenkörner auf und in der Knospenwarze, *t* Pollenschläuche, *i* Integument, *s* der Samenflügel.

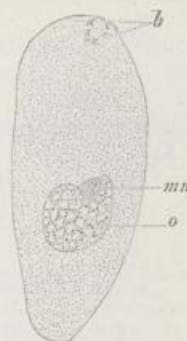


Fig. 369. *Zamia integrifolia*. Ein Ei während der Befruchtung die Copulation von Eikern und Spermakern zeigend. Oben das Spiralband mit den Cilien. Vergr. 15. (Nach WEBBER.)

Der durch Verschmelzung von Spermakern und Eikern entstandene Keimkern geht meist in dem vom Halse abgekehrten Ende der Eizelle wiederholte Zweitheilungen ein, und es werden dort vier in einer Ebene liegende Zellen abgegrenzt, die durch Quertheilungen in mehrere vierzellige Etagen zerlegt werden (Fig. 370 D–F). Eine der letzteren streckt sich zu vier langen Schläuchen und führt die für die Embryonalanlage bestimmten Zellen tief in das Prothallium hinein (Fig. 370 G). Dort entsteht durch weitere Theilungsvorgänge entweder nur ein Keim, oder es bilden sich durch Längsspaltung der Anlagen vier Keime aus, von denen jedoch nur einer zu vollkommener Ausbildung gelangt. Auch wenn, wie das gewöhnlich der Fall, mehrere Archegonien befruchtet werden, enthält der Same nur einen Keim, der die übrigen auf früheren Entwicklungsstufen verdrängt hat.

Der Keim des reifen Samens ist mit zwei oder mehreren Cotyledonen



versehen. Um ihn herum befinden sich die Ueberreste des Prothallium, das sogenannte Endosperm, welches bei der Keimung als Nährgewebe dienen wird und dementsprechend grosse Mengen Nährstoffe, wie Eiweiss, Stärke und Fett, enthält. Die Peripherie des Samens ist von einer harten oder in ihrem äusseren Theile saftigen Schale eingenommen, welche in einigen Fällen von einem becherartigen, fleischigen Arillus umgeben wird.

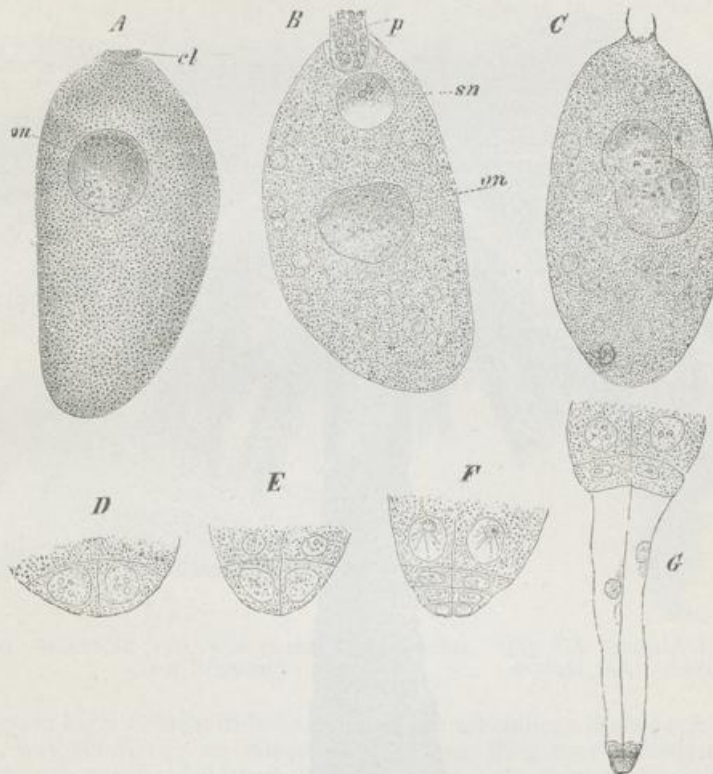


Fig. 370. *Picea vulgaris*. *A* ein reifes Ei mit Zellkern *on* und Bauchcanalzelle *cl*. *B* ein Ei während der Befruchtung, *sn* der eingedrungene Spermakern, *on* der Eikern, *p* die Pollenschlauchspitze. *C* ein Ei, während der Befruchtung die Copulation von Eikern und Spermakern zeigend. *D* die vier Zellkerne in dem vom Halstheile abgekehrten Ende des Eies, zwei derselben sind nur zu sehen. *E* die Kerne haben sich getheilt, vier Zellkerne liegen jetzt in dem Eiende, vier fallen dem Eikörper zu. *F* drei Etagen von Zellen sind im Eiende gebildet. *G* Die mittlere Etage hat sich gestreckt und die untere Zelletage in das Endosperm geführt. Die Zellen dieser unteren Etage haben sich getheilt. Vergr. 90.

Die Frucht ist der weiblichen Blüthe ähnlich, aber grösser. Die Fruchtschuppen werden nach der Befruchtung meist holzig, selten fleischig-saftig.

Die Gymnospermen sind Holzgewächse mit secundärem Dickenwachsthum. Ihre Blätter sind entweder einfach, und dann meist nadel- oder schuppenförmig, oder sie sind gefiedert.

1. Ordnung. Cycadinae<sup>(4)</sup>.

Einzig Familie: *Cycadaceae*, Blüten diöisch, perianthlos, vielblättrig, spiralig; Staubblätter mit vielen Pollensäcken, Fruchtblätter meist mit zwei Samenanlagen. — Meist unverzweigte, echter Gefässe entbehrende, immergrüne Holzgewächse, mit Schleimgängen in allen Organen. Blätter gross, gefiedert (Fig. 371).



Fig. 371. *Cycas revoluta*, weibl., blühend. Nach einer Photographie.

Viele Cycadaceen gleichen durch ihren säulenförmigen, unverzweigten Stamm und ihre mächtige, gipfelständige Rosette gefiederter Blätter den Baumfarne, welchen sie auch in ihren Dimensionen vergleichbar sind (Fig. 371). Der Stamm kann 12 m Höhe erreichen; er ist jedoch meist niedriger, bei manchen habituell an Marattiaceen erinnernden Arten sogar knollig und theilweise im Boden verborgen. Die Verzweigung ist auf die Blütenregion beschränkt, in manchen Fällen jedoch kommt Bildung von Adventivsprossen am Stamm vor. Der Stamm ist bei den meisten

Arten, z. B. denjenigen von *Cycas*, von einem dichten Panzer holziger Schuppen umhüllt, die theils aus den Basaltheilen der abgestorbenen und abgeworfenen Laubblätter hervorgehen, theils Niederblätter darstellen, deren Bildung mit derjenigen der Laubblätter periodisch abwechselt.

Die Blüten der Cycadaceen sind stets endständig; der Stamm wird, mit Ausnahme der weiblichen *Cycas*-Pflanzen, sympodial durch einen Seitenzweig fortgesetzt, der die Blüthe zur Seite drängt. Die männlichen Blüten sind zapfenartig, mit zahlreichen schuppen- oder schildförmigen Staubblättern (Fig. 372), welche an ihrer Rückenseite Pollensäcke in unbestimmter Zahl tragen. Die *Cycas*-Arten besitzen eine einzige gipfelständige weibliche Blüthe, deren Fruchtblätter in verkleinertem Maassstabe den Laubblättern ähnlich sind (Fig. 373). Bei den übrigen Cycadaceen entspringen dem Stammgipfel mehrere zapfenartige weibliche Blüten mit schuppenartigen Fruchtblättern. Die bis kirschgrossen Samenanlagen sitzen in Zwei- oder Mehrzahl an jedem Fruchtblatte. Sie sind atrop, am Gipfel ihres Nucellus mit einer Grube, der Pollenkammer, versehen, in welcher der vom Wind zugewehrte Blütenstaub sich anhäuft und das Werk der Befruchtung beginnt. Die näher untersuchten Cycadaceen besitzen Spermatozoen (siehe S. 387). — Der Same ist einer Steinfrucht ähnlich, indem seine Schale in eine äussere fleischige und

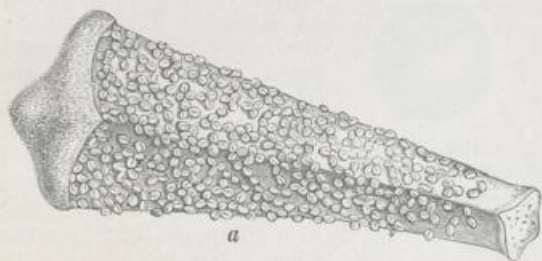


Fig. 372. Staubblatt von *Cycas circinalis*, von unten. (Nach EICHLER.)



Fig. 373. Fruchtblatt von *Cycas revoluta*, verkl. (Nach EICHLER.)

eine innere harte Schicht differenzirt ist. Das mehrlreiehe Endosperm umgiebt einen zweiblätterigen, an einem knäuelartigen Suspensor befestigten Keim.

Die Cycadaceen sind tropische und subtropische Gewächse der alten und der neuen Welt mit meist sehr beschränktem Verbreitungsbezirk der einzelnen Arten. Ihre Rolle in der Pflanzendecke ist gegenwärtig nur noch eine unbedeutende, während sie in früheren geologischen Perioden, bis zur Kreide aufwärts, wie das massenhafte Vorkommen fossiler Ueberreste zeigt, einen Hauptbestandtheil der Vegetation aller Zonen bildeten.

## 2. Ordnung. Coniferae<sup>(5)</sup>.

Blüthen nackt; die männlichen kätzchenähnlich mit schuppenartigen, die Pollensäcke unterseits tragenden Staubblättern, die weiblichen Blüten und die Früchte von verschiedenem, zum Theil complicirtem Bau. — Was hier als einzelne weibliche Blüthe bezeichnet wird, ist auch als Blütenstand gedeutet worden. — Reichverzweigte Holzgewächse ohne echte Gefässe, meist mit Harzgängen in den sämtlichen Theilen. Blätter einfach, meist nadel- oder schuppenförmig.

Viele Coniferen sind hohe Waldbäume von pyramidenförmiger Gestalt, mit mastähnlichem, nach oben zugespitztem Stamme, welchem Scheinquirle horizontal ausgebreiteter, reichverzweigter Seitensprosse entspringen. Häufig, namentlich bei dichtem Wuchse, werden die unteren Zweige im späteren Alter abgestossen, so dass ein hoher nackter Stamm eine pyramidenförmige Krone trägt. Letztere kann sich schliesslich abflachen und Schirmgestalt annehmen, wie bei der Pinie des Mittelmeers (*Pinus Pinca*), oder sogar scheibenförmig werden, wie bei der brasilianischen Araucaria (*Araucaria brasiliensis*). Verhältnissmässig wenige der baumartigen Arten weichen von der pyramidalen Form wesentlich ab, wie die Cypresse (*Cupressus sempervirens*) mit ihren aufrechten Aesten. Die strauchigen Arten hingegen sind vielfach unregelmässig buschartig verzweigt, wie der Wachholder.

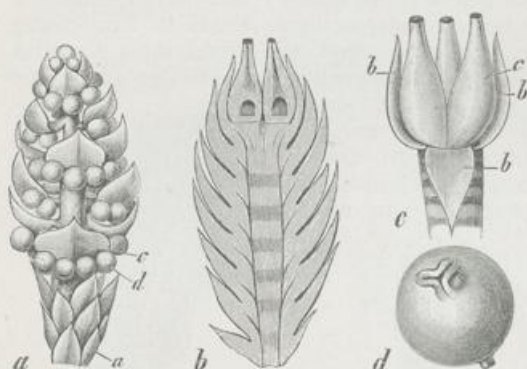


Fig. 374. *Juniperus communis*. a männliche Blüthe. Vergr. b fertiler Zweig mit weiblicher Blüthe. Vergr. c weibliche Blüthe, die eine Schuppe zurückgebogen. Vergr. d Beere. Vergr. — Officinell. (Nach BERG und SCHMIDT.)

Die männlichen Blüthen stehen entweder einzeln oder sind zu vielen gruppiert; sie fallen nach dem Verstäuben ab, ähnlich den Kätzchen der Weiden und anderer Amentaceen, welchen sie auch in der Structur vielfach ähneln, ohne ihnen morphologisch vergleichbar zu sein, da Kätzchen Blüthenstände sind. Die Staubblätter sind meist zahlreich, schuppen- oder schildförmig mit zwei oder mehreren, jedoch selten vielen (bis 20 bei *Araucaria*) Pollensäcken an ihrer Unterseite. Die Pollenkörner sind häufig mit zwei luftführenden Blasen versehen.

In den tiefgreifenden Unterschieden im Bau der weiblichen Blüthen und der Früchte liegen die wichtigsten Merkmale der Familien, in welche die Ordnung eingetheilt wird.

Familie **Gingkoaceae**. Weibliche Blüthe an langer Achse; Fruchtblätter stielartig, die Basis der Samenanlage becherförmig umhüllend. Befruchtung durch Spermatozoen. Samenschale aussen fleischig, innen hart. Blätter gestielt, mit ein- oder mehrmals dichotom gespaltener Spreite (Fig. 375).

Die Gingkoaceen stellen einen sehr alten Zweig der Gymnospermen dar, der in früheren Erdperioden reich entwickelt, gegenwärtig nur noch durch die in China und Japan heimische *Gingko biloba* (*Salsburya adiantifolia*), einen laubabwerfenden Baum, vertreten ist. ENGLER betrachtet sie als Typus einer besonderen Klasse, die zu den Cycadaeeen manche Beziehungen zeigt.

Familie **Taxaceae**. Zapfenbildung unvollkommen oder fehlend. Fruchtblätter von den Samenschalen überragt oder fehlend. Samen mit Arillus (Fig. 376—377).

*Taxus baccata*, die Eibe (Fig. 376, 377), einzige deutsche Art der Familie, ist ein bis 10 m hoher, immergrüner, harzfreier Baum. Die Triebe sind sämmtlich Langtriebe und tragen kammartig nach rechts und links geordnete, flache Nadeln. Die männlichen Blüthen sind axillär und bestehen aus zehn schildförmigen, zu einer Kugel vereinigten Staubblättern am Gipfel eines kurzen, unterwärts beschuppten Stiels. Die weibliche Blüthe nimmt ebenfalls den Gipfel eines

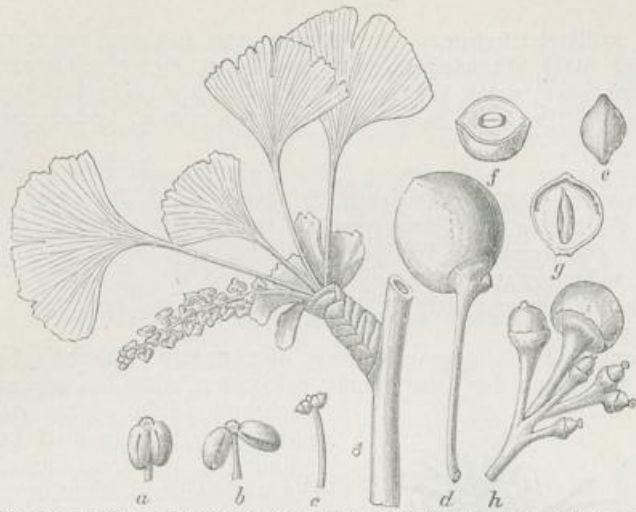


Fig. 375. *Ginkgo biloba*. Männlicher Kurztrieb mit Blüthe. Die Blätter werden später grösser. *a, b* Staubblätter, *c* weibliche Blüthe, *d* Frucht, *e* Steinkern derselben, *f* derselbe im Querschnitt, *g* im Längsschnitt nach Ausbildung des Embryo; *h* weibliche Blüthe mit ausnahmsweise zahlreichen, mit besonderen Stielchen versehenen Samenansätzen. Männliche Blüthe u. *c* in nat. Gr., *d* ein wenig verkleinert, die übrige Figur vergrössert. (Nach EICHLER in Natürl. Pflanzenfamilien.)

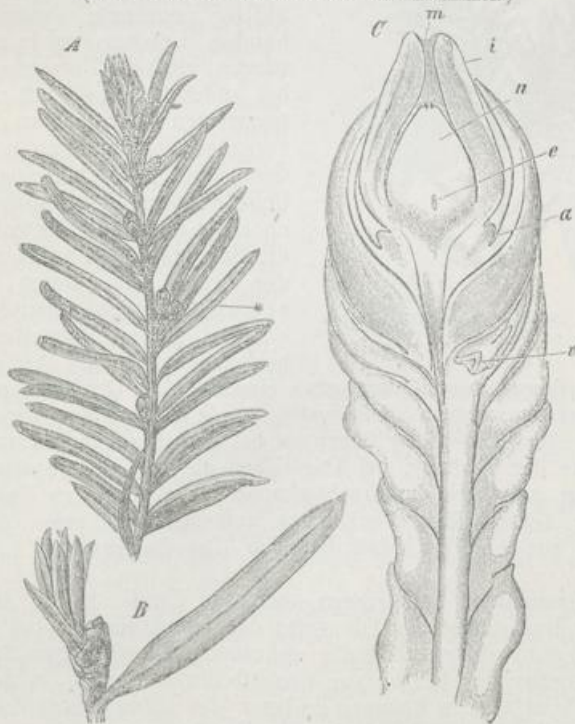


Fig. 376. *Taxus baccata*. *A* Habitusbild eines Zweiges mit weiblichen Blüthen, bei \* zwei Samenanlagen an demselben Primansprösschen. Nat. Gr. *B* ein Blatt mit achselständiger Samenanlage. Vergr. 2. *C* Längsschnitt durch die gemeinsame Mediane des Priman- und Secundansprösschens, *v* Vegetationskegel des Primansprösschens, *a* Arillusanlage, *e* Embryosackanlage, *n* Nucellus, *i* Integument, *m* Micropyle. Vergr. 48. — Giftig.

beschuppten, axillären Stielchens ein; letzteres setzt sich aber aus einem unteren, blind endenden Stück (Primärspösschen) und einem oberen seitlichen Secundärspösschen zusammen, welches letzteres mit einer einzigen aufrechten Samenknospe abgeschlossen ist. Der reife Samen ist von einem rothen, becherartigen Arillus (Fig. 377) umgeben.

**Geographische Verbreitung.** Die *Taxaceen* sind zum grössten Theile Bewohner Ostasiens und der südlichen Halbkugel. — Giftig sind die jungen Sprosse und die Samen von *Taxus baccata*. Der Arillus ist unschädlich.

**Familie *Pinaceae*.** Weibliche Blüthe zapfenartig, die Samenanlagen an schuppenartigen Fruchtblättern und zwischen diesen eingeschlossen zu Samen reifend; Samenschale trocken, ohne Arillus (Fig. 365, 374, 378 bis 380).

Die Familie der *Pinaceae* umfasst alle unsere einheimischen Nadelhölzer, mit Ausnahme der zwar häufig cultivirten, aber bei uns selten wild wachsenden Eibe (*Taxus baccata*).



Fig. 377. *Taxus baccata*. Zweig mit reifen Samen.  $\frac{1}{2}$  nat. Gr. — Giftig.

Theile eines tiefgespaltenen Blattes, etwa einem fertilen *Ophioglossum*-Blatte vergleichbar, aufgefasst worden. Bei *Agathis* würde alsdann der ursprüngliche Zustand, in den Auswüchsen der Schuppen bei den *Taxodioideen* und *Araucaria* der erste Beginn der Spaltung, bei *Abietoideen* die vollendete Spaltung vorliegen. Andererseits hat man auch die Fruchtschuppe als abgeflachten Zweig, als *Cladodium* in der Achsel eines Deckblattes aufgefasst und seine fortschreitende Verschmelzung mit dem Deckblatt bei den *Taxodioideen* und *Araucaria* angenommen.

Die Samenanlagen entspringen meist in Zwei-, selten in Ein- oder Mehrzahl dem Basaltheile der Oberseite des Fruchtblattes; bei den *Cupressoideae* jedoch sind sie achselständig auf einer polsterförmigen Anschwellung.

Bei Uebergang der Blüthe zur Fruchtbildung werden in der Regel die Schuppen verholzt und es kommen dadurch die allbekanntesten Zapfen unserer Nadelhölzer zu Stande. Seltener ist die Frucht beerenartig.

**Unterfamilien:** 1) *Cupressoideae*. Blätter gegen- oder quirlständig; Fruchtblätter einfach; Samenanlagen achselständig, aufrecht. *Juniperus*, Wach-

Die männlichen Blüthen sind kopfig oder cylindrisch, häufig zu vielen vereinigt. Die weiblichen Blüthen bestehen meist aus einer spindelförmigen Achse mit zahlreichen spiralig geordneten einander dachziegelartig deckenden Schuppen; beim Wachholder (*Juniperus*) und seinen Verwandten sind nur wenige, quirlig geordnete Fruchtblätter vorhanden. Letztere sind in manchen Gattungen einfach (*Juniperus*, *Agathis*); bei anderen sind sie mit einem schuppenartigen Auswuchs an der Oberseite versehen; bei anderen noch (*Abietoideen*) sind zwei über einander befindliche Schuppen vorhanden, von welchen die obere, die Fruchtschuppe, die Samenanlagen trägt und sich aus der Achsel der unteren, der Deckschuppe, erhebt (Fig. 367).

Bei dieser Darstellung sind die beiden Schuppen der *Abietoideen* als

holder; *Cupressus*, Cypresse; *Thuja*, Lebensbaum; 2) *Taxodioideae*. *Taxodium*; *Sequoia*. 3) *Araucarioideae*. *Araucaria*; *Agathis*. 4) *Abietoideae*. Blätter spiralig; Fruchtblätter in Deck- und Fruchtschuppe gespalten; Samenanlagen an der Fruchtschuppe befestigt, umgewendet. *Abies*, Tanne; *Picea*, Fichte; *Larix*, Lärche; *Pinus*, Kiefer.

Wichtigste deutsche Nadelhölzer: *Juniperus communis*, Wachholder (Fig. 374); Strauch mit nadelförmigen, durch Harzkörnchen bläulich bereiften Blättern in dreigliederigen Quirlen; weibliche Blüthe aus drei Schuppen mit einer achselständigen Samenanlage; Schuppen in der reifen Frucht saftig und zu einer Beere verwachsen. — *Abies alba*, Edeltanne, Weissstanne (Fig. 378), bis 65 m hoher Waldbaum mit im Alter silbergrauer Rinde (daher der Name Weissstanne); Krone pyramidenförmig, aus horizontal verzweigten Langtrieben; Blätter nadelförmig abgeplattet, unterseits mit zwei bläulich weissen Längslinien neben dem Mittelnerven versehen, an den Seitenzweigen kammartig zur Seite gewendet.

Die Blüthen sind achselständig und kommen im Mai in der Gipfelregion alter Bäume zum Vorschein. Die männlichen sind cylindrisch, bis 20 mm lang; ihre Staubblätter sind zahlreich, spiralig geordnet, unterseits mit zwei durch je einen Längsspalt aufspringenden Pollensäcken versehen (Fig. 378 a). Die weiblichen Blüthen sind oblong cylindrisch, bis 6 cm lang, von dicht gedrängten, spiralig geordneten Deck- und Fruchtschuppen an spindelförmiger Achse gebildet. Die Früchte oder Zapfen (Fig. 378 b) stehen aufrecht am Ende der sie tragenden Zweige, ihre spitzen Deckschuppen sind viel schmaler, aber länger als die Fruchtschuppen (Fig. 378 c, d) und daher von aussen sichtbar. Bei der Reife lösen sich die Schuppen sammt dem Samen (Fig. 378 c, d) von der stehenden bleibenden Fruchtschuppe ab. — *Picea excelsa*, die Rothtanne, gleicht in Grösse und Tracht der Weissstanne. Die Nadeln sind vierkantig, gleichmässig gefärbt, allseitwendig, jedoch vielfach, in Folge einer Biegung nach rechts und links, scheinbar kammartig geordnet. Die Zapfen sind endständig, herabhängend; sie lassen bei der Reife die Samen herausfallen und lösen sich dann ganz, ohne in ihre Schuppen zu zerfallen, von dem Zweige ab. Ihre Deckschuppen sind sehr klein, von aussen unsichtbar. — *Pinus silvestris*, die Kiefer, ist ein bis 40 m hoher Waldbaum mit kuppelartig gewölbter Krone. Die Nadeln entspringen paarweise an stark verkürzten, mit schuppenartigen Niederblättern versehenen Seitenachsen (Kurztrieben). Die äusserlich wie bei *Abies* beschaffenen männlichen Blüthen entspringen dicht gedrängt dem Gipfeltheil von Langtrieben, die oberhalb desselben ihr Längenwachsthum fortsetzen und beblätterte Kurztriebe erzeugen. Die weiblichen Blüthen sind anfangs kugelig, roth gefärbt (Fig. 379 1b). Die Zapfen

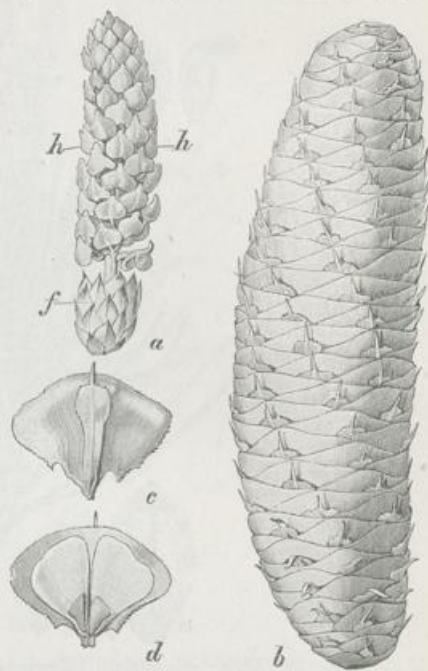


Fig. 378. *Abies alba*, a männliche Blüthe, b Zapfen, c Deck- und Fruchtschuppe von oben, d dieselbe von vorn. a, c, d in nat. Gr., b verkl. (Nach BERG und SCHMIDT.)

Die Zapfen sind endständig, herabhängend; sie lassen bei der Reife die Samen herausfallen und lösen sich dann ganz, ohne in ihre Schuppen zu zerfallen, von dem Zweige ab. Ihre Deckschuppen sind sehr klein, von aussen unsichtbar. — *Pinus silvestris*, die Kiefer, ist ein bis 40 m hoher Waldbaum mit kuppelartig gewölbter Krone. Die Nadeln entspringen paarweise an stark verkürzten, mit schuppenartigen Niederblättern versehenen Seitenachsen (Kurztrieben). Die äusserlich wie bei *Abies* beschaffenen männlichen Blüthen entspringen dicht gedrängt dem Gipfeltheil von Langtrieben, die oberhalb desselben ihr Längenwachsthum fortsetzen und beblätterte Kurztriebe erzeugen. Die weiblichen Blüthen sind anfangs kugelig, roth gefärbt (Fig. 379 1b). Die Zapfen

(Fig. 379 1c) haben sehr kleine Deckschuppen und längliche, holzige Fruchtschuppen, deren verdicktes Ende ein rhombisches Feld, die Apophyse, trägt. Wie bei der Fichte, lösen sich die Zapfen nach dem Herabfallen der Samen ganz ab. — *Larix europaea*, die Lärche, zeichnet sich vor allen anderen einheimischen Nadelhölzern dadurch aus, dass sie ihre Nadeln im Herbst abwirft. Letztere entspringen in dichten Büscheln aus Kurztrieben.

**Geographische Verbreitung.** Die Pinaceen bewohnen hauptsächlich die nördliche temperirte Zone, wo manche ihrer Arten ausgedehnte Wälder für sich allein bilden. Am mannichfaltigsten sind ihre Vertreter in den nördlichen extratropischen Küstenländern des pacifischen Oceans, namentlich in China, in

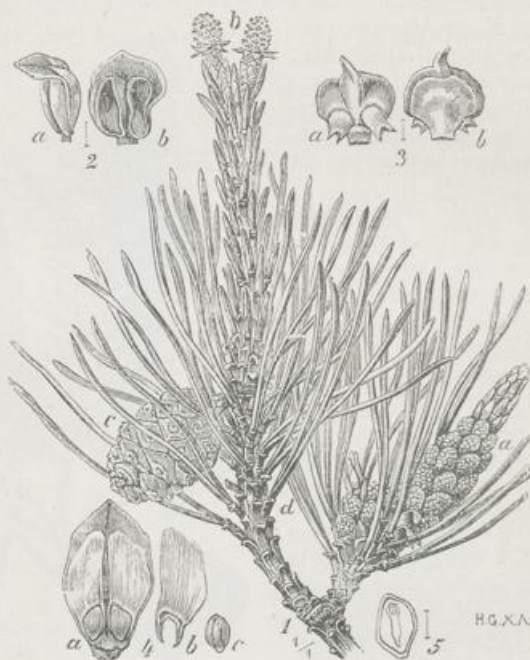


Fig. 379. *Pinus silvestris*. 1 Zweig, a männlicher, b weiblicher Blütenstand, c Zapfen, d Nadeln. 2 Staubblatt, a von der Seite, b von aussen. 3 Deck- und Fruchtschuppe, a von innen, b von aussen. 4, a Fruchtschuppe mit den beiden Samen, von innen, b Samenflügel, c Samenkörper. 5 Samen im Längsschnitt. — Officinell. (Nach WOSSIDLO.)

Japan, in Californien. Letzteres Land ist durch den Besitz der mächtigsten aller Nadelhölzer ausgezeichnet; hier befinden sich nämlich die Haine des Mammuthbaums, *Sequoia gigantea*, der über 100 m hoch wird und dessen Stamm 12 m im Durchmesser erreicht; nächst den Eucalypten Australiens sind diese Bäume die höchsten der Erde. — Deutschland besitzt nur wenige Nadelhölzer, von welchen jedoch einige so massenhaft auftreten, dass sie einen ganz wesentlichen Theil der Pflanzendecke bilden. Durch Häufigkeit nehmen Fichte und Kiefer die erste Stelle ein; die Weisstanne bildet grosse Wälder in den Vogesen und im Schwarzwald, ist aber sonst seltener; die Sträucher des Wachholders sind auf trockenem Boden überall häufig. Die übrigen deutschen Nadelhölzer: *Pinus montana*, die Krummholzkiefer; *Pinus Cembra*, die Zirbelkiefer (mit drei oder fünf Nadeln an jedem Kurztriebe, an Stelle von zwei); *Larix europaea*, die Lärche; *Juniperus Sabina*,



der Sadebaum; *Juniperus nana*, der Zwergwachholder, sind Bäume und Sträucher des Hochgebirges, die, mit Ausnahme der Krummholzkiefer, bei uns nur die bayrischen Alpen bewohnen.

Viele Pinaceen werden bei uns als Nutz- oder Zierhölzer cultivirt. Als besonders häufig mögen, ausser den einheimischen, noch erwähnt werden: *Pinus Strobus*, die Weymouthskiefer (aus Nordamerika); *Thuja occidentalis* (Nordamerika) und *Th. orientalis* (China, Japan), Lebensbaum; *Cedrus Libani*, die Ceder (Waldbaum des Atlas und Libanon); *Araucaria*-Arten (Waldbäume der temperirten Zonen der südlichen Hemisphäre, bei uns meist nicht im Freien überwinternd). Die meisten baumartigen Arten liefern Bau- und Schreinerholz.

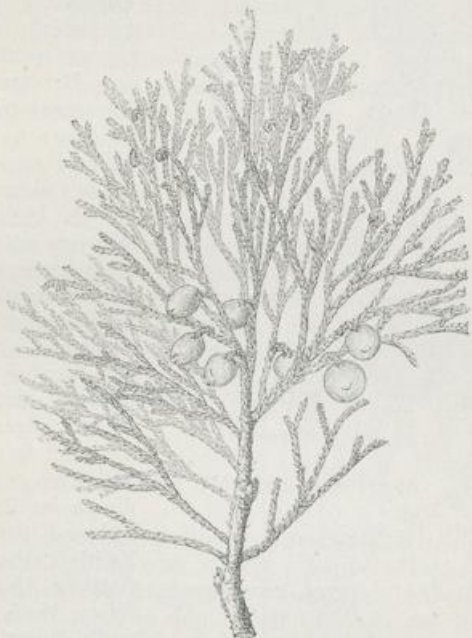


Fig. 380. Zweig von *Juniperus Sabina* mit Früchten. —  
Officinell und giftig.

Giftig: *Juniperus Sabina*, der Sadebaum, monöcischer Strauch mit besenartiger Verzweigung und schuppenförmigen, nicht nadelförmigen Blättern. Wächst wild in den Alpen, häufig in Gärten angepflanzt (Fig. 380).

Officinell: *Agathis Dammara* (Indischer Archipel), liefert Resina Dammara (Ph. germ., austr.). — *Juniperus communis*: Fructus Juniperi (Ph. germ., austr.) und Lignum Juniperi (Ph. austr.). — *Juniperus oxycedrus*: Oleum cadinum (Ph. austr.). — *Juniperus Sabina*: Herba s. Summitates Sabinæ (Ph. austr., germ.). — *Larix europæa*: Terebinthina veneta (Ph. austr., germ.). — *Larix sibirica* (Nordrussland, Sibirien): Pix liquida (Ph. germ.). Verschiedene *Pinus*-Arten, wie *P. silvestris*, *australis*, *Laricio*, *Pinaster*, *Taeda* etc., auch *Abies alba* liefern Terebinthina, Colophonium, Ol. Terebinthinae, Pix liquida: *Pinus Pumilio* liefert Ol. Pini Pumilionis (Ph. austr.).

3. Ordnung. Gnetinae<sup>(6)</sup>.

Einzige Familie: *Gnetaceae*. Blüthe mit Perigon. — Harzfreie Holzgewächse mit echten Gefässen.

Durch den Besitz eines allerdings sehr kleinen, unscheinbaren Perianths, durch die Andeutung einer Vereinigung der Geschlechter in einem Blüthenstand bei *Gnetum* und in einer (der weiblichen) Blüthe bei *Welwitschia*, durch den Besitz echter Gefässe im Holzkörper und theilweise durch den-

jenigen netzaderiger Blätter (*Gnetum*) zeigen die Gnetaceen Aehnlichkeiten mit den Dicotyledonen und sind als die höchstentwickelten unter den Gymnospermen zu betrachten.

Die drei die Ordnung der Gnetaceen bildenden Gattungen weichen sowohl in der sporogenen und in der geschlechtlichen Generation ganz wesentlich von einander ab. Die Arten von *Ephedra* (Mittelmeerländer, Orient, Gebirge des tropischen und subtropischen Amerika) sind unbelaubte Sträucher mit ruthenartigen Aesten. *Welwitschia mirabilis* ist eine der wunderbarsten aller Pflanzen, mit kurzem, verkehrt kegelförmigem, dickem Stamme, aus welchem nur zwei meterlange bandförmige Blätter entspringen, die an der Basis weiterwachsen, während ihr viel zerschlitzter Endtheil allmählich absterbt. Die Gattung *Gnetum* weist theils Bäume, theils Lianen auf, die habituell dicotylen Holzgewächsen ganz ähnlich aussehen und breite, netzadrig, denjenigen des Lorbeers ähnliche Blätter tragen. In der Entwicklung der geschlechtlichen Generation schliesst sich

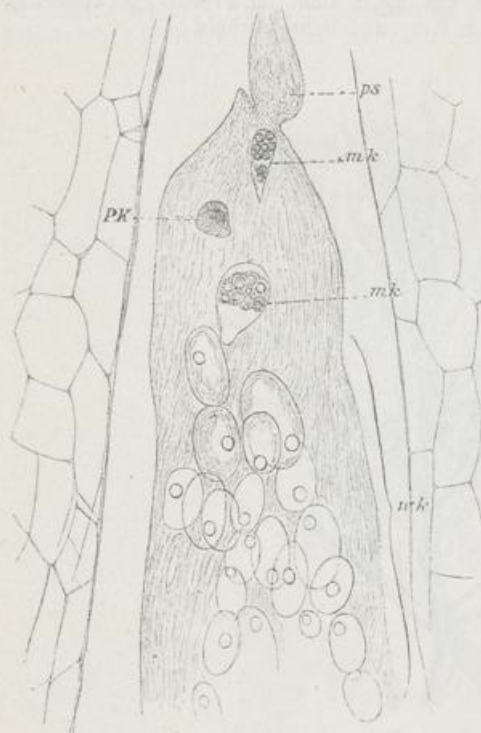


Fig. 381. Embryosack von *Gnetum* kurz vor der Copulation der Kerne. *ps* Pollenschlauchspitze, *mk* männliche, *wk* weibliche Kerne, *pk* desorganisirter Pollenschlauchkern. Vergr. 500. (Nach G. KARSTEN.)

*Ephedra* noch ganz dem Coniferentypus an, bei *Welwitschia* tritt eine Reduction der Archegonien ein, welche nur noch aus je einer Zelle bestehen, bei *Gnetum* endlich, dessen Makrosporen in Mehrzahl angelegt werden, fehlen die Archegonien gänzlich, ein Prothallium wird entweder nur im basalen eingeschnürten Theile des Embryosacks (*Gn. Gnemon*) oder meist gar nicht erzeugt, der Plasmabeleg des letzteren enthält zahlreiche, nackte Eikerne, die sämmtlich befruchtungsfähig sind und von welchen mehrere auch befruchtet werden, da mehrere Pollenschläuche in den Embryosack gelangen und jeder der beiden generativen Kerne derselben mit je einem Eikern copuliren. Nach der Befruchtung tritt mehr oder weniger reichliche Endospermibildung um die zu Schläuchen heranwachsenden Zygoten ein. Nur einer der Keime der polyembryonalen Samenanlage gelangt zu weiterer Entwicklung.

## Klasse II.

**Angiospermae.**

Die Angiospermen bilden bei weitem den Hauptbestandtheil der Vegetationsdecke. Alle Gräser, Kräuter und Stauden, mit Ausnahme der Farne, Schachtelhalme und Bärlappe, alle unsere Laubbölzer gehören zu ihnen. Sie zeigen erstaunliche Unterschiede der Grösse, welche zwischen derjenigen eines Stecknadelkopfes bei *Wolffia arrhiza* bis zu den 140–150 m hohen Eucalyptusbäumen Australiens schwankt, und ihre Gestalten sind ebenfalls mannichfaltiger als in irgend einer anderen Klasse des Pflanzenreichs.

Die grösste Verschiedenartigkeit zeigt sich im Bau der Blüten. Diese sind es auch, welche die Angiospermen vor den Gymnospermen charakterisiren und die sammt den aus ihnen hervorgehenden Früchten und Samen die wichtigsten Merkmale zur Gliederung der Klasse in Ordnungen und Familien liefern.

Allgemeines lässt sich über die Vegetationsorgane der Angiospermen nicht sagen, so dass letztere erst bei den einzelnen Unterklassen, Ordnungen und Familien Berücksichtigung finden werden. Erwähnt sei hier nur, dass durchgreifende Unterschiede in der äusseren Gliederung zwischen Angiospermen und Gymnospermen nicht vorhanden sind. Was den inneren Bau betrifft, so besitzen alle Angiospermen, im Gegensatz zu den Pteridophyten und fast allen Gymnospermen, echte Gefässe. Die eigenartige Structur des vorwiegend nur aus Tracheiden bestehenden Holzes der Nadelhölzer tritt bei gewissen Angiospermen aus der Familie der Magnoliaceen in ähnlicher Ausbildung wieder auf. (Vgl. S. 111.)

**Die Blüthe der Angiospermen.**

Die Gymnospermen besitzen einfache, unscheinbare Blüten, bei welchen das Perianth entweder fehlt oder durch schuppenartige Niederblätter vertreten ist. Die Blüten der Angiospermen dagegen haben eine wechselnde, oft complicirte Structur und, in den meisten Fällen, ein wohl ausgebildetes, lebhaft gefärbtes Perianth. Dieser Unterschied ist in erster Linie auf das Auftreten eines neuen Factors, der in tiefgreifender Weise die Ausbildung der Angiospermen-Blüthe beeinflusst hat, nämlich auf den Uebergang von der Windblüthigkeit zur Insectenblüthigkeit, zurückzuführen. Die unbewusste Vermittelung der Insecten bei der Bestäubung hat die Bildungskräfte innerhalb der Blütenregion in neue Bahnen geleitet und die Fülle wunderbarer Anpassungen hervorgerufen, welche so viele Angiospermenblüthen zu den anziehendsten Schöpfungen der Pflanzenwelt erhoben haben. (S. 254 u. f.)

Der Einfluss der Insectenwelt auf die Blütenbildung ist bei der grossen Mehrzahl der Angiospermen nachweisbar; einige tiefstehende Gruppen sind jedoch der Windbestäubung treu geblieben, andere sind zu derselben nachträglich zurückgekehrt oder haben, jedoch nur selten, zur Selbstbestäubung gegriffen. In derartigen Fällen sind die Blüten unscheinbar und geruchlos, denn schöne Farbe und Wohlgeruch sind nur als Lockmittel für Insecten der Pflanze von Nutzen. Den Windblüthlern fehlen die „Blumen“. Die Blume, d. h. die der Bestäubung durch Thiere angepasste Blüthe oder blüthenähnliche Inflorescenz stellt, da wo sie vorhanden ist, ein ebenso sicheres, wie auffallendes Kennzeichen der Angiospermen dar; es darf aber,

wie aus Obigem hervorgeht, nicht umgekehrt geschlossen werden, dass eine unscheinbar blühende Pflanze nicht zu den Angiospermen gehören kann.

**Die Gliederung der Angiospermenblüthe**<sup>(?)</sup>. Die Angiospermen haben im Gegensatz zu den Gymnospermen, der grossen Mehrzahl nach cyclisch gebaute, zwittrige, mit Perianth versehene Blüthen. Das Perianth besteht in den meisten Fällen aus zwei Quirlen von ungleichem Aussehen, die als Kelch und als Corolle oder Krone unterschieden werden.

Dem Kelch (Fig. 382 *b*), dem äusseren Quirl des Perianths, kommt in der Regel die Rolle eines Schutzorgans für die in Entwicklung begriffenen inneren Glieder der jungen Blüthe zu. Die Kelchblätter, auch Sepala genannt, werden dem entsprechend früh ausgebildet und gleichen in Farbe und Beschaffenheit dem Laube, da es für die junge Blüthe von keinem Vortheil, sogar unter Umständen von Nachtheil sein kann, wenn sie von Weitem sichtbar ist.

Im Gegensatz zum Kelch ist die Krone (Fig. 382 *c*), an ihrer Oberseite wenigstens, von nicht grüner, oft lebhafter Farbe, so dass sie sich schon in der Ferne deutlich vom grünen Laube abhebt. In der Knospe geschlossen, vom Kelche verdeckt oder grün, kommt die Krone, erst wenn die Geschlechtsproducte den Zustand der Reife erreicht haben und der Hilfe von Insecten bedürfen, zu voller Ausbildung und Geltung. Dieser Zustand wird durch das Oeffnen der Blüthe, die Anthese, bezeichnet. Die Krone steht nicht bloss durch ihre Farbe, sondern, wie im physiologischen Abschnitt dieses Buches an einzelnen Beispielen dargelegt ist (S. 245 u. f.), häufig auch durch ihre Gestalt im Dienste der Bestäubung. Die Kronblätter werden auch Petala genannt. Ihre Anordnung in der Knospe (Aestivation, vgl. S. 30) ist von systematischem Werthe.

Ein doppeltes, aus grünem Kelche und nicht grüner Krone bestehendes Perianth kommt der Mehrzahl der Angiospermen-Blüthen zu. Es giebt jedoch Ausnahmen von dieser Regel. So kommen Blüthen mit einfachem Perianth vor, auch sind die beiden Quirle eines doppelten Perianths manchmal einander ganz ähnlich. Man spricht in solchen Fällen von einem Perigon und nennt dasselbe kelchartig, calycinisch, wenn es grün oder doch unscheinbar ist, wie bei der Brennessel, kronartig, corollinisch, wenn es ansehnlich und lebhaft gefärbt ist, wie die einfache Blüthenhülle von *Clematis* und die doppelte von *Colchicum* oder *Crocus*. Die Perigonblätter heissen auch *Tepala*.

Als weitere Ausnahme von der Regel sei der seltene Fall erwähnt, dass der Kelch in lebhafter Farbe prangt, während die Krone unscheinbar ist, wie bei *Aconitum*.

Die Perianthquirle können aus freien oder aus verwachsenen Blättern bestehen. Man nennt sie im ersten Falle freiblätterig (auch chorisepal bzw. choripetal, dialysepal, dialypetal), im zweiten verwachsenblätterig (auch gamosepal, gamopetal, sympetal). Der obere Rand eines verwachsenblätterigen Perianthquirls ist in der Regel in ebenso viele Lappen zertheilt, als Blätter in seine Bildung aufgegangen sind.

Der Ausdruck „verwachsenblätterig“ ist, ontogenetisch wenigstens, nicht so zu verstehen, als wären ursprünglich freie Blätter nachträglich mit einander vereint worden; vielmehr erhebt sich bei seiner Entstehung das ungetheilte Stück eines solchen Perianthquirls als ungegliederter Wall aus der Blüthenachse.

Mit Perianth versehene Blüthen nennt man auch behüllt. Perianthlose, nackte Blüthen sind unter den Angiospermen selten (z. B. *Carex*, *Euphorbia*, Piperaceen etc.).

Das Androeceum besteht bei den meisten Angiospermen aus faden-

förmigen Staubblättern, die mit gewöhnlichen Blättern keine Aehnlichkeit mehr haben und Staubgefäße, auch Staubfäden, Stamina genannt werden. Man unterscheidet an einem Staubgefäße den unteren, stielartigen Theil als *Filament* und den gipfelständigen, in welchem die vier Pollensäcke sich befinden, als *Anthere*. Die Pollensäcke sind gewöhnlich einander paarweise genähert und jedes Paar bildet eine parallel der Achse des Fadens gestreckte Wulst, die *Theca* genannt wird (Fig. 382).

Jede *Theca* öffnet sich in der Regel durch einen, beiden Pollensäcken gemeinsamen Längsspalt, welcher der Scheidewand zwischen beiden folgt (Fig. 358 *A*). In seltenen Fällen, die theilweise in den Familiendiagnosen Berücksichtigung finden werden, findet das Aufspringen anstatt durch Spalten, durch runde Poren oder durch Oeffnungen mit Klappen statt. Je nachdem die *Thecae* der Bauch- oder Rückenseite der *Anthere* aufsitzen, wird letztere *intrors* oder *extrors* genannt.

Der beide *Thecae* verbindende Theil der *Anthere* heisst *Connectiv*. Er stellt meist nur eine dünne Gewebeplatte dar (Fig. 382 *c*); zuweilen jedoch ist er mehr oder weniger auffallend ausgebildet, wie z. B. bei *Salvia*, wo er als stabförmiges Gebilde dem Gipfel des Filaments quer aufsitzt, oder bei den Veilchen und verschiedenen *Eriaceen*, wo er hornartige Anhängsel entwickelt.

Die Pollenkörner der Angiospermen sind verschieden gestaltet, trocken und glatt in Windblüthen, mehr oder weniger klebrig oder stachelig in Insectenblüthen. Sie sind zuweilen zu Tetraden oder zu grösseren Gruppen vereinigt (vgl. Fig. 359).

Das Androeceum ist meist freiblätterig. Es kommt jedoch vor, dass seine Glieder zu mehreren Bündeln, wie bei *Hypericum*, oder zu einer Röhre, wie bei *Ononis*, oder zu einer Säule, wie bei *Cucurbita*, vereint sind. Die Verwachsung kann der ganzen Länge nach stattfinden (z. B. *Cucurbita*), oder auf die Filamente (z. B. *Malvaceen*) beschränkt sein.

Aehnliche Gebilde wie durch Verwachsung können auch durch Verzweigung der Staubgefäße zu Stande kommen. Es ist sogar vielfach nur auf Grund vergleichender Studien möglich zu entscheiden, ob der eine oder der andere Fall vorliegt. Allerdings ist zuweilen die Verzweigung dadurch gekennzeichnet, dass die *Antheren* je nur eine *Theca* besitzen und dem entsprechend gleichsam halbirt erscheinen. Unzweifelhafte Beispiele von Verzweigung bieten uns u. A. die Blüthen von *Ricinus*, deren Staubgefäße baumartig verästelt sind, und diejenigen der *Malvaceen*, wo sie unterwärts verwachsen, oberwärts gespalten sind (Fig. 383).

Das Androeceum entspringt entweder direct von der Blütenachse oder ist an seiner Basis der Krone angewachsen.

Der Art der Insertion des Androeceum wurde früher eine grosse systematische Wichtigkeit zugeschrieben. Man unterschied *Thalamifloren*, *Corollifloren* oder *Calycifloren*, je nachdem die Staubgefäße dem Blütenboden, der Krone oder dem Kelche entspringen. *Calycifloren* giebt es thatsächlich überhaupt nicht, da in solchen Fällen der vermeintliche Kelch die erbreiterte Blütenachse ist.

Als *Staminodien* bezeichnet man sterile Glieder des Androeceum, welche keinen Pollen erzeugen und entweder verkümmert und functionslos sind (z. B. *Linum*), oder als kronblattartige Gebilde Lockorgane darstellen

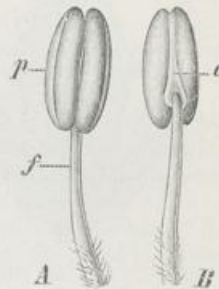


Fig. 352. Staubgefäße von *Hyoscyamus niger*. *A* von vorne. *B* von hinten, *f* das Filament, *c* das Connectiv, *p* die *Theca*. Vergr.

(z. B. Zingiberaceen). Phylogenetisch sind sie als Abkömmlinge normaler Staubgefäße zu betrachten.

Das Gynoeceum nimmt stets den Gipfel der Blütenachse ein. Es ist entweder freiblättrig, apocarp (Fig. 384 A), oder verwachsenblättrig, syncarp (B, C). Im ersteren Falle sind die Ränder der einzelnen Fruchtblätter derart mit einander verwachsen, dass aus jedem ein besonderes, rings geschlossenes Gehäuse, ein Fruchtknoten, sich bildet. Die Fruchtblätter eines syncarpen Gynoeceum bilden hingegen einen gemeinsamen Fruchtknoten, welcher mehrfächerig ist, wenn ihre Ränder bis zur Achse eingebogen sind, einfächerig, wenn die Biegung der Ränder unterbleibt oder schwach ist.

Die von den eingebogenen und verwachsenen Carpellrändern gebildeten Scheidewände eines mehrfächerigen Fruchtknotens werden als echte den falschen gegenübergestellt, die in seltenen Fällen, z. B. bei den *Labiaten*, aus den Mitteltheilen der Fruchtblätter als Wucherung hervorgehen.



Fig. 383. *Althaea officinalis*. Längsdurchschnittene Blüthe. *d* das Androeceum. Vergr. (Nach BERG und SCHMIDT.)

Fig. 384. Verschiedene Formen des Gynoeceum. *A* von *Aconitum Napellus*. *B* von *Linum usitatissimum*. *C* von *Nicotiana rustica*. *D* Griffel und Narbe von *Achillea Millefolium*. *f* Fruchtknoten, *g* Griffel, *n* Narbe. Vergr. (Nach BERG und SCHMIDT.)

Der Fruchtknoten setzt sich nach oben in den halsartigen Griffel oder Stylus fort, dessen Gipfel sich zu der verschieden gestalteten Narbe (Stigma) erweitert. Das aus Fruchtknoten, Griffel und Narbe bestehende Gebilde wird Pistill, Stempel, genannt.

Ein völlig syncarpes Gynoeceum besitzt nur einen Fruchtknoten und eine Narbe (Fig. 384 C). Die Verwachsung kann aber auf den Basaltheil beschränkt sein, derart, dass ein Fruchtknoten ebenso viele getrennte Griffel oder ein Griffel ebenso viele getrennte Narben trägt, als Carpelle unterwärts vereint sind (Fig. 384 B, D). Der entgegengesetzte Fall, Verwachsung der oberen, nicht der unteren Carpelltheile, zeigt sich nur bei den *Apocynaceen* und *Asclepiadaceen*.

Der Griffel zeigt mannichfache Unterschiede seiner Länge und Dicke. Er ist z. B. lang und fadenförmig bei *Crocus*, kurz und dick bei *Tulipa*. Sein axiler Theil ist entweder von einem luftführenden Canal durchzogen oder von sehr lockerem Parenchym eingenommen. Die Narbe ist je nach dem Einzelfalle scheibenförmig, ellipsoidisch, kopfförmig, gabelig, selten, wie bei *Iris*, corollinisch. In der Regel ist ihre Oberfläche sammetartig papillös und feucht, klebrig.

Die Samenanlagen sind im Fruchtknoten eingeschlossen. Sie entspringen in der Regel aus den Randtheilen der Carpelle und sind dem ent-

sprechend im einfächerigen Fruchtknoten parietal (Fig. 385 *D*), im mehrfächerigen centralwinkelständig (Fig. 385 *B*).

Als Abweichungen von dieser Regel kommen einerseits Bildung von Samenanlagen an der ganzen Innenfläche der Carpelle, wie bei *Butomus*, andererseits scheinbare Erzeugung derselben durch die Blütenachse vor, wie bei der nach dieser Eigenthümlichkeit genannten Ordnung der Centrospermen, den Polygoninen und den Primulinen (Fig. 386). Im letzteren Falle wird die

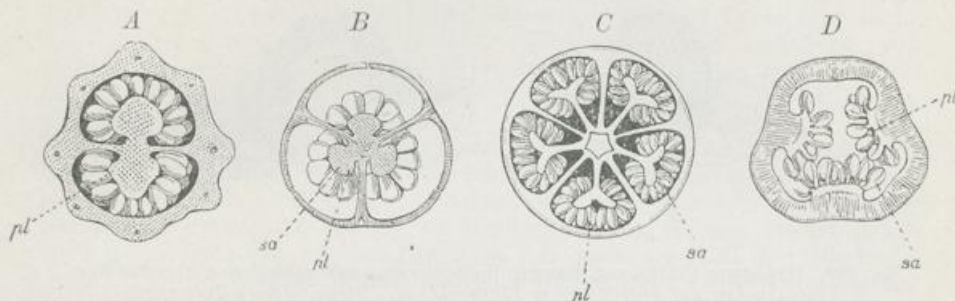


Fig. 385. Querschnitte von Fruchtknoten. *A* Lobelia. *B* Diapensia. *C* Rhododendron. *D* Passiflora, *pl* Placenta, *sa* Samenanlagen. (Nach LE MAOUT et DECAISNE.)

Anomalie auf Verkümmern der Scheidewände oder auf Verwachsungen und Verschiebungen zurückgeführt. Die Stellen des Fruchtknotens, welchen die Samenanlagen entspringen, stellen mehr oder weniger ausgeprägte Wucherungen dar und heißen Placenten (Fig. 385 *pl*).

Die Lage der Samenanlagen im Fruchtknoten kann aufrecht (z. B. bei *Fagopyrum* und *Armeria*, Fig. 386), hängend (z. B. Umbelliferen,



Fig. 386. Fruchtknoten mit aufrechter Samenanlage. *A* von *Fagopyrum esculentum* (atrop). *B* von *Armeria maritima* (anotrop). Im Längsschnitte. Vergr. 20. (Nach DUCHARTRE.)

Fig. 387. Fruchtknoten von *Foeniculum officinale* mit hängender Samenanlage im Längsschnitte. Vergr. (Nach BERG und SCHMIDT.)

Fig. 388. *Delphinium Ajacis*. Querschnitt durch den Fruchtknoten mit wagerechten Samenanlagen, *s* Samenanlagen, *p* Placenta, *o* Fruchtknotenwand, *v* Gefäßbündel. Vergr. 18.

Fig. 387) oder wagerecht (z. B. *Delphinium*, Fig. 388) sein. Die Raphe ist ventral, wenn sie der Placenta zugekehrt, dorsal, wenn sie von derselben abgekehrt ist.

Die Blütenachse (Blütenboden, Receptaculum, Torus) ist meist dicker als der Blütenstiel, dessen Gipfel sie einnimmt. Sie erbreitert sich sogar häufig durch intercalares Wachstum zwischen Androecium und Gynoecium zu einem scheiben-, becher- oder krugförmigen Gebilde, dem Receptaculum oder Achsenbecher, welches die Architektur der Blüte

wesentlich beeinflusst. Im einfachsten Falle ist die Blütenachse von kegelförmiger Gestalt, so dass die Quirle etagenartig auf einander folgen. Solche Blüten werden unterständig oder hypogyn, ihr Fruchtknoten oberständig genannt (Fig. 389). Ist die Achse als concaves Receptaculum ausgebildet, so dass das Gynoeceum auf gleicher Höhe wie das Androeceum oder tiefer inserirt ist, ohne mit der Blütenachse zu verwachsen, so heisst die Blüte umständig oder perigyn, der Fruchtknoten mittelständig

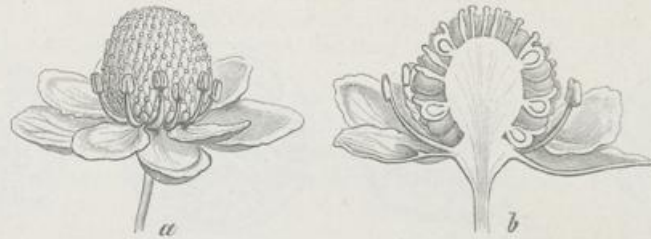


Fig. 389. Hypogyne Blüthe von *Ranunculus sceleratus* mit zahlreichen oberständigen Fruchtknoten auf kegelförmiger Blütenachse. Vergr. (Nach BAILLON.)

(Fig. 390 2). Ist der Fruchtknoten mit dem concaven Achsenbecher verwachsen, so bezeichnet man das aus beiden bestehende Gebilde als unterständigen Fruchtknoten, die Blüthe als oberständig oder epigyn (Fig. 390 3). Der unterständige Fruchtknoten ist demnach nur in seinem inneren, von den Carpelln gebildeten Theile, einem oberständigen oder mittelständigen homolog. Uebergänge zwischen den verschiedenen Fällen kommen vor. So kann eine Blüthe schwach perigyn (viele *Leguminosen*) oder unvollkommen epigyn sein.

Die Blütenachse kann ausserdem noch durch Bildung von Auswüchsen verschiedener Art in den Blütenbau wesentlich eingreifen. Diese sogen.

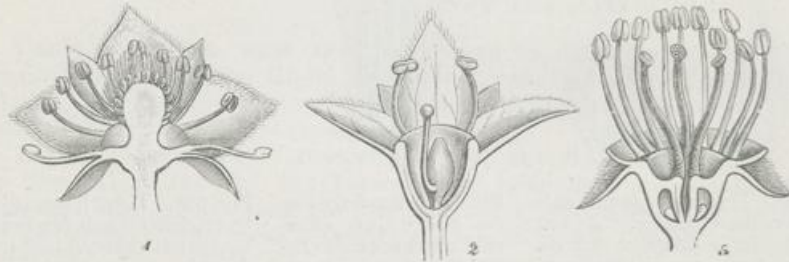


Fig. 390. Längsschnitte durch Rosaceenblüthen. 1 *Potentilla palustris*, perigyn. 2 *Alchemilla alpina*, perigyn. 3 *Pirus Malus*, epigyn. Vergr. (Nach FÖCKE in *Natürlichen Pflanzenfamilien*.)

Achsenfigurationen sind zuweilen gross und blumenblattartig, wie bei *Passiflora*, in der Regel jedoch weniger auffallend und auf den Discus beschränkt. Letzterer stellt entweder einen zusammenhängenden Ring oder eine ringförmige Gruppe von Drüsen oder Schuppen dar, die sich gewöhnlich zwischen Androeceum und Gynoeceum befinden (Fig. 391). Der Discus scheidet in der Regel eine zuckerreiche Flüssigkeit aus und wird dem entsprechend in der Blütenbiologie als Nectarium bezeichnet. Noch



andere Glieder der Blüthe, namentlich die Blumenblätter, können als Nectarien ausgebildet sein (*Aconitum*).

**Anordnung und Zahl der Blüthenglieder<sup>(8)</sup>.** Einige Angiospermen-Blüthen zeigen, ähnlich wie die Mehrzahl derjenigen der Gymnospermen, eine spiralige Anordnung der Gesamtheit ihrer Glieder oder eines Theiles derselben. Derartige Blüthen, die z. B. bei den Ranunculaceen die Regel sind, werden *acyclisch* genannt.

Bei der überwiegenden Mehrzahl der Angiospermen sind die Blüthen *cyclisch*, d. h. wirtelig gebaut oder aus dem cyclischen Typus entstanden. Am häufigsten sind fünf mit einander alternirende Wirtel vorhanden, von welchen zwei auf das Perianth, zwei auf das Androeceum und eines auf das Gynoeceum entfallen. Derartige Blüthen nennt man *fünfwirtelig* oder *pentacyclisch* (Fig. 392).

Die Zahl der Glieder innerhalb des Wirtels ist in der Regel für Perianth und Androeceum dieselbe. Sie beträgt bei den Monocotylen meist drei, bei den Dicotylen meist fünf. Die Gleichzähligkeit kann sich auch auf das Gynoeceum erstrecken; jedoch ist Minderzahl der Glieder in demselben die Regel, namentlich bei den Dicotylen. Je nach der Zahl der Glieder in ihren Wirteln wird eine Blüthe drei-, vier-, fünfzählig etc. genannt. Man spricht auch, namentlich bei Verwachsung der Glieder eines Wirtels, von einem di-, trimeren etc. Perianth, Androeceum, Gynoeceum u. s. w.



Fig. 391. Blüthe von *Vitis vinifera*. Discusdrüsen *c* zwischen den Staubfäden *d*. Vergr. (Nach BERG und SCHMIDT.)

Eine aus fünf alternirenden, gleichzähligen Wirteln, von welchen zwei auf das Perianth, zwei auf das Androeceum und einer auf das Gynoeceum fallen, bestehende Blüthe ist als die typische Blüthe der Angiospermen zu betrachten. Von diesem Typus abweichende Blüthen sind entweder auf einer früheren Entwicklungsstufe verblieben,



Fig. 392. Diagramm einer pentacyclischen Blüthe (*Lilium*).

wie diejenigen der Kätzchenblüthler, oder sie gehören zu einem frühzeitig von der Hauptreihe abgesonderten Zweige, wie die spiralig gebauten, oder sie sind im Laufe der phylogenetischen Entwicklung durch nachträgliche Modificationen aus dem gewöhnlichen Typus entstanden, wie diejenigen der Orchideen und Labiaten.

Wir werden uns in diesem allgemeinen Theile nur mit denjenigen Abweichungen von der typischen Angiospermen-Blüthe beschäftigen, die als nachträglich entstandene Modificationen betrachtet werden dürfen. Die übrigen Fälle werden, um Wiederholungen zu vermeiden, erst im speciellen Theile zur Besprechung kommen.

Eine einfache und nicht seltene Abweichung vom normalen Blütenbau besteht darin, dass die äusseren Staubgefässe vor den Kronenblättern, die inneren vor den Kelchblättern sich befinden. Ein solches Androeceum wird als *obdiplostemon* von dem gewöhnlichen *diplostemonen* unterschieden.

Zu den häufigeren Veränderungen, welche der ursprüngliche Typus erlitten hat, gehört die Vermehrung der Zahl der Wirtel, die sich oft im Androeceum (z. B. *Rosa*), seltener im Perianth (*Berberis*), sehr selten im Gynoeceum (*Punica Granatum*) zeigt.

Noch mehr verbreitet als die Vermehrung ist die Verminderung der

Zahl der Wirtel. Sie zeigt sich z. B. häufig in ungeschlechtlichen Blüten, jedoch keineswegs in allen Fällen, da vielfach das fehlende Geschlecht durch reducirte, nicht functionsfähige Glieder vertreten ist, ähnlich den Brustdrüsen der männlichen Säugethiere. So sind z. B. in weiblichen Blüten die Staubgefäße nicht selten durch pollenfreie Staminodien ersetzt. Uebrigens ist auch in zwitterigen Blüten Reduction der Wirtelzahl eine häufige Erscheinung. Der Blüten mit einfachem Perianth wurde bereits Erwähnung gethan; solche mit einfachem Androeceum sind noch häufiger.

Derartige Fälle dürfen allerdings nicht ohne Weiteres auf Reduction der fünfwirteligen Normalblüthe zurückgeführt werden. Vielmehr können sie einen älteren, einfacheren Typus darstellen, wie z. B. die Blüten der Brennesseln und ihrer Verwandten. Auf Abort eines Wirtels wird man nur bei solchen Blüten schliessen dürfen, die sich noch durch andere Merkmale als abgeleitete Formen verrathen, wie z. B. bei denjenigen der Orchideen, deren Androeceum bald nur durch den äusseren, bald nur durch den inneren Wirtel mit fertilen Gliedern vertreten ist, während Perianth und Gynoeceum sich auf der höchsten Stufe der Ausbildung befinden.

Blüthen, deren Androeceum von einem einzigen vollzähligen Wirtel gebildet ist, werden haplostemon genannt.

Ausser der Zahl der Wirtel ist auch die Gliederzahl des einzelnen Wirtels vielfachen Schwankungen unterworfen, welche ebenfalls in vielen, wenn auch nicht in allen Fällen, auf nachträgliche Reduction bezw. Spaltung zurückgeführt werden dürfen.

Verminderte Anzahl der Glieder einzelner Wirtel ist am häufigsten im Gynoeceum, welches in Blüten mit fünfzähligen Perianth und Androeceum nur drei- oder sogar zweigliederig zu sein pflegt. Nächst dem Gynoeceum zeigt sich das Androeceum am häufigsten in solcher Weise reducirt, während das Perianth nur selten aus unvollzähligen Wirteln besteht (*Polygala*). Vermehrung der Glieder eines Wirtels ist im Androeceum am häufigsten, seltener im Gynoeceum (*Malva*), sehr selten im Perianth (*Dryas octopetala*). Blüten mit unvollzähligen Wirteln, die unzweifelhaft aus solchen mit vollzähligen Wirteln entstanden sind, zeigen sich z. B. in der Familie der Scrophulariaceen, wo die Gattung *Verbascum* fünf fertile Staubgefäße besitzt, während das hintere Staubgefäss bei *Scrophularia* durch ein Staminodium ersetzt ist und bei den meisten Gattungen vollständig fehlt. Ebenso deutlich zeigt sich der Ursprung eines vielgliederigen Wirtels aus einem weniggliederigen bei *Tilia*, wo die zahlreichen Staubgefäße fünf Büschel bilden, die in ihrer Stellung den fünf einfachen Staubgefässen verwandter Formen entsprechen.

**Symmetrie der Blüthe.** Die Blüten der Angiospermen sind theils actinomorph (strahlig, radiär, z. B. Fig. 389), theils zygomorph (symmetrisch, monosymmetrisch, Fig. 455), sehr selten vollkommen asymmetrisch (Fig. 453).

Der strahlige Bau ist als der ursprüngliche zu betrachten, einerseits weil er von der Anordnung der Glieder in der vegetativen Region am wenigsten abweicht, andererseits weil die zygomorphen Blüten durch complicirte Structur, Metamorphosen und Reductionen ihren abgeleiteten Ursprung deutlich kundgeben. Die Zygomorphie ist stets als eine hochgradige Anpassung an Insectenbestäubung aufzufassen.

Eine Blüthe ist median zygomorph, wenn die Symmetrieebene mit der Mediane, d. h. der durch die Blütenachse und die Tragachse geführten Ebene zusammenfällt (z. B. Orchideen, Labiaten u. a.), schräg zygomorph, wenn sie mit der Mediane einen spitzen Winkel bildet (*Aesculus*), trans-

versal zygomorph, wenn sie dieselbe unter rechtem Winkel schneidet (Fumariaceen). Der erste Fall ist bei weitem der häufigste. Nicht selten erzeugt eine Pflanze, die sonst nur zygomorphe Blüten besitzt, ausnahmsweise solche von strahligem Bau. Man bezeichnet derartige anomale Blüten als Pelorien und betrachtet ihre Bildung als eine Rückschlagserscheinung.

**Diagramme und Blütenformeln**<sup>9)</sup>. Zahl und Anordnung der Blüthenglieder werden durch Diagramme und Blütenformeln anschaulich gemacht. Wie erstere construiert werden, wurde bereits auf S. 11 erläutert. In der Blütenformel werden die einzelnen Wirtel durch Buchstaben, die Zahl ihrer Glieder durch die entsprechenden Ziffern, oder, wenn sie gross und unbestimmt ist, durch  $\infty$  bezeichnet. Verwachsung wird durch ( ), ober- oder unterständige Fruchtknoten durch einen Strich unter- bzw. oberhalb der entsprechenden Zahl, Zygomorphie durch  $\uparrow$  angedeutet.

In den angegebenen Formeln bedeutet K = Kelch, C = Krone, P = Perigon, A = Androeceum, G = Gynoeceum.

So ist z. B. die Blütenformel einer Lilie:

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

Diejenige einer Ranunkel:

$$K \ 5, \ C \ 5, \ A \ \infty, \ G \ \infty.$$

Diejenige einer Apfelblüte:

$$K \ 5, \ C \ 5, \ A \ \infty, \ G \ (\bar{5}).$$

Diejenige von Digitalis:

$$\uparrow \ K \ 5, \ C \ (5), \ A \ 4, \ G \ (2).$$

### Die Befruchtung und ihre Folgen.

**Die sexuelle Generation.** Das männliche Prothallium der Angiospermen besteht, wie dasjenige vieler Gymnospermen, nur aus einer kleinen antheridialen und einer grossen vegetativen Zelle. Eine feste Scheidewand zwischen beiden wird im Gegensatz zu den Gymnospermen nicht ausgebildet. Später wird auch hier die antheridiale Zelle in zwei nackte generative Zellen getheilt.

Die Samenanlage enthält in der Regel einen einzigen Embryosack, selten eine Mehrzahl solcher. Innerhalb des Embryosacks werden nicht, wie bei den Gymnospermen, zahlreiche, ein geschlossenes Gewebe bildende, sondern nur sechs Zellen erzeugt, welche sich an beiden Polen zu je einer dreigliederigen Gruppe vereinigt zeigen und bis zur Befruchtung nackt bleiben.

Die dem Micropylende des Embryosacks benachbarte Gruppe wird als der Eiapparat bezeichnet. Sie besteht aus der Eizelle und aus zwei steril bleibenden Zellen, welche, weil sie anscheinend bei der Befruchtung behülflich sind, Gehülfinnen oder Synergiden genannt werden. Die Zellen am entgegengesetzten Pole des Embryosacks spielen keine nachweisbare Rolle. Sie werden als Gegenfüsslerinnen oder Antipoden bezeichnet.

Eiapparat und Antipoden betrachtet man, wohl mit Recht, als ein sehr reducirtes Prothallium; jedoch fehlen die Anhaltspunkte, um dasselbe mit dem unzweifelhaften Prothallium im Embryosack der Gymnospermen phylogenetisch zu verknüpfen. Seine Entstehung geht folgendermaassen vor sich:

Strasburger, Lehrbuch der Botanik. 4. Aufl.

Der Kern des noch einfachen Embryosacks theilt sich in zwei, und einer der Tochterkerne wandert nach dem oberen, der andere nach dem unteren Pole. Aus jedem dieser beiden Kerne entstehen durch wiederholte Zweitheilung vier Kerne, von welchen drei sich mit Plasma versehen, während der übrig bleibende sich nach der Mitte des Embryosacks zurückzieht. Hier treffen die beiden Kerne zusammen und verschmelzen zu einem secundären Embryosackkern. Die drei oberen nackten Zellen entwickeln sich zum Eiapparat, die drei unteren zu den Antipoden.

**Die Befruchtung**<sup>(10)</sup>. Während die Pollenkörner bei den Gymnospermen auf dem Nucellus keimen, findet, bei den Angiospermen, dieser Vorgang auf der Narbe statt und der Pollenschlauch muss, um die Eizelle zu erreichen, einen langen Weg durch Narbe, Griffel und Fruchtknotenraum zurücklegen. Die Umwandlung der Gymnospermen in Angiospermen ist also mit erschwertem Zugang zur Micropyle verknüpft gewesen. Anscheinend hat der Pollenschlauch zunächst andere Wege genommen, denn die auf den untersten Stufen verbliebenen Sippen der Angiospermen zeigen denselben



Fig. 393. *Tradescantia virginica*. Pollenkorn die Theilung in eine antheridiale (links) und vegetative Zelle (rechts) zeigend. Vergr. 540.

entweder durch die Chalaza oder durch die Integumente hindurch in den Embryosack gelangen (Fig. 395). Erst bei den höher organisierten Formen bildet die Micropyle wieder den Eingang zum Nucellus und zur Eizelle (Fig. 396). Hier sind an der Fruchtknotenwand und am Funiculus besondere Leitbahnen vorhanden, welche den älteren Formen fehlen und die Pollenschlauchspitze in die Nähe der Micropyle bringen, wo die chemotaktischen Reize das Eindringen bedingen. Die Schläuche wachsen ungleich schnell in die Länge, bis die Spitze des einen (Fig. 397) die Synergiden erreicht. Ist dieses geschehen, so wandert einer der generativen Kerne durch die Synergiden hindurch bis in das Ei, und die Befruchtung vollzieht sich, wie überall, durch Verschmelzung beider Kerne. Gleich darauf gehen die Synergiden zu Grunde, indem ihre Substanz anscheinend vom befruchteten Ei aufgesogen wird. Dieses versieht sich nach der Befruchtung mit einer Membran und verlängert sich in der Regel alsbald zu einem Schlauche, dem Vorkeim, in welchem eine oder mehrere Quertheilungen auftreten. Die untere Zelle des Vorkeims liefert den weitaus grössten Theil des Keims.

Nach den Untersuchungen NAWASCHIN'S und GUIGNARD'S an einigen Liliaceen verschmilzt einer der beiden wurmförmig gestreckten und gewundenen männlichen Kerne mit dem Eikern, der andere aber mit einem der polaren Embryosackkerne, bzw. dem aus ihrer Copulation resultirenden secundären Embryosackkerne (Fig. 394). Die Endospermibildung (siehe unten) wäre als das

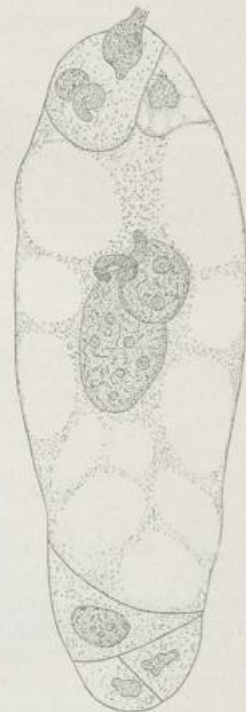


Fig. 394. Befruchtung von *Lilium Martagon*. Einer der männlichen Kerne ist neben dem Eikern, der andere neben den Embryosackkernen sichtbar. (Nach GUIGNARD.)

Resultat dieser Verschmelzung aufzufassen. Weitere Untersuchungen werden zeigen müssen, ob sich diese Vorgänge auch bei anderen Angiospermen zeigen.

Während der Entwicklung des Keims wird entweder nach vorangegangener freier Kernteilung, durch Vielzellbildung oder durch fortgesetzte Zellteilung ein parenchymatisches Gewebe im Embryosack gebildet, welches meist den ganzen freien Innenraum desselben ausfüllt und Endosperm genannt wird. Das Endosperm wird bei vielen Pflanzenarten durch den heranwachsenden Keim vollständig verdrängt; in anderen Fällen ist es im reifen Samen noch mehr oder weniger reichlich vorhanden.

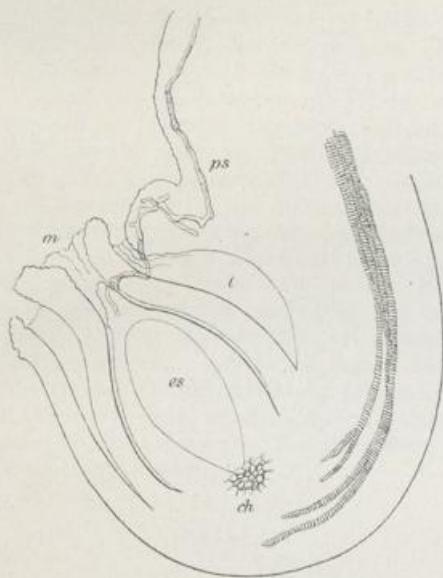


Fig. 395. Samenanlage von *Ulmus pedunculata*. Vergr. es Embryosack, m Micropyle, ch Chalaza, t taschenförmige Höhlung zwischen den beiden Integumenten. Der Pollenschlauch ps dringt durch die beiden Integumente direct in der Richtung des Scheitels des Nucellus ein. (Nach NAWASCHIN.)

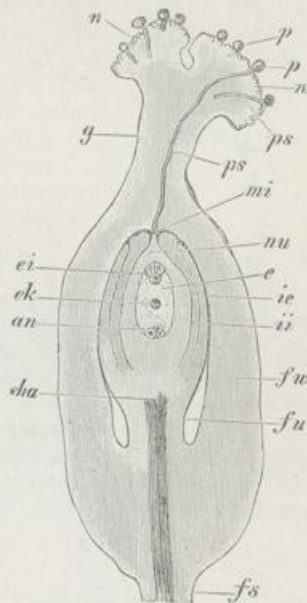


Fig. 396. Fruchtknoten von *Polygonum convolvulus* während der Befruchtung. fs stielartige Basis desselben, fu Funiculus, sha Chalaza, nu Nucellus, mi Micropyle, ii inneres, ie äusseres Integument, e Embryosack, ek Kern desselben, ei Eiapparat, an Antipoden, g Griffel, n Narbe, p Pollenkörner, ps Pollenschläuche. Vergr. 48.

Wesentliche Abweichungen vom gewöhnlichen Schema zeigen sich, nach TREUB, bei der einen offenbar sehr alten Typus darstellenden Gattung *Casuarina*. Im Gegensatz zu den übrigen Angiospermen besitzt *Casuarina* ein massenhaft entwickeltes sporogenes Gewebe, aus dem eine grosse Anzahl Embryosäcke mit Eiapparat hervorgehen. Letzterer geht aus den Theilungen einer einzigen Mutterzelle hervor und besteht aus einer wechselnden Anzahl (1—3) Zellen. Die „Nachbarzellen“, wo solche vorhanden, haben mehr Ähnlichkeit mit Canalzellen als mit Synergiden. Antipoden fehlen. Die Endospermbildung wird bereits vor der Befruchtung durch Bildung freier Zellkerne im wandständigen Plasma eingeleitet.

**Entwicklung und Bau des Samens.** Der Keim stellt im Anfange,

an der Spitze des fadenförmigen *Suspensors*, eine mehrzellige Kugel dar, welche sich noch vor der Samenreife in Würzelchen, Hypocotyl und einen oder zwei Cotyledonen zu differenzieren pflegt. Es giebt jedoch Fälle, wo der Keim noch im reifen Samen eine undifferenzierte Kugel darstellt, z. B. bei *Orobanchen* und den Orchideen.

Die Zahl der Cotyledonen ist in der Regel durchaus constant und liefert das wichtigste, wenn auch keineswegs das einzige Merkmal zur Unter-

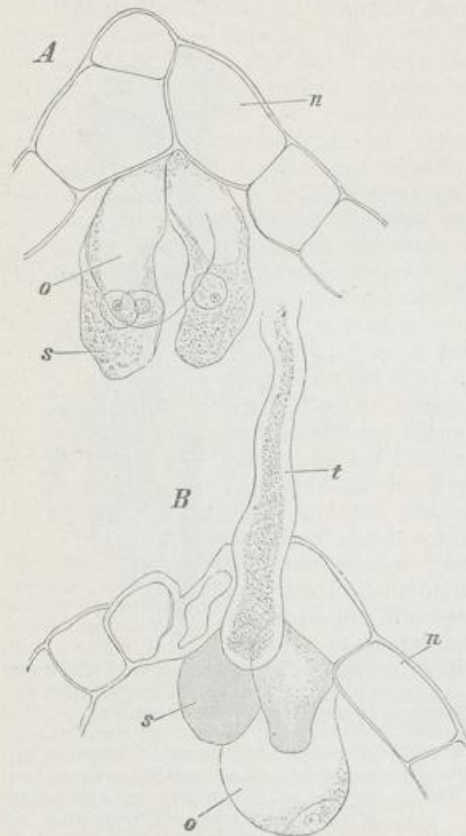


Fig. 397. *Funkia ovata*. A Embryosack- und Nucleusscheitel mit Eiapparat vor der Befruchtung. o Eizelle, s Synergide, B während der Befruchtung, mit Pollenschlauch t; n Nucellus. Vergr. 600.

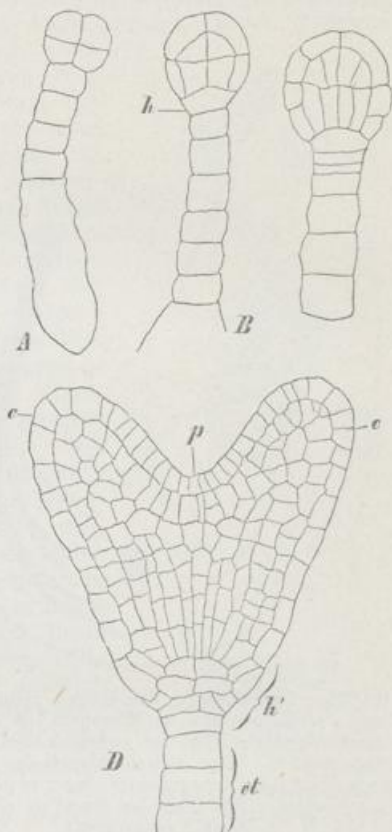


Fig. 398. Entwicklung des Keims von *Capsella bursa pastoris*. h' Hypophyse, et Keimträger, e Cotyledonen, p Plumula. Vergr. (Nach HANSTEIN.)

scheidung der beiden Unterklassen der Angiospermen, die dem entsprechend als Monocotylen und Dicotylen bezeichnet werden.

Die Entwicklung des Keims zeigt nicht bloss bei beiden Unterklassen der Angiospermen, sondern noch innerhalb einer jeden derselben, je nach dem Einzelfalle mehr oder weniger große Differenzen, so dass ein allgemein gültiges Schema für dieselbe nicht gegeben werden kann. Bei vielen Dicotylen, z. B. bei *Capsella bursa pastoris* (Fig. 398), wo die Keimentwicklung besonders übersichtlich vor sich geht, wird der Vorkeim, in seinem von der Micropyle abgekehrten

Ende, durch Querwände in eine Zellenreihe umgewandelt. Die Endzelle schwillt kugelig an und geht successive Zweitheilungen ein, durch welche sie in Octanten zergliedert wird. Jeder dieser Octanten wird durch eine perikline Wand in eine äussere und eine innere Zelle gespalten. Die äusseren Zellen liefern die Epidermis, die inneren, durch weitere Theilungen das Grundgewebe und die Gefässbündel. Die obere Hälfte der Kugel wird zu Cotyledonen und Plumula, die untere zu Hypocotyl und Wurzel. Letztere geht ausserdem zum kleinen Theile aus einer durch Quertheilung der vorletzten Zelle des Vorkeims entstandenen, Hypophyse genannten Zelle hervor.

An den Seiten der oberen Hälfte zeigen sich nach einiger Zeit die beiden Cotyledonen als Protuberanzen. Die Plumula wird erst auf späteren Stadien angelegt.

Bei den Monocotylen pflegt der einzige Cotyledon terminal am Embryo angelegt zu werden (Fig. 399), es fehlt jedoch nicht an Fällen (Dioscoreaceen), wo der Cotyledon, wie bei den Dicotylen, seitlich entsteht<sup>(12)</sup>.

Bei einigen Di- und Monocotylen (z. B. *Funkia ovata*) werden durch Sprossung der dem Eiapparat benachbarten Zellen des Nucellus Adventivkeime gebildet, während die befruchtete Eizelle sich in der Regel nicht weiter entwickelt. Derartige Adventivkeime werden sogar in einigen Fällen (*Coelobogyne*) in unbefruchteten Samenanlagen gebildet. Da solche Samen im reifen Zustande mehrere der Weiterentwicklung fähige Keime enthalten, wird die Erscheinung als Polyembryonie bezeichnet<sup>(13)</sup>. Polyembryonie zeigt sich niemals in Samenanlagen mit mehreren Embryosäcken, da nur einer derselben vollkommene Ausbildung erfährt.

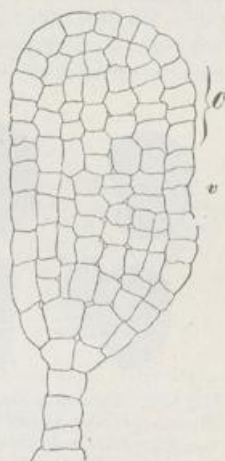


Fig. 399. Junger Keim von *Alisma Plantago*. *c* Cotyledon, *v* Vegetationspunkt. Vergr. (Nach HANSTEIN.)

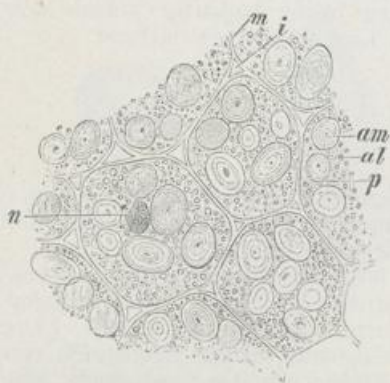


Fig. 400. Zellen der Keimblätter der Erbse mit Reservestoffen. *am* Stärkekörner, *al* Aleuronkörner, *p* Protoplasma, *n* Zellkern.

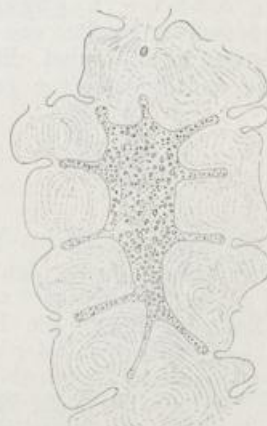


Fig. 401. Endospermzelle von *Phytolophas macrocarpa* mit Reservecellulose. Vergr. 340.

Am reifen Samen werden Samenschale, Keim und, in vielen Fällen, Nährgewebe unterschieden.

Die Samenschale ist sehr verschiedenartig gebaut, gewöhnlich hart und trocken; auf ihrer bald glatten, bald mit verschiedenartigen Verdickungen versehenen Oberfläche ist die Narbe des Funiculus, der Hilus oder Nabel, häufig erkennbar (Fig. 402 *A h*); auch die Micropyle ist als winzige Vertiefung manchmal noch kenntlich (Fig. 402 *B m*). Gewisse Samen entwickeln in der Nähe des Nabels einen dem bei gewissen Gymnospermen-Samen vorkommenden Arillus- oder Samennmantel morphologisch gleichwerthigen Auswuchs, die Caruncula (in Fig. 402 *B* und *C*, ferner *Ricinus* etc.). Auch der Arillus kommt bei den Angiospermen hier und da vor (*Elettaria*, *Nymphaea* Fig. 402 *D*, *Evonymus* etc.). Das Nährgewebe ist entweder aus dem Nucellus entstanden und stellt dem entsprechend Perisperm dar (Fig. 363 *B*); weit häufiger ist es Endosperm, welches auch bei Vorhandensein von Perisperm nicht zu fehlen pflegt. Beide Gewebe, sowie bei Fehlen des Nährgewebes die Keimblätter, bestehen gewöhnlich aus dünnwandigem Parenchym, dessen Zellen mit Aleuronkörnern, Stärke und Fett, die zur Ernährung der Keimpflanze dienen werden (Fig. 400), vollgepfropft sind. Zuweilen, z. B. im Endosperm von *Phytelphas macrocarpa* (Fig. 401), welches wegen

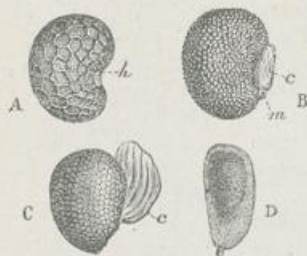


Fig. 402. *A* Same von *Papaver Rhoëas*, *h* der Hilus. *B* Same von *Corydalis ochroleuca*, *m* Micropyle, *c* Caruncula. *C* Same von *Chelidonium majus*. *D* Same von *Nymphaea alba* mit Samennmantel (Arillus). (Nach DUCHARTRE.)

seiner beinharten Consistenz seiner beinharten Consistenz Anwendung findet, sind die aus sehr stark verdickt und werden bei der Keimung in lösliche Nährstoffe umgewandelt.

Bei der Keimung können die Cotyledonen innerhalb des Samens im Boden verbleiben (hypogäische C., z. B. bei der Erbse) oder sich oberhalb desselben entfalten und ergrünen (epigäische C., z. B. bei der Lupine). Im letzteren Falle sind die Cotyledonen häufig laubartig, jedoch stets in Gestalt und Structur von gewöhnlichen Laubblättern abweichend.

### Die Frucht.

Die Früchte sind bei den Angiospermen weit mannichfaltiger und complicirter gebaut, als bei den Gymnospermen, wo die Blüthe bei ihrem Uebergang in die Frucht nur wenige Veränderungen erfährt<sup>(14)</sup>.

Zunächst besitzt die Frucht eine ungleiche Structur, je nachdem sie aus einem apocarpem oder einem syncarpem Gynoeceum hervorgegangen ist. Im ersteren Falle sind auch die reifen Carpelle getrennt und heißen Fruchtknoten, im zweiten Falle bleiben sie wenigstens bis zur Fruchtreife vereint. Complicirtere, aus morphologisch ungleichen Theilen bestehende Früchte kommen zu Stande, wenn andere Theile als das Gynoeceum an der Fruchtbildung theilnehmen. Derartige zusammengesetzte Früchte wurden bereits früher (S. 384) beschrieben.

Der die Samen umhüllende Teil der Frucht, der bald aus den Carpellen allein, bald aus diesen und dem mit ihnen verwachsenen Achsenbecher hervorgeht, wird Fruchtwand oder Pericarp genannt. Vielfach lässt sich



in der Fruchtwand eine zonenartige Differenzierung der Gewebe nachweisen, welche zu einer Unterscheidung eines Exo- und Endocarps, zuweilen noch eines zwischen beiden befindlichen Mesocarps geführt hat.

Die Früchte und Früchtchen werden nach der Beschaffenheit ihres Pericarps und nach ihrem Verhalten bei der Reife in mehreren Typen und Untertypen eingetheilt, von welchen die folgenden die wichtigeren sind:

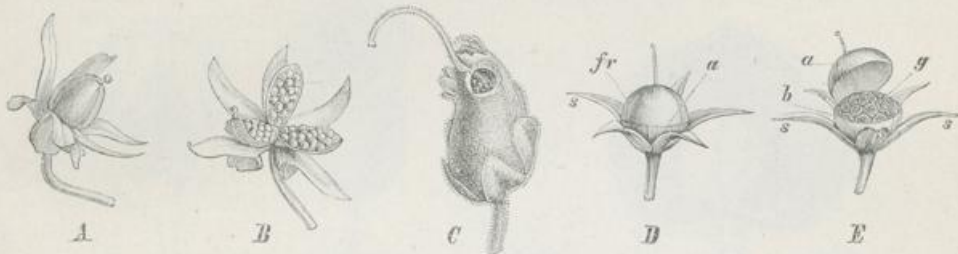


Fig. 403. Aufspringen der Kapsel. *A* Kapsel von *Viola tricolor*, vor dem Aufspringen. *B* Dieselbe nach dem Aufspringen. *C* Poricide Kapsel von *Antirrhinum majus*. Vergr. *D* Pyxidium von *Anagallis arvensis* geschlossen. *E* Dasselbe geöffnet.

**I. Kapsel, capsula.** Früchte und Früchtchen mit trockenem, bei der Reife aufspringendem Pericarp. Am häufigsten werden Längsspalten gebildet, durch welche die Carpelle von einander getrennt werden (septicide K.) oder jedes Carpell halbirt wird (loculicide K., Fig. 403 *B*). In seltenen Fällen werden die Samen durch Löcher entleert (poricide K., z. B. *Antirrhinum*).

Als besonders ausgezeichnet oder für grössere Gruppen charakteristisch werden folgende Kapseln mit besonderem Namen belegt:

a) Balgfrucht, folliculus. Aus einem einzigen Carpell bestehende, längs der Bauchnaht aufspringende Kapsel. Die Frucht von *Paeonia*, sowie diejenige von *Aconitum* bestehen aus Balgfrüchtchen.

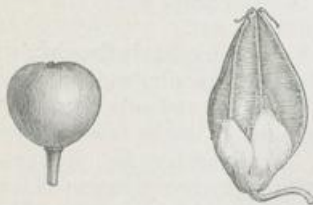


Fig. 404. Schliessfrüchte. *A* Nuss von *Fumaria officinalis*. Vergr. 6. *B* Achäne von *Fagopyrum esculentum*. Vergr. 2. (Nach DUCHARTRE.)

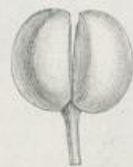


Fig. 405. Spaltfrucht von *Galium Mollugo*. Vergr. 6. (Nach DUCHARTRE.)

b) Hülse, legumen. Sie besteht aus einem einzigen Carpell, welches bei der Reife längs der Bauchnaht und der Mittellinie des Rückens aufspringt (Erbsen, Bohne und viele andere Leguminosen).

c) Schote, siliqua. Aus zwei Carpellen bestehend, die sich bei der Reife von einer persistirenden Scheidewand ablösen. (Die Mehrzahl der Cruciferen, z. B. *Capsella bursa pastoris*.)

d) Deckelkapsel, pyxidium. Öffnet sich bei der Reife durch Abheben eines deckelförmigen Stücks (*Anagallis* Fig. 403 *E*, *Hyoscyamus* etc.).

**II. Schliessfrucht.** Dieser Typus umfasst trockenschalige, bei der Reife weder aufspringende noch in ihre Carpelle zerfallende Früchte. Hartschalige Schliessfrüchte werden Nüsse (*nux*) genannt (Fig. 404), einsamige Schliessfrüchte mit lederartigem Pericarp, je nachdem letzteres dem Samen angewachsen ist oder nicht, als Caryopsen (*caryopsis*, z. B. Gräser, Achänen (*achænium*, z. B. Compositen) (Fig. 404) unterschieden.



Fig. 406. Frucht von *Physalis Alkekengi*. Sie besteht aus dem persistirenden und herangewachsenen Kelch *s* und der aus dem Fruchtknoten hervorgegangenen Beere *fr*. (Nach DUCHARTRE.)

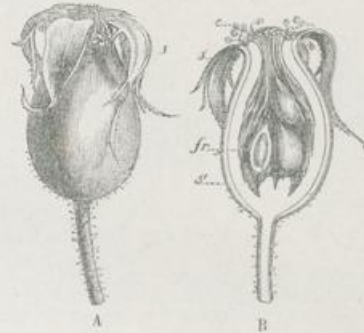


Fig. 407. Frucht von *Rosa alba*. Sie besteht aus dem fleischigen Receptaculum *s'*, den persistirenden Kelchblättern *s* und den Carpellen *fr*. Die Staubblätter *e* sind vertrocknet. (Nach DUCHARTRE.)

**III. Spaltfrucht, schizocarpium** nennt man eine trockenschalige, mehrfächerige Frucht, die bei der Reife in ihre Carpelle zerfällt, ohne dass diese aufspringen (Umbelliferen, *Malva*, *Galium*) (Fig. 405).

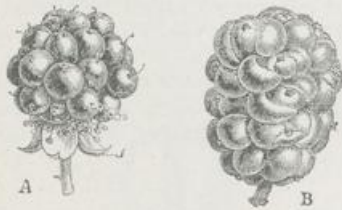


Fig. 408. *A* Merocarpische Steinfrucht von *Rubus fruticosus* (Brombeere). *B* Aus kleinen Steinfrüchten bestehender Fruchtstand von *Morus nigra* (Maulbeere). (Nach DUCHARTRE.)

**IV. Die Beere, bacca**, hat ein in ihrer ganzen Dicke saftiges Pericarp (Weinbeere, Apfel). Nur wenige Beeren springen bei der Reife durch Spalten (*Myristica*) oder unregelmässige Risse (*Ecballium*) auf.

**V. Bei der Steinfrucht, drupa**, ist das Pericarp in ein weiches, meist saftiges Exocarp und ein hartes Endocarp differenzirt (Kirsche und anderes Steinobst, Wallnuss). Es können in der Steinfrucht mehrere Steine enthalten sein (*Rhamnus cathartica*). Das Exocarp ist zuweilen trocken, schwammig (Cocosnuss).

Scheinfrucht nennt man einen das Aussehen einer Frucht nachahmenden Fruchtstand, z. B. Feige, Ananas. Auch die Maulbeere, der Fruchtstand der *Morus*-Arten (Fig. 408 *B*), kann noch zu den Scheinfrüchten gerechnet werden, namentlich im Hinblick auf ihre äussere Aehnlichkeit mit den merocarpischen Früchten der *Rubus*-Arten (Himbeere Fig. 408 und Brombeere).

Aehnlich wie bei den Blüten die Art der Bestäubung, hat bei den Früchten die Art der Samenverbreitung die Mannichfaltigkeit der Formen in erster Linie bedingt. Darüber ist die physiologische Abtheilung dieses Buches zu vergleichen.

## Blüthen- und Fruchtstände.

Die Blüthen bzw. die aus denselben hervorgegangenen Früchte stehen manchmal einzeln, sei es axillär, sei es endständig am Ende beblätterter Sprosse. In vielen Fällen jedoch hat die Metamorphose in der generativen Region, welcher die Blüthe ihren Ursprung verdankt, zur Bildung besonderer fertiler Sprosssysteme geführt, die sich von den vegetativen häufig auffallend unterscheiden und als Inflorescenzen oder Blüthenstände, nach der Befruchtung als Fruchtstände bezeichnet werden<sup>(15)</sup>.

Die Unterschiede zwischen den vegetativen Sprosssystemen und den Inflorescenzen, bzw. Fruchtständen, bestehen theils in einem anderen Modus der Verzweigung, theils in einer Reduction oder Metamorphose der Laubblätter. Diese Veränderungen sind als Anpassungen an die Bestäubung entstanden; sie erstreben möglichste Vereinigung der Blüthen und Befreiung von dem dieselben verdeckenden Laube und gehen in einigen Fällen bis zur Umwandlung des ganzen fertilen Sprosssystems in einen Schauapparat wie bei den Araceen, wo die Achse und das Deckblatt der Inflorescenz die sonst dem Perianth zukommende Rolle des Anlockens von Insecten übernehmen.

Vom rein morphologischen Standpunkte betrachtet werden die Blüthenstände unter zwei Haupttypen vertheilt, den botrytischen (oder racemösen, monopodialen) und den cymösen (oder sympodialen).

**I. Botrytische Blüthenstände.** Die Hauptachse verzweigt sich stärker als die Seitenachsen.

a. Seitenachsen unverzweigt.

a) Traube, botrys. Die Hauptachse ist verlängert und trägt gestielte Blüthen (Fig. 409 B).

b) Aehre, spica. Die Hauptachse ist verlängert und trägt sitzende Blüthen (Fig. 409 C).

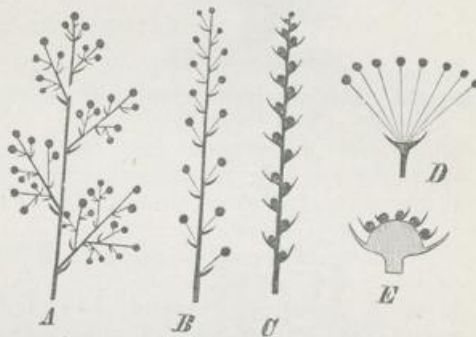


Fig. 409. Schemata botrytischer Blüthenstände. A Risppe, B Traube, C Aehre, D Dolde, E Köpfchen.



Fig. 410. Blüthenähre von *Plantago lanceolata*. (Nach DUCHARTRE.)



Fig. 411. Blüthenkätzchen von *Corylus americana*. (Nach DUCHARTRE.)



Fig. 412. Doldiger Blütenstand der Kirsche. (Nach DUCHARTRE.)

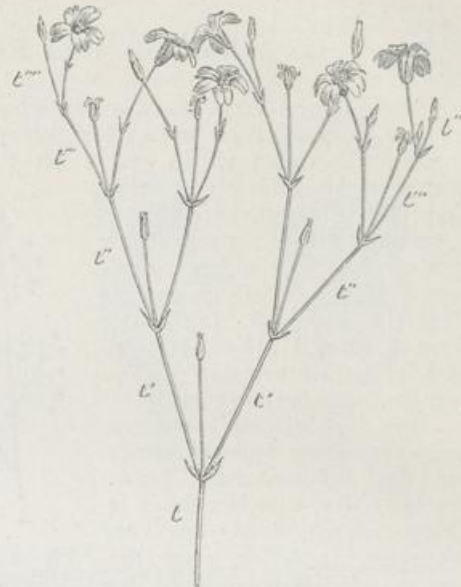


Fig. 415. Cymöser Blütenstand (Dichasium) von *Cerastium collinum*. *l-l'''* die aufeinander folgenden Achsen. (Nach DUCHARTRE.)



Fig. 413. Blütenrispe von *Yucca filamentosa*. Verkl.



Fig. 416. Blütenwickel von *Symphytum asperrimum*. (Nach DUCHARTRE.)

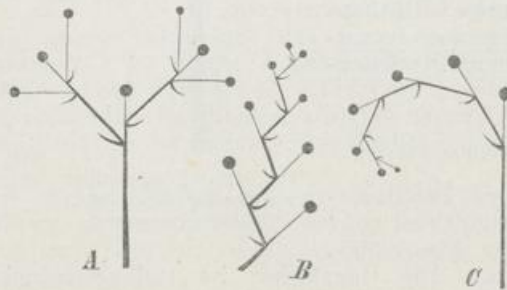


Fig. 414. Schemata cymöser Blütenstände. A Dichasium, B Wickel, C Schranbel.

Ein Kolben, *spadix*, ist eine Aehre mit fleischiger Achse. Ein Kätzchen (Fig. 411) eine Aehre, die nach dem Verblühen oder der Fruchtreife als Ganzes abfällt.

- c) Dolde, *umbella*. Die Hauptachse ist verkürzt und trägt gestielte Blüten (Fig. 409 *D*, 412).
- d) Köpfchen, *capitulum*. Die Hauptachse ist verkürzt und trägt sitzende Blüten (Fig. 409 *E*).

### 3. Seitenachsen verzweigt.

Rispe, *panicula*. Bei der Rispe im gewöhnlichen Sinne ist die Hauptachse länger als die Seitenachsen, die Gesamtgestalt dem entsprechend verlängert (Fig. 409 *A*, 413).

Eine Schirmrispe, *corymbus*, ist eine abgeflachte Rispe, eine Spirre, *anthela*, eine Rispe, deren Seitenachsen die mittleren überragen.

**II. Cymöse Blütenstände.** Die Seitenachsen verzweigen sich stärker als die jedesmaligen Hauptachsen.

- a) Monochasium. Jede relative Hauptachse bringt nur einen Zweig hervor.

Ein Monochasium wird Schraubel, *bostryx* genannt, wenn die Richtung der Auszweigung dieselbe bleibt (Fig. 414 *C*), Wickel, *cincinnus*, wenn sie sich von Zweig zu Zweig umkehrt (Fig. 414 *B*, 416).

- b) Dichasium. Jede relative Hauptachse bringt zwei Zweige hervor (Fig. 414 *A*, 415).

- c) Pleiochasium. Jede relative Hauptachse erzeugt mehr als zwei Zweige.

Cymöse Blütenstände können den botrytischen ähnlich aussehen und heissen dann Scheinrispen, Scheinähren, Scheintrauben u. s. w.

Zu den cymösen Blütenständen gehören auch die Blütenkuchen, z. B. die Feigen, deren fleischiger Theil einem reich verzweigten aber völlig verwachsenen cymösen System entspricht.

Die Blütenstände können sich zu Blütenständen höherer Ordnung verbinden, die entweder durchweg nach dem gleichen Typus gebaut sind (z. B. die Doppeldolden der Umbelliferen) oder mehrere Typen in sich vereinigen (z. B. die aus Köpfchen bestehenden Schirmrispen von *Achillaea*).

Die Blütenstände sind meistens mit mehr oder weniger reducirten Hochblättern versehen. Diejenigen, aus deren Achseln Zweige oder Blüten sich erheben, werden Deckblätter genannt; die Vorblätter entspringen den einzelnen Blütenstielen.

## I. Unterklasse.

### Monocotylae.

Blüte meist nach dem dreizähligen fünfwirteligen Typus; Same meist mit reichlichem Nährgewebe; Keim mit einem Cotyledon. — Kräuter und Holzgewächse mit geschlossenen, auf dem Stammquerschnitte meist zerstreuten Gefässbündeln, beinahe stets ohne Cambium, und wo dieses vorhanden ausserhalb der Gefässbündel gelegen. Blätter meist mit streifiger Nervatur.

Der Keim ist bei der Mehrzahl der Monocotylen im Verhältniss zum Nährgewebe (Endosperm, seltener Perisperm) klein. Er besteht in der Regel aus einem kurzen Hypocotyl mit noch kürzerem Würzelchen und einem relativ grossen, scheidenförmigen Cotyledon, welcher bei der Keimung ganz oder mit der Spitze im Samen eingeschlossen bleibt und das Nährgewebe aufsaugt.

Die Hauptwurzel stirbt frühzeitig ab und wird durch Beiwurzeln (Adventivwurzeln) ersetzt, die meist nur kurze Lebensdauer besitzen und durch neue, immer höher am Stamme entstehende ersetzt werden. Die Wurzeln sind für gewöhnlich unverzweigt und weisen secundäres Dickenwachsthum durch Cambiumthätigkeit nur in den wenigen Fällen auf, wo ein solches auch im Stamme vorhanden ist.

Der Stamm ist bei den meisten Monocotylen einfach; wo Verzweigung eintritt, führt sie sehr selten zur Bildung einer reich verästelten Krone. Ueber Anordnung der Stammgefässbündel (Fig. 417) ist S. 95, über ihren Bau S. 90, über das selten eintretende secundäre Dickenwachsthum S. 117 zu vergleichen. Die Blätter sind in der Mehrzahl der Fälle wechselständig, zwei- oder dreizeilig geordnet und entbehren beinahe stets

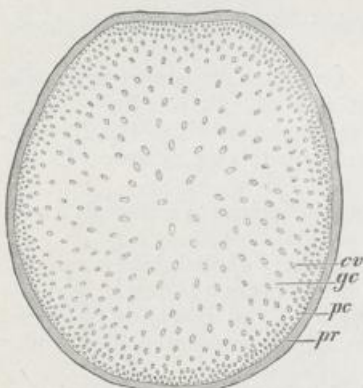


Fig. 417. Querschnitt durch den Stamm von *Zea Mays*. *cv* Gefässbündel. Vgl. im Uebrigen S. 90 und Fig. 120.



Fig. 418. Diagramm einer typischen Monocotylenblüthe.



Fig. 419. Blatt mit streifiger Nervatur (*Polygonatum multiflorum*). Nat. Gr.

der Nebenblätter. Sie sind gewöhnlich an der Basis scheidig, stiellos, schmal oder elliptisch, streifig geädert, doch kommen anders gestaltete Blätter nicht gerade selten vor.

Der Blütenbau der Monocotylen lässt sich beinahe durchweg auf den fünfzähligen-dreizähligen Typus zurückführen. In anderen Worten, wir dürfen annehmen, dass die Blüthe ihrer Stammform im Perianth und Androeceum je zwei dreigliederige, alternirende Wirtel und ein dreigliederiges Gynoeceum besass. Dass jene ursprüngliche Blüthe actinomorph war, ist nach dem früher Gesagten selbstverständlich. Der Typus ist bei vielen Monocotylen unverändert erhalten geblieben; bei anderen sind im Laufe der phylogenetischen Entwicklung Modificationen eingetreten, durch welche theils der Uebergang der actinomorphen in zygomorphen oder asymmetrische Gestalten, theils eine Abnahme, sehr selten eine Zunahme der Glieder erzielt wurden. Die wichtigeren dieser Abweichungen sind bei den einzelnen Familien eingehend besprochen.

Das Perianth der Monocotylen-Blüthen entbehrt gewöhnlich der Differenzirung in Kelch und Corolle; es ist klein und unscheinbar oder gross und lebhaft gefärbt, je nachdem die Bestäubung durch den Wind oder durch

Insecten stattfindet. In gewissen Fällen der letzteren Art übernehmen allerdings andere Theile der Pflanze die Rolle des Schauapparates, während die Blüthe selbst unscheinbar ist (vgl. *Araceae*).

Die Monocotylen werden in folgende Ordnungen eingetheilt: *Liliiflorae*, *Enantioblastae*, *Spadiciflorae*, *Glumiflorae*, *Helobiae*, *Scitamineae*, *Gynandrac*. Die angegebene Reihenfolge entspricht nicht einer aufsteigenden, mit ursprünglichen Formen beginnenden und in hoch entwickelten gipfelnden Reihe, sondern einer Gruppe loser Aeste, deren gemeinsamer Stamm abgestorben ist. Nur die Scitamineen und Gynandreen haben sich, als höchst entwickelte Typen unter den Monocotylen, offenbar aus den Liliifloren entwickelt. Manches scheint dafür zu sprechen, dass die ursprünglichen Monocotylen grasähnliche, an Windbestäubung angepasste Gewächse waren, namentlich der Umstand, dass mehrere Ordnungen in ihren einfachsten Vertretern aus derartigen Formen bestehen, während diejenigen, wo sie fehlen (*Scitamineae*, *Gynandrac*), offenbar späteren Ursprungs sind.

### 1. Ordnung. Liliiflorae.

Typus: Blüthe hypo- oder epigyn, actinomorph, selten schwach zygomorph, stets mit Perianth, aus vollzähligen, vollkommen ausgebildeten Quirlen:  $P3+3$ ,  $A3+3$  oder  $A3$ ,  $G(3)$ . Fruchtknoten dreifächerig. Samenanlagen anatrop oder campylotrop, selten atrop. Keim vom Endosperm umgeben.

Die Monocotylen-Blüthe zeigt sich bei der Mehrzahl der Liliifloren in typischer Ausbildung (Fig. 420), actinomorph, mit fünf dreizähligen Quirlen und einander gleichen Gliedern in jedem Quirl; die schwache Zygomorphie einiger Formen beruht nur auf einseitiger Krümmung der Blüten- bzw. Staubblätter. Die einzige wesentliche Abweichung vom Typus innerhalb der Liliifloren ist die auf wenige Familien beschränkte Unterdrückung eines Quirls im Androeceum. Abort einzelner Glieder kommt nicht vor.

Fig. 420. Diagramm der meisten Liliiflorenblüthen.

Bei einigen Gattungen setzen sich die Quirle anstatt aus drei, aus zwei, vier oder fünf Gliedern zusammen. Diese Abweichung ist weder auf Reduction, noch auf Spaltung, sondern auf einen bereits in der Anlage vorhandenen Unterschied zurückzuführen. Die Zahl der Glieder kann bei einer und derselben Art schwankend sein, z. B. bei *Paris quadrifolia*, wo ausser der gewöhnlichen Vierzahl auch Fünf- und Sechszahl nicht selten sind.

Die Liliifloren sind mit wenigen Ausnahmen Kräuter, deren unterirdische Theile vielfach als perennirende Rhizome und Zwiebeln ausgebildet sind, während die oberirdischen bei den meisten nach der Samenreife zu Grunde gehen. Die Blüten sind nur bei den einfachsten, anscheinend ältesten, grasähnlichen Formen der Windbestäubung angepasst und unscheinbar, sonst meist gross, schön gefärbt, einzeln oder zu lockeren, sehr verschiedenartigen Inflorescenzen gruppiert.



Fig. 421. *Juncus lamprocarpus*. a Theil der Inflorescenz, b Blüthe vergrössert, c Gynoecium vergrössert.

Ganz durchgreifende Unterschiede zwischen den Familien der Liliifloren sind kaum vorhanden. Vielmehr kommt in beinahe jeder derselben als Ausnahme das eine oder andere Merkmal einer anderen Familie vor, z. B. drei Staubgefäße in Familien, für welche Sechszahl normal ist, und umgekehrt. Beinahe überall zeigen sich Grenzformen, die den Uebergang eines Verwandtschaftskreises zum anderen vermitteln.

Unter den Familien der Liliifloren dürften die Juncaceen den ältesten Typus darstellen. Aus ihnen ähnlichen, ursprünglichen Formen würden sich einerseits

die Liliaceen — die in einzelnen ihrer Repräsentanten noch grasähnlichen Habitus besitzen —, andererseits die Glumifloren entwickelt haben. Die meisten anderen Liliifloren, z. B. die Amaryllidaceen und Iridaceen, ausserdem aber dürften, indem Metamorphose und Reduktion immer weiter gingen, die Ordnungen der Gynandreen und Seitamineen Nachkommen der Liliaceen sein.

Familie *Juncaceae*<sup>(16)</sup>. Blüthe hypogyn, zwittrig, mit spelzenartigem Perigon; Pollen in Tetraden; Fruchtknoten drei- oder einfächerig; drei lange, papillöse Narben; Endosperm mehlig. — Grasähnliche Gewächse (Fig. 421).

Die Juncaceen werden wegen ihrer Aehnlichkeit mit Gräsern vielfach zu den Glumifloren gestellt, obwohl sie im Bau ihrer Blüten mit den Liliaceen im

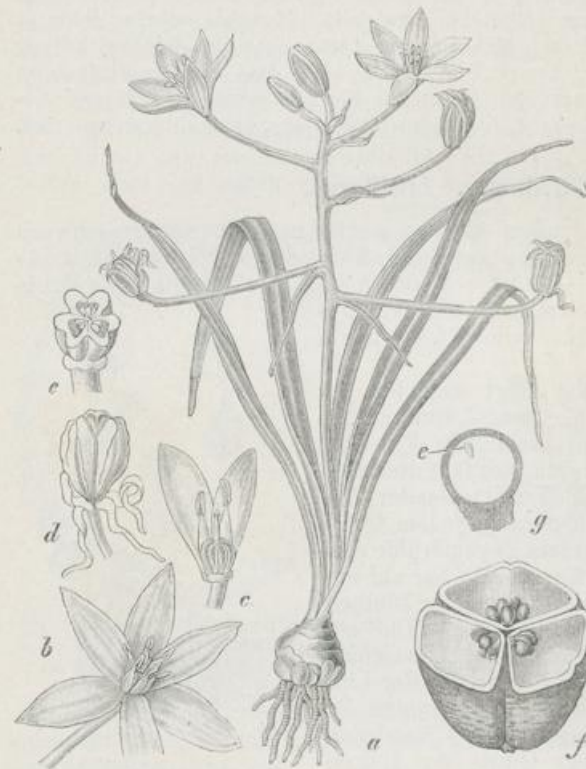


Fig. 422. *a—c* *Ornithogalum umbellatum*. *a* ganze Pflanze, verkleinert, *b* Blüthe in nat. Gr., *c* Blüthe im Längsschnitt, *d* Frucht, *e* Querschnitt durch die Frucht, *f—g* *Colchicum autumnale*, *f* Frucht im Querschnitt, *g* Same mit Embryo *e*, vgr.

Wesentlichen übereinstimmen. Die Unterschiede von dieser Familie hängen zum grossen Theile mit dem ungleichen Modus der Bestäubung zusammen. Letztere findet bei den Juncaceen durch Vermittlung des Windes statt und dem entsprechend sind ihre Blüten unscheinbar, mit trockenem Pollen und grossen papillösen Narben versehen. Die Inflorescenzen sind verschiedenartig, vielgliederig. Die Früchte sind Kapseln.

Deutsche Gattungen: *Juncus* (Binse): Frucht vielsamig; *Luxida*: Frucht dreisamig.

Geographische Verbreitung. Die Juncaceen wachsen in den temperirten und kühlen Zonen beider Hemisphären. In Deutschland sind die



Arten von *Luzula* meist Bewohner des Waldes, diejenigen von *Juncus* solche nasser Standorte.

Familie *Liliaceae*<sup>(17)</sup>. Blüthe hypogyn; Perigon corollinisch; sechs Staubgefässe; Same mit öligem oder cellulosereichem Endosperm (Fig. 422—426).

Die meisten Liliaceen sind saftige Kräuter mit perennirenden Zwiebeln oder Rhizomen; die Arten von *Aloë* und *Dracaena* jedoch theilweise Sträucher oder kleine Bäume. Die Blätter entbehren der Gliederung in Stiel und Spreite und sind meist im Verhältniss zu ihrer Länge schmal, ungetheilt, selten gezähnt (*Aloë* zum Theil). Die gewöhnlich anschlichen, oft grossen Blüten stehen entweder einzeln, endständig, wie bei der Tulpe, oder sind traubenartig gruppiert



Fig. 423. *Colchicum autumnale*. *a* blühende Pflanze mit Knollen ( $\frac{3}{4}$ ), *b* beblätterter Spross mit Frucht ( $\frac{1}{2}$ ). — Giftig und officinell.

wie bei der Hyacinthe, selten in reich verzweigten, complicirten Inflorescenzen. Sie sind der Insectenbestäubung angepasst und mit entsprechenden Lockmitteln versehen, wie weisse oder lebhafte Farbe, Wohlgeruch, Nectarien u. s. w. Die Früchte sind Kapseln oder Beeren.

Unterfamilien und wichtigste



Fig. 424. *Paris quadrifolia*. — Giftig.  $\frac{3}{8}$  nat. Gr.

Gattungen: 1) *Melanthoideae*: Drei Griffel; septicide Kapsel. *Veratrum* (s. n. giftig); *Colchicum* (id.); *Sabadilla* (s. n. officinell). 2) *Lilioideae*: Ein Griffel; loculicide Kapsel. *Tulipa*; *Lilium* (mit je einer Nectariumfurche auf den Perianthblättern); *Hyacinthus*; *Muscari*; *Ornithogalum*; *Scilla*; *Urginea* (s. n. officinell); *Allium*: Zwiebelpflanzen mit grundständigen Blättern und aus Schrauben zusammengesetzten Blütenständen; *Aloë* (s. n. officinell). 3) *Asparagoideae*: Ohne Zwiebeln, Beerenfrucht. *Polygonatum*; *Majanthemum*, Blüthe zweizählig; *Convallaria*, *Paris* (s. n. giftig); *Asparagus*, mit nadelförmigen, blattlosen Zweigen; *Smilax* (s. n. officinell); *Dracaena*, gabelig verzweigte Bäume mit secundärem Dickenwachsthum.

Geographische Verbreitung. Die grosse Familie der Liliaceen ist über alle Zonen verbreitet, jedoch mit Bevorzugung der trockenen, wärmeren Gebiete der temperirten Zonen. So sind ihre Arten sehr zahlreich auf den Wiesen und

Feldern der Mittelmeerländer, noch weit mehr aber im Capland, wo sie während des kurzen Frühlings, in Gemeinschaft mit anderen Zwiebel- und Knollengewächsen (Iridaceen, Amaryllidaceen, Orchidaceen), zu einem in Purpur, Roth, Goldgelb und Orange auf grünem Grunde prangenden Teppich aufblühen, welcher beim Eintritt der trockenen Jahreszeit von der Erdoberfläche verschwindet, während das Leben in den unterirdischen Theilen erhalten bleibt. Bei uns sind Liliaceen im wilden Zustande verhältnissmässig selten, aber zum grossen Theile sehr auffallend. — Viele Liliaceen werden häufig cultivirt, so als Küchenpflanzen: *Asparagus officinalis*, Spargel; *Allium Cepa*, Küchenzwiebel; *A. sativum*, Knoblauch; *A. Schoenoprasum*, Schnittlauch; *A. ascalonicum*, Schalotte u. s. w. Bekannte Zierpflanzen sind Arten von *Tulipa*, *Hyacinthus*, *Lilium* (z. B. die weisse Lilie, *L. candidum*), *Scilla*, *Fritillaria* (z. B. *Fr. imperialis*, die Kaiserkrone), *Yucca*, *Dracaena*, *Aloë* (in Zimmern und Gewächshäusern) u. s. w.

Giftig: *Colchicum autumnale* (Fig. 423), die Herbstzeitlose, ist eine unserer häufigsten und gefährlichsten Giftpflanzen. Sie besitzt einen unterirdischen Knollen, aus welchem im August oder September auf unseren Wiesen die rosenrothen, trichterförmigen Blüten, im Frühjahr Blätter und Frucht über den



Fig. 425. *Aloë socotrina*. 1 ganze Pflanze (verkleinert), 2 Blüthe. — Officinell. (Nach WOSSIDLO.)

Boden sich erheben; in den anderen Jahreszeiten ist die Pflanze auf den Knollen beschränkt. Die Frucht ist eine dreifächerige, vielsamige Kapsel. Sämmtliche Theile, namentlich Knollen und Samen, sind reich an dem giftigen Alkaloid Colchicin. — *Veratrum album*, Niesswurz oder Germer, ist ein reich belaubtes hohes Kraut der Gebirgswiesen mit fleischigem, perennirendem Rhizom; die zahlreichen grünlichen, freiblätterigen Blüten sind an einer endständigen, pyramidenförmigen Rispe gruppiert. Die Giftigkeit der Pflanze beruht auf ihrem Gehalt an Veratroidin und Jervin. — *Paris quadrifolia* (Fig. 424) ist ein Kraut mit einem viergliederigen Blattwirtel und einer einzigen, terminalen, aus vierzähligen Wirteln aufgebauten Blüthe von grünlicher Färbung, aus welcher sich eine schwarze Beere entwickelt. Der toxische Bestandtheil ist das Paridin. Mehr oder weniger

toxisch sind auch das Maiglöckchen (*Convallaria majalis*) und die Zwiebeln der Tulpen und der Kaiserkrone.

Officinell: *Colchicum autumnale* (s. u. giftig) liefert Semen C. (Pharm. germ., austr.). — *Veratrum album* (s. u. giftig): Rhiz. Veratri (Pharm. germ.). — *Sabadilla officinarum* (grasähnliche, kleinblättrige Zwiebelpflanze in Centralamerika und Venezuela): Veratrinum (Pharm. germ., austr.). — Südafrikanische Aloë-Arten (Kräuter, Sträucher oder kleine Bäume mit fleischigen, oft sägeartig gezähnten Blättern; Blüten in lockeren Trauben an langem blattlosen oder beschuppten Schaft; Perigon röhrig, verwachsen, Fig. 425) liefern in dem eingetrockneten Saft ihrer Blätter: Aloë (Pharm. germ., austr.). — *Urginea maritima* (stattliches Zwiebelgewächs der Mittelmeerländer, mit beblättertem, in eine weissblüthige Traube endendem Schaft, Fig. 426) liefert in den zerschnittenen Schuppen ihrer kopfgrossen Zwiebel: Bulbus Scillae (Pharm. germ., austr.). — Centralamerikanische Arten von *Smilax* (mit Ranken kletternde, meist stachelige Sträucher; Blüten diöcisch, grünlich; Samenanlagen atrop) liefern: Rad. Sarsaparillae (Pharm. germ., austr.).

Familie **Amaryllidaceae**<sup>(18)</sup>.  
Wie die Liliaceae, aber Blüthe epigyn (Fig. 427).

Kräuter, meist mit Zwiebeln, in Tracht und Lebensweise den Liliaceen vollkommen ähnlich.

Wichtigste Gattungen: *Narcissus* mit einer als Auswuchs des Androeceum entstehenden Nebenkronen; *Galanthus*; *Leucojum*; *Agave*, in der Tracht an Aloë erinnernd.

Geographische Verbreitung. Wie die Liliaceae. *Agave americana*, aus Mexiko, ist in den Mittelmeerländern verwildert und zu einer Charakterpflanze geworden. *Galanthus nivalis*, *Leucojum vernum*, *Narcissus pseudonarcissus* kommen bei uns selten wild, desto häufiger als Zierpflanzen cultivirt vor, neben *N. poeticus* und anderen, nicht deutschen Arten.

Familie **Iridaceae**<sup>(19)</sup>. Wie die Amaryllidaceen, aber innerer Staubblattkreis unterdrückt (Fig. 428 bis 429).

Die Iridaceen sind Kräuter mit Rhizomen, selten Zwiebeln, habituell den beiden letzten Familien ähnlich, aber häufig mit zweiseitigen, schmalen, reitenden Blättern. Die Blüten sind meist gross und schön gefärbt; die Früchte sind loculicide Kapseln.

Wichtigste Gattungen: *Iris* mit Rhizom, reitenden, schwertförmigen Blättern, kronblattartigen Narben; *Crocus* mit knollenförmigem Rhizom, linealischen, nicht reitenden Blättern; *Gladiolus*, mit zygomorphen Blüten.



Fig. 426. *Urginea maritima*. Verkl. — Officinell. (Nach BERG und SCHMIDT.)

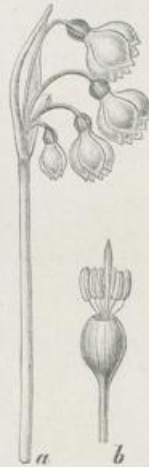


Fig. 427. *Leucojum aestivum*. a Blüthenschaft (verkleinert), b Gynoeceum und Androeceum (nat. Grösse).

**Geographische Verbreitung.** Aehnlich wie die Liliaceen treten die Iridaceen besonders massenhaft am Cap auf. Bei uns sind sie nur durch wenige wildwachsende Arten vertreten, von welchen *Iris Pseud-Acorus*, die überall am Rande von Gewässern wachsende gelbe Schwertlilie, allein häufig ist. Mehrere Arten von *Iris*, *Crocus*, *Gladiolus* werden als Zierpflanzen cultivirt.



Fig. 428. Diagramm der Iridaceae (Iris).

Officinell: *Iris germanica*, *I. pallida* und *I. florentina* (Fig. 429) in den Mittelmeerländern heimisch, liefern *Rhizoma Iridis* (Pharm. germ., austr.). — Die Narben von *Crocus sativus* (Orient, cultivirt an verschiedenen Orten) liefern den Safran oder Crocus (Pharm. germ., austr.).

Zu den Liliifloren gehören u. a. noch folgende kleinere oder exotische Familien: *Dioscoreaceae*, diöcische, kleinblüthige Schlingpflanzen, nur habituell von den Amaryllidaceen verschieden (*Tamus communis*, stellenweise in Wäldern). — *Bromeliaceae*. Meist als Epiphyten lebende Kräuter mit Rosetten steifer, schwertförmiger Blätter im tropischen Amerika. Nutzpflanze: *Ananassa sativa* liefert in ihrem Fruchtstand die Ananas.



Fig. 429. *Iris florentina*. A vegetative Theile, verkleinert. B Blüthenstand, verkleinert. C Narbenast und Staubgefäß. D Fruchtknoten im Längsschnitt. E Derselbe im Querschnitt. Officinell.

## 2. Ordnung. Enantioblastae<sup>(20)</sup>.

Blüthen hypogyn, oft reducirt, Samenanlage atrop; Keim dem mehligem Nährgewebe anliegend. Kräuter oft grasähnlich.

Die wichtigste Familie ist diejenige der *Commelinaceae* mit der Gattung *Tradescantia*.

## 3. Ordnung. Spadiciflorae.

Blüthen hypogyn, meist eingeschlechtlich, strahlig, klein und häufig reducirt, in vielblüthigen, an ihrer Basis mit einem oder mehreren Scheidenblättern (spathae) versehenen Kolben oder Aehrenrispen.

Die Spadicifloren sind Kräuter und Holzgewächse von ungleicher Tracht und Lebensweise, die nur im Bau des Blütenstandes Gemeinsames zeigen. Während bei den Liliifloren die Blüthen einzeln stehen oder zu wenigen locker gruppirt sind, so dass jede voll zur Geltung kommt, bilden sie bei den Spadicifloren die Glieder einer Einheit höherer Ordnung, einer dichten, hochorganisirten Inflorescenz, welche da, wo ihre Scheide corollinisch ist, sammt dieser meist für eine Einzelblüthe gehalten wird (z. B. bei *Richardia aethiopica*). Entsprechend der geringen Rolle der Einzelblüthen kommen in denselben häufig Reductionen vor, namentlich im Perianth, dessen Rolle von den Achsen und Scheidenblättern übernommen wird.

Viele Arten werden durch den Wind bestäubt und besitzen dem entsprechend unscheinbar gefärbte, wenn auch manchmal riesige Blütenstände, während bei den meisten der an Insectenbestäubung angepassten Arten die Scheidenblätter und nackten Theile der Blütenstandachse, dagegen nicht die Blüthen, mit Lockfarbe versehen sind.

Familie *Palmae*<sup>(21)</sup>. Blüthen vollzählig, meist eingeschlechtlich, oder im Gynoceum reducirt, in meist reich verzweigten, mit mehreren Scheidenblättern versehenen Inflorescenzen. — Holzpfl. mit einfachem Stamme und fieder- oder fächerartig zertheilten Blättern (Fig. 430—432).

Die vegetativen Organe bilden in erster Linie das Charakteristische der Palmen. Der einfache (nur bei *Hyphaene*-Arten verzweigte), cylindrische, säulenartig gerade oder sanft gebogene Stamm mit der endständigen Rosette manchmal riesenhafter, fieder- oder fächerartiger Blätter verleihen ihnen ein leicht kenntliches Gepräge (Fig. 431), welches nur bei wenigen anderen Gewächsen (Baumfarne, Cycadaceen) in ähnlicher Weise noch auftritt; einige Arten sind lianenartig (*Calamus* u. s. w.). Die Blätter sind nicht, wie echte zusammengesetzte Blätter, schon bei ihrer Entstehung zertheilt; sie werden vielmehr als ganzrandige, gefaltete Blätter ausgebildet, die erst durch Absterben und Zerreißen des Gewebes an den Kanten ihre definitive Gliederung erhalten. Die Blütenstände (Fig. 430) sind in der Regel achselständig und pflegen unterhalb der Rosette herabzuhängen; zuweilen jedoch sind sie endständig und dann geht der Baum nach der Samenreife zu Grunde. Die Rispen oder Kolben sind in der Jugend von den Scheidenblättern ganz verhüllt, pflegen aber später aus denselben frei hervorzutreten; sie tragen viele kleine Blüthen von unscheinbarer, meist gelblicher Farbe. Die Carpelle sind oft frei. Die Bestäubung findet durch den Wind oder durch Insecten statt. Die Früchte sind bald Beeren, wie die Datteln, bald Schliessfrüchte, bald Steinfrüchte, wie die Cocosnuss. Die Samen sind in Ein- bis Dreizahl vorhanden. Das Endosperm ist, in Folge der starken Verdickung der Zellwände, oft steinhart.

Strasburger, Lehrbuch der Botanik, 4. Aufl.

Geographische Verbreitung. Die Palmen sind der grossen Mehrzahl nach Tropenbewohner. Nur wenige Arten gedeihen in den wärmeren Gebieten der temperirten Zonen, wie die Zwergpalme (*Chamaecrops humilis*) Südeuropas und namentlich die Dattelpalme (*Phoenix dactylifera*, Fig. 431), die, als Culturpflanze, den wesentlichsten Bestandtheil der Vegetation in den Oasen der Sahara bildet. Dagegen gehören Palmen, im wilden oder cultivirten Zustande und in ver-



Fig. 430. *a* Blütenstand von *Caryota urens*, sehr verkleinert. *b* *Cocos nucifera*, ein Zweig des Blütenstandes, unten mit einer weiblichen, oben mit männlichen Blüten.  $\frac{1}{4}$  nat. Gr. (Nach DRUDE in Nat. Pflanzenfamilien.)



Fig. 431. *Phoenix dactylifera* (Dattelpalme). Gruppe in einer Oase der algerischen Sahara. (Nach einer Photographie.)

wirrender Mannichfaltigkeit der Gestalt und Grösse, zu den Charakterpflanzen beinahe aller tropischen Landschaften. In der Nähe des Meeres zeigt sich überall in waldartigen Beständen oder einzeln zwischen den Hütten der Eingeborenen, die wichtigste Nutzpflanze der Familie, die Cocospalme (*Cocos nucifera*), mit sanft gebogenem Stamm und riesiger Rosette federförmiger Blätter. Die

Cocosnuss (Fig. 432) ist eine Steinfrucht mit schwammig-faserigem Exocarp und hartem Endocarp; ihr einziger Same besteht aus einer dünnen Schale und einem mächtigen, in der Mitte hohlen, fettreichen Endospermkörper, in welchem der winzige Keim eingebettet liegt. Alle Ortschaften Ostindiens werden überragt durch die nur etwa armsdicken, aber meist hohen und geraden Stämme der *Areca Catechu*, deren kleine Krone aus smaragdgrünen Fiederblättern besteht. Andere Palmen werden zur Zucker- oder Weingewinnung oder als Allee-bäume gezogen. In offenen natürlichen Landschaften (Savannen) treten die Palmen einzeln oder in kleinen Wäldern auf; im Urwalde wachsen die hochstämmigen Arten zerstreut, während kleine Arten vielfach einen wesentlichen Bestandtheil des Unterholzes bilden und stachelige Palmlianen (Rotang) strickartig von Baum zu Baum ziehen und undurchdringliche Dickichte bilden. — Nur wenige Palmen haben als Nutzpflanzen für den Welt-handel Bedeutung. Ausser der Cocos- und der Dattelpalme seien noch erwähnt *Elaeis guineensis*, die afrikanische Oelpalme, aus deren Fruchtfleisch das Palmöl gewonnen wird; *Phytolophas macrocarpa*, deren hartes Endosperm das vegetabilische Elfenbein liefert (Fig. 401), und *Calamus*, spanisches Rohr, für Stuhlgeflechte.

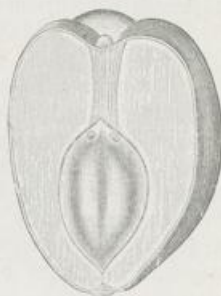


Fig. 432. Cocosnuss, nach theilweiser Entfernung des Vordertheils des faserigen Exocarps, verkl. — Officinell. (Nach WARMING.)

Officinell: *Areca Catechu* (Ostindien s. o.) liefert Semen Arecae (Pharm. germ.). — *Cocos nucifera* (s. o.): Oleum Cocos (Pharm. germ.), das aus dem Samen ausgepresste Fett.

Familie *Araceae* <sup>(22)</sup>. Blüten gewöhnlich stark reducirt, in einfacher, kolbenartiger Inflorescenz, mit einer dütenförmigen, meist corollinischen Scheide. — Kräuter, selten Holzgewächse, mit einfachen oder fiedertheiligen Blättern (Fig. 433 bis 435).

Die Blätter der Araceen sind meist in Stiel und Spreite gegliedert, letztere häufig spießförmig und netzaderig. Der charakteristische merkwürdige Blütenstand ist ein fleischiger, kleinblüthiger Kolben, dessen Achse häufig in einem nackten, auffallend gestalteten und gefärbten Gebilde gipfelt (Fig. 434). Die dütenförmige Scheide ist ebenfalls häufig mit Lockfarbe versehen, schneeweiss z. B. bei *Richardia aethiopica*, häufiger purpurn



Fig. 433. Kolben von *Arum maculatum*. (Nach WOSSIDLO.)



Fig. 434. *Arum maculatum*. — Giftig.  $\frac{1}{3}$  nat. Gr.

oder braun. Aus derartigen Düten dünstet ein aasartiger Geruch hervor, welcher, sammt der damit im Einklang stehenden Farbe, die als Bestäuber wirkenden Aasfliegen anlockt. Die Früchte sind meist Beeren.

Deutsche Gattungen: *Calla* (vgl. Giftig); *Arum* (id.); *Acorus* (vgl. Officinell).

Geographische Verbreitung. Die Araceen bewohnen beinahe ausschliesslich die Tropen, wo sie mit zahllosen, oft äusserst bizarren, nicht selten riesigen Formen einen Hauptbestandtheil der krautigen Urwaldflora zu bilden pflegen. Viele Arten bedecken gesellig den Boden im tiefen Waldschatten; andere klettern mit Luftwurzeln an Bäumen empor oder sitzen manchmal, riesigen Nestern gleich, als Epiphyten auf den Aesten. Die wunderbarste von allen Araceen ist *Amorphophallus titanum*, im westlichen Sumatra, ein weit über mannshohes Kraut mit riesigem Knollen und beinahe  $1\frac{1}{2}$  m hohem purpurnen



Fig. 435. *Acorus Calamus*. 1 Rhizom und Blattbasen. 2 Blüthenschaft. 3 Blüthe. Fruchtknoten im Querschnitt. — Officinell. (Nach WOSSIDLO.)

Blüthen, liefert das auch als Gewürz gebräuchliche *Rhizoma Calami* (Pharm. austr., germ.).

Familie *Lemnaceae*<sup>(23)</sup>. Stark reducirte Araceen. Blüthen monöcisch, nackt, zwei männliche und eine weibliche, erstere aus je einem Staubgefäss, letztere aus einem Carpell bestehend, zu einem Kolben mit Spatha vereinigt. — Schwimmende, scheibenförmige, unbelaubte Wasserpflänzchen (Fig. 436 und 437).

Der grüne Vegetationskörper der *Wasserlinsen* wird gewöhnlich als ein System nackter, blattähnlicher Achsen aufgefasst; durch GÖBEL ist jedoch der Versuch gemacht worden, ihn als wesentlich von Blättern gebildet zu deuten.

Gattungen: *Spirodela*; *Lemna*; *Wolffia* (ohne Wurzeln).

Geographische Verbreitung. Wasserlinsen bedecken überall die Oberfläche ruhiger Gewässer.

Kolben. Die deutsche Flora besitzt nur drei unscheinbare Arten, von welchen *Arum maculatum* die häufigste ist. Mehrere Araceen werden als Zierpflanzen cultivirt, so *Richardia aethiopica* (die sogenannte Calla) und die wurzelkletternde *Monstera deliciosa*.

Giftig: Die meisten Araceen sind giftig. *Arum maculatum* (Fig. 434), ein in Wäldern häufiges knollentragendes Kraut, hat wenige, spießförmige, häufig braun gefleckte Blätter, eine weissgrünliche Spatha und einen fleischigen, oberwärts in eine nackte purpurne Keule übergehenden Kolben. Die Blüthen sind monöcisch; die weiblichen nehmen die Basis des Kolbens ein; die männlichen bilden, von ihnen getrennt, eine kleinere Gruppe oberhalb derselben, und noch höher befinden sich einige sterile Blüthen. — *Calla palustris*, eine Sumpfpflanze, hat eine an der Oberseite weisse Spatha und einen bis oben von zwittrigen Blüthen besetzten Kolben.

Officinell: *Acorus Calamus* (Fig. 434), der Kalmus, eine schilfartige Sumpfpflanze mit kriechendem Rhizom, schmalen Blättern und grünlicher Inflorescenz zwittriger



Ausserdem: *Pandanaceae*. Auf Stelzenwurzeln sich erhebende tropische Bäumchen mit schwertförmigen Blättern und grossen Kolben. — *Sparganiaceae* und *Typhaceae*. Grasähnliche Sumpfpflanzen, letztere mit dichten, cylindrischen, braun gefärbten Blütenständen. *Sparganium*, *Typha* in Deutschland.

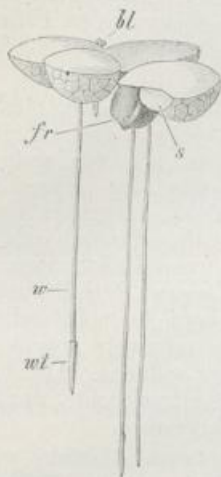


Fig. 436. *Lemna gibba*. *bl* Blüthe, *fr* Frucht, *w* Wurzel, *wl* Wurzel- tasche. Vergr. (Nach HEGELMAIER.)

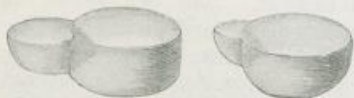


Fig. 437. *Wolffia arrhiza*. Vergr. 10. (Nach HEGELMAIER.)

#### 4. Ordnung. Glumiflorae.

Blüthen hypogyn, zwittrig oder eingeschlechtig, nackt oder mit reducirtem Perigon, mit einfächerigem, eine Samenanlage enthaltendem Fruchtknoten; Inflorescenz viel- und kleinblüthig, spelzenreich. Schliessfrucht. — Meist Kräuter mit linealischen, parallelnervigen Blättern.

Sämmtlichen Glumifloren kommt die Tracht zu, welche als grasartig bezeichnet wird. Es sind in anderen Worten krautige, selten holzige Gewächse mit schmalen, spitzen, saftarmen Blättern und unscheinbaren, kleinblüthigen, von schuppenartigen Blättern, den Spelzen, dicht besetzten Inflorescenzen. Die Spelzen sind saftarme, grüne oder bräunliche, theils sterile, theils den Zweigen und Blüthen als Deckblätter dienende Hoch-

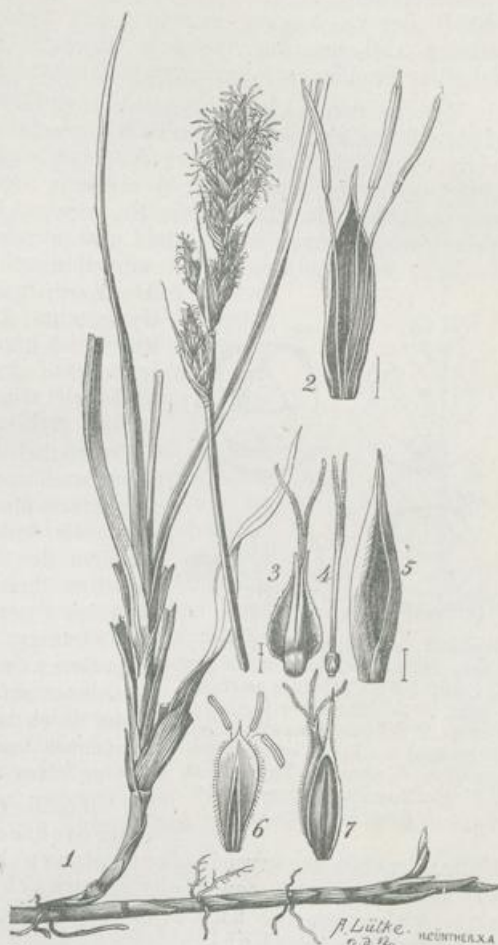


Fig. 438. *Carex arenaria*. 1 Blühende Pflanze. 2 männliche Blüthe mit Deckschuppe. 3 weibliche Blüthe. 4 Pistill. 5 Deckblatt der weiblichen Blüthe. 6 männliche Blüthe von *Carex hirta*. 7 weibliche Blüthe derselben. (Nach WOSSIDLO.)

blätter, die den am meisten in die Augen fallenden Bestandtheil des Blütenstands zu bilden pflegen, namentlich da, wo sie, wie bei vielen echten Gräsern, in lange Fortsätze oder Grannen ausgehen. Die unscheinbaren Farben der Blütenstände hängen mit der allen Glumifloren gemeinsamen Windbestäubung zusammen, ebenso wie die leichte, schaukelnde Beweglichkeit der an langen, zwischen den Spelzen herabhängenden Fäden befestigten Antheren, der reichliche, trockene Blütenstaub und die stark entwickelten Papillen an den grossen Narben (Fig. 442).

Wie in den meisten dichten, kleinblüthigen Inflorescenzen, sind auch bei den Glumifloren die Einzelblüthen sehr einfach gebaut, hier offenbar in Folge von Reductionen. Der Monocotylen-Typus ist nirgends mehr vollständig vertreten; überall ist wenigstens der eine oder der andere Wirtel ganz unterdrückt. Das Perianth, dessen Rolle als Schutzorgan von den Spelzen übernommen ist, besteht nur aus haarähnlichen Borsten oder fehlt gänzlich; das Androeceum ist zuweilen vollzählig, gewöhnlich aber, durch Abort des inneren Kreises, dreigliedrig; das Gynoeceum kann ebenfalls vollständig auftreten, ist aber häufig auf zwei Carpelle, meist jedoch auf ein Carpell reducirt. Die Früchte sind meist trockene Schliessfrüchte; der Samen enthält mehliges Nährgewebe.

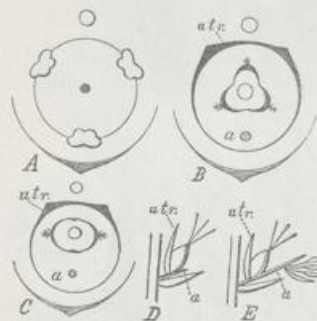


Fig. 439. A Diagramm einer ♂ Carex-Blüthe, B einer dreinarbigen ♀ Carex-Blüthe, C einer zweinarbigen, D Schema einer ♀ Carex-Blüthe, E Schema des zwitterigen Aehrchens von Elyna. a Secundanspross, utr Utriculus oder Vorblatt des Secundansprosses.  
(Nach EICHLER.)

Aehnlich grasähnlichen Habitus wie die Glumifloren zeigen noch andere Monocotylen, namentlich die Juncaceen, Typhaceen, Sparganiaceen, die deshalb früher für die nächsten Verwandten der Gräser gehalten wurden, während der Bau ihrer Blüthen ihnen eine andere Stellung im System anweist. Von den beiden in der Ordnung belassenen Familien weisen die Cyperaceen weniger reducirte Blüthen als die Gramineen auf. Diese lassen sich aber nicht von jenen durch weitere Reduction ableiten, sondern Gramineen und Cyperaceen bilden selbstständige Zweige eines abgestorbenen Stammes.

Familie *Cyperaceae* (24). Blüthen meist eingeschlechtig, nackt oder mit reducirter

Hülle; Fruchtknoten zwei- oder dreicarpellig, mit anatropem Samenanlage. Fruchtschale dem Samen nicht angewachsen; Keim ohne Schildchen, vom Nährgewebe umgeben. — Kräuter mit dreikantigen, selten knotig gegliederten, nicht hohlen Aehsen; Blätter oft dreizeilig, mit geschlossener Scheide und keiner oder reducirter Ligula; Blütenstand verschieden, meist ohne Vorblätter (Fig. 439).

Die Cyperaceen sind meist perennirende Kräuter mit reich verzweigtem Rhizom und steifen, oft scharfrandigen Blättern. Aus dem Rhizom erheben sich sterile Blattbüschel und fertile Sprosse, die, je nachdem die Rhizomäste kurz oder lang sind, rasig beisammen stehen oder von einander getrennt sind. Die fertilen Sprosse sind nur an ihrer Basis knotig gegliedert; das oberste Internodium ist stark verlängert und trägt den Blütenstand. Letzterer ist mannichfach ausgebildet, bald eine einfache Aehre, bald ährig-, kopfig- oder rispig- aus Aehrchern oder Scheinährchen zusammengesetzt. Deckspelzen kommen überall vor, dagegen fehlen sterile Vorspelzen den meisten Gattungen. Die Blüthen sind meist monöcisch, die beiden Ge-

schlechter entweder in demselben Aehrchen vereinigt, oder auf verschiedene Aehrchen vertheilt.

Wichtigste deutsche Gattungen: 1) *Scirpus*; *Cyperus*; *Eriophorum* mit nach der Blüthezeit zu langen Haaren wachsenden Perigonborsten. 2) *Carex*. Blüthen nackt, eingeschlechtig.

Geographische Verbreitung. Die Cyperaceen oder Riedgräser sind über die ganze Welt verbreitet. Bei uns bilden sie den Hauptbestandtheil der Vegetation nasser Wiesen (der sogen. saueren Wiesen), der Sümpfe und der Ränder der Gewässer. Sie sind wegen ihrer saftlosen harten Blätter als Futtergräser werthlos. Am häufigsten und artenreichsten ist die Gattung *Carex*. — Die Familie enthält keine wichtige Nutzpflanze mehr. Die alten Aegypter benutzten dünne Streifen des festen Marks von *Cyperus Papyrus* als Papier.

Familie **Gramineae**<sup>(25)</sup>. Blüthen meist zwittrig, mit reducirter Hülle; Fruchtknoten eincarpellig, mit einer schwach campyotropen Samenanlage; Fruchtschale dem Samen angewachsen; Keim mit schildförmigem Cotyledon, dem Nährgewebe seitlich aufliegend. — Kräuter, selten Sträucher oder Bäume, mit in den Internodien hohlen Achsen. Blätter zweizeilig, mit meist offener an der Basis knotig verdickter Scheide und Ligula. Inflorescenzen aus Aehrchen zusammengesetzt, mit Vorblättern (Fig. 440 bis 447).



Fig. 440. Gramineae. Diagramm (Avena). Die fehlenden Glieder sind durch  $\times$  dargestellt.

Die Gramineen oder echten Gräser sind meist perennirende Kräuter mit viel verästelt, im Boden horizontal kriechendem Rhizomsystem, aus welchem sterile Sprosse als Blattbüschel und ihrer ganzen Länge nach knotig gegliederte und beblätterte, aber meist unverzweigte fertile Sprosse sich erheben. Weniger zahlreich sind die einjährigen Gräser; sie entbehren

der Rhizome und sterilen Büschel. Noch seltener sind die strauch- und baumartigen, oberirdisch reich verzweigten Formen. Ein hautartiger Auswuchs, die Ligula, ist zwischen Spreite und Scheide des Gramineenblattes stets vorhanden (Fig. 442 l).

Die Gesamtblüthenstände der Gramineen sind ähren-, trauben- oder rispenartig und stets von ährenartigen Theilinflorescenzen, den sogen. Aehrchen (Fig. 441), gebildet. Das Aehrchen ist meist mehrblütig, mit mehreren zweizeilig geordneten Spelzen. Die beiden oder seltener die drei untersten dieser Spelzen sind steril und werden Hüllspelzen (*glumae*) genannt; auf sie folgen in wechselnder Anzahl die fertilen, d. h. eine Blüthe in ihrer Achsel tragenden Deckspelzen (*palea inferior*), welche vielfach in eine Granne auslaufen. Der kaum erkennbare Blütenstiel trägt dicht unterhalb der Blüthe eine stets grannenlose Vorspelze (*palea superior*, Fig. 443 B) und das auf zwei Schüppchen, die Lodiculae (Fig. 443 C), reducirte Perianth. Zur Blüthezeit schwellen die Lodiculae auf und bedingen dadurch die Trennung der Spelzen, das Öffnen der Blüthen. Die Achsentheile des Aehrchens sind sämtlich sehr kurz, so dass die in einander geschachtelten Spelzen äusserlich nur theilweise sichtbar sind.

Das Androeceum besteht meist aus drei Staubgefässen mit dünnen Fäden



Fig. 441. Schema des Gräsährchens. *g* die Hüllspelzen, *p<sub>1</sub>* und *p<sub>2</sub>* palea inferior und superior, *e* die Lodiculae, *B* die Blüthe. Sämmtliche Achsentheile verlängert.

und grossen, linealischen Antheren, die unterhalb ihrer Mitte an dem verdünnten Fadenende befestigt sind. Der Fruchtknoten trägt direct oder auf kurzem Griffel zwei, selten drei, verzweigte papillöse Narben (Fig. 443 B). — Das lederartige von einer Längsfurche durchzogene Pericarp ersetzt in seinen Functionen die ihm angewachsene zarte Samenschale. Manchmal, z. B. bei den meisten Rassen der Gerste, ist dasselbe auch mit den Spelzen verwachsen. Bei der Keimung verbleibt der schildförmige Anhang des Cotyledons, das Scutellum, in der Schale, und saugt das Endosperm auf.

*Streptochaeta*, eine wahrscheinlich der Stammform der Familie ähnlich gebliebene brasilianische Gattung, besitzt nach CELAKOVSKY und GÖBEL eine vollzählige Monocotylenblüthe;

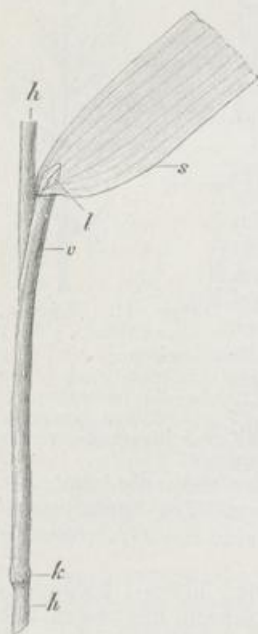


Fig. 442. Stengel- und Blattstück einer Graminee. *h* Halm, *k* knotige Verdickung der Blattscheide, *v* Blattscheide, *s* Stück der Blattspreite, *l* Ligula. Nat. Gr.

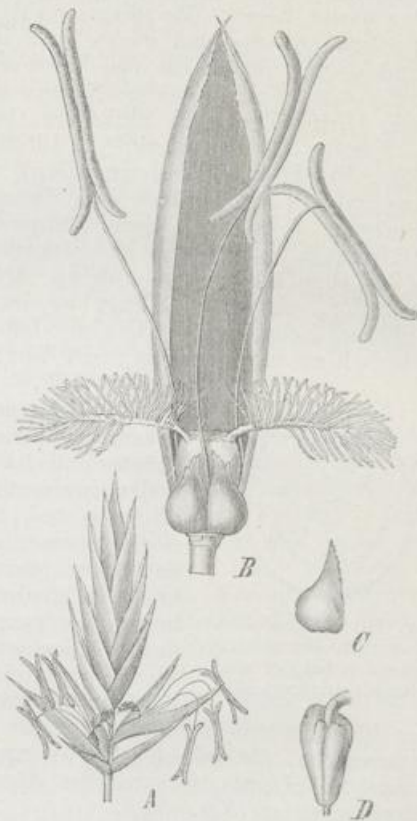


Fig. 443. *Festuca pratensis*. *A* Aehren (vgl. Fig. 441) mit zwei offenen Blüten, unten die beiden sterilen Hüllspelzen. Vergr. 3. *B* Blüthe; vorn die beiden Lodiculae, hinten die Vorspelze (palea superior), Fruchtknoten mit federartigen Narben. Vergr. 12. *C* eine Lodicula. Vergr. 12. *D* Fruchtknoten, von der Seite, mit dem Stiel einer abgeschnittenen Narbe. Vergr. 12.

das über die Deckspelze fallende Perigonblatt ist allerdings nur auf frühen Stadien als Rudiment sichtbar. Ein dem inneren Kreis entsprechendes dreizähliges Perigon kommt mehreren Grasgattungen zu. Möglicherweise ist die Vorspelze aus der Verwachsung zweier äusserer Perigonblätter hervorgegangen.

Wichtigste deutsche Gattungen: *Phleum* und *Alopecurus*, mit ährenähnlichem Gesamtblüthenstand. *Agrostis*; *Calamagrostis*; *Avena*; *Aira*; *Melica*; *Poa*; *Festuca*; *Bromus*; *Triticum*.

Geographische Verbreitung. Die Gramineen sind, wie die Cyperaceen, auf der ganzen Welt verbreitet. Sie zeigen sich an den verschiedenartigsten Standorten, jedoch vornehmlich auf Wiesen, deren wesentlichste Vegetation sie überall bilden. Als besonders wichtige Gräser der deutschen Wiesen mögen erwähnt werden: *Poa pratensis*, *Agrostis pratensis*, *Alopecurus pratensis*, *Phleum pratense*, *Dactylis glomerata*, *Briza media*, *Anthoxanthum odoratum*, *Lolium perenne*, *Holcus lanatus*, *Arrhenatherum elatius*, *Avena pubescens*, *Avena flavescens* u. s. w. Die baumartigen Gräser der Gattung *Bambusa* und ihrer Verwandten bilden in den Tropen ausgedehnte Gebüsche für sich allein oder, in ihren kleineren Formen, Dickichte im Schatten des Urwaldes. — Die wichtigsten Culturpflanzen aus der Familie der Gräser sind in den temperirten Zonen: der Weizen, *Triticum vulgare*, mit zahlreichen Varietäten und Rassen, z. B. *Tr. turgidum*, *Tr. durum*, *Tr. polonicum*; der Spelt, *Tr. Spelta*; der Emmer, *Tr. dicoccum*; das Einkorn, *Tr. monococcum*; der Roggen, *Secale cereale*; die Gerste, *Hordeum vulgare*,

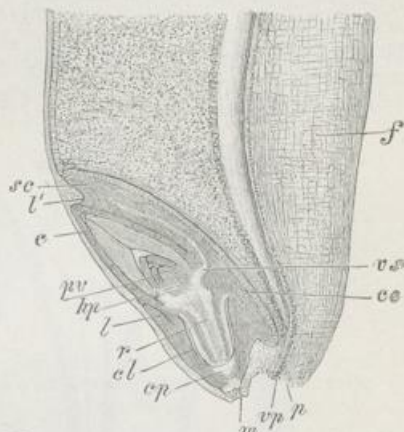


Fig. 444. Medianer Längsschnitt durch den Basaltheil eines Weizenkorns. Links unten der Keim mit dem Scutellum *sc*, *l* Ligula, *vs* Gefäßbündel des Scutellums, *ce* sein Cylinderepithel, *e* Scheidetheil des Cotyledon, *pv* Stammvegetationskegel, *hp* Hypocotyl, *l* Ligula an demselben, *r* Radicula, *cl* Wurzelscheide, *m* Austrittsstelle der Radicula, *p* Fruchtstiel, *vp* Gefäßbündel desselben; *p* Seitenwandung der Furche. Vergr. 14.



Fig. 445. *Oryza sativa* (der Reis). 1 Blütenrispe. 2 Aehren. (Nach WOSSIDLO.)



Fig. 446. *Saccharum officinarum* (Zuckerrohr). Sehr verkleinert. 2 Blüthe; mit abgeschnittenen Spelzen. — Officinell. (Nach WOSSIDLO.)

in mehreren Varietäten und Rassen, wie *H. hexastichum*, *H. distichum* u. s. w.; der Hafer, *Avena sativa*; der Mais, *Zea Mays* und zahlreiche Futterpflanzen. Unsere Cerealien sind im wilden Zustande unbekannt mit Ausnahme der zweizeiligen Gerste, *Hordeum distichum*, die in Vorderasien vorkommt. Die Heimath der übrigen dürfte Osteuropa oder Vorderasien gewesen sein, mit Ausnahme des Mais, der amerikanischen Ursprungs ist. — In den tropischen und subtropischen Zonen cultivirt man den Reis, *Oryza sativa* (Fig. 445), ursprünglich in Ostindien heimisch;



Fig. 447. *Lolium temulentum*. — Giftig.

austr.). *Agropyrum repens*: Rhizoma s. Rad. graminis (Pharm. germ., austr.). — *Triticum vulgare*, in der Stärke seiner Körner: Amylum Triticici (Pharm. germ., austr.).

##### 5. Ordnung. Helobiae.

Blüthen hypogyn, seltener epigyn, actinomorph, mit Perianth; Staubgefäße meist mehr als sechs; Carpelle meist mehr als drei, bei Hypogynie frei; Same ohne Endosperm; Keim mit grossem Hypocotyl.

Die Helobien sind Sumpf- und Wasserkrauter, theils von grasähnlicher Tracht, theils breitblättrig. Die Blüthen haben, je nachdem die Bestäubung

das Zuckerrohr, *Saccharum officinarum* (Fig. 446), ein weit über mannshohes perennirendes Gewächs, mit parenchymatischem Mark, dessen Saft durch Eindampfen und Reinigen einen Theil des Rohrzuckers des Handels liefert (vgl. auch *Beta vulgaris*). Wild wachsend kommt das Zuckerrohr nicht mehr vor, seine Heimath ist aber unzweifelhaft das tropische Ostasien. Der Sorgho oder die Mohrhirse (*Andropogon Sorghum*) und *Bambusa*-Arten, deren Stämme als Balken und deren hohle Internodien zu Geräthschaften Verwendung finden, sind ebenfalls vorwiegend tropisch.

Giftig: *Lolium temulentum*, der Taumelolch (Fig. 447), ist ein einjähriges Gras mit schmalen, langgestreckten, seitlich zusammengedrückten grünen Blütenständen. Die Früchte sind giftig. Letzteres gilt auch von dem ganz ähnlichen, nur auf Leinfeldern als Unkraut wachsenden *L. imicola*. Beide Arten unterscheiden sich von den anderen unschädlichen *Lolium*-Arten, z. B. *Lolium perenne*, dem Raygras, durch das Fehlen steriler Blütenbüschel.

Officinell: *Saccharum officinarum* (Fig. 446) liefert Saccharum (Pharm. austr., germ.). — Die keimenden Körner von *Hordeum vulgare* liefern Malz, Maltum (Pharm.

durch Vermittelung des Windes bezw. des Wassers, oder der Insecten stattfindet, ein kleines, grünliches, oder ein grosses, in Kelch und Corolle gegliedertes Perianth. Der Blütenbau ist vielleicht phylogenetisch durch Spaltungen innerhalb des Androeceum und Gynoeceum aus dem Monocotylen-typus hervorgegangen. Andererseits kommen auch reducirte Blüten vor.

Familie *Alismaceae*<sup>(26)</sup>. Blüten hypogyn, zwittrig, mit in

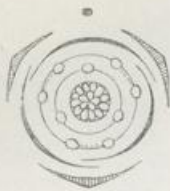


Fig. 448. Blüthendiagramm von *Echinodorus parvulus*, einer *Alismacee*. (Nach EICHLER.)

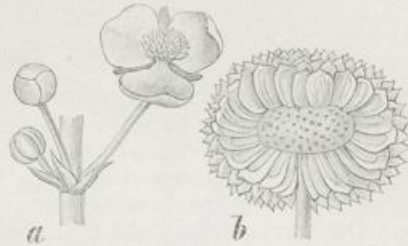


Fig. 449. *Sagittaria sagittifolia*. *a* Blüten, *b* Frucht, nach Entfernung eines Theils der Carpelle. Vergrössert.

Kelch und Corolle differenzirtem Perianth; Staubgefässe 9 (6 + 3) oder mehr; Carpelle frei, zahlreich, zuweilen spiralig. Schliessfrucht, selten Kapsel (Fig. 448, 449).

Die *Alismaceen* bewohnen die Sümpfe und seichten Gewässer aller Zonen. Ihre häufigsten Vertreter in der deutschen Flora sind *Alisma Plantago*, *Sagittaria sagittifolia* und *Butomus umbellatus*.

Die kleine Familie der *Juncaginaceae* unterscheidet sich von der vorigen nur durch den grasähnlichen Habitus und das kelchartige Perianth. Sie stellt vielleicht die älteste Gruppe der Ordnung dar. *Triglochin palustre* ist ihr häufigster Vertreter.

Familie *Hydrocharitaceae*<sup>(27)</sup>. Blüten epigyn, meist eingeschlechtig; Perianth in Kelch und Corolle differenzirt oder letztere unterdrückt; Staubgefässe drei bis viele; Fruchtknoten mit drei oder mehr Carpellen. Frucht unregelmässig aufspringend, meist vielsamig.

Wasserpflanzen. In Deutschland: *Hydrocharis morsus ranae*, *Stratiotes aloides*. Aus Amerika stammt *Elodea canadensis*, die Wasserpest.

Familie *Potamogetonaceae*<sup>(28)</sup>. Blüten hypogyn, eingeschlechtig oder zwittrig, meist nackt oder mit reducirtem kelchartigen Perigon; Androeceum und Gynoeceum ein- bis viergliederig, letzteres apocarp. Reife Carpelle steinfruchtartig, einsamig (Fig. 450).

Potamogetonaceen bilden als unscheinbare submerse Kräuter einen wesentlichen Bestandtheil der Süßwasserflora aller Zonen (in Deutschland *Potamogeton*,

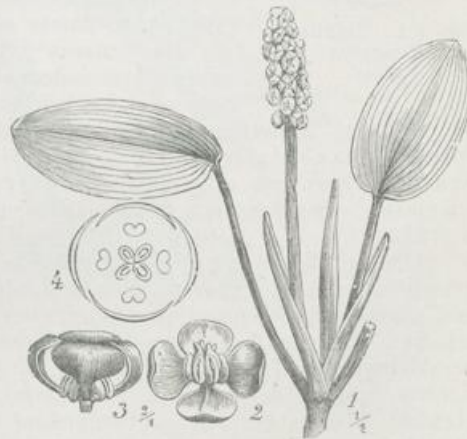


Fig. 450. *Potamogeton natans*. *1* blühende Sprossspitze. *2* Blüthe. *3* dieselbe von der Seite. *4* Diagramm. (Nach WOSSIDLO.)

*Zannichellia*). Einige Arten kommen im Meere vor, wo sie in der Nähe der Küsten ausgedehnte untergetauchte Wiesen bilden, wie das in allen temperirten Meeren verbreitete Seegrass (*Zostera marina*), welches als Polstermaterial Verwendung findet und dadurch die einzige Nutzpflanze der ganzen Ordnung darstellt.

Die kleine Familie der *Najadaceae* (Blüthen diklin, ein Staubfaden, ein Fruchtknoten) ist mit der vorigen, deren Lebensweise und Tracht sie theilt, nahe verwandt. *Najas major* ist in Gewässern nicht selten.

### 6. Ordnung. Scitamineae.

Blüthe epigyn, stark zygomorph oder asymmetrisch; Androeceum reducirt, meist theilweise petaloid; Fruchtknoten meist dreifächerig; Samen mit Perisperm.

Die meisten Scitamineen sind durch Rhizome perennirende Kräuter mit fiedernervigen Blättern und ansehnlichen, an Insectenbestäubung angepassten Blüthen. Das Perianth ist bald in Kelch und Corolle differenzirt, bald als corollinisches Perigon ausgebildet. Das Androeceum ist besonders charakteristisch. Es weicht allerdings in gewissen Fällen, z. B. bei der Banane, nur durch das Fehlen oder die staminodiale Entwicklung des hinteren Staubgefässes vom Monocotylen-Typus ab. In der grossen Mehrzahl der Fälle hingegen ist nur ein fertiles Staubgefäss vorhanden, während die übrigen Glieder des Androeceum theils unterdrückt, theils als blumenblattartige, die Gestalt der Blüthen in erster Linie bedingende Staminodien ausgebildet sind (Fig. 452 C, 453). Die Früchte sind verschiedenartig.



Fig. 451. Zingiberaceae. Diagramm (Zingiber).

Familie *Musaceae*<sup>(29)</sup>. Blüthe zygomorph, mit fünf fertilen Staubgefässen. Tropische, baumähnliche Kräuter, selten echte Bäume mit riesigen Blättern.

Die Bananen (*Musa sapientum* und *Musa paradisiaca*) werden ihrer essbaren Beerenfrüchte wegen in allen Tropenländern massenhaft cultivirt.

Familie *Zingiberaceae*<sup>(30)</sup>. Blüthe zygomorph; das hintere innere Staubblatt allein fertil, die beiden seitlichen inneren Staubblätter zu einem zungenförmigen Blatt (labellum) verwachsen; die äusseren Staubblätter staminodial oder fehlend (Fig. 451 u. 452).

Die meisten Arten sind aromatische Kräuter mit Rhizomen. Ihre zu verschiedenartigen Inflorescenzen gruppirten Blüthen sind meist ansehnlich und schön gefärbt, zuweilen von seltener Pracht; sie verdanken diese Eigenschaften weniger dem Perianth, als dem grossen, zungenartig nach vorn herabhängenden Labellum (Fig. 452 B, C). Die Staubblätter des äusseren Kreises fehlen oder sind in Form von zwei meist unscheinbaren, selten ebenfalls blumenblattartigen Staminodien vertreten. Die Frucht ist eine dreiklappig aufspringende Kapsel, seltener eine Beere. Die Samen sind mit Arillus versehen.

Geographische Verbreitung. Die Zingiberaceen sind sämtlich Tropenbewohner. Besonders zahlreich an Arten und Individuen treten sie in den Urwäldern Südasiens auf, welchen sie durch ihre prachtvollen Blüthen und Hochblätter zur Hauptzierde gereichen. Mehrere Arten werden in Gewächshäusern als Zierpflanzen cultivirt, andere sind als Gewürzpflanzen geschätzt, so Ingwer und Cardamome.

Officinell: *Zingiber officinale*, Ingwer (Ostindien, in Fig. 452), liefert



Rhizoma *Zingiberis* (Pharm. germ., austr.). — *Curcuma Zedoaria* (Ostindien); Rhiz. *Zedoariae* (id.). — *Alpinia officinarum* (Insel Hainan in China): Rhiz. *Galangae* (Pharm. germ.). — *Elettaria Cardamomum* (Ostindien): Fructus *Cardamomi* (Pharm. germ., austr.).

Familie **Cannaceae**<sup>(31)</sup>. Blüte asymmetrisch, das hintere innere Staubblatt allein fertil, auf der einen Seite eine halbe (monothecische) Anthere tragend, auf der anderen petaloid; die beiden



Fig. 452. *Zingiber officinale*. A Ganze Pflanze ( $\frac{1}{2}$  nat. Gr.). B Einzelblüthe. C Labellum. D Fruchtknoten im Querschnitt. — Officinell. (Nach BERG und SCHMIDT.)

seitlichen Staubblätter als ungleiche Staminodien (Flügel und grosses herabgebogenes Labellum), die äusseren Staubblätter staminodial oder fehlend. Fruchtfächer mehrsamig. Keim gerade (Fig. 453).

Die Cannaceen sind stattliche, durch Rhizome perennirende Kräuter, mit grossen, lanzettlichen Blättern und endständigen Blütenähren. Die Asymmetrie der Blüthe ist durch das Androeceum, namentlich durch das Labellum, bedingt. Man beachte, dass letzteres nur aus einem Staminodium besteht und dem ent-

sprechend nicht dem aus zwei verwachsenen Staminodien bestehenden Labellum der Zingiberaceen homolog ist. Die Früchte sind Kapseln.

Die Arten von *Canna*, der einzigen Gattung, wachsen im tropischen Amerika. Mehrere derselben sind beliebte Zierpflanzen.

Familie **Marantaceae**<sup>(32)</sup>. Blüten asymmetrisch, das innere hintere Staubblatt allein fertil, auf der einen Seite eine halbe (monotheische) Anthere tragend, auf der andern Seite staminodial; die beiden seitlichen inneren Staubblätter als ungleiche Staminodien (Kapuzenblatt und Schwielenblatt), die äusseren Staubblätter staminodial oder fehlend. Fruchtfächer ein- bis dreisamig. Keim gekrümmt.

Die Marantaceen sind durch Rhizome perennirende Kräuter, deren stets gestielte Blätter eine gelenkartige Verdickung unterhalb der Spreite zeigen. Die meist weissen Blüten sind im Gegensatz zu denjenigen der verwandten Familien oft klein. Sie weichen von denjenigen der *Canna*-Arten nur durch die Gestalt der inneren Staminodien ab, von welchen das dem Labellum der letzteren entsprechende als kleines, krummes Kapuzenblatt entwickelt ist. Viele Arten werden in Gewächshäusern cultivirt, jedoch weniger der Blüten als des oft bunten Laubes wegen.

Geographische Verbreitung. Die Marantaceen bewohnen vorzüglich das tropische Amerika.

Officinell: *Amylum Marantae*, westind. Arrowroot, aus dem Rhizom von *Maranta arundinacea* (Westindien [Pharm. austr.]).

## 7. Ordnung. Gynandrae.

Blüte epigyn, zwittrig, zygomorph; corollinisches Perigon; Androeceum auf die drei vorderen Glieder reducirt, meist aus einem fertilen Staubgefäss und zwei Staminodien bestehend, mit dem Griffel zu einer Säule verwachsen; Fruchtknoten meist einfächerig mit parietaler Placenta; Kapsel Frucht; Samen äusserst zahlreich und klein, ohne Nährgewebe, mit ungegliedertem Keim.



Fig. 454. Orchidaceae-Diagramm (Orchis).

Familie **Orchidaceae**<sup>(33)</sup>. Merkmale der Ordnung (Fig. 454—459).

Die Orchideen sind Kräuter von äusserst verschiedenartiger Tracht, mit botrytischen, meist ährenartigen Blütenständen. Ihre Blüten werden beinahe durchweg von Insecten bestäubt und haben oft mannichfache Anpassungen an letztere entwickelt (Fig. 455). Das corollinische Perigon zeigt endlose Variationen. Das hintere Blatt des inneren Wirtels ist häufig durch Grösse, Gestalt und Farbe ausgezeichnet und wird, wie das ähnlich aussehende aber nicht homologe Staminodialgebilde der Zingiberaceen, Labellum genannt, meist setzt es sich nach hinten in eine spornartige nectarhaltige Aussackung fort (Fig. 455 *af*). Der Anlage nach



Fig. 453. Blüte von *Canna iridiflora*. *f* Fruchtknoten, *k* Kelch, *c* Corolle, *l* Labellum, *st 1-3* die übrigen Staminodien, *a* fertiles Staubgefäss, *g* Griffel.  $\frac{1}{2}$  nat. Gr.

ist das Labellum nach oben gerichtet; es kommt aber in der Regel, in Folge einer Drehung des unterständigen Fruchtknotens um  $180^\circ$  oder einer Ueberkippung, nach unten. — Vom Androeceum sind nur das mittlere Glied des äusseren Wirtels und die beiden seitlichen des inneren entwickelt; in der Regel sind diese letzteren als sterile Zähne ausgebildet (*bp*), während das mittlere Staubblatt fertil ist (z. B. *Orchis*); selten sind umgekehrt die beiden seitlichen Glieder fertil und das mittlere steril (*Cypripedium*), noch seltener sind alle fertil. Das durch Verwachsung der Staubgefässe mit der Carpelspitze gebildete sogen. Gynostemium (*b*) ist bald als Säule entwickelt, bald,

wie bei *Orchis*, kaum über den Blütenboden erhaben; es trägt an seinem Gipfel die Anthere bezw. das Antherenpaar und die Narbe. — Der Pollen ist nur seltenstäubig (z. B. *Cypripedium*); meist ist der gesammte Pollen einer Theca zu einer keulenförmigen Masse, dem Pollinarium (*c*), verklebt und mit einem aus erhärtetem Schleim bestehenden Stielchen, der Caudicula (*cr*), versehen. Zuweilen sind mehrere Pollinarien vorhanden. Die dreilappige Narbe (*bh*) liegt unterhalb der Anthere. Ihre beiden seitlichen Lappen sind normal entwickelt und zur Aufnahme des Pollens bestimmt, während der obere ein Beutelehen, Rostellum (*bl*), darstellt, in welchem ein oder zwei durch Desorganisation des Gewebes entstandene Gummiballen, die Klebmassen (*q*), liegen. Der ganze Apparat stellt eine Anpassung an Bestäubung durch Insecten dar. Versucht ein solches den Nectar zu erreichen, so bleiben die Pollinarien durch ihre Klebmassen an seinem Rüssel hängen und bestäuben die darauf besuchte Blüthe. Mit der Spitze eines Bleistiftes kann der Vorgang nachgeahmt werden. Die Kapsel ist meist lederartig und springt sechsspaltig auf. Der Keim ist meist kugelig und entbehrt der Gliederung in Hypocotyl und Cotyledon.

Die meisten unserer einheimischen Orchideen, z. B. *Orchis*, sind Knollen-

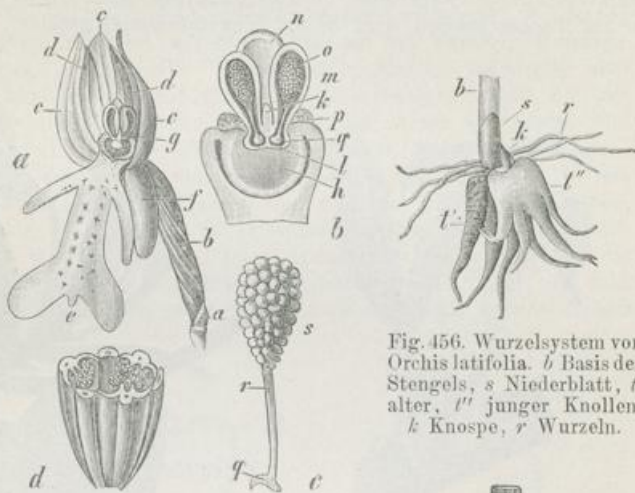


Fig. 456. Wurzelsystem von *Orchis latifolia*. *b* Basis des Stengels, *s* Niederblatt, *l'* alter, *l* junger Knollen, *k* Knospe, *r* Wurzeln.

Fig. 455. *Orchis militaris*. *a* eine von der kleinen Bractee (*a*) gestützte Blüthe, *b* Fruchtknoten, *c* die äusseren, *d* die beiden oberen inneren Perigonblätter, *e* Labellum mit dem Sporne *f*, *g* Gynostemium. — *b* dieselbe nach Entfernung des Perigons mit Ausnahme des oberen Theils des Labellum, *h* Narbe, *l* Rostellum, *k* zahnartiger Fortsatz des Rostellum, *m* Fach der Anthere, *n* Connectiv, *o* Pollinarium, *q* Klebmasse, *p* Staminodium. — *c* einzelnes Pollinarium, *r* Caudicula, *s* Pollen, stark vergr. — *d* Frucht im Querschnitt, schwach vergr. (Nach BERG und SCHMIDT.)



Fig. 457. Wurzelsystem von *Orchis morio*. Nat.Grösse. — Officinell. (Nach WOSSIDLO.)

gewächse. Es sind in der Regel zwei Knollen vorhanden, welche aus mehreren mit einander verwachsenen Wurzeln bestehen, und je nachdem die Verschmelzung eine mehr oder weniger vollkommene ist, eine eiförmige, glatte (Fig. 457) oder gelappte Gestalt besitzen (Fig. 456). Der eine Knollen, Mutterknollen genannt, ist dunkel und welk, von weicher, schwammiger Beschaffenheit; er trägt oberwärts den blühenden Spross und geht mit diesem zu Grunde. Der andere Knollen, der Tochterknollen, ist fest, hell gefärbt, mit gipfelständiger Knospe versehen; er überwintert im Boden und entwickelt im folgenden Frühjahr aus seiner Knospe den oberirdischen Spross, wobei er, in Folge der Entleerung der in seinen Zellen aufgespeicherten Nährstoffe, die Beschaffenheit eines Mutterknollens annimmt. Ein neuer Tochterknollen wird in der Vegetationszeit gebildet.



Fig. 458. *Gongora galeata* eine epiphytische Orchidee.  $\frac{1}{5}$  nat. Gr. (Nach PRITZER in Natürl. Pflanzenfamilien.)



Fig. 459. *Vanilla planifolia*. Blühender Zweig.  $\frac{1}{3}$  nat. Gr. (Verkleinerung eines Bildes von BERG und SCHMIDT.) Officinell.

Unterfamilien und wichtigste Gattungen: 1) *Diandrae*. Zwei (selten drei) fertile Staubgefäße. Alle drei Narbenlappen empfängnisfähig. *Cypripedium*. 2) *Monandrae*. Ein fertiles Staubgefäß. Von den drei Narbenlappen der eine rudimentär oder als Rostellum. *Orchis*, mit einem Sporn am Labellum; *Ophrys*, ohne Sporn, Blüthe insectenähnlich; beide, sowie *Gymnadenia*, *Platanthera* u. A. mit Knollen. *Cephalanthera* und *Epipactis* mit kriechendem Rhizom. *Neottia*, *Epipogon*, *Coralliorhiza*, chlorophyllfreie oder -arme Humuspflanzen. *Vanilla*, s. unter Officinell.

Geographische Verbreitung. Die Familie der Orchidaceen bewohnt vornehmlich die Tropen, namentlich die Urwälder, wo Tausende ihrer Arten als Scheinparasiten oder Epiphyten die Baumäste überwuchern. Solche Epiphyten (Fig. 458) haben auf der Rinde kriechende, von einem Velamen (vgl. S. 89)

überzogene, jeden Wassertropfen sofort aufsaugende Wurzeln und in vielen Fällen knollig verdickte Stämme, die als Wasserspeicher dienen, indem ihre Zellen sich mit Wasser füllen und dasselbe bei trockenem Wetter den Blättern abgeben. Erd-Orchideen sind hingegen besonders zahlreich in jenen trockenen Gegenden ausserhalb der Wendekreise, welche überhaupt durch Reichthum an Zwiebel- und Knollengewächsen ausgezeichnet sind (vgl. Liliaceen), wie das Capland und die Mittelmeerländer. Bei uns spielen sie eine unbedeutende Rolle. Die deutschen Orchideen sind sämtlich Erdbewohner und gehören vornehmlich der Gattung *Orchis* und ihren nächsten Verwandten an. — Viele tropische Arten werden als Zierpflanzen in Gewächshäusern gezogen.

Officinell: *Vanilla planifolia*, ein stattliches, durch Luftwurzeln epheuartig kletterndes Kraut, liefert in ihren unreifen Früchten die Vanille: *Fruetus Vanillae* (Pharm. germ., austr.). Die Vanille ist in Mexiko heimisch, aber gegenwärtig in allen Tropenländern cultivirt. — Die eiförmigen (nicht die gelappten) Tochterknollen einheimischer und kleinasiatischer Arten von *Orchis* und Verwandten sind als *Tubera Salep* (Pharm. germ., austr.) gebräuchlich.

Die kleine rein tropische Familie der *Burmanniaceae* vermittelt den Uebergang der Gynandreen zu den Amaryllidaceen und anderen epigynen Liliifloren, mit welchen letzteren sie das gewöhnliche actinomorphe Perianth und das vollzählige, oder auf einen Wirtel reducirte, freie Androeceum theilt, während die Zygomorphie mancher Formen, der einfächerige Fruchtknoten bei vielen, die sehr zahlreichen und kleinen Samen mit ungegliedertem Keime auf Verwandtschaft mit den Orchideen hinweisen.

## Unterklasse II.

### Dicotylae.

Blüthe meist nach dem fünfzähligen fünfwirteligen Typus. Same mit oder ohne Nährgewebe; Keim mit zwei Cotyledonen. — Kräuter und Holzgewächse mit offenen auf dem Stammquerschnitte kreisförmig geordneten Gefässbündeln und beinahe stets mit einem Cambium, das die Gefässbündel durchsetzt. Blätter meist mit netziger Nervatur.

Die Structur der Samen ist bei den Dicotylen sehr verschiedenartig. Das Nährgewebe ist stark oder schwach entwickelt oder gar nicht vorhanden; der Keim ist bald klein, bald gross, bei einigen Schmarotzern ungegliedert, sonst in Würzelchen, Hypocotyl und zwei Cotyledonen differenzirt. Letztere zeigen bei der Keimung verschiedenes Verhalten; bald bleiben sie im Samen eingeschlossen, bald breiten sie sich oberhalb des Bodens unter Ergrünung aus.

Die Hauptwurzel bleibt in der Regel erhalten und zeichnet sich vor den Nebenwurzeln durch stärkere Dimensionen und senkrechtliches Wachstum aus.

Der Stamm ist bei den meisten Dicotylen mehr oder weniger reich

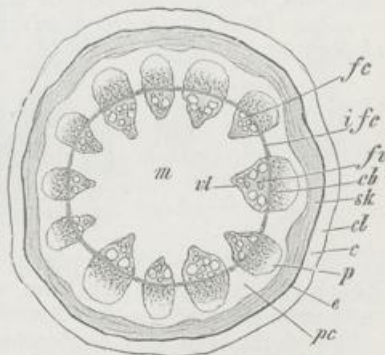


Fig. 460. Querschnitt durch einen jungen Stammtheil von *Aristolochia Siphon* (vgl. S. 96).

verzweigt. Ueber die Anordnung der Stammgefässbündel (Fig. 460) ist S. 96, über ihren Bau S. 90, über das secundäre Dickenwachsthum S. 104 zu vergleichen.

Die Blätter sind wechsel- oder quirlständig, im ersteren Falle nach sehr verschiedenen Verhältnissen angeordnet; sie sind häufig mit Nebenblättern versehen. Scheiden sind relativ selten. Die Spreite ist einfach oder zusammengesetzt, ganzrandig oder häufiger mehr oder weniger tief eingeschnitten.



Fig. 461. Blatt mit netziger Nervatur.  
 $\frac{3}{4}$  nat. Grösse.

Der Blütenbau lässt sich in der Mehrzahl der Fälle auf den fünfwirtelig-fünfgliedigen Typus zurückführen; doch kommen auch andere Zahlen der Wirtelglieder vor, zwei, drei, vier, auch sechs oder mehr. Höhere Zahlen als fünf lassen sich in der Regel auf Spaltung, niedere manchmal auf Abort zurückführen; doch kommen auch Blüten mit typisch geringeren Zahlen als fünf vor. Bei den einfachst gebauten Dicotylenblüthen (Amentaceen) sind schwankende Gliederzahlen vorhanden, die jedenfalls phylogenetisch nicht auf fünfgliedrige Wirtel zurückzuführen, sondern als der Ausdruck noch nicht fixirter Zahlenverhältnisse zu betrachten sind.

Das Perianth ist bei den ältesten Formen typisch kronenlos, bei den höher entwickelten meist in Kelch und Corolle gegliedert, selten als doppeltes, kelchartiges oder corollinisches Perigon ausgebildet, oder durch Fehlschlagen des einen Wirtels einfach. Das mediane Kelchblatt steht mit wenigen Ausnahmen (Papilionaceen, Lobeliaceen) nach hinten.

Die Dicotylen werden in zwei Gruppen, *Choripetalae* und *Sympetalae*, eingetheilt.

#### A. Choripetalae.

Perianth einfach oder doppelt und dann meist freiblätterig.

##### 1. Ordnung. Amentaceae.

Blüthen hypo- oder epigyn, eingeschlechtig, klein, nackt oder mit kelchartigem Perigon, die männlichen in Kätzchen, die weiblichen in verschiedenartigen Inflorescenzen. Zahl der Staubblätter schwankend, selten derjenigen des Perianths gleich. Gynoeceum zwei- bis sechsgliedrig. Chalazogamie. Samen ohne Endosperm.

Die Amentaceen sind sämtlich Holzgewächse mit wechselständigen Blättern. Charakteristisch für ihren Habitus sind die kätzchenartigen männlichen Inflorescenzen, an welchen die sehr kleinen Einzelblüthen aus den Achseln schuppenförmiger Hochblätter entspringen. Die weiblichen Blüthenstände sind zuweilen ebenfalls Kätzchen, wie bei den Weiden, in anderen Fällen köpfchen- oder ährenartig. Die Früchte sind meist einsamige Nüsse, seltener Kapseln oder Steinfrüchte.

Die Eingeschlechtigkeit, das Fehlen oder die schwache Entwicklung des Perianths, die bei derselben Art oder doch bei verwandten Arten schwankende Zahl und vielfach regellose Anordnung der Blüthenglieder, die beinahe constante Windblüthigkeit, die schwach entwickelten Anpassungen bei den Insectenblüthen, die Chalazogamie machen es wahrscheinlich, dass die Amentaceen unter den Dicotylen die phylogenetisch tiefste Stufe einnehmen, d. h. am wenigsten von den Urformen abweichen. Dass wir es mit noch wenig entwickelten, nicht mit reducirten Blüthen zu thun haben, erscheint daher wahrscheinlich, weil männliche und weibliche Blüthen offenbar nicht, wie die eingeschlechtigen Blüthen hoch entwickelter Typen, aus zwitterigen hervorgegangen sind und weil überhaupt jedes Anzeichen einer Reduction fehlt.

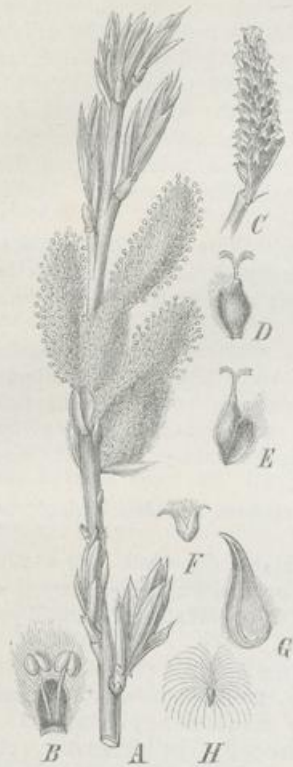


Fig. 462. *Salix viminalis*. A blühen-  
der, männlicher Zweig. Nat. Gr.  
B männliche Blüthe mit Deckblatt,  
vergrössert. C weibliches Kätzchen.  
D—E weibliche Blüthen, vergr.  
F Frucht. Nat. Gr. G dieselbe,  
vergrössert. H Samen, vergrössert.



Fig. 463. *Populus tremula*. 1 männlicher, 2 weiblicher Blüthenzweig. 3 männliche Blüthe. 4 weibliche Blüthe. 5 dieselbe im Längsschnitt. 6 Frucht. 7 dieselbe aufgesprungen. 8 Same. 9 Diagramm.  
(Nach WOSSIDLO.)

Die wesentlichen Unterschiede innerhalb der Ordnung sind auf die weiblichen Blüthen beschränkt, die bald hypo-, bald epigyn sind, einen gefächerten oder einen ungefächerten Fruchtknoten, eine einzige Samenanlage oder eine Mehrzahl Samenanlagen in verschiedenartiger Stellung besitzen können. Diese Unterschiede sind für die Gliederung der Ordnung in Familien in erster Linie maassgebend.

Familie *Salicaceae*<sup>(34)</sup>. Bl. hypogyn, diöcisch; Perianth fehlend; becherförmiger oder aus Schuppen bestehender Discus; Fruchtknoten dimer, einfächerig, mit zahlreichen wandständigen Samenanlagen; Frucht kapselartig mit vielen behaarten Samen. — Bäume und Sträucher mit einfachen Blättern mit Nebenblättern und kätzchenartigen Blütenständen (Fig. 462—463).

Die Familie enthält nur zwei Gattungen, *Salix*, Weide und *Populus*, Pappel.

Die Blüten der Weiden (Fig. 462) werden im Gegensatz zu denjenigen aller anderen Amentaceen, nicht durch den Wind, sondern durch Insecten bestäubt, und sind daher, wie alle Insectenblüthen, mit entsprechenden Lockmitteln versehen, als Nectarien (die Discusschuppen), Wohlgeruch der männlichen Kätzchen, lebhaftere Färbung der Staubbeutel, klebriger Blütenstaub. Männliche und weibliche Kätzchen besitzen im Wesentlichen gleichen Bau; sie sind mit ungetheilten Schuppen besetzt, in deren Achseln die Blüten sich einzeln befinden. Die Zahl der Staubgefäße in jeder männlichen Blüthe beträgt gewöhnlich zwei (z. B. *Salix alba*), seltener drei oder mehr (*Salix triandra*, *S. pentandra*). Die Frucht springt zweiklappig auf und ihre zahlreichen Samen, deren Behaarung eine Anpassung an Verbreitung durch den Wind darstellt, bleiben lange in der Luft schwebend.

Die Pappeln (Fig. 463) sind Windblüthler und entbehren dem entsprechend der Honigdrüsen, deren Stelle durch einen becherförmigen Discus vertreten ist. Die Kätzchen sind denjenigen der Weiden ähnlich, aber mit zerschlitzten Schuppen versehen. Frucht und Samen wie bei *Salix*.

Geographische Verbreitung. Die Salicaceen sind beinahe ausschliesslich Bewohner der temperirten und kalten Zonen, wo sie vielfach durch massenhaftes Auftreten eine Hauptrolle im Gesamtbilde der Vegetation spielen. Charakteristisch sind sie namentlich für die Uferlandschaften, wo strauchige Weiden (*Sal. purpurea*, *triandra*, *viminialis* u. s. w.) dichte Gebüsche bilden, die oft durch baumartige Arten (*S. alba*, *fragilis*) überragt werden.

Die viel cultivirte Trauerweide, *S. babylonica*, stammt aus dem Orient; nur weibliche Exemplare kommen bei uns vor.

Von der Gattung *Populus* kommen in Deutschland nur drei Arten wildwachsend vor, die Silberpappel (*P. alba*) und die schwarze Pappel (*P. nigra*) an feuchten Orten, die Zitterpappel (*P. tremula*, Fig. 463) in Wäldern. Die Pyramidenpappel (*P. pyramidalis*) stammt aus dem Orient.

Officinell: *Salix alba* u. a. A. liefern Cortex salicis (Pharm. austr.).

Familie *Cupuliferae*<sup>(35)</sup>. Blüten epigyn, monöcisch, ohne oder mit Perigon; Discus 0; Fruchtknoten zwei- oder dreifächerig mit 1—2 hängenden Samenanlagen in jedem Fache; Frucht nussartig, einsamig. — Holzgewächse mit einfachen Blättern, Nebenblättern und verschiedenartigen weiblichen Inflorescenzen (Fig. 464—470).

Die Cupuliferen sind sommergrüne oder, in wärmeren Zonen, immergrüne Holzpflanzen mit verschieden gestalteten, meist am Rande gezähnten oder gelappten Blättern. Die sehr kleinen und unscheinbaren Blüten sind an Windbestäubung angepasst und entbehren daher aller Lockmittel. Die männlichen sind entweder nackt oder mit einem vier- bis sechsblättrigen Perigon versehen; die weiblichen sind sehr verschiedenartig. Eine Eigenthümlichkeit vieler Cupuliferen ist die Cupula oder der Fruchtbecher, ein verwachsenblättriges und verholztes Involucrum, welches die weibliche Inflorescenz oder die Einzelblüthen derselben umhüllt und den Fruchtstand oder die Einzelfrucht, je nach dem Einzelfalle, vollkommen oder nur an der Basis überzieht.

Unterfamilien und deutsche Gattungen: 1) *Betuloideae*. Fruchtknoten



zweifächerig, keine holzige Cupula. *Betula*, Birke; *Alnus*, Erle; *Corylus*, Hasel; *Carpinus*, Hainbuche. 2) *Fagoideae*. Fruchtknoten drei-, selten mehrfächerig; Cupula vorhanden. *Fagus*, Buche; *Quercus*, Eiche; *Castanea*, Kastanie.

Bei der Buche (Fig. 464) sind die männlichen Kätzchen knäuelartig; ihre Blüten haben ein glockenförmiges, zerschlitztes Perigon und zahlreiche Staubgefäße. Der weibliche Blütenstand besteht aus zwei Blüten mit sechsblättrigem Perigon und trimerem Gynoeceum. Die Früchte sind dreikantige Nüsse, die paarweise von der stacheligen, holzigen, bei der Reife vierklappig aufspringenden Cupula umhüllt sind.

Die Kastanie, *Castanea vesca*, besitzt eine die Früchte umhüllende, bei der Reife unregelmässig vierklappig aufspringende, dichtstachelige Cupula.

Die Eiche (Fig. 465 und 466) besitzt lange, dünne, lockere männliche Kätzchen und kopfige oder ährige weibliche Blütenstände. Jede weibliche Blüte ist mit einer schuppigen Cupula versehen, welche die nussartige Frucht mehr oder weniger bedeckt. — Die Gattung ist in Deutschland durch zwei Arten vertreten, *Q. pedunculata*, die Stieleiche, und *Q. sessiflora*, die Traubeneiche, die vielfach als Formen einer Art, *Q. robur*, betrachtet werden. Bei der Traubeneiche sind die Blätter länger gestielt, die weiblichen Blütenstände kopfförmig; bei der Stieleiche sind die Blätter sehr kurz gestielt, die weiblichen Inflorescenzen ährenartig.

Bei der Hasel (Fig. 467) werden die Blütenstände im Gegensatz zu

den bisher besprochenen Gattungen im Vorjahre ausgebildet; die männlichen überwintern nackt, die weiblichen in einer Knospe. Im ersten Frühjahr strecken sich die männlichen Kätzchen und erzeugen reichlichen trockenen Blütenstaub, während die weiblichen Inflorescenzen sich nur durch etwas bedeutendere Grösse und die am Gipfel hervorragenden rothen Narben von Laubknospen unterscheiden. Die Nuss ist an der Basis von einer Hülle saftiger Hochblätter umgeben. Die einzige deutsche Art ist *Corylus Avellana*.

Bei der Hainbuche, *Carpinus Betulus* (Fig. 468), erscheinen die cylindrischen, lockeren Blütenstände erst im Frühjahr. Die Nuss ist mit einer grossen, dreilappigen, krautigen Hülle versehen.

Bei der Erle (Fig. 469) erscheinen die Blütenstände, wie bei der Hasel, bereits im Vorjahre. Die männlichen sind lang und cylindrisch, die weiblichen viel kleiner und eiförmig. Der eiförmige, einem kleinen Kieferzapfen nicht un-



Fig. 464. *Fagus silvatica*. 1 Blütenzweig. 2 männliche Blüte. 3 weibliche Blüte, längsgeschnitten. 4 Fruchtknoten im Querschnitt. 5 Fruchtknoten und Früchte. 6 Frucht. (Nach WOSSIDLO.)



Fig. 465. *Quercus pedunculata*. A blühender Zweig. B männliche Blüthe, vergrössert. C Staubgefässe, vergrössert. D weibliche Blüthe, vergrössert. E Fruchtstand. F-H Samen. — Officinell.

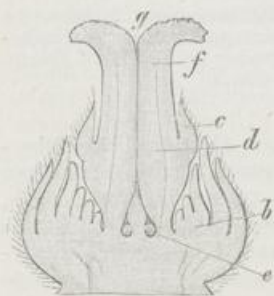


Fig. 466. *Quercus pedunculata*. Längsschnitt durch den Fruchtknoten. b der junge Becher, c die Samenanlagen, d der Fruchtknoten, e das Perigon, f der Griffel, g die Narbe. Vergr. (Nach BERG und SCHMIDT.)

ähnliche Fruchtstand trägt seine Nüsse paarweise an der Basis jeder Schuppe. Wichtigste deutsche Arten: *Alnus glutinosa*, *A. incana*.

Bei der Birke (Fig. 470) werden die männlichen Blütenstände bereits im Herbst ausgebildet, während die weiblichen erst im Frühjahr zum Vorschein kommen. Beiderlei Blütenstände sind cylindrisch, vielblüthig. Die Früchte sind geflügelt, zu dreien in der Achse je einer Deckschuppe vereinigt, die sich mit ihnen von der Fruchtstandachse ablöst. Die häufigste deutsche Art ist *Betula alba*; sie ist an ihrem schneeweissen papierähnlichen Kork leicht kenntlich.

Geographische Verbreitung. Die Cupuliferen liefern in der ganzen nördlichen temperirten Hemisphäre die wichtigsten Bäume des Laubwalds, während sie in den Tropen meist nur in den kühlen Hochgebirgsregionen zum Vorschein kommen.

Die Familie enthält mehrere wichtige Nutzpflanzen. Von unseren Eichen ist das Holz zu vielen technischen Zwecken, die Rinde als Gerbmateriale, der Same als Kaffeesurrogat gebräuchlich. Die Korkeiche (*Quercus Suber* und *Q. occidentalis*) in Südeuropa liefert Kork. Das Holz der Buche ist wichtigstes Brennholz, aus dem Samen wird Oel gewonnen. Die Samen der Kastanie sind essbar.

Officinell: Die deutschen Eichen liefern *Cortex Quercus* (Pharm. germ., austr.) und *Semen Quercus* (Pharm. austr.). Die im Orient heimische *Q. lusitanica* Webb. var. *infectoria* erzeugt an jungen Zweigen, wenn von der Gallwespe *Cynips gallae tinctoriae* gestochen, die officinellen Galläpfel, *Gallae* (Pharm. germ., austr.).

Familie *Juglandaceae*<sup>(36)</sup>. Blüten epigyn, monöisch, nackt oder mit viergliedrigem Perigon; Staubgefässe in unbestimmter Zahl; Fruchtknoten unvollständig zweifächerig, mit einer aufrechten Samenanlage. —



Fig. 467. *Corylus Avellana*. 1 Blütenzweig. 2 männliche Blüte. 3 Staubgefäss. 4 weibliche Blüte, längsdurchschnitten. 5 Frucht mit Becher. 6 Frucht ohne Becher. 7 Blatt. (Nach WOSSIDLO.)



Fig. 468. *Carpinus Betulus*. 1 Blütenzweig. 2 männliche Blüte. 3 Staubgefässe. 4 weibliche Blüten. 5 einzelne weibliche Blüte. (Nach WOSSIDLO.)



Fig. 469. *Alnus glutinosa*. 1 blühender Zweig. a männliche, b weibliche Kätzchen. 2 männliche Blüten. 3 weibliche Kätzchen. 4 zwei weibliche Blüten. 5 Fruchtstand. 6 Frucht. (Nach WOSSIDLO.)



Fig. 470. *Betula alba*. 1 blühender Zweig. a die weiblichen, b die männlichen Kätzchen. 2 Deckschuppe mit drei männlichen Blüten. 3 Deckschuppe mit drei weiblichen Blüten. 4 Fruchtstand. 5 Frucht. (Nach WOSSIDLO.)

Aromatische Bäume mit meist unpaarig gefiederten Blättern ohne Nebenblätter.

Bei *Juglans regia*, der Walnuss (Fig. 471), stehen die dicken cylindrischen männlichen Kätzchen in den Achseln abgefallener Blätter vorjähriger Zweige;



Fig. 471. *Juglans regia*. 1 Blütenzweig. a männlicher, b weiblicher Blütenstand. 2 männliche Blüthe. a Staubgefäss von innen, b von der Seite. 3 weibliche Blüthe. 4 dieselbe im Längsschnitt. 5 Frucht, geöffnet. 6 Längsschnitt durch dieselbe. — Officinell. (Nach WOSSIDLO.)

Officinell: *Juglans regia* liefert Folia Juglandis (Pharm. germ.).

Zu der Verwandtschaft der Juglandaceae gehört die kleine Familie der Myricaceae mit nur einer deutschen Art, *Myrica Gale*, einem auf Torfmooren wachsenden Strauche.

Dass wahrscheinlich die *Casuarinaceae*<sup>(37)</sup> zum selben Verwandtschaftskreise gehören, wurde bereits erwähnt. Es sind Bäume Australiens und Ostindiens, die in ihrer Tracht an Schachtelhalm erinnern.

## 2. Ordnung. Urticinae.

Blüthen hypogyn, meist eingeschlechtig, klein, mit einfachem, kelchartigem Perigon; Staubgefässe den Perigonblättern gleichzählig und ihnen gegenüberstehend; Gynoceum ein- oder zweicarpellig, im

die beiden Vorblätter und das viergliederige Perigon sind mit einander verwachsen und umhüllen eine wechselnde Anzahl von Staubgefässen. Die weiblichen Blüthen bilden armblüthige Aehren am Gipfel diesjähriger Zweige; ihr Perigon zeigt die nämliche Art der Verwachsung, wie in den männlichen Blüthen; die grosse, weisse, papillöse Narbe ist ihr auffallendster Theil. Die Frucht ist eine Steinfrucht mit, in der Reife, braunem, unregelmässig sich ablösendem Exocarp und hartem Endocarp. Der in Folge der unvollkommenen Fächerung der Fruchthöhle tiefgelappte Same besteht aus einer dünnen Schale und zwei grossen öligen Keimblättern an kurzem Hypocotyl.

Geographische Verbreitung. Der Walnuss-Baum wächst wild in Griechenland und Vorderasien. Die wenigen anderen Juglandaceen sind Waldbäume Nordamerikas und Ostasiens; einige werden bei uns als Zierbäume gezogen. Das Holz mehrerer Juglandaceen, u. a. auch dasjenige der Walnuss, ist in der Möbelschreinerei hoch geschätzt.

letzteren Falle das eine der Carpide meist verkümmert; Fruchtknoten einfächerig, mit einer Samenanlage. Eindringen der Pollenschlauchspitze durch die Integumente. Samen meist endospermhaltig. — Kräuter und Holzgewächse mit dichten Blütenständen.

Ganz durchgreifende Unterschiede zwischen Amentaceen und Urticinen sind nicht vorhanden. Die kätzchenartigen Blütenstände der ersteren treten bei den letzteren noch hin und wieder auf; die Reduction des Gynoeceum auf ein fertiles Carpid ist bei den Urticinen nicht ausnahmslos; ebenso wenig ist es die Anwesenheit des Endosperms. In solchen Fällen lassen jedoch die Gesamtheit der übrigen Merkmale und der Vergleich der Formen über die Zugehörigkeit zu dieser Ordnung keinen Zweifel.

Die Urticinen sind bald Kräuter, bald Sträucher oder Bäume mit sehr verschieden gestalteten, stets mit Nebenblättern versehenen Blättern, häufig mit Milchsaft. Die Blüten sind in der Regel auf Windbestäubung angewiesen und dementsprechend unscheinbar, aber zu reichen und dichten Inflorescenzen, mit reichlichem trockenem Pollen und grossen, büstenartigen Narben vereinigt. Bei den Moraceen kommen insectenblüthige Formen mit entsprechenden Anpassungen vor, z. B. bei den Feigen. — Während bei den Amentaceen der Blütenbau sehr schwankend ist, zeigt er bei den Urticinen bereits grössere Gleichartigkeit und Constanz. Das beinahe stets vorhandene Perigon, die Haplostemonie und die Zwitterigkeit beziehungsweise die durch Abort eingetretene eingeschlechtigkeit der meisten Arten lassen auf eine höhere Entwicklungsstufe dieser Familie schliessen. Die Früchte sind entweder trocken und nussartig oder steinfruchtartig.

Familie *Ulmaceae*<sup>(38)</sup>. Blüten zwittrig oder durch Abort eingeschlechtig, mit vier bis sechs Perigonblättern und in der Knospe geraden Staubgefässen; Fruchtknoten zweicarpellig, einfächerig mit einer hängenden, anatropen Samenanlage. — Milchsaftlose Holzgewächse mit fiedernervigen Blättern und hinfalligen Nebenblättern (Fig. 472).

Die Ulmaceen sind stattliche Bäume, mit zweizeiligen, unsymmetrischen, rauh behaarten Blättern. Die Blüten sind zwittrig, knäuelartig in vorjährigen Laubblattachsen angehäuft. Die Frucht ist eine ringsum geflügelte Nuss.

Geographische Verbreitung. Die Ulmaceen sind Waldbäume der temperirten und tropischen Zonen. Die Familie ist in Deutschland nur durch drei Arten von *Ulmus*, Ulme oder Rüster (*U. campestris*, *montana*, *effusa*), vertreten. Sie kommen nur vereinzelt, nicht zu Beständen vereinigt, im Walde vor und werden weit häufiger im cultivirten Zustande als wild wachsend angetroffen.



Fig. 472. *Ulmus campestris*. 1 Blütenzweig. 2 belätterter Zweig. 3 Blüthe. 4 desgleichen, längsgeschnitten. 5 Frucht. (Nach WOSSIDLO.)

*Celtis australis* aus Südeuropa und *C. occidentalis* aus Nordamerika, beide mit Steinfrüchten, werden in Anlagen cultivirt.

Familie **Moraceae**<sup>(39)</sup>. Blüten eingeschlechtig, gewöhnlich mit vier Perigonblättern und in den Knospen geraden oder gekrümmten Staubgefässen; Fruchtknoten zweicarpellig, einfächerig, mit einer hängenden, anatropen Samenanlage. Milchsafthaltige, gewöhnlich holzige Gewächse mit hinfalligen Nebenblättern (Fig. 473).

Die Moraceen sind vielgestaltige Bäume, selten Kräuter, die sich von den benachbarten Ulmaceen stets leicht durch ihre Milchröhren, häufig ausserdem durch eigenartige, aus mehr oder weniger verwachsenen Aesten bestehende Blütenstände auszeichnen. Besonders merkwürdig sind in dieser Hinsicht die Feigen, die Blüten- und Fruchtstände der Gattung *Ficus* (Fig. 473). Die Feige des Handels (*F. carica*) ist ein aus den völlig verwachsenen Zweigen eines cymösen Systems bestehender Fruchtstand, dessen saftige, zuckerreiche Gewebe im äusseren Theile den Achsen, im inneren



Fig. 473. *Ficus carica*. 1 Blütenzweig. 2 weibliche Blüthe, längsgeschnitten. 3 männliche Blüthe. 4 Feige, längsdurchschnitten. (Nach WOSSIDLO.)

würdigste ihrer Arten ist der Banyan Ostindiens (*F. bengalensis*), dessen von Vögeln verbreitete Samen auf Baumstäben keimen und epiphytische Bäume erzeugen, deren Wurzeln durch die Luft hindurch den Boden erreichen. Anfangs fadenförmig, wachsen diese Wurzeln zu mächtigen Säulen heran, und indem das Laubdach des Banyans sich horizontal ungeheuer erweitert, entsteht schliesslich eine ausgedehnte Säulenhalle, in deren Schatten manchmal Raum für ein ganzes Dorf vorhanden ist. Von dem Baume, auf welchem der Banyan keimte, ist dann nichts mehr zu sehen.

Die *Ficus*-Arten, wie überhaupt die überwiegende Mehrzahl der Moraceen sind Bewohner tropischer Urwälder. Viele Vertreter der Familie liefern in ihrem Milchsaft Kautschuk; andere haben essbare Früchte, wie *Morus nigra*, oder ganze Fruchtstände, wie die gemeine Feige und der Brodbaum (*Artocarpus incisa*).

Officinell: *Morus nigra* liefert Sirupus mororum (Pharm. austr.).

Familie **Cannabaceae**<sup>(40)</sup>. Blüten diöisch, die männlichen mit fünf Perigonblättern und in der Knospe geraden Staubgefässen, die weiblichen mit kurzem, ungetheiltem Perigon. Fruchtknoten zweicarpellig,

den Perigon gehören. Ein jedes der letzteren umgibt ein aus dem Fruchtknoten hervorgegangenes hartes Nüsschen und stellt mit diesem zusammen die eigentliche Frucht dar.

Die Moraceen sind in Deutschland nur durch cultivirte Arten vertreten, namentlich durch den aus Asien stammenden Maulbeerbaum, *Morus nigra*, und den bei uns meist nicht im Freien überwinternden gemeinen Feigenbaum, *Ficus carica*. Die Gattung *Ficus* ist die grösste der Familie und durch Mannichfaltigkeit ihrer Formen, durch die Grösse und Schönheit vieler derselben, durch den Nutzen, den sie dem Menschen gewähren, ausgezeichnet. Die merk-

mit einer hängenden, anatropen Samenanlage. — Milchsaftlose Kräuter mit handnervigen Blättern und bleibenden Nebenblättern (Fig. 474, 476).



Fig. 474. *Cannabis sativa*. 1 Sprossstück der männlichen Pflanze. 2 desgleichen der weiblichen Pflanze. 3 männliche Blüthe. 4 weibliche Blüthe. 5 Frucht. (Nach WOSSIDLO.)

Gattungen: *Cannabis*, Hanf; *Humulus*, Hopfen. Der Hanf, *Cannabis sativa* (Fig. 474), ist ein aus Ostindien stammendes diöcisches einjähriges Kraut mit handförmig zertheilten, rauhhaarigen Blättern. Die männlichen Blüthen bilden eine grosse, vielverzweigte, nur an der Basis belaubte Rispe die weiblichen sind zu kleinen Aehren vereinigt und zwischen den dicht stehenden Blättern versteckt. Auffallend sind, wie bei den meisten Windblüthlern, die grossen, stark papillösen Narben. Die weibliche Pflanze ist grösser und dichter belaubt als die männliche. Bei der Var. *indica* sind die Deckblätter der weiblichen Blüthen von Harz secernirenden Drüsenhaaren dicht besetzt. Die Früchte sind Nüsse mit ölreichem Samen.

Der Hopfen, *Humulus Lupulus*, ist ein in Deutschland wild wachsendes



Fig. 476. *Humulus Lupulus*. 1 Zweig des männlichen Blütenstands. 2 weiblicher Blütenstand. 3 weiblicher Blütenzapfen. 4 zwei weibliche Blüthen mit Deckblatt. 5 reifer Fruchtzapfen. 6 Frucht. (Nach WOSSIDLO.)

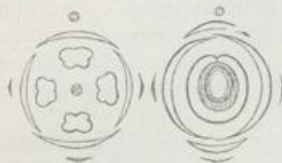


Fig. 475. Blüthendiagramm von *Urtica dioica*. A die männliche, B die weibliche Blüthe. (Nach EICHLER.)

und viel cultivirtes perennirendes, windendes Kraut mit rauhbhaarigen, handlappigen Blättern. Die männlichen Blüten sind zu reich verzweigten, unbelaubten, achselständigen Rispen, die weiblichen zu zapfenförmigen Inflorescenzen vereinigt. Die Schuppen der letzteren stellen theils die Nebenblätter unentwickelt gebliebener Hochblätter, theils die Deckblätter der Blüten dar; sie sind am reifen Zapfen mit gelben Drüsenhaaren bedeckt, welche das Hopfenbitter liefern und dadurch die Bedeutung der Pflanze für die Brauerei bedingen.

Officinell: *Cannabis sativa* var. *indica* liefert Herba Cannabis indicae (Pharm. germ., austr.). — Die Drüsen der Zapfenschuppen von *Humulus Lupulus* sind als Lupulinum (Pharm. austr.) gebräuchlich.

Familie *Urticaceae*<sup>(41)</sup>. Blüten meist durch Abort eingeschlechtig, gewöhnlich mit vier Perigonblättern und in der Knospe gekrümmten Staubgefässen; Fruchtknoten eincarpellig, mit einer aufrechten, atropen Samenanlage. — Milchsaftlose Kräuter und Sträucher mit Nebenblättern.

Die meisten Urtiaceen sind unscheinbare, einfachblättrige, häufig mit Brennhaaren versehene Kräuter und Sträucher, deren auf Windbestäubung angewiesene Blüten dichte grünliche oder weissliche Inflorescenzen bilden. Die Früchte sind nuss- oder steinfruchtartig.

Deutsche Gattungen: *Urtica*, Nessel, mit Brennhaaren; *Parietaria*.

Geographische Verbreitung. *Urtica dioica* (zweihäusig) und *U. urens* (einhäusig) sind überall gemeine Unkräuter. Die meisten Vertreter der grossen Familie bewohnen die heisse Zone, wo ihre unscheinbaren Formen einen Hauptbestandtheil der krautigen und strachigen Urwaldvegetation zu bilden pflegen.

### 3. Ordnung. Polygoninae.

Blüten hypogyn, zwittrig, seltener durch Abort eingeschlechtig, gewöhnlich nach der Dreizahl gebaut; Perianth fehlend oder perigonartig; Fruchtknoten einfächerig, mit gerader grundständiger Samenanlage.

Die Ordnung nimmt eine Mittelstellung zwischen den Urticeen und der folgenden Ordnung der Centrospermen ein. Jenen nähert sie sich durch die kleinen, meist grünlichen, dicht gedrängten Blüten und den Bau des Fruchtknotens, während der stets abweichende, meist dreizählige Blütenbau sie von ihnen trennt. Die gerade Samenanlage und die dreizähligen Blütenquirle unterscheiden die Polygoninen von den Centrospermen.

Die Polygoninen sind meist Kräuter, seltener kleine Holzgewächse mit gewöhnlich an den Knoten verdickten Achsen, einfachen, meist ganzrandigen Blättern und dichten, kleinblüthigen, meist ährenähnlichen Inflorescenzen. Im Blütenbau kommen alle Stufen vor, von nackten, sehr einfachen Blüten bis zu solchen, die durch ungleiche Ausbildung der äusseren und inneren Perigonblätter sowie den Besitz von zwei Staminalwirteln einer höheren Entwicklungsstufe angehören, als sie bei den Urticeen erreicht wird. Die Pollenschlauchspitze dringt bei diesen und allen folgenden Ordnungen durch die Micropyle in die Samenanlage ein. Die Früchte sind nuss- oder steinfruchtartig, der Samen enthält mehliges Nährgewebe.

Familie *Piperaceae*<sup>(42)</sup>. Blüten nackt, typisch dreizählig, aber meist reducirt. Steinfrucht. Same mit Perisperm. — Kräuter und Sträucher mit oder ohne Stipularbildungen (Fig. 477, 478).

Die Piperaceen sind ausschliesslich Bewohner der Tropenländer, wo sie als unscheinbare Kräuter und Sträucher, manchmal als ephenartige Wurzelkletterer oder als Epiphyten mit dichten grünlichen Blütenähren, einen wesentlichen,



wenn auch nicht sehr in die Augen fallenden Bestandtheil der Urwaldflora zu bilden pflegen. *Piper nigrum* L., der schwarze Pfeffer, ist ein strauchiger Wurzelkletterer Hinterindiens, der gegenwärtig in allen Tropenländern cultivirt wird. Das bekannte Gewürz ist die unreife Steinfrucht. Weisser Pfeffer ist der vom Exocarp befreite Steinkern. Das Perisperm ist mächtig entwickelt, mehlig.

Officinell: Die Früchte von *Piper Cubeba*, einem kletternden Strauch der Sundainseln, sind die Cubebae (Pharm. germ., austr.), die sich von Pfefferkörnern durch ihren stielartigen Fortsatz unterscheiden (Fig. 478).

Familie *Polygonaceae*<sup>(43)</sup>. Blüten behüllt, mit einfachem oder doppeltem Perigon, typisch meist dreizählig, aber oft durch Spaltungen im Androeceum mehrzählig. Frucht beinahe stets eine Nuss. Same ohne Perisperm. — Kräuter, selten Holzpflanzen, mit röhrenartigen Stipularbildungen (Fig. 479—481).

Die bei uns wild wachsenden oder cultivirten Polygonaceen sind Kräuter mit hohlen Stengeln und einfachen, selten gelappten wechselständigen Blättern. Sehr charakteristisch ist die von den verwachsenen Nebenblättern gebildete Ochrea, welche zuerst als Düte die Gipfeltheile überzieht und später als häutige Röhre die Basis des Internodium und die Achselknospe umgiebt (Fig. 479). Die kleinen Blüten sind zu vielgliederigen Ähren, Trauben oder Rispen vereinigt; sie haben ein grünes kelchartiges oder ein corollinisches röthliches Perigon, je nachdem sie wind- oder insectenblüthig sind. Der innere Staubgefäßskreis ist manchmal unterdrückt (*Rumex*). Die Frucht



Fig. 477. *Piper nigrum* (der schwarze Pfeffer). 1 Stück des Stengels mit jungen Fruchtständen. 2 Spitze der Fruchtfähre. (Nach WOSSIDLO.)

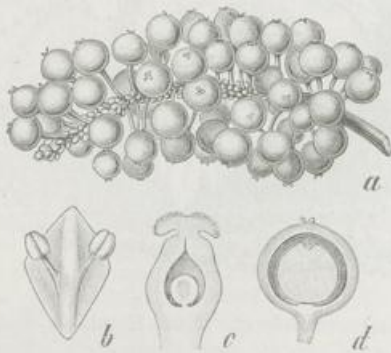


Fig. 478. *Piper Cubeba*. a Fruchtstand, nat. Gr., b männliche Blüthe, vergrößert, c weibliche Blüthe, längsgeschnitten, vergrößert, d Frucht, längsgeschnitten, vergrößert. — Officinell. (Nach BERG und SCHMIDT.)



Fig. 479. Blatt von *Polygonum lapathifolium* mit der Ochrea st. Verkl. (Nach DUCHARTRE.)

ist meist eine dreikantige, dünnchalige Nuss. Das reichliche Endosperm ist mehlig.

Deutsche Gattungen: *Polygonum*, Knöterich, mit corollinischem fünfblättrigen Perigon und fünf bis acht Staubgefäßen. *Rumex*, Ampfer, mit sechs-



Fig. 480. *Rheum officinale*. Stark verkleinert. (Nach BAILLON.)

(3 + 3) blättrigem kelchartigen Perigon und sechs (6 + 0) Staubgefäßen. — Viel cultivirt: *Rheum*, Rhabarber, mit kelchartigem Perigon und neun (6 + 3) Staubgefäßen.

Geographische Verbreitung. Die Polygonaceen sind hauptsächlich Be-

wohner der nördlichen temperirten Zone. *Rumex acetosa*, der Sauerampfer, eine häufige Wiesenpflanze, wird wegen ihres Gehalts an saurem oxalsauren Kali als Gemüse geschätzt und oft cultivirt. Culturpflanzen sind ferner *Polygonum Fagopyrum*, der Buchweizen und, in Gärten, Rhabarber-Arten.

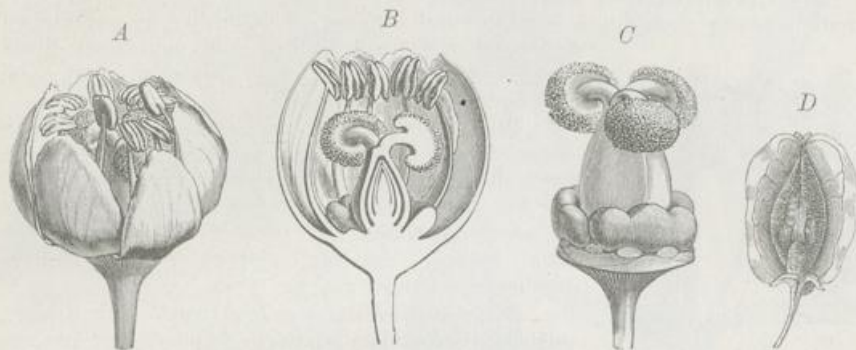


Fig. 481. *Rheum officinale*. A Blüthe. B dieselbe im Durchschnitt. C Gynoeceum mit Discus. D *Rheum compactum*, Frucht. Vergr. (Nach LÜRSSEN.)

Officinell: Radix Rhei (Pharm. germ., austr.) ist das Rhizom von *Rheum officinale* (Fig. 480, 481) und *Rh. palmatum* var. *tanguticum* (China).

#### 4. Ordnung. Centrospermae.

Blüthen zwittrig, meist hypogyn, fünfzählig, selten nackt, meist mit kelchartigem Perigon oder mit Kelch und Corolle; Androeceum haplo- oder diplostemon; Fruchtknoten meist einfächerig, mit einer basalen Samenanlage oder mehreren, an freier, centraler Placenta sitzenden campylotropen Samenanlagen. Samen perispermhaltig mit gekrümmtem Keime.

Die Centrospermen sind meist krautige Gewächse, selten kleine Holzpflanzen, mit einfachen, nebenblattlosen Blättern und theils unscheinbaren, theils weissen oder lebhaft gefärbten Blüthen, je nachdem sie durch den Wind oder durch Insecten bestäubt werden. In Bezug auf den Blütenbau stellt die Ordnung eine aufsteigende Reihe dar, die mit einfachen, an die Urticaeen erinnernden Formen beginnend nach oben bis zu dem Typus sich erhebt, den wir als charakteristisch für die Dicotylen aufgestellt haben: Die cyclische, aus fünf fünfgliederigen Wirteln bestehende Blüthe mit in Kelch und Corolle differenzirtem Perianth. Hiermit bezeichnen die Centrospermen den Uebergang der apetalen zu den corollaten Dicotylen. Die Einfächerigkeit des Fruchtknotens der meisten Formen ist auf Schwinden der Scheidewände zurückzuführen, da dieselben oft noch theilweise erhalten sind (Fig. 483).

In den einfachsten Fällen besteht die Blüthe typisch aus drei Quirlen (z. B. Chenopodiaceen); die Zahl der letzteren erhebt sich bei vielen bis auf fünf (z. B. die meisten Caryophyllaceen), kehrt aber bei einigen (*Caryoph.-Paronychioideae*) durch Abort auf die Dreizahl zurück, so dass wieder ähnliche Blüthen zu Stande kommen wie am Beginn der Reihe. In den reducirten Blüthen sind jedoch oft Ueberreste der fehlenden Quirle sichtbar, welche in den typisch einfach gebauten stets fehlen.

Familie *Chenopodiaceae*<sup>(44)</sup>. Blüthe meist ohne Vorblätter, mit einfachem, kelchartigem, krautigem Perigon; Androeceum haplostemon, epitopal; Fruchtknoten zwei- bis fünfcarpellig mit einer Samenanlage. Frucht nussartig (Fig. 482).

Die Chenopodiaceen sind Kräuter und kleine Holzgewächse mit zerstreuten, häufig fleischigen Blättern und dichten, kleinblüthigen, grünlichen Inflorescenzen. Die Blüthen sind manchmal durch Abort eingeschlechtig. Die Nüsschen sind vom mehligem Samen ausgefüllt.

Wild wachsende und cultivirte deutsche Gattungen: *Chenopodium*, zwittrig, mit grünlichem nach dem Verblühen trocknendem Perianth; *Blüthen* mit bei der Fruchtreife fleischig werdendem Perianth; *Atriplex*, monöisch mit nackter weiblicher Blüthe; *Beta*, epigyn; *Spinacia*, diöisch, das erhärtende Perianth verwächst mit der Nuss.

Geographische Verbreitung. Die Chenopodiaceen bevorzugen salzreiche Standorte und kommen daher vorwiegend auf dem Meeresstrande sowie in Wüsten und Steppen vor. In diesen namentlich bilden ihre meist fleischigen, nicht selten stacheligen Formen, theils als Kräuter, theils als sonderbar gestaltete Holzgewächse einen wesentlichen Theil der lockeren Pflanzendecke. Im deutschen Binnenlande findet man namentlich Arten von *Chenopodium* und *Atriplex* als

schmucklose Unkräuter in der Nähe der Häuser. — Wichtige Culturpflanzen sind *Spinacia oleracea*, der Spinat und *Beta vulgaris*, die Runkelrübe, letztere in mehreren Culturassen, von welchen die wichtigste die Zuckerrübe ist. *Beta vulgaris* ist selbst wohl durch Cultur aus der an den Küsten des Mittelmeeres wild wachsenden *Beta maritima* hervorgegangen.

Officinell: *Beta vulgaris* liefert Rohrzucker, Saccharum (Pharm. germ., austr.).

Familie *Amarantaceae*<sup>(45)</sup>. Blüthe mit zwei grossen Vorblättern und trockenem, oft lebhaft gefärbtem Perigon. Sonst wie vorige Familie.

Die Amarantaceen sind habituell den Chenopodiaceen ganz ähnlich. — Deutsche Gattungen sind *Amarantus* und *Polygonum*.

Geographische Verbreitung. Die Amarantaceen sind vorwiegend un-

scheinbare Tropengewächse. Die wenigen deutschen Arten bewohnen die gleichen Standorte, wie die Chenopodiaceen.

Familie *Caryophyllaceae*<sup>(46)</sup>. Blüthen mit Kelch und Corolle oder letztere abortirt; Androeceum zweiwirtelig oder durch Reduction einwirtelig. Fruchtknoten selten mit einer einzigen Samenanlage, meist mit vielen Samenanlagen. Frucht meist eine Kapsel (Fig. 483 bis 485).

Die Caryophyllaceen sind Kräuter, sehr selten Sträucher von verschiedenartiger Tracht mit gegenständigen, ganzrandigen, häufig schmalen Blättern

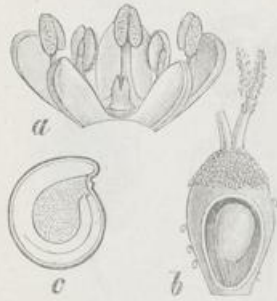


Fig. 482. *a* Blüthe von *Beta vulgaris*, *b* Gynoeceum von *Chenopodium multifidum*, angeschnitten, *c* Same von *Beta vulgaris*. Alle Bilder vergrössert. (Nach VOLCKENS in Natürl. Pflanzenfamilien.)

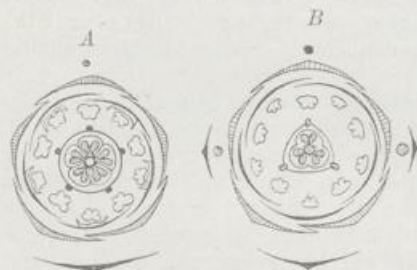


Fig. 483. Diagramme von Caryophyllaceen. *A* *Viscaria*, Scheidewände im unteren Theile des Fruchtknotens vorhanden. *B* *Silene*, Scheidewände fehlend. (Nach EICHLER.)

und dichasialen Inflorescenzen. Die Blüten sind bei einigen Gattungen klein und grünlich, meist aber mit weisser oder lebhaft gefärbter Corolle versehen und vielfach sehr ansehnlich. Bei manchen sind alle Blütenquirle fünfgliederig, die meisten jedoch haben ein zwei- bis dreigliedriges Gynoeceum. Die Kapsel springt am Gipfel durch Zähne auf; selten ist die Frucht eine Nuss oder Beere.

Unterfamilien und wichtigere deutsche Gattungen: 1) *Alsinoideae*: Kelch freiblättrig; Petala kurz genagelt; Kapsel Frucht. *Cerastium*, Blüten durchweg fünfzählig. *Spergula*, *Stellaria* mit trimerem Fruchtknoten und gespaltenen Petala. *Arenaria*, von *Stellaria* durch ganze Petala unterschieden. — 2) *Paronychioideae*: Kelch freiblättrig; Krone fehlt oder reducirt; Fruchtknoten mit einer Samenalage; Frucht nussartig. *Scleranthus*; *Herniaria*. — 3) *Silenoideae*: Kelch verwachsenblättrig; Petala lang genagelt; Kapsel Frucht. *Lychnis* mit pentamerem Fruchtknoten; *Silene* mit trimerem Fruchtknoten und sechszähliger Kapsel. *Dianthus*, Nelke, mit trimerem Fruchtknoten und vierzähliger Kapsel. Häufig befinden sich bei den Silenoideen Schuppen (Schlundschuppen) am oberen Ende des Nagels.

Geographische Verbreitung. Die Caryophyllaceen sind kosmopolitisch, bevorzugen jedoch die temperirten und kalten Zonen. Sie sind in Deutschland durch zahlreiche Arten an den verschiedensten Standorten vertreten.

Giftig: *Agrostemma Githago*, die Kornrade (Fig. 485), ein bis 80 cm hohes rau behaartes Getreidekraut mit schmalen Blättern, violetter trichterförmiger Blüte und vielsamigen Kapsel Früchten. Die Samen sind stets den Getreidekörnern beigemischt und



Fig. 484. *Melandryum album*. 1 Blütenzweig. 2 männliche Blüte. 3 weibliche Blüte. 4 Frucht. 5 Same. (Nach WOSSIDLO.)



Fig. 485. *Agrostemma Githago*.  $\frac{2}{3}$  nat. Gr. — Giftig.

verleihen dem Mehle, wenn reichlich vorhanden, toxische Eigenschaften. — *Saponaria officinalis*, das Seifenkraut, eine kahle, breitblättrige Silenee mit straussigen Inflorescenzen rosenrother Blüten, ist wegen ihres Gehaltes an Saponin in allen ihren Theilen etwas toxisch.

### 5. Ordnung. Polycarpiceae.

Blüte hypogyn oder perigyn, zwitterig, meist theilweise oder ganz spiralig mit meist zahlreichen Staubgefässen und freien Carpellen. Samen mit Endosperm.

Die Polycarpier sind Kräuter und Holzgewächse von sehr verschiedener Tracht, die nur im Blütenbau ihre Zusammengehörigkeit kundgeben. Am reinsten zeigt sich der Typus bei den wenigstens im Androeceum und Gynoeceum spiralig gebauten Formen mit zahlreichen Staubgefässen und Carpellen an convexer Achse (Fig. 486), wie sie bei den Ranunculaceen, Magnoliaceen und Anonaceen die Regel sind. Diese drei grossen Familien bilden gleichsam eine centrale Gruppe, um welche sich die den Typus weniger rein zeigenden Familien gruppieren. Das am meisten durchgreifende



Fig. 486. Blüte von *Ranunculus sceleratus*. *b* im Längsschnitt, vergrössert. (Nach BAILLON.)

Merkmal ist das apocarpe Gynoeceum; jedoch ist letzteres bei den Nymphaeaceen, einzelnen Ranunculaceen und den in ihrer systematischen Stellung zweifelhaften Lauraceen mehr oder weniger verwachsenblättrig. Die convexe Blütenachse, die spiralige Anordnung, die zahlreichen Staubgefässe sind weniger allgemeine, jedoch sehr gewöhnliche Merkmale. Es giebt unter den Polycarpiern — und das gleiche gilt noch von vielen anderen Ordnungen, namentlich unter den Dicotylen — einzelne Grenzgruppen, die kein einziges der wesentlichen Merkmale der Ordnung besitzen und dennoch derartige Beziehungen zu typischen Gruppen zeigen, dass sie mit denselben als verwandt anzusehen und an dieselben geknüpft werden müssen.

Die Reihenfolge, in welcher die Familien hier zusammengestellt sind, ist keineswegs als der Ausdruck einer aufsteigenden Entwicklung zu betrachten. Die Ranunculaceen bilden den Anfang, weil sie, unter den den Typus sehr rein zeigenden Familien, die einzige einheimische sind. An die Ranunculaceen knüpfen sich einerseits die Nymphaeaceen und Ceratophyllaceen, andererseits die Magnoliaceen und die mit diesen verwandten Familien an; dagegen bilden die Berberidaceen, Menispermaceen vielleicht zusammen mit den Lauraceen, innerhalb der Ordnung einen Verwandtschaftskreis für sich.

Familie *Ranunculaceae*<sup>(47)</sup>. Blüten hypogyn, meist actinomorph, durchgehends oder im Androeceum und Gynoeceum spiralig, sehr selten wirtelig; Perianth einfach oder doppelt, in letzterem Falle häufig mit corol-

linischem Kelche und abnormen, meist als Nectarien ausgebildeten Blumenblättern; Staubfäden in unbestimmter, meist grosser Zahl; Pollen mit zwei bis drei Austrittsstellen; Carpelle in unbestimmter, oft grosser Zahl, meist frei; Samen mit Nährgewebe. — Kräuter, selten Holzpflanzen, ohne Oeldrüsen, mit wechselständigen Blättern (Fig. 487—496).

Die meisten Ranunculaceen sind mittelhohe Kräuter, vielfach mit einer Rosette tiefgelappter Bodenblätter und schwach belaubten fertilen Sprossen. Die Blüten sind meist anscheinlich, oft einzeln endständig oder achselständig, oder auch in lockeren wenigblühigen, seltener in dichten, traubigen oder scheindoldigen Inflorescenzen. Bestäubung durch Insecten ist allgemein und hat entsprechende Anpassungen hervorgerufen, wie lebhaftere Farbe des Perianths oder, wenn dieses reducirt ist, wie bei *Thalictrum*-Arten, eine solche des Androeceums und Ausbildung von Nectarien (Fig. 494 2). Letztere sind entweder an der Basis der Blumenblätter als kleine Grübchen entwickelt (*Ranunculus*), oder das ganze Blumenblatt ist in ein becherartiges Nectarium umgewandelt (z. B. *Helleborus*, *Aconitum*).

Nach einer wenig einleuchtenden, aber von verschiedenen Seiten angenommenen Ansicht wären die „Honigblätter“ (auch die Blumenblätter von *Ranunculus*) Staminodien.

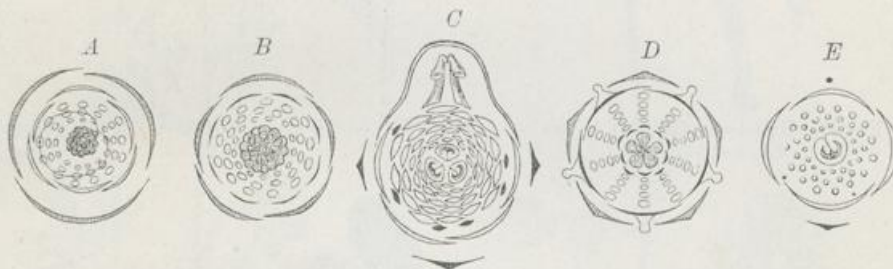


Fig. 487. Blüthendiagramme von Ranunculaceen. A *Anemone nemorosa*. B *Adonis autumnalis*. C *Aconitum Napellus*. D *Aquilegia vulgaris*. E *Cimicifuga racemosa*. (Nach EICHLER.)

Die Carpelle der Ranunculaceen werden bei der Reife kapselartig (z. B. bei *Helleborus* und *Aconitum*, Fig. 495) oder nüsschenartig (z. B. bei *Ranunculus*, Fig. 496, und *Anemone*), in letzterem Falle manchmal mit langen, federartigen Anhängseln (*Clematis*, *Pulsatilla*, Fig. 493), selten beerenartig (*Actaea*, *Hydrastis*).

Wichtigste deutsche und cultivirte Gattungen: Mit Kapseln: *Nigella*, Carpelle verwachsen; *Paeonia*, *Caltha*, mit corollinischem Kelch, ohne Krone (s. u. Giftig); *Aquilegia*, Blüthe cyclisch, mit gespornten Kronblättern; *Aconitum* (s. u. Giftig); *Delphinium*, Blüthe zygomorph mit einem langgespornten Kelchblatte. — Mit Nüsschen: *Ranunculus*, mit grünem Kelch und meist gelber Krone, letztere mit Honiggrübchen; *Adonis*; *Anemone*, mit einfachem, corollinischem Perigon; *Thalictrum*, mit kleiner, einfacher, grünlicher Blüthenhülle und langen Staubfäden; *Clematis*, Kletterpflanze mit gegenständigen Blättern, Blüthe mit einfachem corollinischem Perigon.

Geographische Verbreitung. Die Ranunculaceen bewohnen hauptsächlich die nördliche temperirte Zone. Viele ihrer Arten zählen zu den häufigsten und auffallendsten Bestandtheilen der deutschen Flora. — Viele Ranunculaceen sind beliebte Zierpflanzen, namentlich Arten von *Paeonia*, *Clematis*, *Aquilegia*, *Nigella*, *Adonis* und der während des Winters blühende *Helleborus niger*.



Fig. 488. *Helleborus foetidus*.  $\frac{1}{8}$  nat. Gr. — Giftig.



Fig. 489. *Aconitum Lycoctonum*.  $\frac{1}{2}$  nat. Gr. — Giftig.



Fig. 490. *Caltha palustris*. — Giftig.



Fig. 491. *Aconitum Napellus*.  $\frac{1}{2}$  nat. Gr. — Giftig und officinell.



Giftig: Die Familie ist ausserordentlich reich an toxischen Bestandtheilen, welche, bei manchen Arten reichlich angehäuft, dieselben zu gefährlichen Giftpflanzen stempeln. Als die giftigsten sind folgende Ranunculaceen zu betrachten: Alle Arten von *Aconitum*, bei uns namentlich *A. Napellus* und *A. Lycoctonum*. Ersteres, der blaue Eisenhut (Fig. 491), ist eine der gefährlichsten Giftpflanzen der deutschen Flora. Es ist ein stattliches perennirendes Gewächs mit zwei Knollen, von welchen der eine im Herbst zu Grunde geht, während der andere im folgenden Frühjahr eine neue Pflanze erzeugt, wie bei den Orchideen. Die, wie die ganze Pflanze,



Fig. 492. *Ranunculus sceleratus*.  $\frac{1}{2}$  nat. Gr. — Giftig. — Fig. 493. *Anemone Pulsatilla*.  $\frac{1}{2}$  nat. Gr. — Giftig.

völlig unbehaarten, oberseits dunkelgrünen Blätter sind handförmig getheilt. Die Blüten bilden eine einfache oder wenig verzweigte, endständige Traube. Sie sind ausgesprochen zygomorph (Fig. 494). Von den fünf dunkelvioletten Kelchblättern ist das eine helmförmig, zwei der Kronenblätter sind als sackförmige, langgestielte Nectarien ausgebildet, während die anderen auf Fäden reducirt sind; die zahlreichen Staubgefäße umgeben drei freie Carpelle, die bei der Reife zu Balgfrüchtchen werden. — *Aconitum Lycoctonum* (Fig. 489) hat kleinere gelbe Blüten und anstatt der Knollen ein dünnes Rhizom. — Weniger häufig sind

die mit *A. Napellus* verwandten *A. variegatum* und *A. Stoerckeanum*. — Alle Arten von *Ranunculus* sind mehr oder weniger giftig. Als die gefährlichste unter den einheimischen Arten ist *R. sceleratus* (Fig. 492) zu betrachten: Ein kahles Kraut mit dreitheiligen, etwas fleischigen Blättern und kleinen blassgelben Blüten. Häufige Vergiftungen beim Vieh werden durch *R. acris* bedingt; derselbe hat einen behaarten Stengel, handförmig gelappte Blätter und sattgelbe Blüten. — Etwas weniger giftig, aber wegen ihrer Ansehnlichkeit und Häufigkeit für Kinder gefährlich ist die Butterblume, *Caltha palustris* (Fig. 490). — *Helleborus foetidus* (Fig. 488), die stinkende Niesswurz, ist ein stattliches kahles perennirendes Kraut von narkotischem Geruch, mit handförmig getheilten Blättern, und grossen, zu mehreren gruppirten, gelblich-grünen, glockigen Blüten. Das Perianth besteht aus einem grossblättrigen Kelche und dütenförmigen Honigblättern; die Staubgefässe sind zahlreich; das Gynoeceum ist von wenigen bei der Reife zu Balgfrüchtchen werdenden Carpellern gebildet. Auch die seltene grüne N., *H. viridis*, und die bei uns nur cultivirt vorkommende schwarze N., *H. niger*, mit röthlich weissen Blüten sind giftig. Alle diese Arten geben durch Missbrauch in der Volksmedizin Anlass zu Vergiftungen. Als ebenfalls



Fig. 494. 1 Blüthe von *Aconitum Napellus*. 2 Nectarien. Androeceum und Gynoeceum. (Nach WOSSIDLO.)



Fig. 495. *Aconitum Napellus*. a Frucht. Nat. Grösse. b Same. Vergr. 2.

Fig. 496. a aus Nüsschen bestehende apocarpe Frucht von *Ranunculus acris*. Vergr. 2 1/2. b ein Carpell. c desselben, längsgeschnitten. b und c Vergr. 4.

giftig, wenn auch in weniger hohem Grade, sind noch zu nennen die Arten von *Adonis* (namentlich *A. vernalis*), *Anemone* (namentlich *A. nemorosa*, die weisse Osterblume, und noch mehr *A. Pulsatilla*, die gemeine Küchenschelle, Fig. 493), *Clematis* und *Delphinium* (namentlich das in Gärten cultivirte *D. Staphysagria*).

Officinell: *Aconitum Napellus* (vgl. u. Giftig), liefert *Tubera* v. Rad. *Aconiti* (Pharm. germ., austr.); *Hydrastis canadensis* (Nordamerika) *Rhiz. s. Rad. Hydrastis* (Pharm. germ., austr.).

Familie *Nymphaeaceae*<sup>(48)</sup>. Blüten zwitterig, hypo- oder epigyn, strahlig, mit Kelch und Corolle, wirtelig oder meist, von der Corolle ab, spiralig; Androeceum und Gynoeceum meist vielblättrig, letzteres apo- oder syncarp. — Wasserpflanzen mit meist grossen schwimmenden Blättern (Fig. 497—498).

Die *Nymphaeaceae* sind ansehnliche, grossblühende Kräuter, deren gemeinsame Merkmale wesentlich mit der aquatischen Lebensweise zusammenhängen.

Deutsche Gattungen: *Nuphar*, hypogyn, mit fünf Kelchblättern; *Nymphaea* (Fig. 498 I), epigyn, mit vier Kelchblättern. Beide mit mehrfächerigem Frucht-

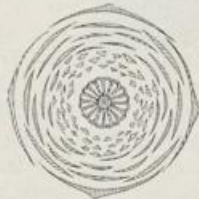


Fig. 497. *Nymphaea*, Diagramm.

knoten und schwammiger Beerenfrucht (Fig. 498 4). Die Blumenblätter gehen durch allmähliche Uebergänge in die Staubblätter über (Fig. 498 3).



Fig. 498. *Nymphaea alba*. 1 Blüthe. 2 Knospe, längsdurchschnitten. 3 Uebergangsstufen zwischen Kronen- und Staubblättern. 4 Frucht. (Nach WOSSIDLO.)

Geographische Verbreitung. Die kleine Familie bewohnt hauptsächlich die Tropen. In unseren Gewässern ist sie namentlich durch *Nymphaea*



Fig. 499. *Myristica moschata*. Blühendes Zweigstück. Reife Frucht (aufgesprungen) und dieselbe nach Entfernung der einen Schalenhälfte. — Officinell. (Theil einer Abbildung von BERG und SCHMIDT.)

*alba* und *Nuphar luteum* vertreten. Die Gebirgsseen der Vogesen und des Schwarzwalds beherbergen

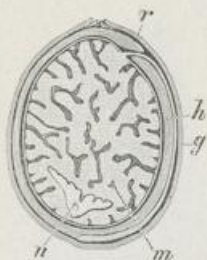


Fig. 500. *Myristica moschata*. Same, der Länge nach durchgeschnitten. *g* Samenmantel, *h* äusseres Integument, oben bei *r* durch die Raphe durchbrochen, *m* Nährgewebe, *n* Keim. Nat.Gr.—Officinell. (Nach BERG und SCHMIDT.)

das kleinblüthige *Nuphar pumilum*. Berühmte Nymphaeaceen warmer Zonen sind *Nelumbium speciosum*, die heilige Lotosblume der Inder, *Nymphaea coerulea*, diejenige der alten Aegypter, und *Victoria regia*, aus dem äquatorialen Südamerika, die wegen ihrer Riesensepallenblätter und schönen Blüten in Gewächshäusern cultivirt wird.

Zu der Verwandtschaft der Nymphaeaceen gehören die *Ceratophyllaceae*, eine kleine Familie submerser Wasserpflanzen, mit drei Arten (namentlich *Ceratophyllum demersum*) in unseren Gewässern. Sie haben kleine, grünliche Blüten mit mehrblättrigem Perigon, zahlreiche Staubfäden auf convexer Achse und ein Fruchtblatt.

Familie *Magnoliaceae*<sup>(49)</sup>. Blüten wie bei den Ranunculaceen, aber Pollenkörner mit nur einer Austrittsstelle. Holzgewächse mit Oelzellen.

Die Magnoliaceen sind Waldbäume des tropischen und temperirten Asiens und Amerikas. Die meisten haben schöne grosse Blüten. Mehrere werden bei uns als Zierbäume cultivirt (*Magnolia*; *Liriodendron*, Tulpenbaum).



Fig. 501. *Jatrorrhiza Calumba*  $\frac{1}{2}$  nat. Gr. — Officinell. (Nach BERG und SCHMIDT.)

Familie *Myristicaceae*<sup>(50)</sup>. Tropische Waldbäume mit einsamigen Beerenfrüchten (Fig. 499). — Officinell: *Myristica fragrans* (Molukken) liefert in dem



Fig. 502. *Cinnamomum Camphora*. — Officinell. (Nach BERG und SCHMIDT.)  
Verkleinert.

vom äusseren Integument befreiten Samen die Muskatnuss, *Semen Myristicae* (Pharm. austr., germ.), und in dem Arillus den Macis (Pharm. austr.; Ol. Macidis [Pharm. germ.], Fig. 500).



Fig. 503. Blüthendiagramm von  
*Persea*.  
(Nach EICHLER.)



Fig. 504. *Cinnamomum zeylanicum*. Längsgeschnittene  
Blüthe. *a* Receptaculum, *b* äusseres, *c* inneres Peri-  
gonblatt, *d-f* Staubgefässe der ersten bis vierten  
Reihe, *i* Stempel, *k* Samenanlage. Vergr.  
(Nach BERG und SCHMIDT.)

Familie *Menispermaceae*<sup>(51)</sup>. Blüten diöcisch, wirtelig, dreizählig; Perianth aus mehr als zwei Quirlen. Drei freie Carpelle. — Schlingpflanzen der Tropen. Officinell: *Jatrochiza Calumba* (Ostafrika) liefert Rad. Colombo (Pharm. germ., austr.) (Fig. 501).

Familie *Berberidaceae*<sup>(52)</sup>. Blüthe wie bei voriger F., aber zwittrig; ein Carpell; Antheren meist mit Klappen. — Kräuter und Holzgewächse.

Die kleine Familie ist bei uns nur durch *Berberis vulgaris* vertreten; in Gärten werden Arten von *Mahonia* und *Epimedium* cultivirt. Officinell: *Podophyllum peltatum*, ein nordamerikanisches Kraut, liefert in seinem Rhizom Podophyllum (Pharm. germ.).



Fig. 505. *Laurus nobilis*. Verkl. — Officinell.  
(Nach BERG und SCHMIDT.)

Familie *Lauraceae*<sup>(53)</sup>. Blüten perigyn, wirtelig, durchgehends dreizählig; Perianth kelchartig, klein; Staubfäden meist in vier Wirteln; Antheren mit Klappen; Gynoeceum dreicarpellig, syncarp; Fruchtknoten einfächerig mit einer hängenden Samenanlage. Samen ohne Nährgewebe. — Aromatische Holzgewächse (Fig. 502—505).

Die meisten Lauraceen sind Bäume mit elliptischen, ganzrandigen Blättern und kleinen, unscheinbaren, zu Köpfchen oder Rispen vereinigten Blüten. Die nicht selten an ihrer Basis von dem persistirenden Receptaculum umgebene Frucht ist eine Beere oder Steinfrucht. Sämmtliche Theile der Pflanze enthalten in der Regel ätherisches Oel in besonderen Zellen.

**Geographische Verbreitung.** Die Lauraceen liefern viele der wichtigsten Waldbäume in den wärmeren Zonen beider Hemisphären; dagegen fehlen sie in den temperirten Ländern beinahe gänzlich. Europa besitzt nur eine Art, *Laurus nobilis*, der Lorbeerbaum am Mittelmeer. Die einzige krautige Gattung ist *Cassytha*, in den Tropen weit verbreitete, in Tracht und Lebensweise den *Cuscuta*-Arten ähnliche Parasiten.

**Officinell:** *Laurus nobilis* (Fig. 505) (immergrünes aromatisches Bäumchen, mit axillären weissen Blüthenköpfchen. Blüthe zweizählig; Anthere zweifächerig; Steinfrucht) liefert Fructus Lauri (Pharm. austr., germ.). — *Sassafras officinale* (sommergrüner diöcischer Baum Nordamerikas): Lignum s. Rad. Sassafras (Pharm. germ., austr.). — *Cinnamomum Camphora* (immergrüner Baum Chinas und Japans) (Fig. 503) liefert einen in Rissen und Spalten des Baumes sich ansammelnden Kampher: Camphora (Pharm. germ., austr.). — *Cinnamomum Cassia* (Strauch des südlichen China): Cortex Cinnamomi (Pharm. germ., austr.) Zimtkassie. — Die Rinde von *Cinnamomum zeylanicum* (Ceylon) (Fig. 504), Ceylonzimmet, ist als feines Gewürz geschätzt, aber nicht mehr officinell.

### 6. Ordnung. Rhoeadinae.

Blüthe hypogyn, zwittrig, vorwiegend zweizählig; Perianth aus drei zwei- oder viergliederigen, Androeceum aus zwei zweigliederigen Quirlen; Gynoeceum dimer, syncarp; Fruchtknoten einfächerig, mit parietalen Placenten. Kräuter mit wechselständigen einfachen Blättern ohne Nebenblätter.

Die Rhoeadini bilden eine sehr natürliche und scharf begrenzte Ordnung ohne sichere Beziehungen zu anderen Gruppen. Ihr Typus zeigt sich am reinsten bei der Gattung *Hypocoum*, deren Blüthe sich durchweg aus zweigliederigen Wirteln aufbaut. Bei den grössten Familien der Ordnung, den Cruciferen und Capparidaceen, ist die Corolle vierblättrig und alternirt mit den beiden decussirten zweiblättrigen Kelchquirlen; es wird manchmal angenommen, aber ohne dass Thatsachen dafür sprächen, dass eine solche vierblättrige Corolle durch Spaltung aus einer zweiblättrigen entstanden sei. Die meisten Variationen zeigt das Androeceum, welches in Folge von Spaltung seiner Glieder, oder, was weit seltener, seiner Wirtel, häufig aus mehr als vier (2 + 2) Staubgefässen besteht; der Grundtypus lässt sich jedoch in der Regel noch nachweisen. Für das Verständniss des Rhoeadini-Androeceum sind die Capparidaceen sehr instructiv, indem in dieser Familie alle Uebergänge zwischen dem 2 + 2 gliederigen und einem durch Spaltung vielgliederigen Androeceum vorkommen; auch Reduction des letzteren auf einen Wirtel kommt bei ihnen vor. — Das Gynoeceum bleibt beinahe durchweg zweicarpellig; nur in wenigen Fällen (*Papaver*) hat eine Spaltung seiner Glieder stattgefunden.

**Familie Cruciferae**<sup>(51)</sup>. Blüthe actinomorph; Kelch aus zwei zweiblättrigen Quirlen; Corolle vierblättrig; zwei äussere kurze und vier innere, paarweise genäherte lange Staubgefässe; Gynoeceum stets dimer; Fruchtknoten durch falsche Scheidewand zweikammerig; Frucht meist eine Schote, seltener eine Schliessfrucht; Samen ohne Endosperm, mit gekrümmtem Keime (Fig. 506 bis 509).

Die Cruciferen sind kahle oder borstig behaarte Kräuter, selten Halbsträucher, mit ganzrandigen, gezähnten oder gelappten Blättern. Ihre meist



Fig. 506. Cruciferae. Diagramm (Brassica).

kleinen Blüten sind zu endständigen, meist der Vor- und Deckblätter entbehrenden Trauben gruppiert, die sich ganz allmählich acropetal entwickeln, so dass vielfach die Basis der Traube von reifen Früchten eingenommen ist, während ihr von jungen Knospen bedeckter Gipfeltheil noch wächst (z. B. *Capsella bursa pastoris*). Die weisse oder gelbe, seltener carminrothe oder violette Färbung der Blumenblätter und die an der Basis der Staubgefässe befindlichen Honigdrüsen stellen unzweifelhafte Lockmittel für Insecten dar; indessen findet sehr häufig Selbstbestäubung statt. — Die Schoten sind entweder viel länger als breit und werden dann als echte Schoten, *siliquae*, von den kurzen und breiten Schötchen, *siliculae* (Fig. 509), unterschieden. Die seltener vorkommenden Schliessfrüchte (Fig. 510) sind manchmal durch falsche Querwände gekammert und zerfallen dann oft bei der Reife in eine entsprechende Zahl von Stücken; man spricht in diesem Falle von einer Gliederschote. Schoten und Schliessfrüchte weichen in Gestalt und

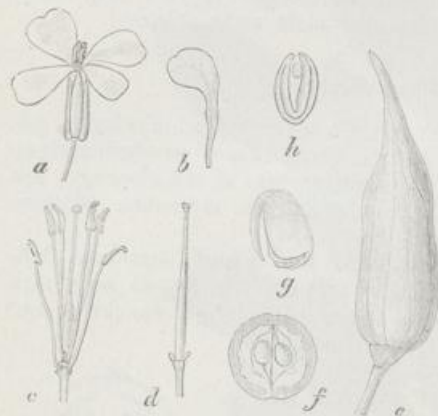


Fig. 507. *Raphanus sativus*. a Blüthe, nat. Gr., b Blumenblatt derselben, c Androeceum und Stempel. Vergr. 2. d Stempel mit Discusdrüsen. Vergr. 2. e Frucht, nat. Gr., f Querschnitt durch die Frucht, g und h Keim, vergrössert.

Structur nicht wesentlich von einander ab und kommen zuweilen auf derselben Pflanze vereinigt vor. Viele Cruciferen enthalten scharf schmeckende, stickstoff- oder schwefelhaltige ätherische Oele, die in den vegetativen Organen (z. B. Meerrettig) frei vorliegen, im Samen aber an andere Körper, von welchen sie erst bei Anwesenheit von Wasser abgespalten werden, gebunden sind (z. B. im Senf-Samen; vgl. unter Officinell).

Die Eintheilung der Cruciferen in Unterfamilien stösst, wegen der Homogenität der Familie, auf grosse Schwierigkeiten. Die älteste von LINNÉ aufgestellte, lange allgemein angenommene Gruppierung wird jetzt, als zu künstlich, häufig verworfen. Sie unterscheidet zunächst *Siliquosae*, Schotenfrüchtige und *Siliculosae*, Schötchenfrüchtige: beide Gruppen wurden

ferner eingetheilt in *Siliquosae dehiscentes*, mit normalen Schoten, *Siliquosae lomentaceae*, mit Gliederschoten, *Siliculosae dehiscentes* mit Schötchen, und *Siliculosae nucamentaceae* mit Schliessfrüchten. Die *Siliculosae dehiscentes* wurden später von A. P. DE CANDOLLE in *S. latiseptae* mit breiter, und in *S. angustiseptae* mit schmaler Scheidewand eingetheilt.

Eine andere, gegenwärtig noch sehr gebräuchliche Eintheilung wurde von DE CANDOLLE auf die verschiedene Art der Krümmung des Keims basirt: 1) *Notorrhizeae*: Keimblätter flach, Würzelchen der Fläche eines derselben aufliegend; Schema: ○ ||. 2) *Orthoploceae*: Keimblätter gekrümmt; das Würzelchen in der Rinne des einen; Schema: ○ >>. 3) *Pleurorrhizeae*: Würzelchen seitlich an beiden Keimblättern; ○ =. 4) *Spirolobae*: Keimblätter spiralig gerollt: ○ |||. 5) *Diplecolobae*: Keimblätter doppelt gefaltet: ○ |||||. In neuester Zeit wurde eine wohl mehr natürliche, verschiedene Organe (Narbe, Honigdrüsen, Scheidewand, Haare) berücksichtigende Eintheilung von PRANTL vorgeschlagen. Ihrer grossen Bequemlichkeit halber soll jedoch hier die alte LINNÉ-DE CANDOLLE'sche Eintheilung beibehalten werden.



Wichtigere deutsche und cultivirte Gattungen: 1) *Siliquosae dehiscentes*: *Cardamine* mit elastischen Klappen; *Arabis*; *Barbarea*; *Nasturtium*, zum Theil mit kurzen Schoten; *Cheiranthus*, Goldlack; *Matthiola*, Levkoje; *Sisymbrium*; *Erysimum*; *Brassica*, Kohl; *Sinapis*, Senf. — 2) *Siliquosae lomentaceae*: *Crambe* und *Cakile*, Strandgewächse; *Raphanus* (die Schote von *Raphanus sativus*, dem Gartenrettig [Fig. 507], ist im Innern schwammig und zerfällt bei der Reife nicht in Stücke). 3) *Siliculosae dehiscentes latiseptae*: *Cochlearia* (s. unter Officinell); *Draba* (Schötchen lanzettlich, zusammengedrückt); *Alyssum*; *Lunaria* (Schötchen sehr gross, flach, langgestielt); *Camelina*. 4) *Siliculosae dehiscentes angustiseptae*: *Thlaspi* (Schötchen flach, rund oder herzförmig); *Iberis*, Traube schirmartig, mit schwach zygomorphen, peripherischen Blüten; *Capsella*, mit dreieckigen Schötchen; *Lepidium*. 5) *Siliculosae nucamentaceae*: *Isatis*.

**Geographische Verbreitung.** Die Cruciferen sind hauptsächlich Bewohner der nördlichen temperirten Zone, wo sie die verschiedensten Standorte bewohnen. Bei uns bilden sie einen Hauptbestandtheil des sogen. Unkrauts, theils auf Feldern, noch mehr aber auf Wegrändern, auf Schutt.

Viel cultivirt werden *Brassica oleracea*, der Kohl, in zahlreichen Varietäten; die Stammform wächst wild auf dem Meeresstrande in Westeuropa. *Brassica Napus* var. *oleifera*, Raps; var. *Napobrassica*, Erdkohlrabi; *Brassica Rapa*, Rübe; var. *oleifera*, Rübse; *Br. nigra* (s. unter Officinell); *Sinapis alba*, weisser Senf; *Lepidium sativum*, Gartenkresse; *Nasturtium officinale*, Brunnenkresse; *Cochlearia Armoracia*, Meerrettig; *Raphanus sativus*, Rettig; *Camelina sativa*, Leindotter.

**Officinell:** *Brassica nigra*, der schwarze Senf, liefert Samen *Sinapis* (Pharm. austr., germ.). *Cochlearia officinalis*, ein am Meeresstrand wildwachsendes kahles Kraut, mit weissen Blüten und kugeligen Schötchen, liefert Herba *Cochleariae* (Pharm. germ.).

Familie *Capparidaceae*<sup>(55)</sup>. Blüten meist zygomorph; Perianth wie bei den Cruciferen; Androeceum 4 — ∞; Gynoeceum 2 — ∞; Fruchtknoten gestielt; Samen ohne Endosperm. — Kräuter und Sträucher der warmen Zonen (Fig. 510).

Die Kappern sind die Blütenknospen eines mediterranen Strauches, *Capparis spinosa* (Fig. 510).

Familie *Fumariaceae*<sup>(56)</sup>. Blüten transversal zygomorph; Kelch zweiblättrig; Corolle aus zwei zweiblättrigen Quirlen; meist zwei dreitheilige Staubgefässe; Gynoeceum dimer. Same mit Endosperm (Fig. 511).

Die Fumariaceen sind kahle, oft blau bereifte Kräuter mit zerschlitzten Blättern und traubenförmigen, mit Deck- und Vorblättern, oder nur mit ersteren versehenen Inflorescenzen. Eines der beiden äusseren Corollenblätter, selten alle beide, sind mit einem Sporne versehen. Besonderes Interesse beansprucht das Androeceum. Dasselbe ist bei *Hypecoum*, wie bereits erwähnt, 2 + 2gliederig; bei den anderen Gattungen stehen vor den äusseren Kronenblättern zwei dreitheilige Staubblätter, deren mittlerer Faden eine dithecische Anthere, die beiden seitlichen aber monotheische Antheren tragen (Fig. 511b). Die Erscheinung ist durch Spaltung und Verschiebung im Androeceum bedingt. Die beiden seitlichen



Fig. 508. Früchte einer *Siliculosa angustisepta* (*Thlaspi arvense*). (Nach WOSSIDLO.)



Fig. 509. 1 Frucht einer *Siliculosa lomentacea* (*Neslia paniculata*). 2 durchgeschnitten. (Nach WOSSIDLO.)

monotheischen Glieder einer jeden Gruppe sind die von einander getrennten und den äusseren Staubgefässen angewachsenen Hälften der inneren Staubgefässe.

Deutsche Gattungen: *Corydalis*, mit Kapsel Frucht. *Fumaria*, mit Nuss.



Fig. 510. *Capparis spinosa*. 1 blühender Zweig. 2 Frucht. 3 Durchschnitt durch dieselbe. (Nach WOSSIDLO.)



Fig. 511. *Corydalis aurea*, Vergr. 2. a Stück der Traubenachse mit Blüthe, b Griffel und Staubgefässe.



Fig. 512. Blüthendiagramm von *Glaucium*. (Nach EICHLER.)



Fig. 513. *Papaver somniferum*.  $\frac{3}{8}$  nat. Gr. — Giftig und officinell.

Die meisten Vertreter der kleinen Familie bewohnen die nördliche temperirte Zone. *Dicentra spectabilis*, mit zweisporniger Corolle, wird als Zierpflanze cultivirt.

Familie **Papaveraceae**<sup>(57)</sup>. Blüthe actinomorph; Kelch zweiblättrig; Corolle aus zwei zweiblättrigen Quirlen; Androeceum vielgliederig; Stempel zwei- oder mehrarpellig (bis 16gliederig). Samen mit Endosperm. Kräuter mit Milchsaft (Fig. 512, 513).

Die meisten Papaveraceen sind steifhaarige Kräuter, deren in gegliederten Milchröhren enthaltener Milchsaft weiss, selten gelb, orange oder roth ist. Die Blüthen sind einzeln oder zu Inflorescenzen gruppirt, meist gross und schön gefärbt. Die Früchte sind stets vielsamige Kapseln, zum Theil denjenigen der Cruciferen ganz ähnliche, jedoch der falschen Scheidewand entbehrende Schoten.

Deutsche Gattungen: *Chelidonium*, mit orangegelbem Milchsaft und Schote. *Papaver*, mit weissem Milchsaft; Frucht vielcarpellig, unvollständig gefächert, mit strahliger Narbe, unterhalb welcher, bei der Reife, Klappen sich öffnen.

Geographische Verbreitung. Die kleine Familie ist beinahe ganz auf die nördliche temperirte Zone beschränkt. Cultivirt wird *Papaver somniferum* (s. Giftig).

Giftig: *Papaver somniferum*, der wegen seiner ölreichen Samen viel cultivirte Mohn, enthält in allen seinen Theilen giftigen Milchsaft. Der Mohn ist ein hohes einjähriges Kraut, mit kahlen, bläulich bereiften Achsen und Blättern; letztere sind sitzend, unregelmässig eingeschnitten und gezähnt. Die auf langen, borstig behaarten Stielen einzeln sich erhebenden Blüthen sind in der Knospe nickend, später aufrecht; sie besitzen einen beim Aufblühen sich ablösenden Kelch, weisse oder violette, in der Knospe zerknitterte, später glatte Blumenblätter, eine bis 6 cm breite Kapsel und zahlreiche, sehr kleine Samen von nierenförmiger Gestalt und weisser oder violetter Farbe (Fig. 513). Unsere einheimischen Papaveraceen sind ebenfalls, jedoch in geringerem Grade, toxisch.

Officinell: *Papaver somniferum* liefert Fructus Papav. immaturi (Pharm. germ., austr.), Semen Papaveris (Pharm. germ.) und, im eingetrockneten Milchsaft der unreifen Kapseln im Orient cultivirter Pflanzen: Opium (Pharm. germ., austr.).

Als anomale, in ihrer systematischen Stellung zweifelhafte Familie werden den Rhoeadinen, speciell den Capparidaceen, angehängt die

**Resedaceae**<sup>(58)</sup>. Blüthe zygomorph. Perianth aus zwei- bis achtgliederigen Wirteln; Petala zerschlitzt; Sexualorgane gewöhnlich auf einem Gynophor; Staubfäden drei bis vierzig; Carpelle zwei bis sechs, frei oder zu einem oberwärts offenen, einfächerigen Fruchtknoten verwachsen.

Die Resedaceen sind krautige oder strauchige, hauptsächlich die Mittelmeerlande bewohnende kleinblüthige Gewächse. Bei uns sind sie nur durch zwei wildwachsende Arten, *Reseda lutea* und *R. luteola*, vertreten. *Reseda odorata* wird als Zierpflanze allgemein cultivirt.

### 7. Ordnung. Cistiflorae.

Blüthe hypogyn, meist actinomorph und zwitterig. Kelch in der Knospe dachig; Perianth und Androeceum nach der Fünffzahl, letzteres aber meist durch Spaltung vielgliederig; Gynoeceum meist drei- bis fünfcarpellig, syncarp, meist einfächerig mit parietalen Placenten, seltener mehrfächerig; Samenanlagen meist anatrop; Keim meist gerade. Blätter einfach, meist wechselständig.

Die Cistifloren bilden eine wenig natürliche Ordnung, deren Familien zum grossen Theil schon andere Stellungen im System eingenommen haben. Ihre Blüthen zeigen den gewöhnlichen Dicotylen-Typus in reiner Form oder lassen sich meist von demselben durch Spaltung oder Reduction ableiten, ohne durchgehende oder doch sehr häufige charakteristische Merkmale zu zeigen. Ebenso fehlt ein prägnanter Typus, um welchen sich die weniger ausgeprägten Formen gruppieren lassen würden. — Verwandtschaftliche Beziehungen zeigen manche Cistifloren zu den Resedaceen und hiermit zu den

Rhoeadini, andere, namentlich die Ternstroemiaceen, zu den Columniferen, andere noch zu den Passiflorinen.

Familie *Cistaceae*<sup>(59)</sup>. Blüten actinomorph, mit zahlreichen Staubgefäßen; Gynoeceum tri- bis pentamer; Fruchtknoten meist einfächerig, mit parietalen Placenten; Griffel einfach; Samenanlage atop; Kapsel- frucht; Samen endospermhaltig, mit gekrümmtem Keime. — Kleine Holz- gewächse, seltener Kräuter, mit einfachen Blättern (Fig. 514, 515).

Die kleine Familie bewohnt vornehmlich die Mittelmeerländer. Bei uns ist sie nur durch die Gattung *Helianthemum* vertreten, von deren Arten *H. vulgare*, das Sonnenröschen, allein häufig ist. Als kleiner, gelbblühender Halbstrauch be- wohnt es, ähnlich wie die anderen Cistaceen, trockene, sonnige Standorte.

Familie *Droseraceae*<sup>(60)</sup>. Blüten actinomorph; meist fünf Staub- gefäße; Fruchtknoten meist einfächerig, mit wandständigen Placenten.

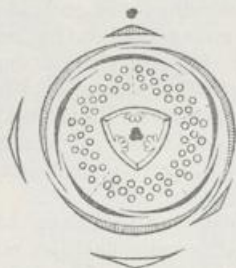


Fig. 514. Blüthendiagramm von *Helianthemum vulgare* (Cista- ceae). (Nach EICHLER.)



Fig. 516. Diagramm von *Viola*.



Fig. 515. *Helianthemum vulgare*. Nat. Gr. (Nach WOSSIDLO.)

Griffel gesondert; Kapsel- frucht; Same endospermhaltig. — Kräuter, mit drüsig gewimperten, reizbaren Blättern (Fig. 189—190).

*Droseraceen* kommen in allen Zonen vor; sie sind sämtlich Fleisch- fresser. Bei uns ist die Familie durch vier Arten von *Drosera*, Sonnenthan, auf Torfmooren vertreten.

Familie *Violaceae*<sup>(61)</sup>. Blüten actinomorph oder häufiger zygo- morph; fünf Staubgefäße; Fruchtknoten einfächerig mit wandständigen Placenten; Griffel einfach; Same endospermhaltig, mit geradem Keim (Fig. 516—517).

Die *Violaceen* sind Kräuter, Sträucher und Bäume, häufig mit grossen Neben- blättern. Sie bewohnen, in geringer Anzahl, sämtliche Zonen. — Einheimisch ist nur *Viola*: Zygomorphe, stets seitliche Blüten mit spornförmiger Aussackung des unteren Blumenblatts, in welcher je ein spornförmiger, nektarabsondernder Auswuchs der beiden vorderen Staubgefäße eingeschlossen ist (Fig. 517 *B, nt*). Viele *Viola*-Arten besitzen gleichzeitig ansehnliche, honighaltige Blüten, die an

Insectenbestäubung angepasst sind, und kleine, unscheinbare, honigfreie, sogen. kleistogame Blüten, in welchen Selbstbestäubung stattfindet (vgl. S. 255). Die Insectenblüthen sind auffälliger Weise meist unfruchtbar. Mehrere Arten, namentlich *Viola altaica*, Gartenstiefmütterchen, werden als Zierpflanzen cultivirt.

Officinell: Herba *Violae tricoloris* von *Viola tricolor* (Pharm. germ., austr.).

Familie *Hypericaceae*<sup>(62)</sup>. Blüten actinomorph, drei oder fünf in

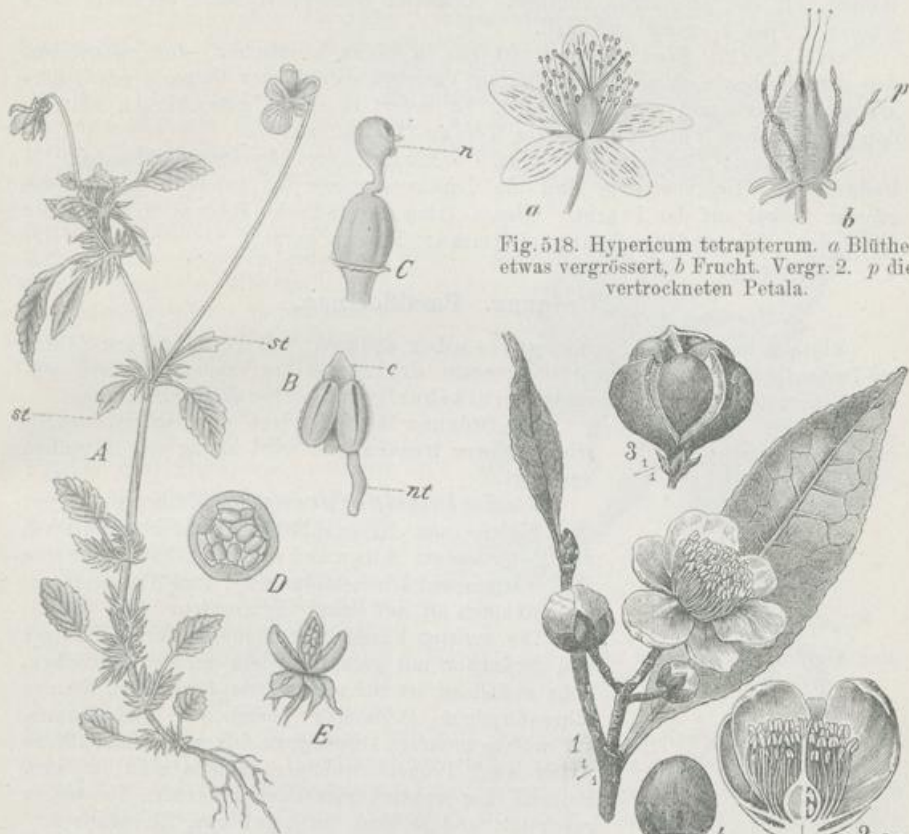


Fig. 517. *Viola tricolor*. A Ganze Pflanze, verkl. B Staubgefäss, vergr. C Gynoecium, vergr. D Fruchtknoten im Querschnitt. E Frucht, nat. Gr. — Officinell.

Fig. 518. *Hypericum tetrapterum*. a Blüthe, etwas vergrössert, b Frucht. Vergr. 2. p die vertrockneten Petala.

Fig. 519. *Thea chinensis*. 1 Blüthenzweig. 2 Blüthe, längsgeschnitten. 3 Frucht. 4 Same. (Nach WOSSIDLO.)

mehrere Zweige tiefgespaltene Staubgefässe; Fruchtknoten ein oder mehrfächerig mit wandständigen Placenten; Griffel gesondert; Same endospermfrei. Blätter gegenständig, mit Oeldrüsen (Fig. 518).

Die Familie ist in den temperirten und warmen Zonen verbreitet. Mehrere Arten von *Hypericum* (z. B. *H. perforatum*) sind bei uns an Wegrändern und auf Wiesen häufig.

Familie *Clusiaceae*<sup>(63)</sup>. Diöcisch, Staubgefässe zahlreich. Fruchtknoten polymer; Narbe strahlig. — Tropische Holzgewächse mit Harz- oder Gummiharzgingen.

Officinell: *Garcinia Morella* und *G. Hanburyi* (Ostindien) liefern in ihrem eingetrockneten Gummiharz das Gummigutt: Gutti (Pharm. germ.).

Familie **Ternstroemiaceae**<sup>(64)</sup>. Mit voriger Familie verwandte, sehr vielgestaltige Familie. Bei *Camellia* und *Thea*: Perianth spiralig, Vorblätter allmählich in den Kelch übergehend; Androeceum vielgliedrig; Fruchtknoten mehrfächerig. Holzgewächse ohne Harzgänge (Fig. 519).

Die Ternstroemiaceen sind vorwiegend tropische immergrüne Sträucher und Bäume, oft mit prächtigen Blüten. *Camellia japonica* ist eine bekannte Zierpflanze. Thee s. unter Officinell.

Officinell: *Thea chinensis* ist ein in China heimischer, dort, sowie auf den ostindischen Gebirgen in mehreren Varietäten cultivirter Strauch mit lederartigen Blättern und weissen Blüten. Er liefert in seinen getrockneten Blättern den chinesischen Thee, off.: Folia Theae (Pharm. austr.).

Ausserdem: *Elatinaceae*, *Elatine*. — *Tamaricaceae*: *Myricaria*, *Tamvix*. — Reintropische Holzgewächse sind die *Dipterocarpaceae* (so genannt wegen zwei grosser Flügel auf der Frucht). *Hopea*-Arten, ostindische Bäume, liefern einen Theil der officinellen Resina Dammar (Pharm. germ.).

### 8. Ordnung. Passiflorinae.

Blüthen actinomorph, meist peri- oder epigyn, mit verschiedenen Zahlen im Perianth und Androeceum; Gynoeceum dreicarpellig, meist mit drei gespaltenen Griffeln; Fruchtknoten einfächerig mit parietalen Placenten.

Die Ordnung lässt sich von der vorigen diagnostisch schwer trennen und wird häufig mit derselben vereinigt.

Familie **Passifloraceae**<sup>(65)</sup>. Blüten perigyn; fünf Kelch- und Kronenblätter. Zwischen Perianth und Androeceum Auswüchse der Blütenachse (Nebenkrone und Discusbildungen); fünf Staubgefässe; Fruchtknoten oft auf einem Gynophor (Fig. 520).

Die meisten Passifloraceen sind rankende Kräuter und Sträucher mit grossen, schön gefärbten Blüten. Sehr auffallend ist bei vielen *Passiflora*-Arten die aus röhrenförmigen Bildungen bestehende Nebenkrone, auf welche mehrere Discusringe folgen. — Sämmtliche Arten sind Tropenbewohner; manche sind in ihrer Heimath der wohlschmeckenden Beerenfrüchte wegen geschätzt; andere sind, auch bei uns, Zierpflanzen.

Zu der nächsten Verwandtschaft der Passifloraceen gehört die tropische Familie der *Caricaceae* (*Carica Papaya*, Melonenbaum, enthält in seinem Milchsaft ein pepsinartiges Ferment: Papayotin).

Familie **Begoniaceae**<sup>(66)</sup>. Blüten epigyn, eingeschlechtig, die männlichen mit zwei weibblättrigen Perianthquirlen, die weiblichen mit einfachem fünfblättrigem Perianth; Androeceum

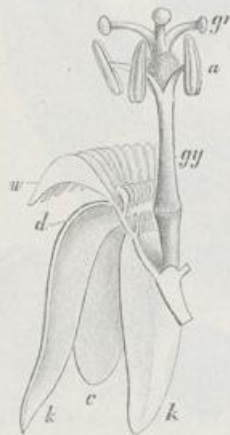


Fig. 520. *Passiflora* Engleriana. Fragment der Blüthe. k Kelch, c Kronenblatt, w Nebenkrone, d Discus, gy Gynophor, a Anthere, gr Griffel. Nat. Gr. (Nach HARMS in Natürl. Pflanzenfamilien.)

polymer, oft verwachsenblättrig; Fruchtknoten dreikantig, dreifächerig.

Die Begoniaceen sind krautige, saftreiche, zuweilen kletternde Gewächse der Tropenwälder, mit schiefen, meist herzförmigen Blättern und zu lockeren dichasialen Inflorescenzen gruppirten meist rothen oder weissen Blüten. Viele Arten sind beliebte Zierpflanzen.

Zu den Passiflorinen gehört ausserdem noch die Familie der *Loasaceae*,

tropisch-amerikanische, meist kletternde Kräuter, oft mit Brennhaaren. Einige werden als Zierpflanzen cultivirt.

### 9. Ordnung. Opuntinae.

Einzig Familie: *Cactaceae*<sup>(67)</sup>. Blüten epigyn, actinomorph, zwittrig, im Perianth und Androeceum spiralig; beide und das Gynoeceum aus einer grossen, unbestimmten Zahl von Gliedern; Fruchtknoten einfächerig mit zahlreichen parietalen Placenten. Samenanlagen an langen Nabelsträngen. Beerenfrüchte. Kräuter und Holzgewächse mit fleischigen Achsen und meist reducirten, dornartig ausgebildeten Blättern (Fig. 28, 521).

Bei vielen Cactaceen (z. B. *Mamillaria*) ist das oberirdische vegetative System auf eine laublose cylindrische oder kugelige, vielkantige Achse reducirt, bei anderen ist ein System verzweigter cylindrischer Achsen vorhanden, die entweder ebenfalls vielkantig cylindrisch (*Cereus*) oder bandartig abgeflacht (z. B. *Epiphyllum*, Fig. 521) oder scheibenförmig sein können (*Opuntia*, Fig. 28). Die zu Büscheln gruppirten Dornen sind der Mehrzahl nach als reducirte Blätter zu betrachten. *Peireskia* allein besitzt wohl ausgebildete Laubblätter.

Wie eigenartig der Habitus der Cactaceen auch erscheinen mag, so ist er doch nicht für die Familie charakteristisch, sondern kommt in ganz ähnlicher Ausbildung gewissen Euphorbiaceen und Asclepiadaceen zu.

Die grosse Familie der Cactaceen ist auf das wärmere Amerika beschränkt, dessen landschaftlichen Charakter ihre Formen durch ihr merkwürdiges Aussehen und massenhaftes Auftreten streckenweise in erster Linie bedingen. Wie alle Succulenten, bevorzugen die Cactaceen wasserarme Gegenden. Ihre Hauptentwicklung zeigen sie in den regenarmen südwestlichen Gebieten Nordamerikas, wo die candelaberartig verzweigten Säulen des Monumentcactus (*Cereus giganteus*) sich über dem nackten felsigen Boden bis zu 20 m Höhe erheben, und auf den steinigten Gefilden der Hochebenen Mexikos, wo sie, bis in die Nähe der Schneegrenze, die erstaunlichste Formenmannichfaltigkeit entfalten. — Eine Art, *Opuntia ficus indica*, mit essbaren Beerenfrüchten, ist in den Mittelmeerländern verwildert und dort so häufig geworden, dass sie, ähnlich wie die ebenfalls amerikanische *Agave*, eine der Charakterpflanzen jener Landschaften geworden ist. Auf ihr wird die Cochenille gezüchtet. — Zahlreiche Cactaceen werden in Warmhäusern und in Zimmern als Zierpflanzen cultivirt.



Fig. 521. *Epiphyllum truncatum*. 2 längsgeschnittene Blüthe. Nat. Gr. (Nach WOSSIDLO.)

### 10. Ordnung. Columniferae.

Blüthe hypogyn, zwittrig, actinomorph; Kelch und Corolle fünfblättrig; Androeceum in der Anlage fünfgliederig, aber durch Spaltung vielgliederig werdend und meist monadelphisch; Fruchtknoten 2— $\infty$  carpellig, der Zahl der Carpelle entsprechend gefächert.

Charakteristisch ist für die Columniferen in erster Linie das Androeceum. Bei einigen Formen ist dasselbe, dem dicotylen Typus gemäss, von zwei fünfgliedrigen Kreisen gebildet; in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle hingegen ist einer der Wirtel, am häufigsten der episepale, staminodial entwickelt oder unterdrückt, während der andere, in Folge tiefgreifender Spaltung seiner fünf Anlagen, die Zahl seiner Glieder vermehrt hat. Ausserdem sind bei den meisten Columniferen die Filamente der Staubgefässe mehr oder weniger hoch zu einer Säule (Columna), besser einer Röhre verwachsen, deren Ursprung aus fünf bezw. zehn Anlagen nur auf Grund der Entwicklungsgeschichte und des Vergleiches verwandter Formen noch nachweisbar ist. Aehnliche Spaltungen, wie im Androeceum, treten vielfach auch im Gynoeceum auf.

Familie *Tiliaceae*<sup>(98)</sup>. Kelch freiblätterig. Corolle in der Knospe klappig; Staubgefässe meist zahlreich, frei; Antheren intrors, dithecisch; Pollen nicht stachelig (Fig. 522, 523).

Die meisten Tiliaceen sind Holzgewächse mit gezähnten oder gelappten Blättern, kleinen Nebenblättern, verschieden grossen, an Insectenbestäubung angepassten Blüten in vielgliederigen Inflorescenzen, und trockenen Kapsel- oder Schliessfrüchten.

Das Androeceum der Tiliaceen-Blüte besteht zuweilen aus zwei fünfgliedrigen Wirteln und stellt hiermit den ursprünglichen Zustand dar, aus welchem sich die complicirter gebauten Androeceen der anderen For-



Fig. 522. Tiliaceae, Diagramm (Tilia). (Nach EICHLER.)

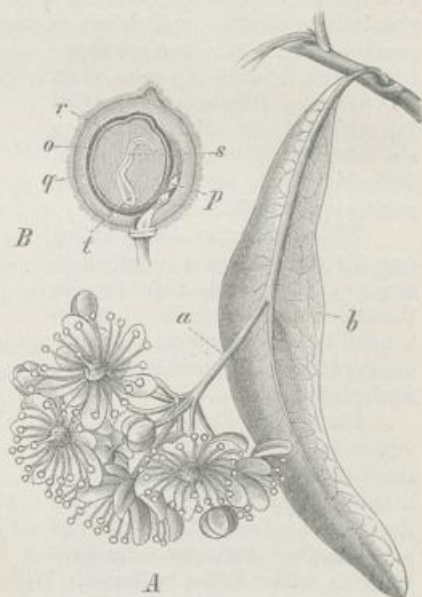


Fig. 523. *Tilia parvifolia*. A Blütenstand, nat. Gr., b das Hochblatt. B Frucht, längsgeschnitten und vergrössert, a Pericarp, p verkümmerte Scheidewände und Samenanlagen, q Same, r Endosperm, s Keim, t Würzelchen des letzteren. — Officinell. (Nach BERG und SCHMIDT.)

men entwickelt haben. Durch Unterdrückung eines Wirtels (bald des epipetalen, bald des episepalen) geht häufig die Zahl der Staubgefässe bezw. ihrer Anlagen auf fünf zurück, oder ein Wirtel ist staminodial entwickelt. In den meisten Fällen jedoch sind die Staubgefässe in Folge einer bis zur Basis reichenden Spaltung der Anlagen in grosser, unbestimmter Zahl vorhanden und dann häufig in fünf oder zehn den Anlagen entsprechende Bündel gruppiert. Bei einigen Formen sind sie an der Basis verwachsen, ähnlich wie bei den Malvaceen, von deren Androeceum sich dasjenige der Tiliaceen in solchen Fällen nur noch durch die dithecischen, introrsen Antheren und den nicht stacheligen Pollen unterscheidet.



Bei einigen Arten sind die Glieder des Androeceum theilweise in blumenblattartige Staminodien umgewandelt (z. B. *Tilia tomentosa*).

Die vorwiegend tropische Familie der Tiliaceen ist bei uns nur durch zwei Arten von *Tilia*, Linde, vertreten, die stellenweise in Wäldern zerstreut wild wachsen, häufiger aber in Anlagen, an Chausseen u. dergl. cultivirt vorkommen. Die Linden haben zweizeilig geordnete Blätter, mit kleinen, hinfalligen Nebenblättern. Die Blüten sind zu einer Scheindolde vereinigt, deren dünner Stiel einem durch längliche Gestalt und gelbliche Färbung von einem Laubblatte abweichenden Hochblatte angewachsen ist. Die zahlreichen Staubgefäße entstehen aus fünf episealen Anlagen und sind in alternden Blüten deutlich in fünf Bündel gruppiert. Der Fruchtknoten ist behaart, fünffächerig, mit zwei Samenanlagen in jedem Fache und reift zu einer einsamigen Schliessfrucht mit endospermreichem Samen. — *Tilia parvifolia*, die Winterlinde, hat herzförmige, unterseits in den mit braunen Haarbüscheln versehene, sonst kahle Blätter und fünf- bis neunblühige Trugdolden; *T. grandifolia*, die Sommerlinde, hat unterseits gleichmässig behaarte Blätter und drei- bis fünfblühige Trugdolden. Bei der osteuropäischen, in Anlagen häufig cultivirten *Tilia tomentosa* sind fünf weisse, den Blumenblättern ähnliche Staminodien vorhanden.

Officinell: Flores Tiliae (Pharm. germ., austr.) von *Tilia parvifolia* und *T. grandifolia*.

Familie **Sterculiaceae**<sup>(69)</sup>. Blüten manchmal apetal; Kelch verwachsenblättrig; Corolle gedreht; Staubgefäße meist wenig zahlreich, monadelphisch; Antheren extors, ditheisch; Pollen meist nicht stachelig (Fig. 524—527).

Das Androeceum ist bei den Sterculiaceen im Gegensatz zu den Tiliaceen stets monadelphisch und gleicht demjenigen der Malvaceen, von welchem es sich oft nur durch ditheische Antheren, in der Regel aber durch geringere Zahl seiner



Fig. 524. Sterculiaceae. Diagramm (*Theobroma*). (Nach EICHLER.)



Fig. 525. *Theobroma Cacao*. Zweigstück mit Blüthe. — Officinell.  $\frac{2}{3}$  nat. Gr. (Nach BERG und SCHMIDT.)

Glieder unterscheidet. Die episealen Staubblätter sind nie fertil, sondern staminodial oder unterdrückt.

Die Sterculiaceen sind sämtlich Bewohner der Tropengebiete, wo sie als Kräuter, Sträucher, Lianen und Bäume überall auftreten und manchmal durch sonderbare Blütenformen auffallen. Für den Menschen wichtig ist nur der Cacaobaum, *Theobroma Cacao*, ein ursprünglich in Mexiko heimisches, jetzt in

allen Tropenländern cultivirtes grossblättriges Bäumchen, dessen kleine rothe Blüten büschelig aus der Rinde des Stammes und alter Aeste entspringen (Cauliflorie). Die Frucht ist gurken-gross, von rother oder orange-gelber Farbe, längsgerippt, hartschalig und enthält, in saftigem Fleische eingebettet, zahlreiche längliche Samen. Nach erfolgter Gährung geröstet und gemahlen liefern diese Samen den Cacao.

Officinell: Die Samen von *Theobroma Cacao* (s. o.) liefern die Cacao-butter, Oleum Cacao (Pharm. germ., austr.). — Die in neuerer Zeit als Arzneimittel empfohlene Kolanuss stammt von *Kola acuminata* (Westafrika).



Fig. 526. *Theobroma Cacao*. Blüte, längsgeschnitten. Vergr. (Nach BERG und SCHMIDT.)

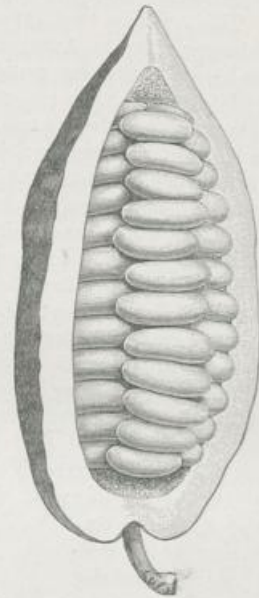


Fig. 527. Frucht von *Theobroma Cacao*. Die Fruchtschale ist teilweise entfernt.  $\frac{1}{2}$  nat. Gr. — Officinell. (Nach BERG und SCHMIDT.)

Familie *Malvaceae*<sup>(70)</sup>. Kelch verwachsenblättrig; Corolle in der Knospe gedreht; Staubgefässe zahlreich, verwachsen; Antheren extrors, monotheisch; Pollen stachelig (Fig. 528—531).

Die Malvaceen sind krautige oder holzige, meist, wenigstens in der Jugend, filzig behaarte, schleimreiche Gewächse, mit handnervigen, oft handförmig gelappten Blättern. Ihre gewöhnlich grossen und schön gefärbten, der Insectenbestäubung angepassten trichter- oder glockenförmigen Blüten stehen einzeln achselständig oder sind zu terminalen Inflorescenzen gruppiert und häufig mit einem von drei oder mehr Vorblättern gebildeten Aussenkelch versehen. Die Corolle ist an der Basis schwach verwachsenblättrig. Die zahlreichen monotheischen Staubgefässe entstehen durch eine hier auch die



Fig. 528. Malvaceae. Diagramm. (Malva.)

Antheren treffende Spaltung des epipetalen Kreises, während der epispale entweder unterdrückt ist oder in Form zahnartiger Staminodien den oberen

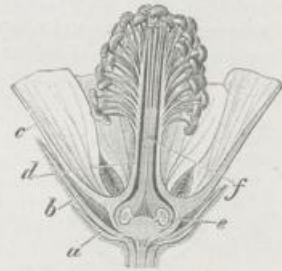


Fig. 529. *Althaea officinalis*. Längsdurchschnittene Blüte mit theilweise abgeschnittenen Blumenblättern, a der Aussenkelch, b der Innenkelch, c die Blumenblätter, d das Androeceum, f der Stempel, e die Samenanlagen. Vergr. (Nach BERG und SCHMIDT.)

Rand der Staminaleöhre krönt. Das Gynoeceum ist oft vielblättrig. Die Frucht ist eine Kapsel- oder Spaltfrucht.

Wichtigere Unterfamilien und deutsche Gattungen: 1) *Malveae*, mit Spaltfrüchten aus zahlreichen, in einem Kreise geordneten Fruchtblättern. *Malva*, mit drei freien Aussenkelchblättern; *Lavatera*, mit drei verwachsenen Aussenkelchblättern; *Althaea*, mit sechs bis neun am Grunde verwachsenen Aussenkelchblättern. 2) *Hibisceae*. Mit Kapseln. *Hibiscus*; *Gossypium*.

Geographische Verbreitung. Die *Malvaceen* sind, mit Ausnahme der Polarländer, auf der ganzen Erde, jedoch vornehmlich in den wärmeren Zonen, verbreitet. Einige *Malva*-Arten, z. B. *M. silvestris*, *M. vulgaris*, sind in Deutschland gemein. *Althaea rosea*, die Stockrose und strauchige *Hibiscus*-Arten sind viel verbreitete Zierpflanzen. — Die für den Menschen wichtigsten Vertreter der



Fig. 530. *Malva silvestris*. a Blüthe, b Blütenknospe, c Frucht. Nat. Gr. Officinell.



Fig. 531. 1 *Gossypium herbaceum*. 2 Frucht. 3 Same. Natürl. Grösse. — Officinell. (Nach WOSSIDLO.)

Familie sind die Baumwolle liefernden Arten der Gattung *Gossypium*, meist Sträucher mit gelappten Blättern und glockenförmigen, gelben oder rothen Blüten, die in den Tropenländern noch wild vorkommen und in allen wärmeren Gebieten Asiens und Amerikas den Gegenstand ausgedehnter Cultur bilden. Die Kapsel Früchte (Fig. 531) der *Gossypium*-Arten sind von weissen, gelben oder braunen Wollhaaren vollgestopft, die von den Samen entspringen und für diese, wie in anderen Fällen, die Bedeutung von Flughaaren besitzen.

Officinell: *Malva vulgaris* und *M. silvestris* (Fig. 530) liefern Folia Malvae (Pharm. austr., germ.), letztere ausserdem Flores Malvae (id.). — Von *Althaea officinalis* (auf Salzboden zerstreut wildwachsend, häufiger cultivirt) sind Folia Althaeae (Pharm. germ., austr.) und Radix Althaeae (id.) gebräuchlich. — Desgleichen die Baumwolle (s. o.) als *Gossypium* (Fig. 531 [Pharm. germ.]).

### 11. Ordnung. Gruinales.

Blüthe hypogyn, zwittrig, pentamer, actinomorph mit vollzähligen Kreisen oder zygomorph und dann oft reducirt, niemals durch Spaltung

mehrzählig; Androeceum unterwärts monadelphisch, obdiplostemon; kein Discus; Fruchtknoten syncarp, gefächert; Micropyle nach oben.

Die Grinalen unterscheiden sich von den verwandten Columniferen namentlich durch die meist schwächere Monadelphie und das Fehlen der Spaltungen im Androeceum. Wie bei jenen ist vielfach der Staubgefäßkreis unterdrückt oder durch Staminodien ersetzt. Das Fehlen des Discus und die Lage der Micropyle unterscheiden die Grinalen von den ebenfalls nahe verwandten Terebinthinen und Aesculinen.

Familie *Geraniaceae*<sup>(71)</sup>. Blüten actinomorph, selten zygomorph, fünfzählig; fünf oder zehn Staubgefäße; zwei Samenanlagen in jedem Fruchtknotenfache; Carpide nach oben grannenartig verlängert und sich bei der Reife von einer bleibenden Mittelsäule ablösend (Fig. 532—533).

Die Geraniaceen sind Kräuter oder, in wärmeren Zonen, kleine Sträucher mit einfachen Blättern und meist aromatisches Oel secernirenden Drüsenhaaren. Ihre manchmal ansehnlichen Blüten stehen einzeln achselständig oder sind zu verschiedenartigen Inflorescenzen gruppiert; die Corolle ist meist carminroth oder hochroth. Die Carpide bleiben bei manchen Arten ge-

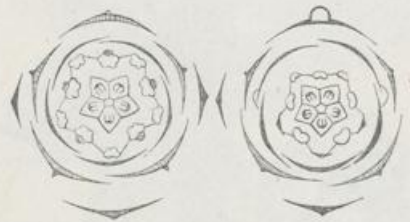


Fig. 532. Blüthendiagramme von Geraniaceae. A von *Geranium pratense*. B von *Pelargonium zonale*. (Nach EICHLER.)

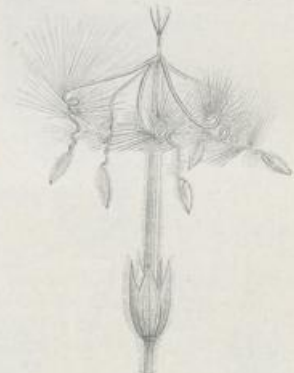


Fig. 533. Frucht von *Pelargonium inquinans*. Vergr. 3. (Nach BAILLON.)

schlossen und werden durch schraubenartige Windungen der hygroskopischen Grammen in die Erde hineingebohrt (z. B. *Erodium*). Bei den meisten grossblüthigen *Geranium*-Arten rollen sich bei der Reife die Grammen mit solcher Gewalt zusammen, dass die Samen aus den hier längs der Bauchnaht aufspringenden Carpiden herausgeschleudert werden.

Deutsche Gattungen: *Geranium* mit zehn Staubgefäßen; *Erodium* mit fünf Staubgefäßen.

Geographische Verbreitung. Die Familie ist über alle Zonen zerstreut, bei uns hauptsächlich durch Arten von *Geranium* vertreten. Die als Zierpflanzen viel cultivirten Arten von *Pelargonium* (Blüthe zygomorph) stammen aus dem Kapland.

An die Geraniaceen schliesst sich die kleine südamerikanische Familie der *Tropaeolaceae* an: Blüten zygomorph, acht Staubgefäße, drei Carpide. *Tropaeolum majus*, Kapuzinerkresse, und andere Arten werden cultivirt.

Familie *Oxalidaceae*<sup>(72)</sup>. Blüthe actinomorph, mit zehn fertilen Staubgefäßen; mehrere Samenanlagen in jedem Fruchtknotenfache; Kapsel Frucht. — Kräuter und Holzgewächse mit zusammengesetzten Blättern, selten mit Phyllodien.

Vorwiegend tropische Familie. Bei uns einheimisch ist nur *Oxalis acetosella*, der Sauerklee, in Wäldern; der saure Geschmack ist durch saures Kalioxalat bedingt.

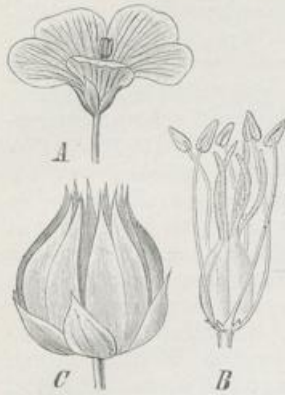


Fig. 534. *Linum usitatissimum*.  
A Nat. Gr. B und C Vergr. 3. —  
Officinell.

*usitatissimum* liefert Samen Lini (Pharm. germ., austr.) (Fig. 534).

Familie *Linaceae*<sup>(73)</sup>. Blüte actinomor-  
ph, vier- oder fünfzählig, Staubgefäße mona-  
delphisch, die epipetalen fehlend oder stami-  
nodial; Fruchtknotenfächer durch falsche  
Scheidewände unvollständig zweikammerig, mit  
einer Samenanlage in jeder  
Kammer; Steinfrucht oder  
Kapsel. — Kräuter und Sträucher mit schmalen ganz-  
randigen Blättern (Fig. 534).

Nutzpflanze ist der Flachs,  
*Linum usitatissimum*. Einjäh-  
riges Kraut mit Trugdolden  
blauer Blüten, dessen Stengel-  
fasern als Textilmaterial (Lein-  
faser) und dessen Samen zu  
Oelbereitung ausgedehnte Ver-  
wendung finden. Off.: *Linum*



Fig. 536. Blüthen-  
diagramm von *Polygala*  
*myrtifolia*.  
(Nach EICHLER.)



Fig. 535. *Erythroxylum* Coca. — Officinell.  
(Nach SCHUMANN und ARTH. MEYER.)



Fig. 537. *Polygala* Senega.  
 $\frac{1}{2}$  nat. Gr. — Officinell.  
(Nach BERG und SCHMIDT.)

Familie *Balsaminaceae* <sup>(74)</sup>. Blüte zygomorph; 5 freie Staubgefässe; Kapsel Frucht elastisch aufspringend. — Kräuter mit einfachen Blättern.

In Wäldern *Impatiens nolitangere*. I. *Balsamina* ist eine beliebte Zierpflanze.

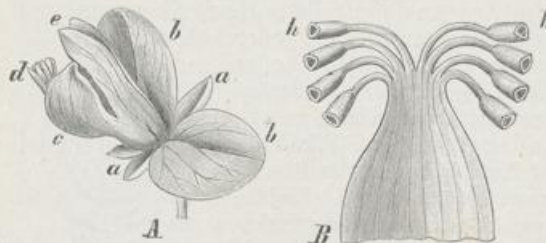


Fig. 538. *Polygala Senega*. A Blüte, a kleine Kelchblätter, b grosse Kelchblätter, c Kahn, d seitliche Kronblätter, d Androeceum, vergrössert. B Androeceum, h Antheren, vergr. — Officinell. (Nach BERG und SCHMIDT.)

der reducirt; Gynoeceum zweicarpellig; Kapsel- oder Steinfrucht (Fig. 536—538). Die Polygalaceen sind Kräuter, Sträucher und Lianen mit einfachen Blättern. Ihre Blüten haben eine äussere Aehnlichkeit mit denjenigen der Papilionaceen; ihre Flügel sind jedoch hier nicht, wie bei jenen Kronblätter, sondern Kelchblätter, der Kahn ist von einem Kronblatte gebildet. Die Antheren öffnen sich mit Löchern.

Die Familie ist auf der ganzen Welt verbreitet. Einige Arten von *Polygala*, z. B. *P. vulgaris*, *amara* sind bei uns auf Wiesen und Haiden häufig. Officinell: Rad. Senegae (Pharm. germ., austr.) von *Polygala Senega* (Nordamerika).

## 12. Ordnung. Terebinthinae.

Blüte wie bei voriger Ordnung, aber mit intrastaminalem Discus. — Meist Holzgewächse, häufig mit ätherischen Oelen in Gängen oder Zellen.

Die Ordnung schliesst sich der vorigen sehr nahe an und wird in letzter Zeit mit ihr vereinigt. Doch ist bei der Mehrzahl eine charakteristische, auch bei den abweichenden Formen noch in einzelnen Zügen erhaltene Tracht vorhanden, die



Fig. 540. 1 *Citrus vulgaris* var. *Aurantium*. 2 Blüte, längsgeschnitten. 3 Frucht, längsgeschnitten. 4 Same. — Officinell. (Nach WOSSIDLO.)



Fig. 539. Blüthendiagramm von *Citrus vulgaris*. (Nach EICHLER.)

für einen gemeinsamen Ursprung sprechen dürfte. Der Mehrzahl nach sind die Terebinthinen aromatische Holzgewächse, mit gefiederten, persistirenden, kahlen Blättern, kleinen oder höchstens mittelgrossen Blüten und fleischigem Discus um den Fruchtknoten. Sie bewohnen vornehmlich trockene, sonnige Standorte in warmen Gegenden.

Familie *Rutaceae*<sup>(77)</sup>. Blüthe meist strahlig, durchweg vier- bis fünf-, selten mehrzählig; Androeceum aus einem oder zwei Wirteln, zuweilen



Fig. 541. *Pilocarpus pennatifolius*.  $\frac{1}{2}$  nat. Gr. — Officinell.  
(Nach SCHUMANN und A. MEYER.)

durch Spaltung mehrzählig. — Holzgewächse, selten Kräuter, vornehmlich der warmen Zonen, meist fiederblättrig, mit ätherischem Oel in runden Interzellularen (Fig. 539—541).

Die für den Menschen wichtigsten Rutaceen gehören der in mancher Hinsicht vom Typus der Familie abweichenden Gattung *Citrus* an. Die *Citrus*-Arten sind immergrüne, oft dornige Bäumchen, deren Blätter scheinbar einfach, in Wirklichkeit jedoch, wie eine Gliederung unterhalb der Spreite und der Vergleich mit verwandten Formen zeigen, als ursprünglich zusammengesetzt und auf ein

Blättchen reducirt zu betrachten sind. Die weissen, wohlriechenden Blüten besitzen einen verwachsenblättrigen Kelch, vier bis acht dicke Blumenblätter und zahlreiche bündelig verwachsene Staubgefässe. Die Frucht ist eine mehrfächerige Beere mit lederartiger, an Oellücken reicher Rinde. Sämmtliche Arten sind im tropischen Asien heimisch; die meisten werden in allen warmen Ländern cultivirt. Die wichtigsten sind: *Citrus vulgaris*, Pomeranze; *C. Aurantium*, Apfelsine; *C. Limonum*, Limone, Citrone des Handels; *C. medica*, Citrone, Cedrate des Handels.



Fig. 542. *Quassia amara*. Nat. Gr. — Officinell.  
(Nach BERG und SCHMIDT.)

Giftig: *Ruta graveolens*, Raute, cultivirt und verwildert.

Officinell: *Citrus vulgaris* liefert: Cort. fructus Aurantii und Fruct. Aurantii immaturi (Pharm. germ., austr.); Oleum Aurantii florum und Folia Aurantii (Pharm. austr.); *Citrus Limonum*: Cort. fructus Citri (Pharm. germ., austr.); *Pilocarpus pennatifolius* (Brasilien): Folia Jaborandi (Pharm. germ., austr.).

Familie *Burseraceae*<sup>(78)</sup>. Wie vorige, aber Harzgänge. Bäume der Tropen.

Officinell: Myrrha (Pharm. germ., austr.), Harz von *Commiphora abyssinica*,



einem ostafrikanischen und arabischen kleinen Baum. — Olibanum (Pharm. austr.), Weihrauch von *Boswellia Carterii* und *B. Bhau-Dajiana* (Arabien, Ostafrika). — Elemi (Pharm. austr.) von *Canarium* sp. (Philippinen).

Familie *Simarubaceae*<sup>(79)</sup>. (Fig. 542) Bitterstoffe in den vegetativen Theilen. — Tropische Holzgewächse.

Officinell: Lignum Quassiae (Pharm. germ., austr.), von *Picroena excelsa* (Westindien, vorwiegend Jamaica) und *Quassia amara* (Surinam).

Die *Anacardiaceae* stellen eine Uebergangsfamilie zwischen den Terebinthinen, speciell den Burseraceen und den Sapindinen dar. Sie haben von ersteren die Tracht, die Harzgänge und den intrastaminalen Discus, von letzteren die nach oben gerichtete Micropyle. Viele Giftpflanzen (z. B. *Rhus*-Arten).

Officinell: Mastix (Pharm. austr.), Gummiharz von *Pistacia Lentiscus* (Mittelmeerländer).

Familie *Zygophyllaceae*<sup>(80)</sup>. *Guajacum officinale* (Westindien) liefert: Lignum Guajaci (Pharm. germ.).

### 13. Ordnung. Sapindinae.

Blüte hypogyn, actinomorph oder häufiger schräg-zygomorph, im Perianth meist zehn- (5+5), im Androeceum durch Reduction meist achtgliedrig; meist extrastaminaler Discus; Fruchtknoten zwei- oder dreicarpellig, gefächert; Samenanlagen hängend mit der Micropyle nach oben und innen, oder aufrecht mit der Micropyle nach aussen und unten. — Holzgewächse.

Die meisten Sapindinen sind Bäume oder Lianen mit zarten tief gelappten oder zusammengesetzten Blättern und kleinen Blüten in reichen, rein botrytischen oder mit cymösen Nebenachsen versehenen Inflorescenzen. Sie enthalten niemals aromatische Bestandtheile. Sämmtliche Arten scheinen Insectenblüthler zu sein.

Familie *Aceraceae*<sup>(81)</sup>. Blüthe actinomorph, mit meist acht Staubgefässen; Fruchtknoten zweifächerig mit zwei Samenanlagen in jedem Fache. Geflügelte Spaltfrucht. — Blätter gegenständig (Fig. 543).

Die Familie besteht wesentlich aus der Gattung *Acer*, Ahorn, deren zahlreiche Arten die Gebirgswälder der nördlichen temperirten Zone, namentlich Asiens bewohnen. *Acer campestre*, der Feldahorn, die häufigste der deutschen Arten, ist ein in Wäldern zerstreut wachsender, auch vielfach angeplanter Baum mit handförmig gelappten Blättern und aufrechten Scheindolden kleiner grünlichgelber Blüten, deren Wohlgeruch und durch den Discus ausgeschiedener Honig



Fig. 543. 1 *Acer campestre*. 2 Blüthe, längsdurchschnitt. 3 Staubgefässe. 4 Frucht. (Nach WOSSIDLO.)

Insecten anlocken. Die Früchte besitzen zwei lange Flügel. *Acer platanoides* hat spitze Blattlappen, während letztere bei *A. campestre* stumpf sind. *Acer pseudo-platanus* ist an den hängenden Blüthentrauben, das aus Nordamerika stammende, viel cultivirte *Acer Negundo* an den gefiederten Blättern leicht kenntlich. Der Zuckerahorn, *Acer saccharinum*, liefert in dem aufsteigenden Frühlingsaft Zucker.

Familie *Sapindaceae*<sup>(82)</sup>. Blüthe meist schräg-zygomorph, mit meist acht Staubgefässen; Fruchtknoten meist dreifächerig, mit einer oder zwei Samenanlagen in jedem Fache. — Blätter meist wechselständig.

Durchgreifende Unterschiede zwischen dieser und der vorigen Familie sind nicht vorhanden. Die meisten Sapindaceen sind mit Ranken kletternde Lianen der tropischen Urwälder, wo ihre biegsamen, bis schenkeldicken Stämme, dem Tauwerk eines Schiffes ähnlich, die Luft kreuz und quer durchziehen. — Der deutschen Flora sind sie ganz fremd, dagegen werden mehrere Arten der vielfach als Typus einer eigenen Familie aufgefassten Gattung *Aesculus* häufig als Zierbäume cultivirt. Am bekanntesten ist *Ae. Hippocastanum*, die Rosskastanie.

#### 14. Ordnung. Frangulinae.

Blüthe hypogyn, seltener peri- oder epigyn, actinomorph, im Perianth und Androeceum drei- oder vierzählig, haplostemon; Discus meist vorhanden; Fruchtknoten zwei- bis fünfzählig, gefächert, mit einer oder zwei Samenanlagen in jedem Fache; Micropyle nach unten.

Die meisten Frangulinen sind Sträucher, bald von aufrechtem Wuchs, bald mit Hilfe von Ranken emporkletternd. Ihre Blätter sind meist einfach und wenig getheilt, seltener gefiedert. Charakteristisch für die meisten Arten sind kleine unscheinbare, jedoch der Insectenbestäubung angepasste Blüthen mit meist reducirtem Kelche und grünlicher oder weisser Corolle. Der einfache Staubgefässkreis ist bald epi-



Fig. 544. *Evonymus europaea*. A blühender Zweig, verkl. B Blüthe, vergr. C, D Frucht, nat. Grösse. Giftig.



Fig. 545. Blüthendiagramm von *Evonymus europaea*. (Nach EICHLER.)

sepal, bald epipetal. Die Frucht ist trocken oder saftig.

Familie *Celastraceae*<sup>(83)</sup>. Blüthe hypogyn; Androeceum episepal,

dem Discus eingefügt; Fruchtknoten zwei- bis fünffächerig mit zwei Samenanlagen in jedem Fache. Samen mit lebhaft gefärbtem Arillus.

Sträucher, Bäume, Lianen, vorwiegend der Tropen. In der deutschen Flora ist nur die Gattung *Econymus* mit drei Arten vertreten. Am häufigsten ist *E. europaea*, das Pfaffenhütchen, mit giftigen Früchten und Samen mit rothem Arillus (Fig. 544 und 545).

Familie *Aquifoliaceae*<sup>(84)</sup>. Blüte hypogyn; Androeceum episepal; kein Discus. Fruchtknoten zwei- bis fünffächerig mit einer Samenanlage in jedem Fache. Samen ohne Arillus (Fig. 546).



Fig. 546. Blüthendiagramm von *Ilex Aquifolium*. (Nach EICHLER.)



Fig. 547. Blüthendiagramm von *Ampelopsis hederacea*. (Nach EICHLER.)



Fig. 548. *Vitis vinifera*. Blüte bei der Anthese. *a* Kelch, *b* Krone, *c* Discus, *d* Staubgefäße, *e* Fruchtknoten. Vergr. (Nach BERG und SCHMIDT.)

In Deutschland nur *Ilex Aquifolium*, die Stechpalme. — Mehrere *Ilex*-Arten des extratropischen Südamerika liefern den Paragnaythee oder Mate.

Familie *Vitaceae*<sup>(85)</sup>. Blüte hypogyn; Androeceum epipetal; Discus meist aus getrennten Drüsen; Fruchtknoten meist zweifächerig; Frucht beerenartig. — Kletternde Sträucher mit den Blättern gegenständigen Ranken (Fig. 547 und 548).

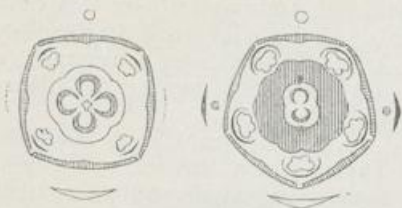


Fig. 549. Blüthendiagramme. *A* von *Rhamnus cathartica*, *B* von *Rh. Frangula*. (Nach EICHLER.)



Fig. 550. *Rhamnus Frangula*. Blüte längsdurchschnitt. *a* Receptaculum, *b* Kelch, *c* Kronblatt, *d* Staubgefäße, *e* Stempel. Vergr. (Nach BERG und SCHMIDT.)

Die Vitaceen sind vorwiegend Bewohner der Tropenländer, wo viele ihrer Arten, namentlich aus der Gattung *Cissus*, zu den häufigsten Lianen gehören und vielfach, beim Durchschneiden ihres Stammes, reiche Mengen klaren Wassers liefern (Wasserlianen). Die Wälder Nordamerikas beherbergen mehrere Arten von *Vitis*, z. B. die in neuerer Zeit, als Ersatz des gewöhnlichen Weinstocks viel cultivirte *Vitis Labrusca* und die längst als Zierpflanze verbreitete wilde Rebe, *Ampelopsis hederacea*. — *Vitis vinifera*, der Weinstock, im temperirten Westasien, Südenropa und Nordafrika wild wachsend, gehört zu den ältesten Culturpflanzen. Die Ranken sind, wie aus dem Vorhandensein kleiner Blätter hervorgeht, metamorphosirte Sprosse. Die Inflorescenz ist eine reich verzweigte

Rispe. Die Blüten sind fünfzählig; die Krone fehlt der offenen Blüthe, indem ihre an der Spitze zusammenhängenden Blätter sich bei der Anthese von der Achse ablösen und in Form eines Sternchens abgeworfen werden. — Die Cultur hat zahllose Varietäten und Rassen des Weinstocks hervorgerufen. Die Korinthen sind die kleinen Früchte einer samenlosen Form (var. *apyrena*).

Officinell: Vinum (Pharm. germ.).

Familie *Rhamnaceae*<sup>(86)</sup>. Blüthe peri- oder epigyn. Krone sehr klein, ihre Blätter oft löffelförmig; Androeceum epipetal; Discus zusammenhängend; Fruchtknoten meist dreifächerig; Steinfrucht oder Kapsel. — Meist aufrechte, selten kletternde Sträucher (Fig. 549 und 550).

Die vorwiegend tropische Familie ist bei uns nur durch die Gattung *Rhamnus* vertreten. *Rhamnus Frangula*, der Faulbaum, gehört zu den häufigsten Sträuchern unserer Flora. Er hat wechselständige, elliptische, ganzrandige Blätter, kleine zwittrige, zu Büscheln vereinigte Blüten (Fig. 550), schwarze zwei- bis dreifächerige Steinfrüchte. Seine Holzkohle findet zur Schiesspulverbereitung Verwendung. Der nahezu ebenso verbreitete Kreuzdorn, *Rh. cathartica*, ist ein dorniger Strauch mit gegenständigen, feingesägten Blättern, zweihäusigen, vierzähligen Blüten und vierfächerigen Steinfrüchten.

Officinell: Fruct. Rhamni catharticae (Pharm. germ.). — Cort. Frangulae (Pharm. germ., austr.). — Cort. Rhamni Purshianae (Pharm. austr.), Cascara sagrada von *Rh. Purshiana* aus Nordamerika.

Neuerdings werden die früher mit den Euphorbiaceen vereinigten *Buxaceae* in die Nähe der Celastraceen gestellt. Sie unterscheiden sich von den übrigen Frangulinen namentlich durch die nackten oder mit einfacher Blütenhülle versehenen Blüten. Der bekannteste Vertreter ist der überall angepflanzte, in allen Theilen giftige Buchs, *Bucus sempervirens*. In dieselbe Verwandtschaft gehören die *Empetraceae* (*Empetrum nigrum* in den Alpen), kleine, haideartige Sträucher.

### 15. Ordnung. Thymelaeinae.

Blüthe perigyn, actinomorph; Perianth und Androeceum vier- bis fünfgliederig; Corolle reducirt oder fehlend; ein oder zwei Staubgefäßkreise; Fruchtknoten ein carpellig mit einer Samenanlage. — Meist Holzpflanzen.



Fig. 551. *Daphne Mezereum*. — Giftig.  
1/2 nat. Gr.

Der Mehrzahl nach sind die Thymelaeinen Sträucher mit einfachen, ganzrandigen Blättern ohne Nebenblätter; die meisten haben kleine Blüten, deren Kelch und Receptaculum bald kelchartig, bald corollinisch sind.

Familie *Thymelaeaceae*<sup>(87)</sup>. Corolle fehlend oder auf Schuppen reducirt; Samenanlage hängend; Frucht nur von dem Fruchtknoten gebildet (Fig. 551).

Die Familie bewohnt hauptsächlich die extratropische südliche Hemisphäre. Sie ist in Deutschland durch *Thymelaea Passerina*, ein seltenes, unscheinbares Unkraut und durch vier *Daphne*-Arten (s. unt. Giftig) vertreten.

Giftig: Alle Arten von *Daphne*, in Deutschland *D. Mezereum*, *D. Cneorum*, *D. striata* und *D. Laureola*, sind giftig. Häufig ist nur *D. Mezereum*, der Seidelbast (Fig. 551), ein sommergrüner Strauch unserer Wälder, mit wohlriechenden, rosenrothen, an vorjährigen Zweigen sitzenden vierzähligen Blüten, die im ersten Frühjahr, vor den Blättern, zur Entfaltung kommen. Die Früchte sind erbsengrosse, rothe Beeren. Der Seidelbast wird häufig als Zierstrauch cultivirt. Die anderen, seltenen Arten sind immergrüne Sträucher.

Familie *Elaeagnaceae*<sup>(88)</sup>. Corolle stets fehlend; Samenanlage aufrecht; Frucht mit persistirendem, fleischigem Receptaculum. — Holzgewächse mit Schuppenhaaren.

Die kleine Familie ist in der deutschen Flora nur durch *Hippophaë rhamnoides* vertreten, einen dornigen Strauch der Flussufer und Dünen mit unterseits silberweiss beschuppten Blättern. — Mehrere Arten von *Elaeagnus* und *Shepherdia* werden in Gärten gezogen.

Mit Zweifel rechnet man zu den Thymelaeinen die grosse, australische und kapländische Familie der *Proteaceae*, von welcher viele Arten, ihrer prächtigen Blüten halber, als Kalthauspflanzen cultivirt werden.

### 16. Ordnung. Tricoccae.

Familie *Euphorbiaceae*<sup>(89)</sup>. Blüthe hypogyn, actinomorph, meist eingeschlechtig; Perianth einfach oder fehlend, selten doppelt; Androeceum 1—∞gliederig; Fruchtknoten meist dreicarpellig und dreifächerig, mit einer oder zwei hängenden Samenanlagen in jedem Fache, deren nach oben und aussen gerichtete Micropyle von einem fleischigen Auswuchs (Caruncula) bedeckt ist. Frucht meist eine Kapsel, deren Carpide elastisch von einer Mittelsäule abspringen (Fig. 552—558).

Der einzige durchgreifende Charakter der Trikoccken liegt in der Art der Anheftung und der Structur der Samenanlage; im Uebrigen sind sie überaus verschiedenartig. Kräuter, cactusartige Succulenten, Sträucher, Lianen, Bäume, mit grossen oder kleinen, oder auf Schuppen reducirten

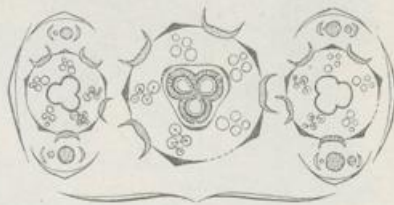


Fig. 552. Diagramm eines Dichasialzweiges von *Euphorbia* mit drei Cyathien. (Nach EICHLER.)

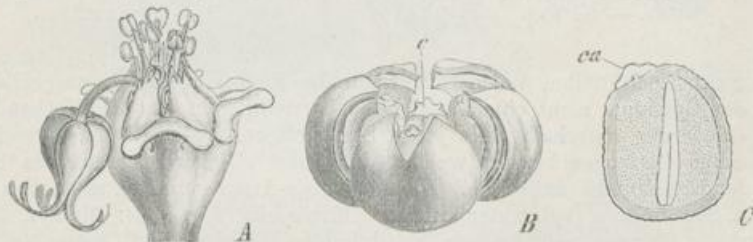


Fig. 553. *Euphorbia lathyris*. *A* Cyathium. Vergr. 5. *B* Frucht, aufgesprungen, *c* Mittelsäule. Vergr. 2. *C* Same, längsdurchschnitten, der Keim im (punktirten) Endosperm eingebettet, *ca* Caruncula, stark vergrössert. (Nach BAILLON.)

Blättern oder mit Phyllocladien kommen unter ihnen vor. Die stets kleinen und unscheinbaren Blüten zeigen ebenfalls sehr wechselnde Structur und wechselnde Zahl ihrer Glieder; sie sind manchmal zu blüthenartigen Inflores-

zenzen mit corollinischen Hüllen vereinigt (vgl. *Euphorbia*). Die elastisch zuweilen mit Gewalt (*Hura crepitans*) aufspringende, meist dreifächerige Kapsel, deren Carpelle oder Kokken sich von der Mittelsäule ablösen und fast bis zum Grund spalten, bilden ein leichtes und sicheres Kennzeichen der grossen Mehrzahl der Euphorbiaceen. Jedoch besitzen einige Arten Beeren, Steinfrüchte oder Schliessfrüchte. Trotz dieser grossen Mannichfaltigkeit sind die Einzelformen derartig durch Uebergänge verknüpft, dass die Familie zu den natürlichsten des Pflanzenreiches gehört.

Wichtigste Gattungen: *Euphorbia* (Fig. 552—555). Mehrere aus je einem nackten Staubgefässe bestehende gestielte männliche Blüten und eine ebenfalls nackte und gestielte weibliche Blüte sind von einem gemeinsamen, verwachsenblättrigen, glockenförmigen Involucrum umgeben. Ein solches Gebilde wird Cyathium genannt und gleicht beinahe



Fig. 554. *Euphorbia cyparissias*.  $\frac{2}{3}$  nat. Grösse. — Giftig.

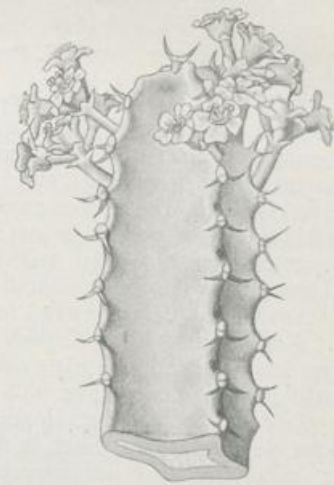


Fig. 555. *Euphorbia resinifera*. Natürl. Grösse. — Officinell. (Nach BERG und SCHMIDT.)

einer zwitterigen Blüte, namentlich wenn die Hülle corollinisch ausgebildet ist. Dass das Cyathium nicht eine Einzelblüte darstellt, geht aus dem Vorhandensein einer Gliederung unterhalb eines jeden Staubgefässes und aus dem Vergleich mit verwandten Gattungen hervor, welche, bei sonst gleicher Structur, ein Perigon an jeder Einzelblüte aufweisen. Die *Euphorbia*-Arten enthalten sämtlich Milchsaft in Milchröhren (vgl. unter Giftig). *Mercurialis* (Fig. 556): Blüten diöcisch mit grünem Perigon und dimerem Fruchtknoten. *Ricinus* und *Croton* (vgl. unter Officinell).

Geographische Verbreitung. Die Euphorbiaceen bewohnen vornehmlich die Tropenländer, wo viele ihrer Arten als unscheinbar blühende Sträucher einen Hauptbestandtheil des Unterholzes in den Urwäldern bilden, seltener als Lianen oder Bäume mächtige Dimensionen erreichen. Viele der tropischen Arten liefern Kautschuk, z. B. *Hevea guyanensis*, *H. brasiliensis* (Südamerika). Die Wurzeln

von *Manihot utilissima* (Maniok, Cassava) sind ein wichtiges Nahrungsmittel der Tropen; sie liefern die Tapioka. Die deutsche Flora besitzt zwei Arten von *Mercurialis* und mehrere Arten von *Euphorbia*, Wolfsmilch.

Giftig: Der Mehrzahl nach enthalten die Euphorbiaceen, theils in ihrem Milchsaft, theils vorwiegend in den Samen, toxische Bestandtheile. Einige ihrer Arten gehören zu den giftigsten aller Pflanzen, wie die tropisch-amerikanische *Hippomane Mancinella*, deren Gefährlichkeit allerdings übertrieben wird. Alle Wolfsmilch-Arten (Fig. 554, 555) und, in weniger hohem Grade, die Arten von



Fig. 556. *Ricinus communis*. Stark verkleinert. — Giftig und officinell. (Nach BAILLON.)



Fig. 557. *Ricinus communis*. Blütenstand. Unt. männlich, ob. weiblich.  $\frac{1}{2}$  nat. Gr. (Nach BERG u. SCHMIDT.)

*Mercurialis* (Fig. 558) sind Giftpflanzen. Die Samen von *Ricinus communis* (Fig. 556—557), jedoch nicht das aus ihnen ausgepresste Oel, enthalten ein tödtliches Gift.

Officinell: Euphorbium (Pharm. germ., austr.) von *Euphorbia resinifera* (cactusähnlicher Strauch Marokkos, Fig. 554). — Cortex Cascariillae (Pharm. germ., austr.) von *Croton Eluteria* (Bahamainseln). Die *Croton*-Arten sind tropische Sträucher mit monöcischen heterochlamen Blüten. — Oleum Crotonis (Pharm. germ., austr.) von *Croton Tiglium* (Ostindien). — Kamala (Pharm. germ., austr.), die Drüsenhaare der Kapsel Frucht von *Mallotus philippinensis*, einem im tropischen

Ostasien und Australien verbreiteten Bäumchen. — *Oleum Ricini* (Pharm. germ., austr.), Oel aus dem Samen von *Ricinus communis*, dem Wunderbaum



Fig. 558. *Mercurialis annua*. 1 männl. Blütenzweig. 2 männl. Blüthe, vergr. 3 Staubgefässe, vergr. 4 weibl. Blüthe, vergr. 5 Frucht, vergr. 6 Same, vergr. 7 Diagramm der weibl., 8 der männl. Blüthe. — Giftig. (Nach Wossidlo.)

männlichen aus je einem Staubblatt, die weiblichen aus je einem Stempel bestehen.

### 17. Ordnung. Umbelliflorae.

Blüthen actinomorph, selten schwach zygomorph, epigyn, im Perianth vier- bis fünfblättrig; Kelch sehr reducirt; Androeceum einwirtelig; intrastaminaler Discus; Gynoeceum meist zweicarpellig; Fruchtknoten zweifächerig mit einer Samenanlage in jedem Fache; Samen mit grossem Endosperm. — Kräuter und Sträucher meist mit hohlen Achsen; Blätter meist mit Scheide, zertheilt oder zusammengesetzt; Blüthen klein, in Dolden oder doldenähnlichen Inflorescenzen.

Durch den Bau von Blüthe und Frucht schliessen sich die Umbellifloren einerseits den wenigen epigynen Frangulinen, andererseits durch die Caprifoliaceen, den Rubiinen an, die sich nur durch die Gamopetalie wesentlich unterscheiden. Die charakteristischen Merkmale, welche die Ordnung zu einer sehr natürlichen stempeln, befinden sich hauptsächlich an den Blütenständen und vegetativen Theilen. Die Bezeichnung der ganzen Ordnung bezieht sich auf das Vorherrschen der doldenartigen Verzweigung in der Blütenregion; die Blütenstände sind meist Doppeldolden, seltener einfache Dolden oder aus Dolden zusammengesetzte Rispen oder die Doldenform nachahmende Cymen. Die Blüthen sind meist weiss oder gelb. Auch die vegetativen Organe bieten meist viel Uebereinstimmendes in den gewöhnlich hohlen Achsen und den wechselständigen, häufig grossen, beinahe stets reich zerschnittenen oder zusammengesetzten Blättern, deren Stiel an der Basis scheidig erbreitert zu sein pflegt.

(Fig. 556, 557), einer viel cultivirten, bei uns einjährigen, in den Tropen baumartigen Zierpflanze, mit grossen handförmig gelappten Blättern; die Inflorescenzen sind unten männlich, oben weiblich. Die Blüthen sind mit einfacher Hülle versehen, die männlichen mit baumartig verzweigten Staubgefässen. Die Früchte sind dreisamige, stachelige Kapseln.

Mit Zweifel rechnet man zu der Verwandtschaft der Euphorbiaceen die kleine Familie der *Calitrichaceae*, unscheinbare untergetauchte Wasserpflanzen mit eingeschlechtlichen, nackten Blüthen, von welchen die



Familie *Cornaceae*<sup>(90)</sup>. Perianth und Androeceum meist vierzählig; Blumenblätter in der Knospe klappig oder dachig; Gynoeceum meist zweicarpellig mit einfachem Griffel; Fruchtknoten ein- bis vierfächerig; Steinfrucht oder Beere (Fig. 559).

Die Familie bildet den Uebergang zwischen den Rhamnaceen und den typischen Umbellifloren. Ihre Vertreter sind Holzgewächse, selten Kräuter mit meist decussirten Blättern. Letztere sind meist ungestielt, scheidenlos. Die Blüten sind zu cymösen Trugdolden gruppiert.

Die einzige deutsche Gattung ist *Cornus* mit drei Arten. *C. mas*, die Kornelkirsche, und *C. sanguinea* sind häufige Sträucher, erstere zuweilen baumartig; *C. suecica* ein nordisches, bei uns nur in Schleswig wachsendes Kraut.

Familie *Araliaceae*<sup>(91)</sup>. Perianth und Androeceum meist fünfzählig; Blumenblätter in der Knospe klappig; Gynoeceum meist mehr als zweicarpellig; Griffel meist frei; Fruchtknoten ein- oder mehrfächerig; Steinfrucht oder Beere (Fig. 560).

Die Araliaceen sind kleine Holzgewächse mit hohlem, oder von lockerem Marke ausgefülltem, seltener massiv-holzigen Stamme, wechselständigen, scheidigen, gelappten oder zusammengesetzten Blättern und dolden- oder köpfchenartig gruppierten Blüten, die häufig zu Gesamtrispen zusammentreten.



Fig. 559. *Cornus mas*. 1 blühender, 2 fruchttragender Zweig. 3 Blüte im Längsschnitt. (Nach WOSSIDLO.)



Fig. 560. *Hedera Helix*. 1 fertiler Zweig. 2 Blatt eines sterilen Zweiges. 3 Blüte im Längsschnitt. 4 Diagramm. 5 Frucht. 6 Same. — Giftig. (Nach WOSSIDLO.)

Die Araliaceen bewohnen vornehmlich das tropische Asien, wo sie als wenig verzweigte Bäumchen mit grossen, zertheilten Blättern und mächtigen Inflorescenzen kleiner, gelblicher Blüten einen charakteristischen Bestandtheil der Vegetation zu bilden pflegen. Bei uns nur *Hedera Helix*, der Efeu (Fig. 560), ein durch Luftwurzeln kletternder immergrüner Strauch mit ungleich gestalteten Blättern an den sterilen und den fertilen Zweigen. Die Beeren sind giftig.

Familie *Umbelliferae*<sup>(92)</sup>. Perianth und Androeceum meist fünfzählig; Blumenblätter in der Knospe gekrümmt; Gynoeceum zweicarpellig mit freien Griffeln: Spaltfrucht, meist mit Oelgängen. — Blüten beinahe stets in Doppeldolden (Fig. 561—566).



Fig. 562. *Carum Carvi*. 1 Zweigstück mit gereiften Früchten. 2 Blüthe. 3 Blüthe im Längsschnitt. 4 Frucht. 5 Frucht im Querschnitt. — Officinell. (Nach WOSSIDLO.)



Fig. 561. Umbelliferae. Diagramm. (Siler.)

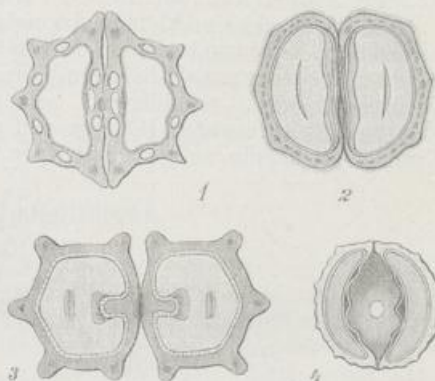


Fig. 563. Umbelliferenfrüchte im Querschnitt. 1 *Foeniculum officinale*. 2 *Pimpinella Anisum*. 3 *Conium maculatum*. 4 *Coriandrum sativum*. Vgr. — Officinell. (Nach BERG und SCHMIDT.)

Die Umbelliferen bilden eine der natürlichsten Pflanzenfamilien und sind beinahe stets als solche leicht zu erkennen. Sie stellen in den meisten Fällen mehrjährige Kräuter dar, mit hohlem, geripptem Stengel, scheidigen, zerschlitzten Blättern und vielstrahligen Doppeldolden kleiner, weisser oder gelber, seltener röthlicher oder violetter Blüten, aus welchen bräunliche gerippte, aromatische Spaltfrüchte sich entwickeln (Fig. 563).

Die Dolden entbehren häufig der Stützblätter gänzlich. Wo solche vorhanden sind, kommen sie nur den peripherischen Strahlen zu und bilden eine meist unscheinbare Krause, die am Grunde der Hauptdolde (umbella) als Hülle (involucrum), am Grunde der Nebendolden (umbellulae) als Hüllchen (involucellum) bezeichnet wird (Fig. 564, 565). Vorhandensein oder Fehlen der

Hüllen oder Hülchen liefern wichtige Merkmale zur Unterscheidung der Gattungen.

Als Abweichungen vom gewöhnlichen Habitus sind namentlich zu erwähnen: Einfache, ganzrandige Blätter (z.B. *Bupleurum*); einfache Dolden (z.B. *Hydrocotyle*); rispige Gesamtinfloreszenzen (*Dorema*), grosse, corollenartige Hüllen (*Astrantia*, *Eryngium*). Als auffallendste Abweichung sei das Vorkommen einiger Umbelliferen mit Einzelblüthen (*Azorella*) in der südlichen temperirten Hemisphäre erwähnt. — Die Blüthen einer Dolde sind meist alle actinomorph und zwittrig, zuweilen jedoch



Fig. 564. *Cicuta virosa*.  $\frac{1}{2}$  nat. Gr. — Giftig.

sind die peripherischen zygomorph, wie bei *Coriandrum*, *Heracleum*, oder es ist eine centrale, durch Farbe und Grösse ausgezeichnete Endblüthe vorhanden, wie häufig bei der Möhre, oder die Blüthen sind theilweise eingeschlechtig. — Der Kelch ist meist kaum sichtbar; die Blumenblätter sind kurz genagelt, verkehrt herzförmig, oder mit eingebogener Spitze versehen; der aus zwei Polstern bestehende Discus secernirt Honig. Die Staubgefässe sind in der Knospe gekrümmt. Die Griffel sind kurz und divergirend, am Gipfel kaum verdickt.

Eine genaue Kenntniss der Structur der Früchte bei den Umbelliferen (Fig. 563) ist unerlässlich, da dieselben die wichtigsten Merkmale zur

Unterscheidung sonst leicht zu verwechselnder Arten (namentlich auch der giftigen) liefern, und weil viele officinell sind oder als Gewürz Verwendung finden. Dieselben sind trockene, zweitheilige Spaltfrüchte von meist geringer Grösse und sehr wechselnder Gestalt. Letztere ist am häufigsten cylindrisch, mit rundem oder elliptischem Querschnitt, dessen Längsachse in letzterem Falle entweder parallel oder senkrecht zur Verwachsungsfläche steht. Bei schmal elliptischem Querschnitt nimmt die Frucht Scheibenform an (*Heracleum*). Seltener sind kugelige (*Coriandrum*) und doppelkugelige Gestalten (*Bifora*).



Fig. 565. *Conium maculatum*.  $\frac{1}{2}$  nat. Gr. — Officinell und giftig.  
Links: Frucht vergr. *m* Rippen, *k* Thälchen, *c* Trennungslinie, *h* Gynophor, *i* Narbe.  
(Nach BERG und SCHMIDT.)

— Nach ihrer Trennung pflegen die beiden Carpide oder Mericarpien an einem gabeligen, fädigen Gebilde, dem Carpophor, hängen zu bleiben (Fig. 562 4), bis sie schliesslich vom Winde abgerissen werden. Ein solches Carpophor fehlt nur bei wenigen Arten, z. B. beim früher officinellen Pferdekümmel, *Oenanthe Phellandrium*. — Jedes Mericarp ist an seiner freien Seite von fünf Längsrippen mit je einem Gefässbündel durchzogen; diese Rippen heissen Hauptrippen (*juga primaria*). Die Zwischenräume oder Thälchen (*valleculae*) pflegen dunkelgefärbt zu sein, indem

je ein rothbrauner Oelgang (Oelstriemen) das darunter befindliche Gewebe durchzieht (Fig. 563 1). Bei manchen Arten sind die Thälchen noch von je einer Rippe, der Nebenrippe (*jugum secundarium*) durchzogen; die Möhren-Frucht z. B. besitzt stachelige Nebenrippen. Eine andere Abweichung betrifft die Oelstriemen, die bei manchen Gattungen, z. B. bei *Pimpinella*, in Mehrzahl unterhalb eines jeden Thälchens liegen (Fig. 563 2), bei anderen in geringerer Anzahl als sonst auftreten (*Coriandrum*, Fig. 563 4) oder fehlen (*Conium*, Fig. 563 3). — Der Samen füllt das Fruchtfach vollständig aus und ist der Innenwand desselben angewachsen. Seine dünne Schale umschliesst einen mächtigen, öligen Endospermkörper, in dessen oberem Theil der kleine Keim mit nach oben gerichtetem Hypocotyl eingebettet liegt.

Die Gestaltverhältnisse des Endosperms liefern die Grundlage der gebräuchlichsten unter den in Vorschlag gebrachten Eintheilungen der Familie in Unterfamilien.

Unterfamilien und wichtigste deutsche Gattungen: 1) *Orthospermeae*. Fugenseite des Endosperms flach oder schwach convex (Fig. 563 1—2); *Hydrocotyle*, kriechende Gewächse mit einfachen Dolden; *Sanicula*, mit kopfförmigen Dolden; *Astrantia*, Dolden mit farbiger Hülle, in Rispen; *Eryngium*, oft stachelig, mit kopfigen Döldchen, deren Hülle oft gefärbt; *Cicuta* (s. u. Giftig); *Petroselinum*; *Aegopodium*; *Carum* (s. u. Officinell); *Pimpinella* (id.); *Sium* (s. u. Giftig); *Berula* (id.); *Bupleurum*, Blätter ganzrandig, Döldchen mit grossen Hüllen; *Oenanthe* (s. u. Giftig); *Aethusa* (id.); *Foeniculum* (s. u. Officinell); *Levisticum* (id.); *Angelica*; *Archangelica* (s. u. Officinell); *Peucedanum*; *Imperatoria*;



Fig. 566. *Sium latifolium*. — Giftig.  $\frac{1}{2}$  nat. Gr.



Fig. 567. *Aethusa Cynapium*. — Giftig.  $\frac{2}{3}$  nat. Gr.

*Pastinaca*; *Heracleum*; *Daucus*. — 2) *Campylospermeae*, Fugenseite des Endosperms von einer Längsrinne durchzogen (Fig. 563 3). *Caucalis*, mit stacheligen Nebenrippen; *Torilis*; *Scandix* und *Anthriscus*, Frucht in einen Schnabel ausgezogen; *Chaerophyllum*; *Conium* (s. u. Giftig). — 3) *Coelospermeae*, Fugenseite des Endosperms concav (Fig. 563 4). *Coriandrum* (s. u. Officinell).

Geographische Verbreitung. Die zahlreichen Arten der Familie der Umbelliferen bewohnen hauptsächlich die nördliche temperirte Zone; die Tropen weisen solche beinahe nur in ihren kühlen Gebirgsgegenden auf, während die südliche temperirte Zone sehr eigenartige, abnorme Formen besitzt. Unter den aussereuropäischen Umbelliferen bieten ihrer praktischen Bedeutung wegen die übermannshohen Doldenpflanzen der Hochsteppen Persiens und Tibets, deren fleischige Wurzeln in Intercellulargängen milchsaffartige, im trockenen Zustande theilweise medicinische Verwendung findende Emulsionen führen (s. u. Officinell), besonderes Interesse. — Mehrere Umbelliferen werden als Gemüse- oder Gewürzpflanzen cultivirt, wie die Möhre, *Daucus Carota* var. *sativa*; die Sellerie, *Apium graveolens*; das Kerbelkraut, *Anthriscus Cerefolium*; die Petersilie, *Petroselinum sativum*; der Dill, *Anethum graveolens*, und mehrere der officinellen Arten (s. u.).

Giftig: *Conium maculatum* (Fig. 565), der gefleckte Schierling, ein über meterhohes, unbehaartes Kraut, mit hohlem, unterwärts häufig, aber nicht immer purpurfleckigem Stengel, mattgrünen, mehrfach fiedertheiligen Blättern und Doppeldolden kleiner, weisser Blüten. Leicht kenntlich ist die Pflanze an den wellig-gekerbten Rippen ihrer kurzen, seitlich zusammengedrückten Früchte und an ihrem charakteristischen, an Mäuseharn erinnernden Geruche. — *Cicuta virosa*, der Wasserschierling (Fig. 564), ist ein stattliches, an Teichrändern und Gräben wachsendes Kraut mit rübenähnlichem, inwendig gekammertem, weislichem Rhizom, das nur äusserlich einige Aehnlichkeit mit dem massiven aromatischen Sellerieknollen besitzt. Die sehr grossen, dreifach gefiederten Blätter haben schmallanzettliche, scharf gesägte Blättchen. Die Doppeldolde besteht aus kleinen, weissen Blüten, bezw. kugeligen, etwas zusammengedrückten Früchten. Diese Art gehört zu den gefährlichsten aller Giftpflanzen. — Weniger giftig sind die verschiedenen Arten von *Oenanthe*, Sumpf- und Wasserpflanzen, die an dem Fehlen des Fruchtrügers leicht kenntlich sind, ferner *Berula angustifolia* und *Sium latifolium* (Fig. 566), welche ähnliche Standorte bewohnen, wie der Wasserschierling, mit einfach gefiederten Blättern, deren lanzettliche Blättchen scharf gesägt sind. — Viele Intoxicationen werden der Verwechslung der Petersilie mit der äusserlich ähnlichen Hundspetersilie, *Aethusa Cynapium* (Fig. 567), zugeschrieben, einem in allen Gärten häufigen Unkraut, welches sich von der Petersilie durch weisse, nicht gelbe Blüten, durch dreiblättrige, einseitige, nicht sechs- bis achtblättrige Hüllchen und durch knoblauchartigen Geruch unterscheidet.

Officinell: *Archangelica officinalis* liefert Rad. Angelicae (Pharm. germ., austr.). — *Levisticum officinale*: Rad. Levistici (Pharm. germ.). — *Pimpinella magna* und *P. Saxifraga*: Rad. Pimpinellae (id.). — *Pimpinella Anisum*: Fructus Anisi (Pharm. germ., austr.). — *Foeniculum capillaceum*: Fruct. Foeniculi (id.). — *Carum Carvi*: Fruct. Carvi (id.). — *Coriandrum sativum*: Fruct. Coriandri (Pharm. austr.). — *Conium maculatum*: Herba Conii (Pharm. germ., austr.). — *Dorema Ammoniacum* (Persien): Ammoniacum (id.). — *Ferula galbaniflua* und *F. rubricaulis* (Persien): Galbanum (id.). — *Ferula Narthex* (Tibet) und *F. Scorodosma* (Persien): Asa foetida (id.).

### 18. Ordnung. Saxifraginae.

Blüthe hypo-, peri- oder epigyn, actinomorph, im Perianth und Androeceum fünfzählig; Androeceum meist obdiplostemon; Carpelle 2–5,

frei oder verwachsen, syncarp oder apocarp; Samen meist mit Nährgewebe.

Die Ordnung der Saxifraginen ist eine überaus vielgestaltige und schwer zu charakterisierende; sie zeigt mannichfache Beziehungen zu anderen Verwandtschaftskreisen, z. B. den Rosifloren, von welchen sie sich nicht scharf trennen lässt, den Cistifloren, den Myrtifloren und den Ericinen und kann als Uebergangsgruppe zwischen denselben aufgefasst werden.

Familie *Crassulaceae* <sup>(93)</sup>. Blüthe hypogyn oder perigyn, zwittrig, mit Kelch und Corolle, nach wechselnden Zahlverhältnissen, obdiplostemon oder haplostemon; Carpelle frei oder wenig verwachsen, am Grunde mit drüsigen Schüppchen (Discus); Kapsel mit zahlreichen, kleinen, endospermarmen Samen. — Succulente Kräuter und Halbsträucher (Fig. 568).

Die Crassulaceen sind an ihren fleischigen, ungetheilten Blättern, als beinahe einzige Vertreter der Succulenten in der heimischen Flora leicht kenntlich; ihre Blüten sind zu vielgliederigen cymösen Inflorescenzen gruppirt, meist lebhaft gelb oder röthlich gefärbt.

Deutsche Gattungen sind *Sedum* (Blüthe fünfzählig), *Sempervivum* (Blüthe 6- bis  $\infty$ zählig), *Crassula* (haplostemon).

Geographische Verbreitung. Wie alle Succulenten, bevorzugen die Crassulaceen trockene, sonnige Standorte. Sie sind beinahe auf der ganzen Erde auf Felsen, Mauern, Dächern verbreitet. Bei uns sind Arten von *Sedum* (namentlich *S. acre* und *S. album*) an solchen Stellen häufig; *Sempervivum tectorum* wird vielfach auf Mauern cultivirt. Mehrere Arten sind Zierpflanzen.

Familie *Saxifragaceae* <sup>(94)</sup>. Blüthe peri- oder epigyn, zwittrig, mit Kelch und Corolle, obdiplostemon oder haplostemon; Carpelle meist zwei, ganz oder am Grunde verwachsen, ohne Schüppchen; Kapsel oder Beere mit zahlreichen, kleinen, endospermreichen Samen (Fig. 569).

Die Saxifragaceen sind Kräuter und Holzgewächse von äusserst verschiedenartiger Tracht; die Blüten sind klein bis höchstens mittelgross, in Inflorescenzen gruppirt.

Deutsche Gattungen: Mit Kapsel Früchten: *Saxifraga* (krautig, mit Perianth und Androeceum, pentamer); *Chryso-splenium* (krautig, kronenlos, tetramer); *Parnassia* (krautig mit verzweigten Staminodien). Mit Beerenfrüchten: *Ribes*, Sträucher mit traubigen Blütenständen.

Geographische Verbreitung. Die meisten Arten sind Bewohner der

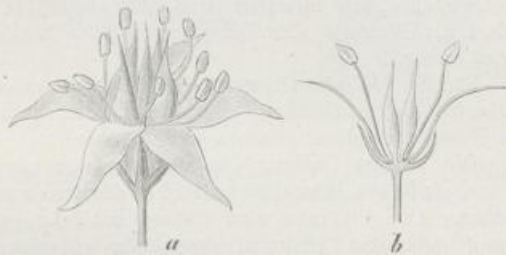


Fig. 568. *Sedum Telephium*. Vergr. 4. a Blüthe. b Blüthe im Längsschnitte.



Fig. 569. *Ribes Grossularia*. 2 Blüthe, längsdurchschnitten. 3 Frucht, Querschnitt. 4 Samen, Längsschnitt. (Nach WOSSIDLO.)

temperirten Zonen, relativ viele auch der kalten. Bei uns ist die Gattung *Saxifraga*, Steinbrech, auf den Geröllern und Felsen des Hochgebirges in zahlreichen Arten häufig; *Saxifraga granulata* und *tridactylites*, *Parnassia palustris* sind die Vertreter der Familie in der Ebene. — Mehrere Arten werden cultivirt, solche von *Ribes* (*R. rubrum*, Johannisbeere; *R. nigrum*, schwarze Johannisbeere; *R. grossularia*, Stachelbeere) ihrer Früchte wegen, andere Arten derselben Gattung und anderer Gattungen (*Saxifraga*, *Hydrangea Hortensia*, *Philadelphus*, *Deutzia*) als Zierpflanzen.

Officinell: Syrupus Ribium von *Ribes rubrum* (Pharm. austr.).

Den Saxifragaceen schliessen sich enge an die *Hamamelidaceae*, subtropische Holzgewächse mit apetalen Blüten. — Officinell: *Liquidambar styraciflua* liefert als Ausfluss der Balsamgänge der Rinde: *Styrax liquidus* (Pharm. germ., austr.).

Familie *Platanaceae*<sup>(95)</sup>. Blüten monöcisch, mit rudimentärem Perianth; die männlichen mit reducirtem Androeceum, die weiblichen perigyn, mit freien Carpellen. Samen endospermlos.

Die einzige Gattung ist *Platanus* mit nur vier Arten, von welchen zwei, *P. orientalis* aus Westasien und *P. occidentalis* aus Nordamerika, häufig angepflanzt werden. Die Platanen sind Bäume mit schuppenartig abfallender Borke, handförmig gelappten Blättern, dütenartig verwachsenen Nebenblättern und langgestielten, kugeligen Inflorescenzen kleiner, unscheinbarer Blüten, aus welchen sich Nüsse entwickeln.

### 19. Ordnung. Rosiflorae.

Einzig Familie: *Rosaceae*<sup>(96)</sup>. Blüthe peri- oder epigyn, beinahe stets strahlig; Perianth meist fünfzählig; Staubgefässe gewöhnlich zahlreicher

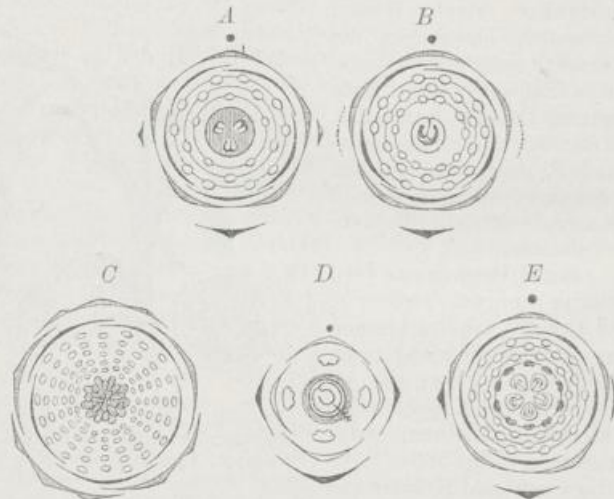


Fig. 570. Blüthendiagramme von Rosaceen. A *Sorbus domestica*. B *Prunus Padus*. C *Rosa tomentosa*. D *Sanguisorba officinalis*. E *Spiraea hypericifolia*. (Nach EICHLER.)

als die Perianthblätter; Carpelle bei Perigynie ganz, bei Epigynie oberwärts frei; Same ohne Nährgewebe. Blätter wechselständig mit Nebenblättern (Fig. 570—576).



Die Blüthe der Rosaceen lässt sich überall ungezwungen aus der typischen Dicotylenblüthe ableiten. In reiner Form ist letztere jedoch nur bei wenigen Gattungen noch erhalten geblieben, z. B. bei *Quillaja* (Fig. 575), deren Blüthe sich aus fünf fünfzähligen Quirlen aufbaut; charakteristisch

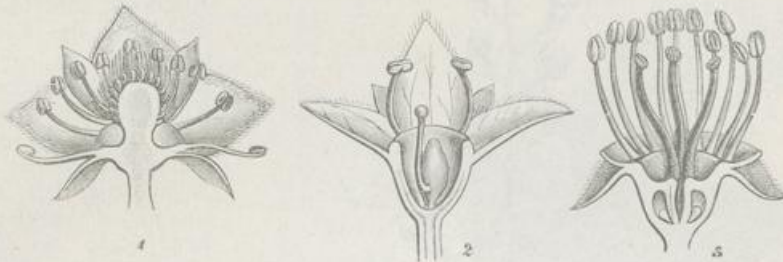


Fig. 571. Ausbildung des Receptaculum bei den Rosaceen. 1 *Comarum palustre*. 2 *Alchemilla alpina*. 3 *Pirus malus*. (Nach Focke, in Natürl. Pflanzenfam.)

ist vielmehr für die grosse Mehrzahl der Arten eine hochgradige, phylogenetisch auf Spaltung der Quirle und Einzelglieder des Androeceum zurückzuführende Polyandrie. Eine derartige Vermehrung zeigt sich ebenfalls häufig im Gynoeceum.

Als Typus einer Rosaceen-Blüthe kann z. B. eine Rose gelten, mit ihrem vielgliederigen Androeceum und vielgliederigen, vollkommen apocarpem Gynoeceum (Fig. 570 C). Derartige polyandrische und vielgliederig apocarpische Blüten haben wir bereits bei den Ranunculaceen kennen gelernt, wo sie sich von denjenigen der Rosaceen durch Hypogynie und spiraligen Aufbau unterscheiden. — Andererseits zeigen sich bei den Rosaceen, jedoch weniger häufig, reducirte Blütenformen. So fehlt bei *Alchemilla* und Verwandten der innere Perianthkreis (Fig. 570 D); das Androeceum ist nicht selten auf einen Wirtel, bei *Alchemilla arvensis* sogar auf ein einziges Staubgefäss reducirt, und das Gynoeceum ist bei den Prunoideen von einem einzigen Carpell gebildet. Derartige reducirte Blüten sind durch alle möglichen Uebergänge mit den voll- und überzähligen verbunden. — Für die Plastik der Rosaceen-Blüthe hat die zu Peri- und Epigynie führende Erbreiterung der Blütenachse grosse Bedeutung (Fig. 571). Im einfachsten



Fig. 572. *Pirus communis*. 1 blühender Zweig. 2 Blüthe, halbirt. 3 Frucht, halbirt. 4 Diagramm. (Nach Wossidlo.)

ist vielmehr für die grosse Mehrzahl der Arten eine hochgradige, phylogenetisch auf Spaltung der Quirle und Einzelglieder des Androeceum zurückzuführende Polyandrie. Eine derartige Vermehrung zeigt sich ebenfalls häufig im Gynoeceum. Als Typus einer Rosaceen-Blüthe kann z. B. eine Rose gelten, mit ihrem vielgliederigen Androeceum und vielgliederigen, vollkommen apocarpem Gynoeceum (Fig. 570 C). Derartige polyandrische und vielgliederig apocarpische Blüten haben wir bereits bei den Ranunculaceen kennen gelernt, wo sie sich von denjenigen der Rosaceen durch Hypogynie und spiraligen Aufbau unterscheiden. — Andererseits zeigen sich bei den Rosaceen, jedoch weniger häufig, reducirte Blütenformen. So fehlt bei *Alchemilla* und Verwandten der innere Perianthkreis (Fig. 570 D); das Androeceum ist nicht selten auf einen Wirtel, bei *Alchemilla arvensis* sogar auf ein einziges Staubgefäss reducirt, und das Gynoeceum ist bei den Prunoideen von einem einzigen Carpell gebildet. Derartige reducirte Blüten sind durch alle möglichen Uebergänge mit den voll- und überzähligen verbunden. — Für die Plastik der Rosaceen-Blüthe hat die zu Peri- und Epigynie führende Erbreiterung der Blütenachse grosse Bedeutung (Fig. 571). Im einfachsten

Falle ist das Receptaculum schüsselförmig, wie bei manchen *Potentilla*-Arten, und trägt am Rande die Perianth- und Staubblätter, in der Mitte



Fig. 573. *Rubus fruticosus*. 1 blühender Zweig. 2 Blüthe im Längsschnitt. 3 Frucht. 4 Diagramm. (Nach WOSSIDLO.)

die Carpide. In anderen Fällen, wie bei der Erdbeere und der Himbeere, erhebt sich die Mitte des Receptaculums zu einem die Carpide tragenden Kegel (1). Bei anderen noch ist das Receptaculum stark concav, z. B. becherartig bei *Prunus* und *Alchemilla* (2), krugförmig bei *Rosa* (Fig. 407). Die epigynen Rosaceen-Blüthen, z. B. diejenigen des Apfels (3), unterscheiden sich von den perigynen mit concavem Receptaculum nur durch die Verwachsung des letzteren mit den Carpellen.

Die Früchte der Rosaceen sind sehr verschiedenartig, theils trocken, theils saftig. Bezeichnet man, der gebräuchlichsten Definition gemäss, als Frucht nur das aus den Carpellen nach der Befruchtung sich entwickelnde Gebilde, so wird man der Erdbeere zahlreiche nussartige Früchte zuschreiben und den Apfel als eine Schein- oder Halbfrucht bezeichnen müssen, deren mittlerer Theil allein Fruchtnatur besitzt. Nach der in diesem Buche angenommenen Definition, welche den Begriff Frucht demjenigen der Blüthe gegenüberstellt, kann auch das Receptaculum, da es einen Theil der Blüthe darstellt, an der Fruchtbildung theilnehmen. Wir werden dementsprechend die Erdbeere als eine saftige Frucht mit trockenen oberflächlichen Carpellen, den Apfel als eine beerenähnliche Steinfrucht u. s. w. bezeichnen. Andere Rosaceen-Früchte sind kapselartig, wie bei *Spiraea*, nussartig, wie bei *Poterium*.

Die Rosaceen sind Kräuter oder, häufiger, Holzpflanzen mit meist

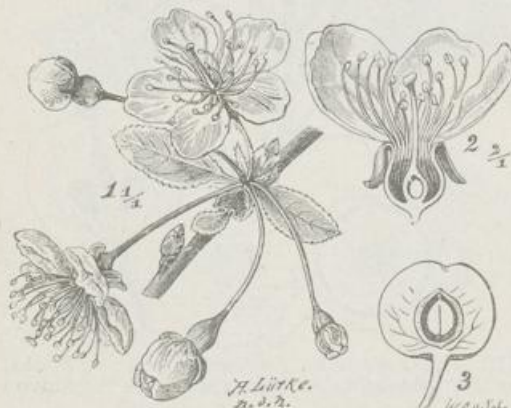


Fig. 574. *Prunus Cerasus*. 1 Zweigstück mit Blüthen-  
dolde. 2 Blüthe, halbirt. 3 Frucht, halbirt. (Nach  
WOSSIDLO.)

Früchte sind kapselartig, wie bei *Spiraea*, nussartig, wie bei *Poterium*.

Die Rosaceen sind Kräuter oder, häufiger, Holzpflanzen mit meist

ansehnlichen Blüten. Ihre Blätter sind sehr oft einfach gefiedert mit gezähnten Blättchen; einfache Blätter sind selten ganzrandig, vielmehr in der Regel sägeartig gezähnt oder gelappt. Die beinahe nie fehlenden Nebenblätter sind bald krautig, bald schuppenartig.

Deutsche Unterfamilien und wichtigere Gattungen: 1) *Pomoideae* (Fig. 572), Blüten epigyn, Steinfrucht a) Carpelle in der Frucht pergamentartig: *Pirus* (incl. *Sorbus*) mit je zwei, *Cydonia* mit  $\infty$  Samenanlagen. b) Carpelle in der Frucht steinhart: *Mespilus*; *Crataegus*. 2) *Rosoideae* (Fig. 570 C—D), Blüten perigyn; das Receptaculum umschliesst in der Frucht die Carpelle. a) Receptaculum der Frucht hart, Blüte klein, kronenlos, tetramer. *Poterium*, Blüte polygam, anemophil, in Köpfchen; *Sanguisorba*, ähnlich, aber Blüte zwittrig, entomophil; *Alchemilla*, mit Aussenkelch. b) Receptaculum wie a, Blüte mit Corolle, pentamer. *Agrimonia*; *Hagenia* (s. u. Officinell). c) Receptaculum fleischig, Blüte mit Corolle. *Rosa*. 3) *Ruboideae* (Fig. 573). Blüte perigyn, Receptaculum flach oder convex, mit zahlreichen, bei der Reife nicht aufspringenden Carpellen. *Potentilla*, mit trockener Frucht; *Fragaria*, mit in der Reife fleischigem Receptaculum und trockenen Carpellen; *Rubus*, Carpelle steinfruchtartig. 4) *Spiraeoideae* (Fig. 570 E). Blüten perigyn; Receptaculum concav; Carpelle wenige, in der Reife kapselartig, mehrsamig. *Spiraea*; *Quillaja* (s. u. Officinell). 5) *Prunoideae* (Fig. 570 B, 574). Blüte perigyn; ein Carpell; Steinfrucht. *Prunus*. 6) *Chrysobalanoideae*. Blüte häufig zygomorph.

Geographische Verbreitung. Die Rosaceen sind auf der ganzen Welt verbreitet, jedoch mit Bevorzugung der temperirten Zonen; sie kommen in den Tropen, mit Ausnahme der Chrysobalanoideen, beinahe nur im Hochgebirge vor. Viele Rosaceen gehören ihrer wohlschmeckenden Früchte, selten ihrer Samen halber, zu den wichtigsten Culturpflanzen, so die Birne, *Pirus communis*; der Apfel, *Pirus Malus*; die Quitte, *Cydonia vulgaris*; die Mispel, *Mespilus germanica*; die Erdbeere, *Fragaria vesca*; die Himbeere, *Rubus idaeus*; die Süßkirsche, *Prunus avium*; die Sauerkirsche, *Pr. Cerasus*; die Zwetsche, *Pr. domestica*; die Pflaume, *Pr. insititia*; die Aprikose, *Pr. armeniaca*; der Pfirsich, *Pr. persica*; die Mandel, *Pr. Amygdalus*. — Andere Rosaceen werden als Zierpflanzen cultivirt, wie die Rosen (*Rosa centifolia*, *R. damascena*), Arten von *Crataegus*, *Potentilla*, *Rubus*, *Spiraea*, *Kerria*, *Prunus* u. s. w.



Fig. 575. Quillaja Saponaria. — Officinell. (Nach SCHUMANN und ARTHUR MEYER.)

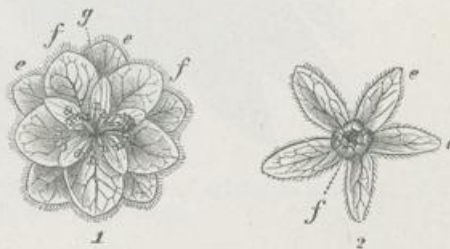


Fig. 576. Hagenia abyssinica. 1 Blüte, e Aussenkelch, f Kelch, g Corolle. Vergr. 4. 2 Frucht mit vergrößertem Aussenkelch. Nat. Gr. — Officinell. (Nach BERG und SCHMIDT.)

— Andere Rosaceen werden als Zierpflanzen cultivirt, wie die Rosen (*Rosa centifolia*, *R. damascena*), Arten von *Crataegus*, *Potentilla*, *Rubus*, *Spiraea*, *Kerria*, *Prunus* u. s. w.

Giftig: Die Samen vieler Rosaceen sind blausäurehaltig, jedoch nicht hinreichend, um frisch genossen toxisch zu wirken; letzteres ist jedoch bei Pressrückständen, z. B. von bitteren Mandeln, häufig der Fall. Die Blätter des Kirschlorbeers, *Prunus Laurocerasus*, enthalten ebenfalls Blausäure und können Intoxicationen hervorrufen.

Officinell: *Cydonia vulgaris* liefert Semen Cydoniae (Pharm. austr.). — *Hagenia abyssinica* (diöcischer Baum Abessiniens, dessen grünliche weibliche



Fig. 577. *Hagenia abyssinica*. Zweigstück mit Blütenstand.  $\frac{1}{2}$  nat. Gr. — Officinell. (Nach BERG und SCHMIDT.)

Blüthen mit einem Aussenkelch versehen sind, welcher, sammt dem Kelch, nach der Befruchtung rothe Farbe annimmt) liefert Flores Koso (Pharm. germ., austr., Fig. 576, 577). — *Rosa centifolia*: Flores Rosae (Pharm. germ., austr.); dieselbe und *R. damascena*: Ol. Rosae (ibid.). — *Rubus idaeus*: Syrupus R. idaei (ibid.). — *Prunus Amygdalus*: Amygdalae dulces u. A. amarae (ibid.). — *Pr. domestica*: Pulpa prunorum (Pharm. austr.). — *Pr. Laurocerasus*: Aqua Laurocerasi (ibid.). — *Quillaja Saponaria* (immergrüner, diöcischer Baum in Chile und Peru, Fig. 575): Cortex Quillajae (Pharm. germ.).

## 20. Ordnung. Leguminosae.

Blüthe hypogyn oder undeutlich perigyn, strahlig oder häufiger zygomorph; Perianth meist fünfzählig; medianes Kelchblatt nach vorne gewendet; Androeceum zehngliederig, selten  $\infty$ gliederig oder reducirt; ein Carpell, mit meist mehreren zweireihig an der Bauchnaht befestigten



Fig. 578. *Acacia Catechu*.  $\frac{1}{2}$  nat. Gr. — Officinell.  
(Nach BERG und SCHMIDT.)

Samenanlagen; Frucht meist eine Hülse. Nährgewebe spärlich oder fehlend. Blätter meist zusammengesetzt, mit Nebenblättern.

Die Leguminosen mit strahligen Blüten schliessen sich den Rosaceen mit einem Carpell häufig nahe an, unterscheiden sich aber durch die fehlende oder sehr schwache Erbreiterung des Blütenbodens und durch die Frucht.

Die Plastik der Blüthe ist bei den Leguminosen ebenso verschiedenartig wie bei den Rosifloren. Die Mimosaceen haben strahlige Blüten, die Caesalpiniaceen bald nahezu actinomorphe, bald stärker zygomorphe, die durch allmähliche Uebergänge zu der hochgradigen Zygomorphie und

Schmetterlingsform der Papilionaceen-Blüthe führen. Diese Unterschiede sind in erster Linie durch die Mannichfaltigkeit in der Ausbildung der Corolle, in zweiter durch ungleiche Ausbildung des Androeceum bedingt. Letzteres ist bald gerade, bald gekrümmt, vereint- oder freiblätterig, meist zehngliederig, zuweilen jedoch durch Abort reducirt oder durch Spaltung vielgliederig. Hingegen sind Blütenachse und Gynoeceum, deren verschiedenartige Ausbildung in so hervorragender Weise die Mannichfaltigkeit der Blüten in der Nachbarordnung der Rosifloren mit bedingt, bei den Leguminosen sehr gleichmässig ausgebildet, erstere für die Plastik der Blüten ohne Bedeutung, letzteres mit sehr seltenen Ausnahmen, wo ein



Fig. 580. *Acacia Senegal*. Blühender Zweig. Nat. Gr. — Officinell. (Nach A. MEYER und SCHUMANN.)

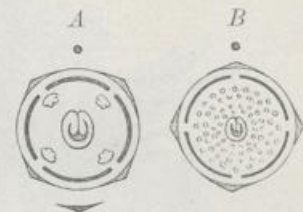


Fig. 579. Blüthendiagramme von Mimosaceen. A von *Mimosa pudica*, B von *Acacia lophantha*. (Nach EICHLER.)

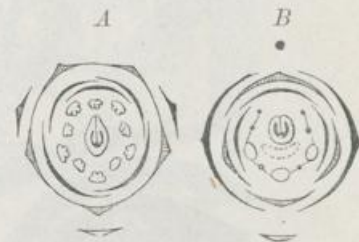


Fig. 581. Blüthendiagramme von Caesalpinaceen. A von *Cercis siliquastrum*, B von *Tamarindus indica*. (Nach EICHLER.)

aus mehreren freien Carpellern bestehendes Gynoeceum vorliegt, von einem einzigen Fruchtblatte gebildet.

Im Gegensatz zu ihren Blüten haben die Leguminosen meist sehr gleichartige Früchte. In der grossen Mehrzahl der Fälle sind dieselben typische, mehrsamige Hülsen, seltener trockene Schliessfrüchte, noch seltener Beeren oder Steinfrüchte. Auch solche abweichende Fruchtformen haben mit den gewöhnlichen eine unverkennbare Aehnlichkeit.

Die Blütenstände sind beinahe stets botrytisch: Trauben, Aehren oder Köpfchen, mit ausschliesslich seitlichen Blüten. Die Blätter sind zerstreut, meist zusammengesetzt, einfach oder doppelt gefiedert, mit ganzrandigen oder schwach gezähnten, niemals tiefer gelappten oder zerschlitzen Blättchen. Einfache Blätter sind relativ selten und meist klein.

Wie die Mehrzahl der sehr natürlichen Ordnungen ist auch diejenige der



Fig. 582. *Krameria triandra*. Nat. Gr. —  
Officinell.  
(Nach BERG und SCHMIDT.)



Fig. 583. *Cassia acutifolia*. Blatt und Blüthen-  
traube. Nat. Gr. — Officinell.  
(Nach BERG und SCHMIDT.)



Fig. 584. *Tamarindus indica*. Nat. Gr. — Officinell.  
(Nach BERG und SCHMIDT.)

Leguminosen schwer in Familien zu zergliedern, da die extremen Formen durch alle möglichen Zwischenstufen verknüpft sind. Die Ordnung wird daher häufig als eine einzige Familie, deren Hauptgruppen als Unterfamilien aufgefasst. Letztere sind jedoch in ihren typischen Vertretern so wohl charakterisirt, dass sie, trotz der Uebergangsformen, wohl den Rang von Familien verdienen.

Familie *Mimosaceae*<sup>(97)</sup>. Blüthe strahlig, bald kronenlos, bald mit in der Knospe klappiger Krone; Androeceum halb-, voll- oder überzählig, meist freiblätterig; Keim gerade (Fig. 578—580).



Fig. 585. *Copaifera Langsdorffii*.  $\frac{1}{2}$  nat. Gr. — Officinell.  
(Nach BERG und SCHMIDT.)

Die meisten Mimosaceen sind Sträucher, Lianen oder kleine Bäume, mit doppelt gefiederten Blättern, oder bei vielen Arten Neuhollands mit Phyllodien. Ihre Blüthen sind klein, zu dichten Köpfchen oder Aehren gruppirt, deren lebhaft, meist gelbe Färbung wesentlich durch die das unscheinbare Perianth weit überragenden Staubgefässe bedingt ist. — Die wichtigsten Gattungen sind *Acacia* und *Mimosa*. Sie gehen der europäischen Flora ganz ab, bilden hingegen einen wesentlichen Bestandtheil tropischer Landschaften, wo die bei uns in Gewächshäusern cultivirte Sinnpflanze, *Mimosa pudica*, als lästiges, werthloses Feldunkraut selten fehlt. Eine noch grössere Rolle spielen die Mimosae-



ceen in Neuholland, wo ihre Phyllodien tragenden Formen nebst Eucalypten die Hauptmasse der Holzvegetation bilden, und in den trockenen Gebieten Südafrikas, wo sie als dornige Sträucher (z. B. *Ac. horrida*, „Wart ein Weilchen“) oft die einzigen Holzgewächse darstellen.

Officinell: Durch Desorganisation des Stammparenchymis liefert *Acacia Senegal* (Strauch der Nilländer und Senegal): Gummi arabicum (Pharm. germ., austr.), das aus Wunden als dicke Flüssigkeit herausfließt und erhärtet (Fig. 580).

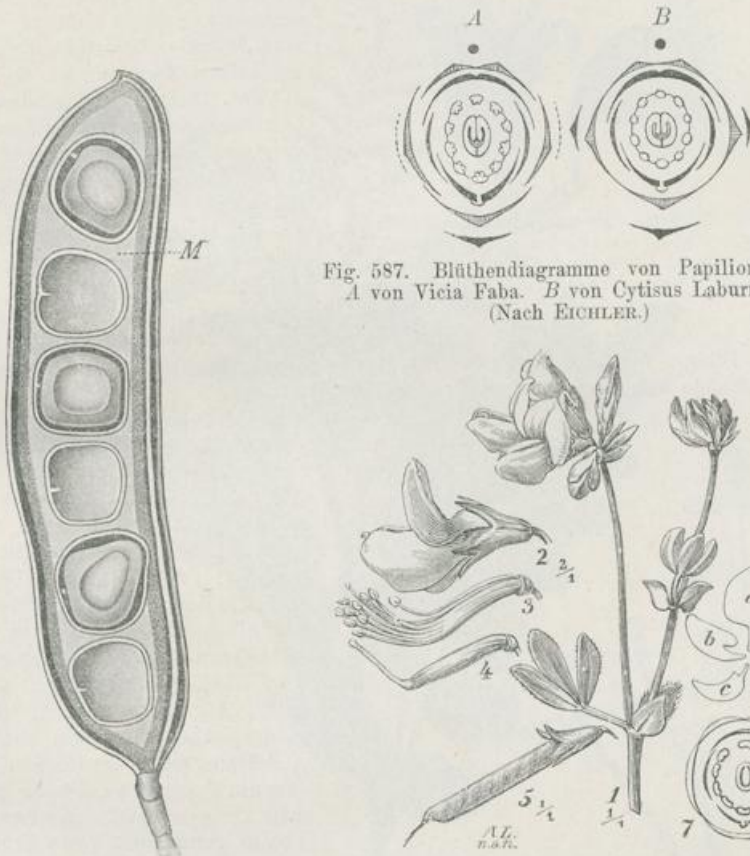


Fig. 587. Blüthendiagramme von Papilionaceen.  
A von *Vicia Faba*. B von *Cytisus Laburnum*.  
(Nach EICHLER.)

Fig. 586. *Tamarindus indica*. Frucht im Längsschnitt. M das fleischige Mesocarp. — Officinell.  
(Nach BERG und SCHMIDT.)

Fig. 588. *Lotus corniculatus*. 1 blühender Zweig. 2 Blüthe. 3 Androeceum und Gynoeceum. 4 Carpell. 5 Frucht. 6 Blumenblätter: a Fahne, b Flügel, c Schiffchen. 7 Diagramm. (Nach WOSSIDLO.)

— Catechu (Pharm. germ., austr.) ist ein Decoet aus dem Kernholze von *Acacia Catechu* (Fig. 578) und *Ac. Suma* (ostindische Bäume).

Familie *Caesalpiniaceae*<sup>(98)</sup>. Blüthe mehr oder weniger zygomorph, bald kronenlos, bald mit in der Knospe dachig aufsteigender, nicht oder unvollkommen schmetterlingsförmiger Krone; Androeceum meist freiblätterig, häufig reducirt. Keim gerade (Fig. 581—586).

Die Caesalpiniaceen sind Sträucher und Bäume, mit im Gegensatz zu den Papilionaceen oft doppeltgefiederten Blättern, und bald kleinen, unscheinbaren,

bald ansehnlichen bis prachtvollen Blüten. Ihre Krone ist überaus mannichfach gestaltet, bald actinomorph, wie bei *Cassia*, wo das Androeceum die Zygomorphie



Fig. 589. *Toluifera Pereirae*. Anomale Papilionaceenblüthe. Ein grosses Blumenblatt (Fahne), die anderen schmal. Staubgefässe nur an der Basis verwachsen. Vergr. (Nach BERG und SCHMIDT.)

bedingt, bald ausgesprochen zygomorph, wie bei der Tamarinde, aber sehr selten schmetterlingsförmig und derjenigen der Papilionaceen unvollkommen ähnlich, wie bei *Cercis Siliquastrum*. Die Caesalpiniaceen (grösste Gattung *Cassia*) sind beinahe sämtlich Bewohner der heissen Zone, wo sie theils die Wälder, theils lichte Landschaften bewohnen und manchmal durch unvergleichliche Blütenpracht auffallen. Viele Arten verdanken ihrem tiefgefärbten Kernholze hohe technische Bedeutung (Blauholz von *Haematoxylon campechianum*, Pernambukholz von *Caesalpinia brasiliensis*). — In Gärten und Anlagen werden bei uns häufig cultivirt: *Cercis Siliquastrum*, der Judasbaum aus Südeuropa, dessen Blüten aus der Astrinde entspringen (Cauliflorie), und die unscheinbar blühende *Gleditschia triacanthos* aus Nordamerika.



Fig. 590. *Coronilla varia*. Nat. Gr. — Giftig.

Familie *Papilionaceae*<sup>(99)</sup>. Blüthe stark zygomorph mit schmetterlingsförmiger, in der Knospe dachig absteigender Krone; Androeceum stets diplostemon, monadelphisch oder meist die neun vor-

bedingt, bald ausgesprochen zygomorph, wie bei der Tamarinde, aber sehr selten schmetterlingsförmig und derjenigen der Papilionaceen unvollkommen ähnlich, wie bei *Cercis Siliquastrum*. Die Caesalpiniaceen (grösste Gattung *Cassia*) sind beinahe sämtlich Bewohner der heissen Zone, wo sie theils die Wälder, theils lichte Landschaften bewohnen und manchmal durch unvergleichliche Blütenpracht auffallen. Viele Arten verdanken ihrem tiefgefärbten Kernholze hohe technische Bedeutung (Blauholz von *Haematoxylon campechianum*, Pernambukholz von *Caesalpinia brasiliensis*). — In Gärten und Anlagen

Officinell: *Folia Sennae* (Pharm. austr., germ.), Fiederblättchen von *Cassia acutifolia* (F. S. Alexandrinae, tropisches Ost- und Centralafrika) und von *C. angustifolia* (tropisches Ostafrika und Arabien; F. S. Tinnevely, von in Südindien cultivirten Pflanzen). Die officinellen *Cassia*-Arten sind Sträucher mit gelben Blüthentrauben (Fig. 583). — *Copaifera Langsdorffii* (Fig. 585) u. a. A. (Bäume im tropischen Amerika) enthalten in Balsamgängen des Holzes: *Balsamum Copaiivae* (Pharm. germ., austr.). — *Rad. Ratanhiae* (Pharm. germ., austr.) von *Krameria triandra* (Strauch der Cordilleren, Fig. 582). — *Lignum Haematoxyli* (Pharm. austr.) Kernholz von *Haematoxylon campechianum* (Südamerika). — *Pulpa Tamarindorum* (Pharm. germ., austr.) aus dem musartigen Mesocarp der Frucht von *Tamarindus indica* (in O.-Afrika heimisch, cult. in den Tropen, Fig. 584, 586).

deren Staubfäden verwachsen, das hinterste frei; Keim gekrümmt (Fig. 587 bis 594).

Die Papilionaceen sind theils Kräuter, theils Holzgewächse; viele klettern als Windepflanzen oder mit Hülfe von Ranken. Die Blätter sind gewöhnlich unpaarig gefiedert, die Blüten meist traubig, seltener kopfig gruppiert, verschieden gross und dank der Schmetterlingsform der Krone von



Fig. 591. *Glycyrrhiza glabra*.  $\frac{1}{2}$  nat. Gr. — Officinell.  
(Nach BERG und SCHMIDT.)

sehr charakteristischem Aussehen, ausser bei *Toluidifera* und einigen anderen Gattungen mit abweichender Kronenform, die den Uebergang zu den Caesalpiniaceen vermitteln. Das hintere Kronenblatt übertrifft die übrigen an Grösse um ein Bedeutendes und wird Fahne (vexillum) genannt, die beiden seitlichen stellen die Flügel (alae) dar und die beiden, meist mit ihrem unteren Rande verwachsenen unteren, bilden zusammen das Schiffchen (carina) (Fig. 588). In der Knospe werden die beiden Flügel von der

Fahne, das Schiffchen von den Flügeln umfasst (absteigende Deckung); bei den Caesalpiniaceen ist die Deckung umgekehrt (aufsteigend). Das Androeceum ist meist nach aufwärts gekrümmt. Die Verwachsung der Fäden erstreckt sich gewöhnlich nicht auf ihre ganze Länge, vielmehr sind ihre oberen Enden meist frei. Ganz freie Staubgefäße besitzen nur einige anomale Gattungen, wie *Tolūifera*. — Die Hülse hat meist eine pergamentartige Schale; Schliessfrüchte sind selten, Safftfrüchte fehlen.

Deutsche Unterfamilien und wichtigste Gattungen: 1) *Genistoideae*. Blätter ganzrandig, einfach oder gefiedert, Staubfäden meist vereint. *Lupinus* und *Cytisus* (s. u. Giftig); *Genista*. 2) *Trifolioidae*. Blätter meist gefiedert mit



Fig. 592. *Astragalus gummifer*.  $\frac{1}{2}$  nat. Gr. — Officinell.  
(Nach SCHUMANN und ARTHUR MEYER.)

gezähnten Blättchen; Schliessfrucht. *Trifolium*, mit persistirendem Perianth; *Medicago*, mit abfallender Krone, sichelförmig oder schraubig gekrümmten Früchten; *Trigonella*; *Melilotus*, mit lockeren Blüthentrauben und kleinen, kugeligen oder länglichen Früchten; *Ononis*, Sträucher mit einbündeligen Staubgefässen. 3) *Lotoidae*. *Anthyllis*; *Lotus*. 4) *Galegoideae*. Blätter unpaarig gefiedert. *Astragalus*, mit durch falsche Scheidewand unvollkommen zweifächeriger Frucht; *Robinia*. 5) *Hedysaroidae*. *Coronilla*. 6) *Vicioideae*. Blätter paarig gefiedert, oft mit Endranke. *Vicia* mit mehreren Fiederblättchen; *Lathyrus* mit zwei Fiederblättchen; *Pisum*. 7) *Phaseoloideae*. Windend; Blätter gedreit oder gefingert. *Physostigma* (s. u. Officinell); *Phaseolus*.

Geographische Verbreitung. Die grosse Familie der Papilionaceen besitzt Vertreter in sämtlichen Zonen, von den Polargebieten bis zum Aequator. Die deutschen Arten sind vorwiegend Kräuter, weniger häufig niedere Holzgewächse, und bewohnen vorwiegend die Wiesen, zu deren werthvollsten Bestandtheilen manche Schmetterlingspflanzen gehören, z. B. solche von *Trifolium*, Klee (*Tr. pratense*, *repens*, *hybridum* u. s. w.); *Medicago*, Schneckenklee (*M. sativa*, *falcata*, *lupulina*). — Besonderer Reichthum an Schmetterlingsblüthlern zeichnet die Steppengebiete des westlichen Asiens aus. Hier sind sie namentlich durch die Traganthsträucher vertreten, die stranchigen Arten von *Astragalus*, die das Traganthgummi liefern [Fig. 592]. Dieselben besitzen paarig gefiederte Blätter,



Fig. 593. *Cytisus Laburnum*. Blühender Zweig und junge Hülsen.  
 $\frac{3}{8}$  nat. Gr. — Giftig.

die beim Absterben ihre Blättchen abwerfen, während die Mittelrippen als dornartige Gebilde von beträchtlicher Länge am Stamme verbleiben. Das Gummi entsteht durch Desorganisation des Stammparenchym und fliesst als zäher Schleim aus Wunden und Einschnitten heraus. — Wichtige Culturpflanzen sind *Pisum sativum*, Erbse; *Phaseolus vulgaris*, Bohne; *Vicia Faba*, Saubohne; *Ervum Lens*, Linse; *Dolichos Soya*, Sojabohne; *Indigofera*-Arten, Indigo (Tropen).

Giftig: Durch hochgradige Toxicität ist unter den einheimischen Papilionaceen nur *Cytisus Laburnum* (Fig. 593), der in den Alpen wildwachsende und in allen Gärten cultivirte sogen. Goldregen, ein Bäumchen mit gedrehten Blättern, grossen gelben Blüten in Trauben und mehrsamigen Hülsen, ausgezeichnet. Auch die

übrigen Arten der Gattung, wie *C. alpinus*, *C. purpureus* (rothblüthig), *C. Weldenii*, *C. biflorus* sind toxisch: sie sind indess sowohl im wild wachsenden, als im cultivirten Zustande weit seltener als der Goldregen. — Als giftig gelten auch *Coronilla varia* (Fig. 590), ein wild wachsendes Kraut mit rosenrothen Blüthendolden und die blau blühende Glycine unserer Gärten, *Wistaria sinensis*.

Officinell: *Astragalus*-Arten (s. u. Geographische Verbreitung) liefern *Tragacantha* (Pharm. germ.). — *Glycyrrhiza glabra* (südeuropäische Staude, Fig. 591)



Fig. 594. *Toluifera pereirae*.  $\frac{1}{2}$  nat. Gr. — Officinell.  
(Nach SCHUMANN und A. MEYER.)

in ihren Ausläufern: Rad. Liquiritiae (Pharm. germ., austr.); die Var. *glandulifera* (s. Russland) in ihren Wurzeln: Rad. Liquir. mundata (Pharm. germ., austr.). — *Melilotus altissimus* und *M. officinalis*: Herba Meliloti (id.). — *Ononis spinosa*: Rad. Ononidis (id.). — *Physostigma venenosum* (Westafrika, bohnenähnliche Schlingpflanze), das aus seinen Samen (Semen Calabar) dargestellte Alkaloid: Physostigminum (id.). — *Andira Araroba*, ein brasilianischer Baum, enthält in seinem Stamme als pulverige Exeretmasse: Chrysarobinum s. Araroba (Pharm. germ., austr.). — *Pterocarpus santalinus*, ein ostindischer Baum, liefert in seinem Kernholze Lignum Santali rubrum (Pharm. austr.). —

*Toluifera Balsamum*, ein südamerikanischer Baum, enthält in Balsamgängen der Rinde: Balsamum toluatanum (Pharm. germ., austr.); *T. Pereirae* (San Salvador, Fig. 594): Balsamum peruvianum (id.).

### 21. Ordnung. Myrtiflorae.

Blüthen peri- oder epigyn, meist strahlig; Perianth meist vierzählig; Androeceum verschiedenartig; Carpelle völlig verwachsen; Fruchtknoten gefächert; Samen ohne Nährgewebe. Blätter meist gegenständig, meist ohne Nebenblätter.

Die Blüthen der Myrtifloren zeigen grosse Aehnlichkeit mit denjenigen der Rosifloren. Die Plastik der Blüthe ist in beiden Ordnungen im Wesentlichen die gleiche. Bei beiden finden wir strahlige peri- und epigyne Blüthen und die Neigung, durch Spaltung die Blüthenglieder zu vermehren; bei beiden findet letztere hauptsächlich im Androeceum statt, welches



Fig. 595. Diagramm von *Oenothera* (Onagraceae).

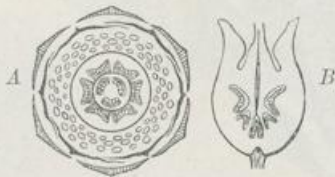


Fig. 597. A Blüthendiagramme von *Punica granatum*, B Längsschnitt durch Fruchtknoten und Kelch. (Nach EICHLER.)

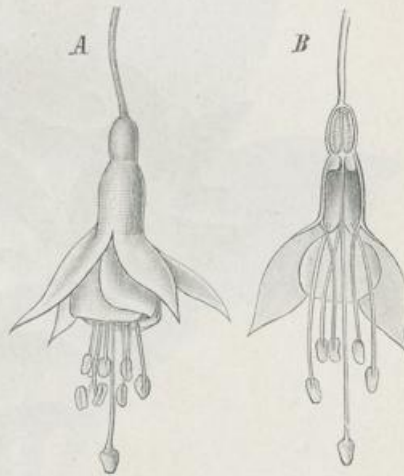


Fig. 596. *Fuchsia globosa*, Blüthe. Nat. Gr.

dadurch bei der Mehrzahl der Myrtifloren, wie bei den meisten Rosifloren, vielgliederig geworden ist. Der wichtigste Unterschied im Blütenbau bei beiden Ordnungen ist im Gynoeceum gegeben, welches bei den Rosifloren mindestens in der Griffelregion freiblätterig ist, während bei den Myrtifloren, ausser in der kleinen anomalen Gruppe der Haloragidaceen, die Verwachsung sich auch auf die Griffel erstreckt.

Die vegetativen Organe zeigen bei den Myrtifloren keine Beziehungen zu denjenigen der Rosifloren. Im Gegensatz zu diesen, haben erstere meist gegenständige, ganzrandige, niemals zusammengesetzte Blätter; ebenso fehlen die Nebenblätter oder sind klein und hinfällig. Viele Myrtifloren besitzen innere Drüsen mit ätherischem Oel, die den Rosifloren stets fehlen.

Familie *Onagraceae*<sup>(100)</sup>. Blüthen epigyn, strahlig, durchweg vierzählig, obdiplostemon (Fig. 595—596).

Die Onagraceen sind Kräuter und Sträucher, deren meist anscheinliche Blüthen vielfach ein röhrenförmig verlängertes Receptaculum besitzen. Die Früchte sind trocken oder saftig, vielsamig.

Wichtigste Gattungen: *Epilobium*, hat Kapsel Frucht, mit wolligen Samen; *Circaea*, mit zweizähligen Blättern und Nuss; *Trapa*, Wassernuss; *Oenothera*; *Fuchsia*, mit corollinischem Kelch und röhrenförmigem Receptaculum, cultivirt.

Geographische Verbreitung. Die Onagraceen bewohnen vorwiegend das temperirte Nord- und Südamerika. Sie sind bei uns hauptsächlich durch die rothblühenden *Epilobium*-Arten feuchter Standorte und zwei an Flussufern u. dergl. verwilderte, durch grosse gelbe Blüten ausgezeichnete Arten von *Oenothera* aus Nordamerika vertreten. — Fuchsien sind beliebte Zierpflanzen.

Familie ***Haloragidaceae***<sup>(101)</sup>. Blüten sehr klein und reducirt mit freien Griffeln; Samen endospermhaltig.



Fig. 598. *Punica granatum*.  $\frac{1}{2}$  nat. Gr. — Officinell.  
(Nach BERG und SCHMIDT.)

*Myriophyllum* und *Hippuris* sind ganz- bzw. halbuntergetaucht wachsende Pflanzen unserer Gewässer; letztere Gattung hat nur ein Staubgefäss und ein Carpell.

Familie ***Lythraceae***<sup>(102)</sup>. Blüte perigyn, strahlig oder zygomorph, im Perianth und Androeceum sechszählig, diplostemon; Carpelle zwei bis sechs.

Die Lythraceen sind meist Kräuter, seltener Sträucher und Bäume mit gewöhnlich kleinen, entweder apetalen oder mit meist rother oder violetter Krone versehenen Blüten; sie besitzen trockene Schliessfrüchte. — In Deutschland ist nur *Lythrum Salicaria* häufig.

Familie ***Punicaceae***<sup>(103)</sup>. Einzige Gattung *Punica*, mit zwei Arten. *Punica granatum*, der Granatbaum (Fig. 598), ist ein im Orient heimisches, in



den Mittelmeerländern cultivirtes Bäumchen mit zerstreuten, ganzrandigen Blättern. Die Blüthe ist epigyn, mit fleischigem, rothem Receptaculum; fünf bis acht Kelchblätter von gleicher Beschaffenheit, wie letzteres; ebenso viele in der Knospe zerknitterte, hochrothe Blumenblätter; zahlreiche Staubgefässe; zahlreiche, in zwei Stockwerke geordnete, verwachsene Carpelle. Die Frucht ist apfelähnlich, vom Kelche gekrönt und von zahlreichen Samen ausgefüllt, deren saftige Schalen den geniessbaren Bestandtheil darstellen.—Officinell: *Punica Granatum* liefert Cort. Granati (Pharm. germ., austr.).

Familie *Melastomataceae*. Blüthe wie bei den Onagraceen oder perigyn; Anthere gewöhnlich mit Anhängseln, durch Poren sich öffnend;



Fig. 599. *Eugenia caryophyllata*.  $\frac{2}{3}$  nat. Gr. Links: Blütenknospe im Längsschnitt, vergr. — Officinell. (Nach BERG und SCHMIDT.)

Blätter mit bogigen Längsnerven. — Sehr grosse Familie der Tropen, wo ihre stranchigen, schön blühenden Arten, namentlich in Amerika, einen Hauptbestandtheil der Vegetation bilden.

Familie *Myrtaceae*<sup>(104)</sup>. Blüten epigyn, actinomorph, im Perianth vier- oder fünfzählig, mit meist zahlreichen Staubgefässen. — Immergrüne Holzgewächse mit ätherischen Oelen (Fig. 599).

Die Myrtaceen sind Sträucher oder Bäume, deren sämmtliche Theile rundliche Intercellularen mit ätherischen Oelen enthalten und dem entsprechend aromatisch riechen; die ätherischen Oele bilden das einzige durchgreifende Merkmal der Familie. Die Blätter sind gegenständig, ganzrandig, von elliptischer Gestalt. Die stets mit Kelch und Corolle versehenen

Blüthen sind oft sehr ansehnlich, einzeln oder zu mehreren gruppiert. Die Corolle ist meist weiss, zuweilen reducirt, in welchem Falle das Androeceum als Schauapparat wirkt und dementsprechend eine lebhaft, meist rothe Färbung erhalten hat. Einige Arten besitzen ein haplo- oder obdiplostemonies Androeceum und aus einem ebensolchen hat sich, wie Zwischenstufen zeigen, durch Spaltung der Anlagen die Polyandrie der übrigen entwickelt. Die Frucht ist saftig oder kapselartig, selten nussartig.

Die Myrtaceen sind ausschliesslich Bewohner der wärmeren Zonen. Europa besitzt in der Myrte, *Myrtus communis*, seine einzige Art. Besonders bezeichnend ist die Familie für die Flora Australiens, wo sie meist den ersten Rang in Zahl der Arten und Individuen einnimmt und auffallende Formen, wie die riesigen, manchmal sogar die californischen Coniferen noch überragenden *Eucalyptus*-Bäume aufzuweisen hat. Gegenwärtig werden Eucalypten wegen ihres erstaunlich raschen Wachstums und ihrer bodentrocknenden und luftreinigenden Eigenschaften in allen wärmeren, namentlich ungesunden, sumpfigen Gegenden angepflanzt. — Manche haben wohlgeschmeckende Früchte, z. B. *Psidium*

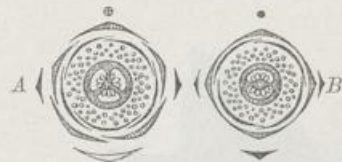


Fig. 600. Blüthendiagramme von Myrtaceen. A von *Myrtus communis*, B von *Eugenia caryophyllata*. (Nach EICHLER.)

*Guava*, das die Guava oder Goyaba liefert. Andere liefern Gewürze, z. B. *Eugenia caryophyllata*, die Gewürznelken (s. u. Officinell) und *Eugenia Pimenta*, in ihren Früchten den Piment oder Nelkenpfeffer.

Officinell: *Eugenia caryophyllata* (Fig. 599), ein auf den Molukken wildwachsendes, in den meisten Tropenländern cultivirtes Bäumchen, liefert in ihren Blütenknospen die Gewürznelken: *Caryophylli* (Pharm. germ., austr.). Der Stiel der Nelke ist das Receptaculum.

## 22. Ordnung. Hysterophyta.

Provisorische, hauptsächlich von Schmarotzerpflanzen gebildete und daher recente Gruppe. Blüthen epigyn mit einfachem oder doppeltem Perigon.

Familie *Aristolochiaceae*<sup>(105)</sup>. Blüthen strahlig oder meist zygomorph mit einfachem, corollinischem, dreizähligem, verwachsenblättrigem Perigon; Androeceum meist aus sechs oder zwölf freien oder mit dem Griffel verwachsenen Gliedern (Gynostemium); Fruchtknoten vier- bis sechsfächerig. Frucht kapselartig. — Nicht schmarotzende Kräuter und Lianen mit herz- oder nierenförmigen Blättern (Fig. 601).

Vorwiegend tropische Familie. Bei uns nur: *Asarum europaeum* (Fig. 601), mit braunem, actinomorphem Perigon und freien Staubgefässen, und *Aristolochia Clematitis*, eine stattliche Staude mit gelblichem, zygomorphem Perigon und Gynostemium. — *Aristolochia sipo* wird häufig in Gärten angepflanzt.

Familie *Rafflesiaceae*<sup>(106)</sup> und Familie *Balanophoraceae*. Chlorophyllfreie, oft pilzähnliche Wurzelschmarotzer, erstere mit einzelnen, oft riesigen Blüthen, letztere mit dichten Köpfchen oder Aehren kleiner Blüthen. Beinahe ausschliesslich Tropenbewohner, *Rafflesia Arnoldi* (Sumatra) besitzt die grösste aller Blüthen; dieselbe hat 1 m Durchmesser.

Familie *Santalaceae*. Blüthen strahlig, mit kleinem, grünlichem, einfachem, drei- bis fünfgliedrigem Perigon und der gleichen Anzahl Staubgefässe; Fruchtknoten einfächerig, mit drei Samenanlagen an centraler Placenta. Samen ohne Samenschale. — Belaubte schmarotzende Bodenpflanzen. Vorwiegend tropische Familie. Die deutsche Flora besitzt nur einige *Thesium*-Arten.

Officinell: *Santalum album*, ein ostindischer Baum, liefert: Oleum Santali (Pharm. austr.). Das Oel wird aus dem in der Kunstfischlerei sehr geschätzten Holze (Sandelholz) gewonnen.

Familie *Loranthaceae*<sup>(107)</sup>.  
Blüthen strahlig mit doppeltem, corollinischem oder kelchähnlichem, zwei- bis dreizähligem Perigon; Androeceum diplostemon; Fruchtknoten meist ohne Gliederung in Placenta und Samenanlagen. — Auf Baumästen schmarotzende belaubte Sträucher (Fig. 602).

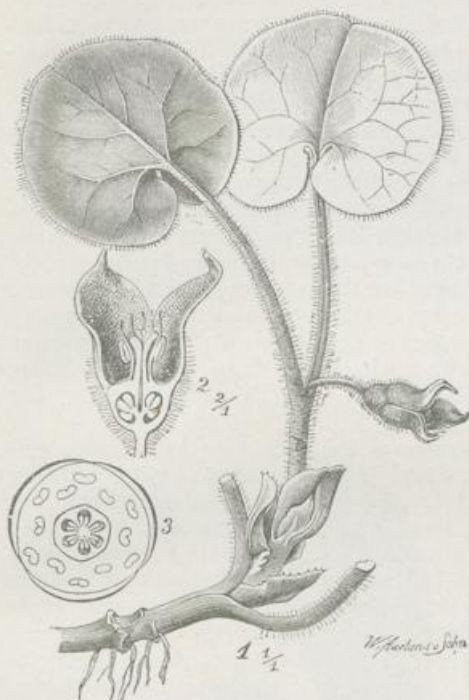


Fig. 601. *Asarum europaeum*. 1 blühender Spross. 2 Blüthe, längsgeschnitten. 3 Diagramm. (Nach WOSSIDLO.)

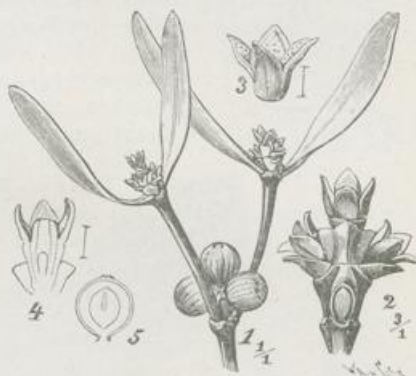


Fig. 602. *Viscum album*. 1 weiblicher Spross mit Blüthen und Früchten. 2 Blüthenbüschel. 3 männliche Blüthe. 4 Blüthe, längsdurchschnitten. 5 Frucht, längsdurchschnitten. — Giftig. (Nach WOSSIDLO.)

Die Familie ist vorwiegend tropisch. Ausser dem seltenen, auf Eichen schmarotzenden *Loranthus europaeus* ist sie in Deutschland nur durch *Viscum album*, die Mistel, vertreten. Die Mistel schmarotzt auf den verschiedensten Baumarten, von deren Aesten sie als kleiner, immergrüner, gabelig verzweigter diöischer Strauch entspringt. Verborgten zwischen Rinde und Holz des Nährastes befindet sich der aus wurzelartigen Strängen bestehende Saugapparat. Die weisse Beere wird von Vögeln verzehrt, welche das klebrige Endocarp von ihrem Schnabel auf der Rinde abstreifen und auf diese Weise die Samen aussäen.

Giftig: Die Beeren von *Viscum album* haben häufig bei Kindern Intoxication hervorgerufen.

### B. Sympetalae.

Perianth in Kelch und Corolle geschieden mit beinahe stets verwachsenblättriger Krone.

Die Blüthen der Sympetalen sind stets wirtelig, in der Mehrzahl der Fälle nach dem Typus K5, C(5), A5, G(2) gebaut oder von demselben abgeleitet. Die Staubgefässe sind meist der Corolle angewachsen. Die Zweizahl der Carpelle ist auf Reduction von der Fünzfzahl aufzufassen und letztere noch zuweilen vorhanden.

## I. Ordnung. Ericinae.

Blüthen meist hypogyn, strahlig, nach der Formel  $K_n, C_n, A_{2n}, G(n)$ , wobei  $n$  meist 5 ist; Krone zuweilen freiblättrig; Androeceum obdiplostemon, der Krone nicht angewachsen; Pollen meist in Tetraden; Fruchtknoten gefächert. — Blätter nadelförmig oder lanzettlich.

Die Ericinen schliessen sich, unter allen Sympetalen, den Choripetalen am nächsten an, namentlich durch die nicht seltene Freiblättrigkeit der Kronenblätter und die Insertion der Staubblätter auf dem Blütenboden.

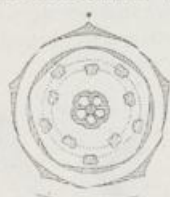


Fig. 603. Diagramm von *Vaccinium* (Ericaceae).

Sie bilden eine sehr natürliche Gruppe, deren Homogenität sich nicht bloss im Blütenbau, sondern auch in den vegetativen Organen kundgibt. Die Achsen sind beinahe stets holzig, meist von geringer Höhe und schon in der Nähe des Bodens dicht buschig verzweigt; die Blätter sind meist klein und ganzrandig, gewöhnlich lederartig und immergrün. Die stets der Insectenbestäubung angepassten Blüthen sind häufig klein, aber dann zu ansehnlichen, meist carminrothen oder weissen Trauben gruppirt. Die Samen sind sehr klein.

Familie *Ericaceae*<sup>(108)</sup>. Blüthen hypo- oder epigyn. Krone meist vereintblättrig; Staubfäden frei; Anthere mit Poren oder kurzen Spalten sich öffnend; Fruchtknoten vollkommen gefächert, mit kaum fleischiger Placenta. Same mit gegliedertem Keime (Fig. 603—604).

Die Antheren vieler Ericaceen sind mit hornähnlichen Fortsätzen versehen (Fig. 604). Daher die ganze Ordnung auch höchst unzweckmässig *Bicornes* genannt wird. Oberwärts sind die Thecae meist frei und divergirend. Die Pollenkörner sind zu Tetraden vereinigt. Die Frucht ist eine

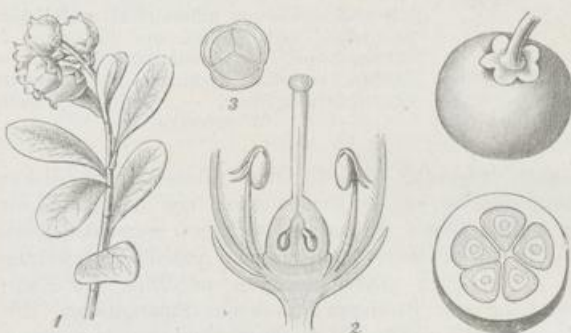


Fig. 604. *Arctostaphylos Uva ursi*. 1 blühender Zweig. 2 Blüthe im Längsschnitt. 3 Pollenkörner. 4 Frucht, vergr. 5 Frucht, quergeschnitten, vergr. — Officinell. (Nach BERG und SCHMIDT.)

Kapsel, Beere oder Steinfrucht, mit sehr kleinen endospermreichen Samen. In ihren vegetativen Theilen stellen die Ericaceen den Typus der Ordnung meist rein dar.

Unterfamilien und wichtige deutsche Gattungen: 1) *Rhododendroideae*. Blüthen hypogyn; Krone abfallend; Antheren ohne Hörner; septicide Kapsel. *Ledum*; *Rhododendron*; *Azalea*. 2) *Arbutoideae*. Blüthen hypogyn; Krone abfallend;

Antheren meist mit Hörnern; loculicide Kapsel oder saftige Frucht. *Andromeda*; *Arctostaphylos*. 3) *Ericoideae*. Blüthen hypogyn; Krone persistirend; Antheren meist mit Hörnern; Kapsel. *Calluna*, Kelch länger als die Krone; Kapsel septicid. *Erica*, Kelch kürzer als die Krone; Kapsel loculicid. 3) *Vaccinioideae*. Blüthen epigyn; Beerenfrucht. *Vaccinium*.

Geographische Verbreitung. Die Ericaceen sind auf der ganzen Welt verbreitet. Das gewöhnliche Haidekraut (*Calluna vulgaris*) und Arten von *Erica* bedecken in Mittel- und Westeuropa weite trockene Landschaften, die sogen. Haideu.

Die als Topfpflanzen viel cultivirten *Erica*-Arten stammen meist vom Kap-

land, wo die Gattung in erstaunlichem Formenreichthum einen Hauptbestandtheil der Vegetation bildet.

Giftig: Die Arten von *Rhododendron* und *Azalea* sind in allen ihren Theilen toxisch, desgleichen das in der Volksmedizin gebräuchliche *Ledum palustre* (*Herba Rosmarini silvestris*), dessen unvorsichtige Verwendung manchen Unfall hervorgerufen hat. *Ledum palustre* ist ein in norddeutschen Sümpfen häufiger kleiner Strauch mit linealischen, unten braunfilzigen Blättern und Dolden weisser Blüten.

Officinell: *Arctostaphylos Uva ursi* (Fig. 604), ein kleiner immergrüner Strauch mit hellrothen Glockenblumen und rothen Steinfrüchten, liefert: *Folia Uvae Ursi* (Pharm. germ., austr.).

Familie *Pirolaceae*<sup>(10v)</sup>. Wie vorige, aber Placenta sehr fleischig und Keim nicht gegliedert. Belaubte oder chlorophyllose Humusgewächse.

Die deutsche Waldflora besitzt Arten von *Pirola*, immergrüne Stauden mit weissen Blüthentrauben, und den chlorophylllosen Fichtenspargel, *Monotropa Hypopitys*.

## 2. Ordnung. Diospyrinae.

Blüthen strahlig; Kn, Cn, A2n, G(n), wobei n meist vier oder fünf ist; Androeceum der Krone angewachsen, vollzählig oder durch Abort halb-



Fig. 605. *Palaquium Gutta*.  $\frac{1}{2}$  nat. Gr. — Officinell. (Nach SCHUMANN und A. MEYER.)

zählig; Fruchtknoten gefächert mit einer oder wenigen Samenanlagen in jedem Fache. Immergrüne Holzgewächse der Tropen.

Familie *Sapotaceae*<sup>(110)</sup>. Officinell: Gutta Percha (Pharm. germ.), eingetrockneter Milchsaft von *Paladium*-Arten (Malayischer Archipel) (Fig. 605).

Familie *Styracaceae*<sup>(111)</sup>. Officinell: Benzoe (Pharm. germ., austr.), in Folge von Verwundung entstehendes Harz von *Styrax Benzoin*.

### 3. Ordnung. Primulinae.

Blüthen hypogyn, strahlig, K5, C5, A5, G(5); Androeceum der Krone angewachsen, epipetal; Fruchtknoten einfächerig, mit freier, centraler Placenta.

Die Primulinen zeigen in ihrem vegetativen Aufbau die grösste Mannichfaltigkeit. Gemeinsame Merkmale zeigen sich nur in ihren Blüthen, die zwar sehr verschieden gestaltet und gruppiert sind, aber stets leicht an dem epipetalen Androeceum und dem einfächerigen Fruchtknoten mit centraler Placenta kenntlich sind. Letztere zeigt sich unter den Sympetalen nur noch bei den Utriculariaceen.

Familie *Primulaceae*<sup>(112)</sup>. Kelch krautig; Griffel einfach; zahlreiche Samenanlagen; Kapsel- frucht (Fig. 606—608).

Die Primulaceen sind meist kleine, selten grössere Kräuter, mit bald einzelstehenden, bald zu Inflorescenzen gruppierten, bald grossen und schön gefärbten, bald kleinen und unansehnlichen, sehr verschieden gestalteten Blüthen. Die Kapsel öffnet sich an der Spitze mit Zähnen oder durch Ablösen eines Deckels.

Wichtigste Gattungen: *Primula*, mit Blattrosette und Blüthendolden, Krone mit langer Röhre, Kapsel mit Zähnen. *Androsace*, wie vorige, aber kurze Kronröhre. *Lysimachia*, mit Stengelblättern. *Anagallis*, mit Deckel-



Fig. 606. *Cyclamen europaeum*. Verkl. A blühende Pflanze. B Frucht. — Giftig. (Nach REICHENBACH.)

Geographische Verbreitung. Der Mehrzahl nach bewohnen die Primu-

laceen die gemäßigten und kalten Zonen der nördlichen Hemisphäre. — Mehrere Pr. werden als Zierpflanzen cultivirt, so *Primula acaulis*, *auricula*, *sinensis*, Arten von *Cyclamen* u. s. w.

Giftig: Der Knollen von *Cyclamen europaeum*, Alpenveilchen, wild in Deutschland nur in Baiern, gekocht unschädlich und essbar (Fig. 606). *Anagallis arvensis* (Fig. 608) und *A. coerulea* sind schwächer toxisch.



Fig. 607. Diagramm der Primulaceen (Primula).!

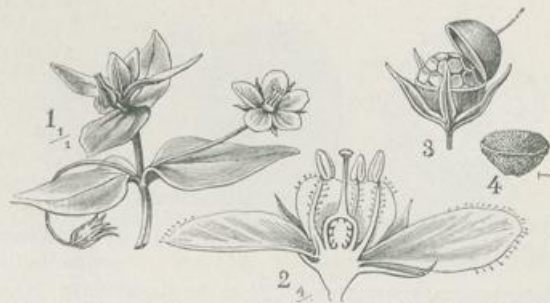


Fig. 608. *Anagallis arvensis*. 1 blühender Zweig. 2 Blüte, längsgeschnitten, die centrale Placenta zeigend. 3 Kapsel. 4 Same. — Giftig. (Nach WOSSIDLO.)

Familie **Plumbaginaceae** <sup>(113)</sup>. Kelch meist häutig, trocken; Griffel gespalten; eine Samenanlage. Kapsel Frucht (Fig. 609).

Der Mehrzahl nach sind die Pl. perennirende Stauden, deren ganzrandige, grasähnliche oder lanzettliche Blätter zu Rosetten gruppiert sind und aus Oberhautdrüsen Kalkschuppen aussondern. Die kleinen, rosenrothen oder violetten Blüten sind zu anscheinlichen, meist aus Wickeln zusammengesetzten Rispen oder Köpfchen am Ende langer unbelaubter Achsen gruppiert. Der trockene Kelch ist meist lebhaft gefärbt.

Geographische Verbreitung. Die Pl. bevorzugen salzreiche Standorte auf dem Meeresstrande oder in Steppen und Wüsten. Die deutsche Flora besitzt einige Arten von *Statice* und *Armeria*. Einige Arten der letzten Gattung sind Zierpflanzen (Grasnelken).

#### 4. Ordnung. Contortae.

Blüthen hypogyn, strahlig, nach der Formel  $K_n, C_n, A_n, G_2$ , wobei  $n$  vier oder fünf sein kann; Krone in der Knospe meist gedreht; Androeceum der Krone angewachsen — Blätter gegenständig, ganzrandig.

Die Contorten bilden eine heterogene, unter den Sympetalen mit actinomorphen Blüthe am besten durch die beinahe stets gegenständigen ganzran-

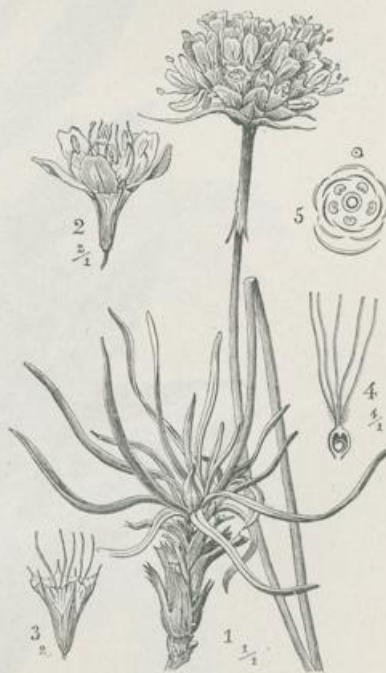


Fig. 609. *Armeria vulgaris*. 1 blühende Pflanze. 2 Einzelblüte. 3 Kelch mit den hervorragenden Griffeln. 4 Gynoeceum, angeschnitten, mit der einzigen Samenanlage. 5 Diagramm. (Nach WOSSIDLO.)

digen Blätter charakterisirte Ordnung. Die gedrehte Aestivation der Krone, auf welche der Name der Ordnung sich bezieht, ist ein häufiges, aber weder ein allgemeines, noch ein auf dieselbe beschränktes Merkmal.



Fig. 610. Oleaceae. Diagramm (Syringa).



Fig. 611. Fraxinus Ornus. Blüthe. — Officinell. (Nach Wossidlo.)

Familie *Oleaceae*<sup>(114)</sup>. Krone in der Knospe dachig oder klappig. Zwei Staubgefäße; Carpelle verwachsen; Fruchtknoten zweifächerig. Holzgewächse ohne Nebenblätter und ohne Milchsaft (Fig. 610—613).

Die Oleaceen sind Sträucher oder Bäume mit einfachen, meist ganzrandigen, seltener gelappten oder zusammengesetzten Blättern. Ihre gewöhnlich kleinen zu rispenartigen Inflorescenzen gruppirten Blüten besitzen einen kleinen Kelch und eine bald vereint-, bald freiblätterige Krone; einige Arten sind apetal. Die beinahe constante Zweizahl der Staubgefäße bildet das bequemste Kennzeichen der Familie. Jedes



Fig. 612. Olea europaea. Nat. Gr. — Officinell. (Nach Berg und Schmidt.)



Fruchtknotenfach enthält zwei Samenanlagen. Die Frucht ist eine Kapsel, Schliessfrucht, Beere oder Steinfrucht. Viele Arten sind durch den Besitz von Mannit ausgezeichnet.

Wichtigste Gattungen: *Fraxinus*, Esche, mit gefiederten Blättern; *Ligustrum*; *Olea*; *Syringa*; *Jasminum*.

Geographische Verbreitung. Die Familie ist hauptsächlich in Asien vertreten. Die deutsche Flora besitzt nur zwei wildwachsende Arten, die Esche, *Fraxinus excelsior*, mit kronenlosen, der Windbestäubung angepassten Blüthen, und *Ligustrum vulgare*. — Mehrere Arten werden in unseren Gärten cultivirt, wie der Flieder (*Syringa vulgaris*, aus den Donauländern; *S. chinensis*, *persica*), Jasmin-Arten (*Jasminum grandiflorum* u. a.), *Forsythia viridissima*

u. s. w. — Die wichtigste Nutzpflanze ist der Oelbaum, *Olea europaea* (Fig. 612 u. 613), der in den Mittelmeerländern allgemein cultivirt wird und der als knorriges, mit persistirendem, grau beschupptem Laube bedecktes Bäumchen die dortigen Landschaften vielfach ganz beherrscht. Das Oel stammt wesentlich aus dem Fruchtfleisch der reifen Frucht (Olive), weniger aus dem kleinen Samen. Das Holz (Olivenholz) findet technische Verwendung.

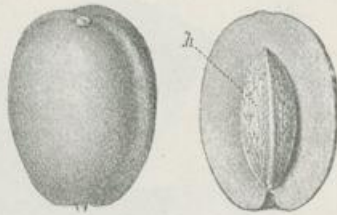


Fig. 613. *Olea europaea*. Steinfrucht.



Fig. 614. *Fraxinus ornus*.  $\frac{1}{2}$  nat. Gr. — Officinell. § (Nach BERG und SCHMIDT.)

Officinell: Oleum Olivarum (Pharm. germ., austr.), s. oben. — Manna (id.), eingetrockneter Saft der Rinde von *Fraxinus Ornus* (Mittelmeerländer).



Fig. 615. *Strychnos nux vomica*. Nat. Gr. — Officinell.  
(Nach BERG und SCHMIDT.)

Familie **Loganiaceae**<sup>(115)</sup>. Giftig: Das südamerikanische Pfeilgift Curare und das Pfeilgift der Malayen werden aus *Strychnos*-Arten gewonnen. Auch Samen *Strychni* (s. unten) ist giftig (Fig. 615, 616).

Officinell: *Strychnos nux vomica*, ein südasiatischer Baum mit apfelsinenähnlichen, aber hartschaligen, meist einsamigen Früchten, liefert Samen *Strychni* (Pharm. germ., austr.).

Familie **Gentianaceae**<sup>(116)</sup>. Krone in der Knospe gedreht. Androeceum haplostemon; Gynoeceum vereintblättrig; Fruchtknoten meist einfächerig mit parietaler Placenta. — Milchsaftfreie Kräuter ohne Nebenblätter (Fig. 616—618).

Die Gentianaceen sind bald kleine, bald grössere, völlig kahle Kräuter, fast stets mit gegenständigen, ganzrandigen Blättern. Die Blüten sind einzeln terminal oder häufiger



Fig. 616. *Strychnos nux vomica*.  
Frucht durchschnitten.

zu dichasialen Infloreszenzen gruppiert, oft gross und lebhaft gefärbt. Die Frucht ist eine zweiklappige, vielsamige Kapsel. Viele Arten sind reich an Bitterstoffen.

Wichtigste Gattungen: *Gentiana*, Enzian, mit geraden Antheren; *Erythraea*, Tausendgüldenkraut, mit spiralig gedrehten Antheren; *Chlora*; *Menyanthes*, Bitterklee, mit wechselständigen, gedrehten Blättern.

Geographische Verbreitung. Die Familie ist auf die temperirten Zonen beschränkt. Bei uns spielt sie nur im Hochgebirge eine wichtige Rolle, wo *Gentiana*-Arten mit grossen, blauen, selten gelben oder rothen Blüten zu den auffallendsten Bestandtheilen der Wiesenflora gehören.

Officinell: *Gentiana lutea*, *pannonica*, *punctata*, *purpurea* (Stauden der Hochgebirgswiesen) liefern *Radix Gentianae* (Pharm. germ.); *Erythraea Centaurium*; *Herba Centaurii* (Pharm. germ., austr.); *Menyanthes trifoliata*: *Folia Trifolii fibrini* (id.).

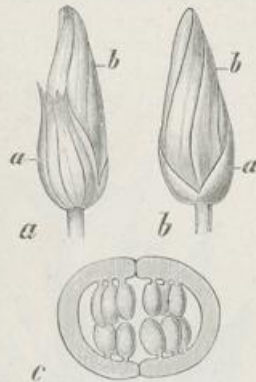


Fig. 617. *Gentiana lutea*. *a* und *b* Blütenknospe mit Kelch (*a*) und der gedrehten Krone (*b*). Nat. Gr. *c* Fruchtknoten im Querschnitte. — Officinell. (Nach BERG u. SCHMIDT.)



Fig. 618. *Erythraea Centaurium*. 1 blühende Sprossspitze. 2 Blüthe, längsdurchschnitten. 3 Anthere. 4 Frucht. 5 Querschnitt durch die Frucht. — Officinell. (Nach WOSSIDLO.)



Fig. 619. *Vinca minor*. 1 Blühender Zweig. 2 Blütenknospe, längsdurchschnitten. 3 Staubgefäss. 4 Stempel. (Nach WOSSIDLO.)

Familie *Apocynaceae*<sup>(117)</sup>. Krone in der Knospe gedreht; Androeceum halbzahlig; Pollenkörner frei oder in Tetraden; Carpelle meist unterwärts frei; Narbe ringförmig. — Milchsafte führende Gewächse (Fig. 619, 620).

Man findet unter den Apocynaceen perennirende Kräuter, Sträucher, Lianen und Bäume, die meisten immergrün, mit gegenständigen, ganzrandigen Blättern. Die oft ansehnlichen, rad- oder trichterförmigen Blüten sind zu Trugdolden vereinigt; die Früchte sind meist Kapseln, deren beide freie Carpelle längs der Bauchnaht aufspringen und zahlreiche, oft lang behaarte Samen in den Wind streuen.

Geographische Verbreitung. Die Familie bewohnt mit zahlreichen Arten die heissen Zonen; sie ist in Deutschland nur durch *Vinca minor*, das Immergrün unserer Wälder (Fig. 619), vertreten.

Arten von *Vinca* und *Nerium Oleander* sind Zierpflanzen.

Giftig: *Nerium Oleander* (Fig. 620), Oleander, ein immergrüner Strauch der Mittelmeerländer mit lanzettlichen matten Blättern und grossen rosenrothen, selten weissen oder hellgelben wohl-



Fig. 620. *Nerium Oleander*. Verkl. — Giftig.

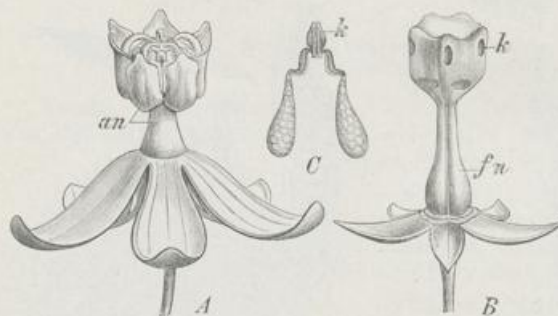


Fig. 621. *Asclepias curassavica*. A Blüthe, an Androeceum derselben. Vergr. 4. B Kelch und Gynoecium, fn Fruchtknoten, k Klemmkörperchen. Vergr. 6. C Pollinium. Stark vergrössert. (Nach BAILLON.)



Fig. 622. *Vincetoxicum officinale*.  $\frac{1}{2}$  nat. Gr. — Giftig.

riechenden Blüten in Scheindolden. Häufig in Töpfen und Kübeln gezogen. In allen Theilen sehr toxisch.

Officinell: Arten von *Strophanthus*, z. B. *Str. hispidus* (Fig. 623), Lianen des tropischen Westafrika, liefern: Samen *Strophanthi* (Pharm. germ., austr.).

Familie *Asclepiadaceae*<sup>(118)</sup>. Krone in der Knospe gedreht; Androeceum haplostemon; Pollen eines jeden Antherenfachs zu einem Pollinarium verklebt; Carpelle unterwärts frei; Narbe prismatisch. — Milchsaft führende Gewächse (Fig. 621—623).

Die Asclepiadaceen stimmen in ihren vegetativen Theilen und ihren Früchten mit den Apocynaceen überein; sie weichen von ihnen, wie von allen Dicotylen, durch ihr Androeceum wesentlich ab. Letzteres ist oft, wenigstens an der Basis,



Fig. 623. *Strophanthus hispidus*.  $\frac{1}{2}$  nat. Gr. — Officinell.  
(Nach SCHUMANN und A. MEYER.)

vereintblättrig; die Staubgefäße tragen gewöhnlich grosse dorsale Anhängsel (Fig. 621 A), welche zusammen eine Nebenkronen bilden. Charakteristisch sind namentlich die, denjenigen der Orchideen (vgl. S. 439) ähnlichen Pollenmassen oder Pollinarien von Keulengestalt, deren Stiele je einem drüsigen Auswuchse oder Klemmkörper der Narbe (Fig. 621 C) befestigt sind. Dieser eigenartige Bau stellt eine Anpassung an Insectenbestäubung dar.

Geographische Verbreitung. Wie die Apocynaceen, sind auch die ihnen

in der Tracht ganz ähnlichen Asclepiadaceen vornehmlich Bewohner der Tropen; in den pflanzenarmen südafrikanischen Wüsten treten sie als blattlose, cactusartige Succulenten auf (*Stapelia*). Die deutsche Flora besitzt nur eine Art, *Vincetoxicum officinale* (s. u. Giftig).

**Giftig:** Die meisten Asclepiadaceen besitzen einen toxischen Milchsaft. *Vincetoxicum officinale* (Fig. 622) ist ein unscheinbarer, weiss blühender kleiner Strauch, mit Balgkapseln und langbehaarten Samen. Sämmtliche Theile wirken brechennerregend.

**Officinell:** Verschiedene Lianen aus der Familie der Asclepiadaceen, z. B. *Gonolobus Condurango*, liefern in Ecuador und Peru: Cortex Condurango (Pharm. germ., austr.).

### 5. Ordnung. Tubiflorae.

Blüthen hypogyn, strahlig, selten schwach zygomorph, meist nach der Formel  $K_5, C_5, A_5, G^{(2)}$ . Androeceum haplostemon, der Krone angewachsen. Fruchtknoten zweifächerig (selten dreifächerig), häufig durch falsche Scheidewände mehrkammerig, mit zwei Samenanlagen in jedem Fache. — Blätter wechselständig.



Fig 624. *Convolvulus arvensis*. 1 Zweigstück mit Blüthe. 2 Blüthe im Längsschnitt. 3 Frucht. 4 Same. 5 Diagramm. (Nach WOSSIDLO.)

Anzahl der Carpide, welche die Fünfzahl, also Vollzähligkeit erreichen kann, und deren nicht seltene Trennung, ferner durch Schwankungen in der Zahl, Lage und Structur gewisser Blüthentheile, welche die mannichfachsten Beziehungen zu anderen Ordnungen vermitteln, während bei den Personaten und Labiatifloren der jeweilige Typus fixirt erscheint.

Familie *Convolvulaceae*<sup>(119)</sup>. Krone in der Knospe längsfaltig, meist nach rechts gedreht; Fruchtknoten zweifächerig, manchmal vierkammerig mit zwei grundständigen Samenanlagen in jedem Fach; Keim

Die Tubifloren sind eine vielgestaltige, meist aus Kräutern bestehende Gruppe, deren innerer Zusammenhang aus dem Blütenbau mit Sicherheit hervorgeht. Sie bilden den Anfang einer in den beiden folgenden Ordnungen gipfelnden Reihe. Die denselben zugezählten Familien, namentlich die Convolvulaceen, sind dem entsprechend als phylogenetisch älter oder doch den Ausgangsformen näher stehend, als diejenigen der folgenden Ordnungen, anzusehen. Für diese Annahme sprechen hauptsächlich die beinahe allgemein strahligen Blüten und das vollzählige Androeceum der Tubifloren im Gegensatz zu den zygomorphen Blüten mit reducirtem Androeceum der Personaten und Labiatifloren. Die Ansicht, dass die Tubifloren ein höheres Alter als jene besitzen, wird unterstützt durch die manchmal grössere

gekrümmt. Meist windende Kräuter und Sträucher, gewöhnlich mit Milchsaft (Fig. 624).

Die meisten Convolvulaceen sind links windende Kräuter mit zerstreuten, herzförmigen Blättern und ansehnlichen, nur wenig gelappten Blumenkronen von meist trichterförmiger Gestalt. Die Früchte sind Kapseln, selten Beeren. — Ausser den normal sich ernährenden belaubten Arten enthält die Familie in der Gattung *Cuscuta* (vgl. S. 179 und Fig. 186) fadenförmige, beinahe chlorophyllfreie Schmarotzer, die die verschiedensten Pflanzen umwinden und mittels Saugwarzen ausnutzen. Die Blüten von *Cuscuta* sind klein und knäuelartig gruppiert.

Wichtigste Gattungen: *Convolvulus*, Winde, Griffel zweitheilig; *Calystegia*, wie vorige, aber zwei grosse Vorblätter; *Ipomoea*, Griffel viertheilig; *Cuscuta*, Teufelszwirn (s. o.).

Geographische Verbreitung. Die meisten *C.* bewohnen das tropische Amerika, wo sie in lichten Gebüsch eine wunderbare Blütenpracht entfalten. Die deutsche Flora besitzt, ausser *Cuscuta*-Arten, nur *Convolvulus arvensis* und *Calystegia sepium*, beide gemeine Ackerunkräuter. — Mehrere Convolvulaceen sind beliebte Zierpflanzen. *Ipomoea Batatas* liefert die Süsskartoffel.

Officinell: *Ipomoea Purga*, ein mexikanisches Schlinggewächs, liefert in ihren Wurzelknollen: *Tubera Jalapae* (Pharm. germ., austr.).

Die *Polemoniaceae* unterscheiden sich von den *C.* durch ein dreigliedriges Gynoeceum und Fehlen des Milchsafts. — *Polemonium*-, *Cobaea*- und *Phlox*-Arten sind Zierpflanzen.

Familie *Boraginaceae*<sup>(120)</sup>. Blütenkrone in der Knospe dachig; Fruchtknoten zweicarpellig, tief vierlappig, vierkammerig, mit einer hängenden Samenanlage in jeder Kammer. Griffel zwischen den Lappen inserirt. Viertheilige Spaltfrucht. Samen meist ohne Endosperm. — Blütenstände wickelartig (Fig. 625—626).

Die *B.* gehören zu den natürlichsten und am leichtesten zu erkennenden Familien. Ihre Angehörigen sind zum grössten Theile krautig. Die meist rauh behaarten saftigen Stengel, die ganzrandigen Blätter, die stets wickelartigen, vor dem Aufblühen spirallig gerollten Inflorescenzen, die meist blauen Blüten und die eigenartigen Früchte verleihen ihnen

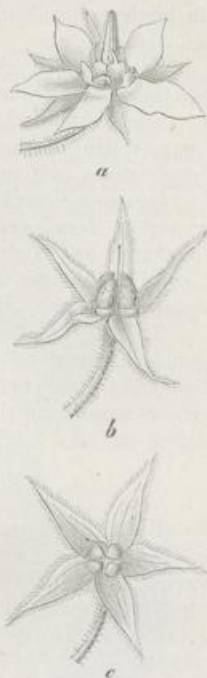


Fig. 625. *Borago officinalis*. a Blüthe, b und c Frucht. Nat. Gr.



Fig. 626. *Echium vulgare*. 1 Blüthenzweig. 2 Blüthe. 3 Frucht. 4 einzelne Klause. 5 Diagramm. (Nach WOSSIDLO.)

ein höchst charakteristisches Aussehen. Ueber die Beziehung zu den Labiäten vgl. diese.

Wichtigste Gattungen: a) Mit Schuppen über der Kronröhre: *Borago*, Boretsch, mit gehörnten Staubfäden; *Symphytum*; *Myosotis*, Vergissmeinnicht. b) Ohne Schlundschuppen: *Pulmonaria*, Lungenkraut; *Echium*, Natterkopf, mit zygomorphen Blüten; *Lithospermum*, mit kalkreicher Fruchtschale. — Anomal: *Heliotropium*, mit ungetheiltem Fruchtknoten und gipfelständigem Griffel.

Geographische Verbreitung. Die meisten B. bewohnen die nördliche temperirte Zone, namentlich die Mittelmeerländer. Unsere Arten sind vorwiegend Unkräuter an Wegrändern, an unbebauten Orten und auf Feldern (*Echium*, *Lycopsis*, *Myosotis* u. s. w.); nur wenige sind Wiesen- oder Waldbewohner (*Symphytum officinale*, *Myosotis palustris*, — *Pulmonaria*).

Zu den Tubifloren gehören ausserdem noch die in Europa nicht vertretenen Familien der *Hydrophyllaceae* (vorwiegend in Amerika heimisch, in Gärten *Nemophila*) und der *Cordiaceae* (tropische Holzgewächse mit Steinfrüchten), welche sowohl zu den Convolvulaceen wie zu den Boraginaceen nahe Beziehungen zeigen und die Lücke zwischen beiden Familien ausfüllen.

### 6. Ordnung. Personatae.

Blüthen hypogyn, meist zygomorph, bei Vollzähligkeit K5 C5, A5, G(2), aber im Androeceum meist reducirt; letzteres der Krone angewachsen. Fruchtknoten zweicarpellig, zweifächerig, sehr selten mit falschen Scheidewänden, meist mit vielen Samenanlagen. Frucht eine Beere oder Kapsel. — Blätter wechsel- oder gegenständig.

Die Personaten sind Kräuter und Holzgewächse mit meist ansehnlichen Blüten. Die Krone ist meist zweilippig, das Androeceum meist auf vier paarweise ungleich lange, seltener auf zwei Glieder reducirt. Die Frucht ist gewöhnlich eine Kapsel.

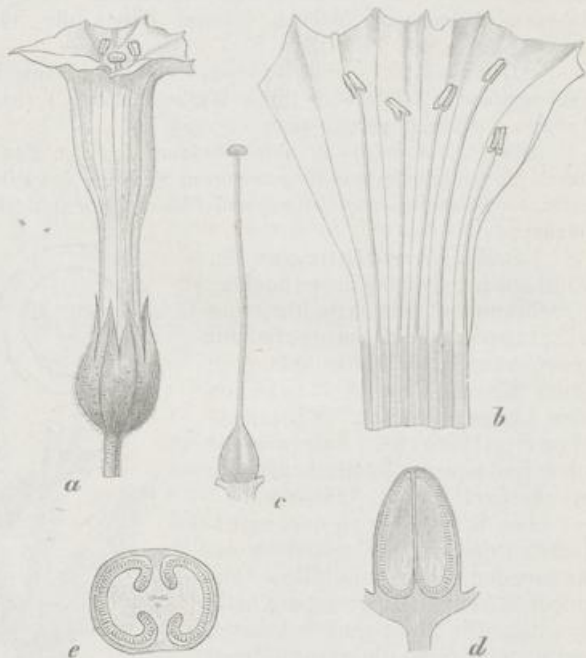


Fig. 628. *Nicotiana glauca*. a Blüthe, nat. Gr., b Corolle aufgeschnitten, nat. Gr., c Fruchtknoten, nat. Gr., d und e junge Frucht. Vergr. 2.



Fig. 627. Solanaceae. Diagramm. (*Petunia*.)

Die Familie der Solanaceen, die wir an den Anfang stellen, ist phylogenetisch wohl die älteste der Ordnung und zeigt durch ihre meist actinomorphen



Blüthen und ihr vollzähliges Androeceum sehr nahe Beziehungen zu den Tubifloren, namentlich zu den Hydrophyllaceen, bei welchen die eigenthümliche schiefe Stellung des Gynoeceums (s. u.) auch vorkommt und zu den Boraginaceen, mit welchen sie durch die kleine Familie der *Nolanaceae* (faltige Aestivation, gepaarte Blattstellung und Samen wie bei Solanaceen, Klausenfrucht wie Boraginaceen) verknüpft ist. Andererseits sind durchgreifende Unterschiede zwischen Solanaceen und Scrophulariaceen nicht vorhanden, vielmehr stellen letztere die directe Fortsetzung der ersteren dar. — Die übrigen Familien (Acanthaceen, Globulariaceen und Plantaginaceen ausgenommen) sind alle mit den Scrophulariaceen so nahe verwandt, dass sie auch als Unterfamilien derselben aufgefasst werden können.

Familie *Solanaceae* <sup>(121)</sup>.  
Krone in der Knospe faltig, meist actinomorph; Androeceum vollzählig; Fruchtblätter meist schräg zur Mediane; Samen mit Endosperm (Fig. 627—633).

Die meisten Solanaceen sind Kräuter, in den Tropen auch Sträucher und kleine Bäume, mit reicher, oft drüsigter Behaarung, nicht selten mit Stacheln; sie pflegen einen narkotischen Geruch zu besitzen. Die einfachen oder gelappten Blätter zeigen oft in der Blütenregion die Eigenthümlichkeit, dass sie paarweise neben einander (gepaarte Blätter), dabei in ungleicher Grösse, dem Stengel entspringen (Fig. 632), eine Erscheinung, die auf Verwachsungen und Verschiebungen von Deck- und Vorblättern zurückgeführt wird.

Die einzelstehenden oder in verschiedener Weise gruppirten Blüthen sind sehr verschiedenartig gestaltet; ihre gewöhnlich fünfklappige Corolle hat oft eine fahle, violette Färbung. Die schiefe Lage der Fruchtblätter (Fig. 627) in Bezug auf die Mediane ist eine charakteristische Eigenthümlichkeit. Die Frucht ist eine Beere oder Kapsel. Die gewöhnlich nierenförmigen Samen enthalten meist einen gekrümmten Keim in reichlichem, öligem Endosperm.

Wichtigste Gattungen: a) Mit Kapseln: *Nicotiana*; *Datura*, Kapsel vierklappig; *Hyoscyamus*, Blüthen zygomorph, Kapsel mit Deckel. b) Mit Beeren: *Solanum*, Antheren zu einer Röhre zusammentretend, durch Löcher sich öffnend; *Lycopersicum*; *Capsicum*; *Atropa*; *Mandragora*; *Physalis*, mit persistirendem rothem Kelch um die Beere.

Geographische Verbreitung. Die Solanaceen sind hauptsächlich Bewohner der Tropenzone, wo sie in offenen Landschaften an unbebauten Orten, auf Culturboden u. s. w. massenhaft aufzutreten pflegen. Die in Deutschland



Fig. 629. *Solanum Dulcamara*.  $\frac{1}{2}$  nat. Gr. — Giftig.  
(Nach BERG und SCHMIDT.)



Fig. 630. *Nicotiana Tabacum*.  $\frac{1}{2}$  nat. Gr.  
Giftig und officinell.



Fig. 631. *Hyoscyamus niger*.  $\frac{1}{2}$  nat. Gr. Offi-  
cinell u. giftig. (Nach BERG u. SCHMIDT.)



Fig. 632. *Atropa Belladonna*.  $\frac{1}{2}$  nat. Gr.  
Giftig und officinell.

wachsenden Arten sind zumeist eingeschleppt. (Vgl. unter Giftig.) — Ausser den officinellen (s. u.) enthalten die Solanaceen noch andere Nutzpflanzen, die alle aus Südamerika stammen, wie die Kartoffel, *Solanum tuberosum*; den Tabak, *Nicotiana Tabacum* (Fig. 630) und *N. rustica*; die Tomate, *Lycopersicum esculentum* u. s. w. Die Kartoffel wächst wild in den Anden von Chile; sie wurde in der zweiten Hälfte des 16. Jahrhunderts zuerst durch Spanien nach Europa eingeführt. Nach Deutschland brachte sie CLUSIUS (1588). Der Tabak gelangte ungefähr zu gleicher Zeit nach Europa; *Nicotiana Tabacum* soll im wildwachsenden Zustande noch in Peru und Ecuador vorkommen.



Fig. 633. *Datura Stramonium*.  $\frac{1}{2}$  nat. Gr.  
(Nach BERG und SCHMIDT.)

Fig. 634. *Digitalis purpurea*.  $\frac{1}{2}$  nat. Gr.  
Giftig und officinell.

Giftig: Beinahe alle Solanaceen sind in ihren sämtlichen oder in einzelnen Theilen toxisch, meist in Folge ihres Gehaltes an Alkaloiden. Folgende Arten kommen für Deutschland in Betracht: *Solanum tuberosum*. Sämtliche Theile enthalten das erst in starken Dosen tödtlich wirkende Solanin. Gefährlich sind ergrünte Kartoffeln und solche die im Frühjahr Triebe entwickelt haben. — *Solanum Dulcamara*, das Bittersüss (Fig. 629); sämtliche Theile solaninhaltig, mit Ausnahme der harmlosen rothen Beeren. — *Solanum nigrum*, häufiges Ackerunkraut mit weissen Blüten, hat solaninhaltige, schwarze Beeren. — Von der Tomate haben

unreife Früchte Intoxicationen hervorgerufen. — *Atropa Belladonna*, Tollkirsche (Fig. 632), ist die gefährlichste unserer Giftpflanzen. Sie wächst in Wäldern als

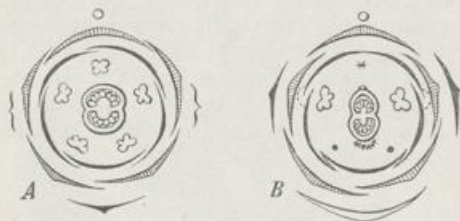


Fig. 635. Scrophulariaceae. Blüthendiagramme. (A *Verbascum*, B *Veronica*.) (Nach EICHLER.)

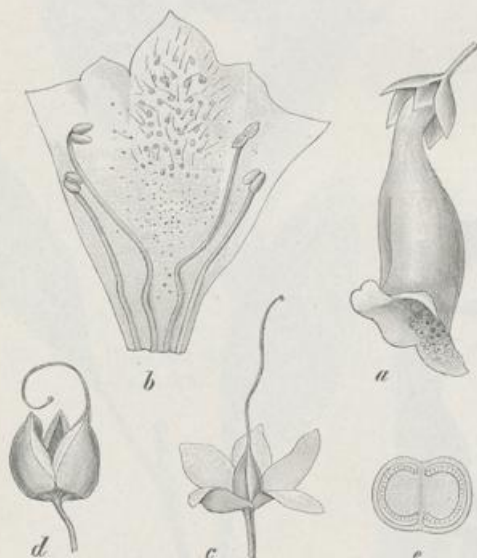


Fig. 636. *Digitalis purpurea*. a Blüthe, b Corolle, aufgeschnitten, c Kelch und Stempel, d Frucht, aufgesprungen, e Frucht, im Querschnitte. Nat. Gr.



Fig. 637. *Verbascum thapsiforme*. a Blüthe, b Kelch und Griffel. Nat. Grösse. — Officinell.

ursprungs. Einige Gattungen (*Verbascum*) haben nahezu strahlige Blüten mit vollzähligem Androeceum

mattbelaubtes Kraut mit fahlen, bräunlichen, glockenförmigen Blüten und schwarzen, kirschenähnlichen, jedoch mit dem persistierenden Kelch versehenen, höchst giftigen Beeren. — *Datura Stramonium* (Fig. 633), Stechapfel, ein Kraut mit gabeliger Verzweigung, trichterförmigen, weissen Blüten und stacheliger Kapsel Frucht, in der Nähe der Häuser; sehr toxisch. — *Hyoscyamus niger* (Fig. 631), Bilsenkraut, ein nur oberwärts verzweigtes, dicht laubiges, drüsig behaartes Kraut mit einseitwendiger Inflorescenz, trichterförmigen, tief fünf-lappigen, violett geaderten, gelben Blumenkronen und Deckelkapseln. Das Bilsenkraut wächst an ähnlichen Standorten, wie der Stechapfel, und ist ebenfalls sehr toxisch. — *Nicotiana Tabacum* (Fig. 630), in allen Theilen toxisch. Infuse der Blätter und Herunterschlucken von Kantabak sind gefahrbringend.

Officinell: *Atropa Belladonna* liefert: *Folia Belladonnae* (Pharm. germ., austr.), *Radix Bell.* (Pharm. austr.). — *Datura Stramonium*: *Folia Stramonii* (Pharm. germ., austr.). — *Hyoscyamus niger*: *Herba Hyoscyami* (ibid.). — *Capsicum annuum*: *Fructus Capsici* (Pharm. germ.). — *Nicotiana Tabacum*: *Folia Nicotianae* (ibid.). — *Solanum Dulcamara*: *Caules Dulcamarae* (Pharm. austr.).

Familie *Scrophulariaceae*<sup>(122)</sup>. Krone beinahe stets zygomorph, in der Knospe niemals faltig; Androeceum meist auf vier oder zwei Glieder reducirt; Fruchtblätter median (Fig. 634—637).

Die meisten Scrophulariaceen sind Kräuter mit einfachen, gezähnten, selten gelappten, gegen- oder wechselständigen, niemals gepaarten Blättern; manche sind belaubte Wurzelparasiten (s. *Rhinanthoideae*). Ihre einzeln aus den Blattachsen oder zu Trauben gruppirten Blüten sind stets seitlichen (Fig. 637 a); bei der grossen Mehrzahl der

Formen hingegen sind die Blüten ausgesprochen zygomorph, mit reducirtem Androeceum. In letzterem pflegt das hintere Staubgefäß verkümmert (*Scrophularia*) oder völlig unterdrückt zu sein; manchmal sind, in Folge noch weiter gehender Unterdrückung, nur zwei Staubgefäße vorhanden (z. B. *Veronica*, Fig. 635 B). Die Frucht ist eine Kapsel, selten eine Beere.

Unterfamilien und wichtigste Gattungen: 1) *Antirrhinoideae*. Kronendeckung meist absteigend; autotrophe Gewächse. *Verbascum*, Wollkraut, mit fünf fertilen Staubgefäßen; *Scrophularia*; *Antirrhinum*, Löwenmaul, Corolle kurzgespornt, mit zusammenschliessenden Lippen, Kapsel mit Löchern; *Linaria*, Corolle wie vorige, aber langgespornt; *Digitalis*, Fingerhut, Corolle schiefglockig, Kapsel mit Spalten; *Gratiola* und *Veronica*, Ehrenpreis, zwei Stbf. — 2) *Rhinanthoideae*. Kronendeckung meist aufsteigend; belaubte, selten chlorophyllfreie Schmarotzer mit Haustorien an den Wurzeln. *Rhinanthus*, Klapper; *Melampyrum*; *Euphrasia*, Augentrost; *Pedicularis*.

Geographische Verbreitung. Die Ser. bewohnen hauptsächlich die temperirten Zonen beider Hemisphären. Sie sind in der deutschen Flora durch zahlreiche Arten an den verschiedensten Standorten vertreten. — Mehrere Arten werden in Gärten gezogen (*Antirrhinum majus*, *Veronica*-Arten, die baumartige *Paulownia imperialis*).

Giftig: *Digitalis purpurea* (Fig. 634), der rothe Fingerhut, zweijähriges, unverzweigtes, dicht belaubtes, behaartes Kraut mit endständigen, einseitwendigen Trauben rother glockiger Blüten. In sämtlichen Theilen sehr toxisch. — *Gratiola officinalis*, das Gnadenkraut, perennirendes, kahles, bis 30 cm hohes Kraut feuchter Wiesen. Blätter schmal, gezähnt; Blüthe axillär, röhrenförmig weisslich, zwei Staubgef.

Officinell: *Digitalis purpurea* (Fig. 636) liefert *Folia Digitalis* (Pharm. germ., austr.). — *Verbascum thapsiforme* (Fig. 635) und *V. phlomoides*: *Flores Verbasci* (ibid.).

Familie *Utriculariaceae*<sup>123</sup>. Unterscheiden sich von voriger Familie durch den einfächerigen Fruchtknoten mit freier centraler Placenta und die endospermlosen Samen. — Fleischfressende Sumpf- und Wasserpflanzen (Fig. 638).

Die Utriculariaceen haben ausgesprochen zygomorphe, langgespornte, den-

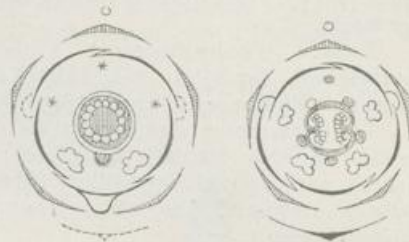


Fig. 638. Blüten-diagramm von *Pinguicula alpina* (Utriculariaceae). (Nach Eichler.)

Fig. 639. Blüten-diagramm von *Gesnera pendulina* (Gesneraceae). (Nach Eichler.)



Fig. 640. *Plantago major*. 1 ganze Pflanze. 2 Blüthe mit Deckblatt. 3 Frucht. 4 Same. 5 Diagramm. (Nach Wossidlo.)

jenigen von *Linaria* ähnliche Blüten, stets mit nur zwei Staubgefäßen; die Frucht ist eine vielsamige Kapsel. Sie bewohnen der Mehrzahl nach die Tropen. Deutschland besitzt einige Arten von *Pinguicula* (mit Blattrosette) in Sümpfen und von *Utricularia* (mit blasentragenden Blättern, vgl. S. 34 und Fig. 46) in Gewässern.

Familie **Gesneraceae**. Unterscheiden sich von den Scrophulariaceen hauptsächlich durch den einfächerigen Fruchtknoten mit wandständiger Placenta. Blüten zum Theil epigyn (Fig. 639).

Die Gesneraceen sind hauptsächlich Tropenbewohner; einige (*Gloxinia* u. s. w.) werden als schön blühende Zierpflanzen in Gewächshäusern cultivirt. — Bei uns sind sie nur durch chlorophyllose Schmarotzer aus den Gattungen *Orobancha* und *Lathraea* vertreten. Die letztere Gattung zeigt auch nahe Beziehungen zu den Rhinanthoideen.

Familie **Plantaginaceae**<sup>(124)</sup>. Blüthe strahlig, im Perianth und Androeceum scheinbar vierzählig: K4, C4, A4, G(2); Corolle häutig; Fruchtknoten ein- bis vierfächerig. — Kräuter (Fig. 640).

Die scheinbare Vierzähligkeit wird, ähnlich wie bei *Veronica*, auf Unterdrückung des hinteren Kelchblattes und des hinteren Staubgefäßes (nicht, wie bei *V.*, dreier Staubgefäße) und Verwachsung der beiden hinteren Lappen der Corolle zurückgeführt. Die meisten Arten besitzen eine bodenständige Rosette einfacher Blätter, aus deren Mitte ein hoher Schaft mit terminaler kleinblüthiger Aehre sich erhebt. — Die Blüten zeigen häufig auffallende Protogynie; sie sind meist windblüthig, wie bei *Plantago major* (Fig. 640), selten insectenblüthig, wie bei *Pl. media* (Fig. 218). Die Früchte sind meist vielsamige Deckelkapseln. — Die Pl. bewohnen, in wenigen Gattungen, die ganze Welt, ohne irgendwo hervorzutreten. Mehrere Arten von *Plantago* sind bei uns auf Wiesen und an Wegrändern häufig.

### 7. Ordnung. Labiatiflorae.

Blüthe hypogyn, beinahe immer zygomorph, nach dem Typus K5, C5, A5, G(2), aber im Androeceum meist reducirt; letzteres der Krone angewachsen; Fruchtknoten zweifächerig, durch falsche Scheidewände vierkammerig, mit vier aufrechten Samenanlagen. Frucht meist eine Spaltfrucht. — Blätter beinahe stets gegenständig.



Fig. 641. Blüthendiagramm von *Verbena officinalis*. (Nach EICHLER.)



Fig. 642. Diagramm von *Lamium* (Labiatae).

Die Labiatifloren sind Kräuter oder Sträucher, selten Bäume, mit meist reich behaartem, oft aromatischem Laube. Die Blüten sind seitenständig, meist ausgesprochen zygomorph, zu Inflorescenzen gruppiert. Die Früchte sind viertheilige Spalt-, seltener ungetheilte Steinfrüchte oder Kapseln.

Die Ordnung stellt nicht etwa eine Fortsetzung derjenigen der Personaten, sondern wie diese, einen Zweig vom Aste der Tubifloren dar. Die Fruchtbildung ist namentlich bei den Labiaten mit derjenigen der Boraginaceen übereinstimmend; da jedoch derartige Früchte auch sonst bei Tubifloren und Personaten auftreten und Aehnlichkeiten zwischen Labiaten und Boraginaceen im Uebrigen durchaus fehlen, so kann von einer näheren Verwandtschaft zwischen beiden Familien, etwa wie sie zwischen Solanaceen und Scrophulariaceen vorliegt, nicht die Rede sein. Die Labiatifloren haben sich offen-

bar sehr frühzeitig von den Tubifloren abgezweigt und dürften ihre nächsten Verwandten unter den Convolvulaceen haben.

Familie *Verbenaceae*<sup>(125)</sup>. Fruchtknoten ungelappt, mit gipfelständigem Griffel, ein- bis zweifächerig, meist vierkammerig. Steinfrucht, seltener Kapsel- oder Spaltfrucht. Vegetationsorgane und Inflorescenzen verschiedenartig (Fig. 641).

Die Verbenaceen sind vorwiegend Tropenbewohner. Die deutsche Flora besitzt nur *Verbena officinalis*, ein unscheinbares Unkraut an Wegrändern u. dgl. — *Tectona grandis*, ein ostindischer Baum, liefert das für den Schiffbau hochgeschätzte Teak-Holz. *Verbena Aubletia* ist eine viel cultivirte Zierpflanze.

Familie *Labiatae*<sup>(126)</sup>. Fruchtknoten tief vierlappig mit grundständigem Griffel, zweifächerig, vierkammerig; viertheilige Spaltfrucht. — Kräuter und kleine Sträucher mit vierkantigem Stengel und gegenständigen Blättern; Inflorescenzen dichasial (Fig. 642—645).

Die Familie der Labiaten gehört zu den natürlichsten des Pflanzenreichs. Der vierkantige Stengel und die gegenständigen Blätter verleihen ihren vegetativen Theilen ein charakteristisches Gepräge, welches gewöhnlich durch reiche Behaarung und aromatischen Geruch noch erhöht wird. Letzterer ist durch ätherisches Oel, welches von kleinen, auf der ganzen Oberfläche der Sprosse vertheilten Drüsenhaaren secernirt wird, bedingt. Nicht minder bezeichnend ist die Anordnung der kurz gestielten Blüthen in Scheinquirlen, die in Wirklichkeit achselständige Wickel sind. Diese meist vielblüthigen und dichten Scheinquirle rücken oft zu köpfchen- und ährenähnlichen Gesamtblüthenständen zusammen, wie beim Thymian und der Pfefferminze. — Der Kelch (Fig. 645 *d, e*) ist verwachsenblättrig, fünfzählig. Die Corolle ist meist zweilippig, mit zweilappiger Ober- und dreilappiger Unterlippe, sehr verschieden gefärbt, jedoch am häufigsten carminroth oder violett. Das Androeceum gleicht im Allgemeinen demjenigen der Scrophulariaceen. Das Gynoeceum besteht, wie bei den Boraginaceen, aus einem ursprünglich zweifächerigen Fruchtknoten, dessen Carpelle durch je eine tiefe Einschnürung zweikammerig geworden sind. Die „Klausen“ (Fig. 645 *d, e*) der Frucht sind zuweilen zum Theil verkümmert, stets hartschalig.



Fig. 643. *Mentha piperita*.  $\frac{1}{2}$  nat. Gr. — Officinal. (Nach BERG und SCHMIDT.)

Wichtigste Gattungen: *Ajuga* mit sehr kurzer Oberlippe; *Teucrium* mit tiefgespaltener Oberlippe; *Stachys*, *Galeopsis* und *Lamium*, Taubnessel, mit helmförmiger Oberlippe; *Nepeta* und *Glechoma*, mit, im Gegensatz zu den meisten Gattungen, längeren hinteren Staubgefäßen; *Mentha*, Minze, mit fast strahliger Krone und ungefähr gleich langen Staubgefäßen; *Thymus*, Thymian; *Origanum*, Dost; *Lavandula*, Lavendel; *Salvia*, Salbei und *Rosmarinus* mit nur zwei Staubgefäßen, die je nur eine fertile Antherenhälfte besitzen.

#### Geographische Verbreitung.

Wie die meisten aromatischen Pflanzen, bevorzugen die Labiaten trockene, sonnige Standorte. So gehören sie namentlich zu den wichtigsten Bestandtheilen der Vegetation der Mittelmeerländer, wo solche Bedingungen häufig gegeben sind, und wo z. B. Rosmarin, die officinelle Salbei, Thymian und Lavendel wild wachsen. Auch bei uns sieht man sie vielfach auf trockenem Boden, wie z. B. *Thymus Serpyllum*, der Quendel u. s. w.



Fig. 644. *Melissa officinalis*. Auf die Hälfte verkleinert. — Officinell. (Nach BERG und SCHMIDT.)

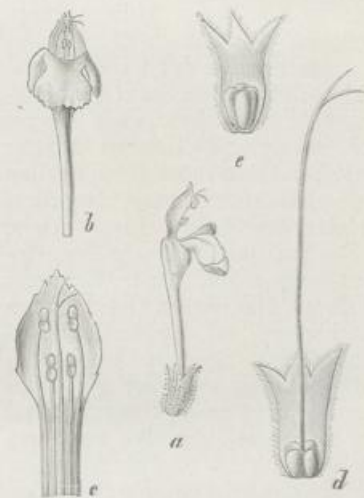


Fig. 645. *Galeopsis ochroleuca*. *a* Blüthe, nat. Gr., *b* dieselbe ohne Kelch, nat. Gr., *c* Corolle, aufgeschnitten, mit den Staubgefäßen und dem Griffel. Vgr. 2. *d* Kelch mit dem Gynoeceum. Vgr. 2. *e* Frucht. Vergr. 2. — Officinell.

Im Allgemeinen jedoch sind die L. in Deutschland weniger oder nicht aromatisch und kaum an bestimmte Standorte gebunden. — Viele Arten werden als aromatische Küchenkräuter cultivirt, z. B. Mairan, *Origanum Majorana*; Bohnenkraut, *Satureia hortensis*; Basilicum, *Ocimum Basilicum*; Thymian, *Thymus vulgaris*; Salbei, *Salvia officinalis*.

Officinell: *Lavandula vera* (Mittelmeerländer) liefert: Flores Lavandulae (Pharm. germ., austr.). — *Salvia officinalis* (ibid.); Folia Salviae (ibid.). — *Melissa officinalis* (Fig. 644): Folia Melissaе (ibid.). — *Thymus Serpyllum*:



Herba Serpylli (ibid.). — *Th. vulgaris* (Mittelmeerländer): Herba Thymi (Pharm. germ.). — *Rosmarinus officinalis*: Folia Rosmarini (Pharm. austr.), Oleum Rosmarini (Pharm. germ., austr.). — *Mentha piperita* (Fig. 643): Folia Menthae piperitae (Pharm. germ., austr.). — *M. crista* n. a. A.: Folia Menthae crispae (Pharm. austr.). — *Galeopsis ochroleuca*: Herba Galeopsidis (ibid.). — *Origanum vulgare*: Herba Origani (ibid.).

### S. Ordnung. Rubiinae.

Blüthe epigyn, strahlig oder unregelmässig, nach der Formel  $\text{Kn, Cn, An, G}(2-3)$ , wobei  $n$  vier oder fünf sein kann. Kelch sehr reducirt; Androeceum der Corolle angewachsen; Fruchtknoten zwei- oder dreifächerig. — Blätter gegenständig.

Die Rubiinen sind sehr vielgestaltige, krautige oder strauchige, selten baumartige Gewächse, die ausser den gegenständigen Blättern im vegetativen



Fig. 646. *Asperula odorata*. 1 blühende Sprossspitze. Die Scheinquirle von zwei Blättern und vier bis sechs Nebenblättern gebildet. 2 Blüthe im Längsschnitt. 3 Frucht im Längsschnitt. 4 Diagramm. (Nach WOSSIDLO.)



Fig. 647. *Coffea arabica*. 1 blühender Zweig. 2 Frucht. 3 Frucht im Querschnitt. 4 Same. (Nach WOSSIDLO.) — Officinell.

Aufbau wenig Gemeinsames zeigen. Die meist ziemlich kleinen Blüthen sind gewöhnlich zu reich verzweigten Inflorescenzen, die oft doldenähnliche Gestalt annehmen, gruppirt. Die Corolle ist gewöhnlich rad- oder trichterförmig, indem ihr Basaltheil eine bald kürzere, bald längere Röhre bildet, während der obere Theil flach ausgebreitet ist; selten ist sie glockig oder cylindrisch. Die Früchte sind sehr verschiedenartig, trocken oder saftig.

Familie *Rubiaceae*<sup>(127)</sup>. Blüthe strahlig; Androeceum vollzählig;

Fruchtknoten dimer, die beiden Fächer fertil. — Kräuter und Holzgewächse mit einfachen Blättern und Nebenblättern (Fig. 646—650).

Die Rubiaceen bilden eine der grössten und vielgestaltigsten Familien der Pflanzenwelt. Ihr auffallendstes Merkmal sind die beinahe immer ganzrandigen, gegenständigen Blätter mit ihren stets vorhandenen, bald blatt-, bald schuppenartigen Nebenblättern. Für Blüten und Früchte gelten die Merkmale der Ordnung.



Fig. 648. *Cinchona succirubra*. Nat. Gr. — Officinell.  
(Nach SCHUMANN und ARTH. MEYER.)

Unterfamilien und wichtigste Gattungen: 1) *Stellatae*. Stipeln den Blättern gleich; Fruchtfächer einsamig. *Galium*, Corolle radförmig; *Asperula*, Corolle trichterförmig; *Sherardia*. 2) *Coffeoidae*. Stipeln schuppenförmig; Fruchtfächer einsamig. *Coffea*; *Cephaelis*. 3) *Cinchonoideae*. Stipeln schuppenförmig, mehrsamige Kapsel. *Cinchona*; *Uncaria*.

Geographische Verbreitung. Die meisten Rubiaceen bewohnen die Tropen, wo sie in zahlreichen Arten als Sträucher und Kräuter einen Hauptbestandtheil der Urwaldflora zu bilden pflegen. In Europa, speciell in Deutsch-

land, spielen sie nur eine kleine Rolle und sind sämtlich kleinblüthige Kräuter aus der Unterfamilie der Stellaten. Die bekannteste deutsche Art ist der Waldmeister, *Asperula odorata* (Fig. 646). Die wichtigste Nutzpflanze ist der Kaffee, *Coffea arabica* (Fig. 647), ein in den Gebirgen des tropischen Ostafrika heimisches, jetzt in allen Tropenländern cultivirtes immergrünes Bäumchen. Aus den weissen, zu achselständigen Knäueln gruppirten Blüthen entwickeln sich rothe bis violette, kirschenähnliche Steinfrüchte, die in zwei Steinen mit pergamentartiger Schale je einen Samen, die sogenannte „Kaffeebohne“, enthalten. Die besten Sorten Kaffee

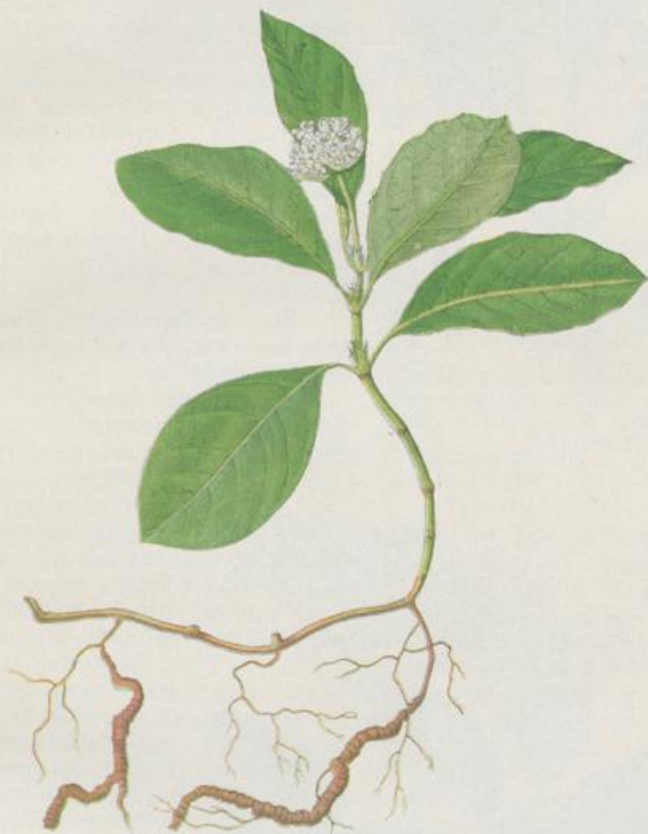


Fig. 649. *Cephaelis Ipecacuanha*. — Officinell.  
(Nach BERG und SCHMIDT.)

stammen aus S.W.-Arabien (Mokka), den Sunda-Inseln, (Sumatra, Java, Celebes) und Ceylon; die grösste Masse liefert Brasilien. Einige Arten, namentlich von *Gardenia*, werden als Zierpflanzen cultivirt.

Officinell: *Cinchona succirubra* (Fig. 648), *C. Ledgeriana* und andere Arten (Fig. 650). Die Cinchonen oder Chinabäume sind in den Anden Südamerikas wild wachsende, auf den Gebirgen Indiens cultivirte immergrüne Bäume mit lanzettlichen oder rundlichen Blättern und pyramidenförmigen Blütenrispen; die Einzelblüthen sind etwa 1 cm lang; ihre Corolle ist trichterförmig, mit fünf

dicht gewimperten Saumlappen versehen, gelblich oder carminroth. Bei der Fruchtreife trennen sich beide Carpelle unterwärts, während sie oben durch den Kelch verbunden bleiben, und springen durch je einen Spalt in der Mitte der Scheidewand auf. Die Stammrinde ist: *Cortex Chinae* (Pharm. germ., austr.). — *Cephaelis Ipecacuanha* (Fig. 649), ein kleiner Halbstrauch der Wälder Brasiliens, liefert: *Radix Ipecacuanhae* (id.). — *Uncaria Gambir*, eine mit Haken kletternde Liane Hinterindiens, liefert als Decoct seiner krautigen Theile: *Catechu s. Gambir* (Pharm. germ.). — Die Kaffee-Bohne liefert das Alkaloid *Coffeinum* (id.).



Fig. 650. *Cinchona lancifolia*. 1 blühender Zweig. 2 Blüthe. 3 Blüthe im Längsschnitt. 4 Frucht. 5 Same. Officinell. — (Nach WOSSIDLO.)

Familie *Caprifoliaceae* <sup>(128)</sup>. Blüthe strahlig oder zygomorph; Androeceum vollzählig; Gynoeceum meist dreigliedrig; Fruchtfächer alle fruchtbar. — Meist Holzgewächse, in der Regel ohne Nebenblätter (Fig. 651).

Ein durchgreifender Unterschied zwischen Caprifoliaceen und Rubiaceen ist nicht vorhanden.

Die meisten Caprifoliaceen sind Sträucher mit ganzrandigen oder gefiederten Blättern und meist cymösen Blütenständen. Die Corollen sind radförmig, glockig oder röhrenförmig, im letzteren Falle zygomorph. Die Früchte sind meist Beeren oder Steinfrüchte.

Triben u. deutsche Gattungen: 1) *Sambuceae*. Corolle strahlig, kurz; Griffel kurz. Steinfrüchte. *Sambucus*, Blätter gefiedert, drei Steine. *Viburnum*, Blätter einfach, ein Stein. — 2) *Lonicerae*, Corolle strahlig oder zygomorph, lang; Griffel lang; meist Beeren. *Lonicera*, mit zygomorphen Blüten. *Linnaea*.

Geographische Verbreitung. Die meisten Caprifoliaceen bewohnen als Sträucher und kleine Bäume die Hecken und



Fig. 651. *Sambucus nigra*. 1 blühender Zweig. 2 Blüthe im Längsschnitt. 3 Früchte. 4 Diagramm. — Officinell. (Nach WOSSIDLO.)

Wälder der temperirten nördlichen Zone. Arten von *Lonicera*, *Sambucus*, *Viburnum* gehören zu den häufigsten Holzgewächsen der deutschen Flora. Mehrere werden in Gärten angepflanzt, so der Schneeball (eine Spielart von *Viburnum Opulus*) mit nur sterilen Blüthen, Arten von *Lonicera* (Geisblatt) und von *Weigelia*.

Officinell: *Sambucus nigra* (Fig. 651) liefert Flores Sambuci (Pharm. germ., austr.).

Familie *Valerianaceae*<sup>(120)</sup>. Blüthe asymmetrisch, im Perianth fünfzählig; Androeceum reducirt; Fruchtknoten dreifächerig mit nur einem fertilen Fache (Fig. 652—653).

Die Valerianaceen sind Kräuter oder kleine Halbsträucher mit ganzrandigen oder fiedertheiligen Blättern, ohne Nebenblätter. Die Blüthen sind klein, zu reich verzweigten Trugdolden gruppiert. Ihr Kelch ist zur Blüthezeit rudimentär, wächst aber nachher zu einem federbuschartigen Pappus. Die Corolle ist rad- oder trichterförmig, strahlig oder mit einem Sporne versehen, meist weiss oder hell rosa gefärbt. Das Androeceum ist als



Fig. 652. Valeriana. Diagramm.

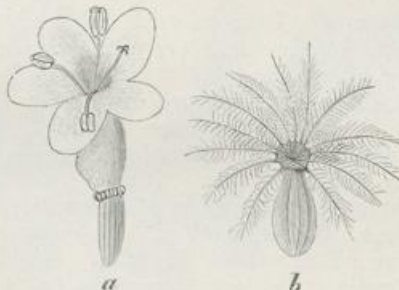


Fig. 653. Valeriana officinalis. a Blüthe. Vergr. 8. b Frucht. Vergr. 4. — Officinell

Ueberrest eines ursprünglich fünfgliederigen zu betrachten, in welchem entweder nur das mediane Staubgefäss, oder noch eines oder drei der seitlichen Glieder unterdrückt sind. In den beiden letzten Fällen wird das Androeceum durch die Mediane unsymmetrisch getheilt. Letzteres gilt stets vom Fruchtknoten, in welchem nie das mediane Fach, sondern eines der seitlichen das fertile ist (Fig. 652). Die Frucht ist eine Schliessfrucht.

Wichtigste Gattungen: *Valerianella*, Corolle radförmig, drei Staubgefässe. *Valeriana*, Corolle trichterförmig, kurz gespornt, drei Staubgefässe (Fig. 653). *Centranthus*, Corolle trichterförmig, lang gespornt, ein Staubgefäss.

Geographische Verbreitung. Die Valerianaceen bewohnen die nördliche temperirte und kalte Zone. *Valeriana officinalis* und *V. dioica* sind häufige Wiesenpflanzen. *Centranthus ruber* ist als Zierpflanze in Gärten häufig.

Officinell: Rad. Valerianae von *Valeriana officinalis* (Pharm. germ., austr.).

### 9. Ordnung. Campanulinae.

Blüthe epigyn, strahlig oder zygomorph, meist nach der Formel:  $K5, C(5), A5, G(2-3)$ . Kelch freiblättrig, mit langen Zipfeln; Staubgefässe der Blütenachse entspringend, meist mit verklebten Antheren; Fruchtknoten zwei- bis dreifächerig, mit zahlreichen Samenanlagen. — Bei den meisten ist Milchsaft vorhanden.

Die Campanulinen sind meist Kräuter mit einfachen, ganzrandigen, wechselständigen Blättern ohne Nebenblätter. Ihre Blütenstände sind

botrytisch, und zwar traubig, ährig oder kopfig. Die häufig ansehnlichen, meist blauen Blüten zeigen nur in der bald strahligen, bald zygomorphen



Fig. 654. Blüthendiagramm von *Campanula Medium*. (Nach EICHLER.)

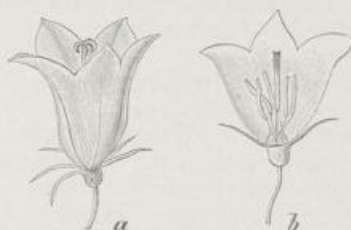


Fig. 655. *Campanula rotundifolia*. Blüthe. Nat. Grösse. *a* ganz, *b* im Längsschnitte.

Corolle wesentliche Unterschiede. Die Antheren sind manchmal frei, häufiger jedoch verklebt oder ganz verwachsen. Die Frucht ist meist kapsel-, selten beerenartig.

Familie *Campanulaceae*<sup>(130)</sup>. Blüthe strahlig; Antheren frei oder verklebt; Fruchtknoten meist dreifächerig; Kapsel- frucht (Fig. 654).

Wichtigste Gattungen: *Campanula*, Glockenblume, Corolle glockig. *Phyteuma* und *Jasione*, Blüten in Köpfchen und Aehren, Corolle cylindrisch. *Specularia*, Corolle radförmig.

Geographische Verbreitung. Die Campanulaceen bewohnen vornehmlich die nördliche temperirte Zone, wo ihre Arten, dank ihrer schönen Blüten, vielfach zu den ansehnlichsten, selten jedoch zu den massenhaft auftretenden Bestandtheilen der Vegetation gehören.

Familie *Lobeliaceae*<sup>(131)</sup>. Blüthe zygomorph; Antheren zu einer Röhre verklebt; Fruchtknoten zweifächerig; Kapseln oder Beeren. — Die Lobeliaceen sind der grossen Mehrzahl nach Tropenbewohner.

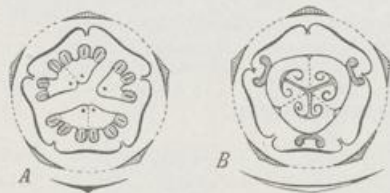


Fig. 656. *Eeballium* (Cucurbitaceae). Diagramm. *A* männlich, *B* weiblich. (Nach EICHLER.)

Deutschland besitzt als einzige heimische Art die in den Tümpeln des Nordens wachsende *Lobelia Dortmanna*.



Fig. 657. *Bryonia dioica*. *A* blühender Zweig, verkl. *B* weibliche, *C* männliche Blüthe, nat. Gr. *D* Androeceum, vergr. *E* Früchte. *F* Frucht im Querschn. Giftig.

Officinell: Herba Lobeliae (Pharm. germ.) von *Lobelia inflata* (N.-Am.).  
Als Gruppe zweifelhafter Verwandtschaft wird den Campanulinen angehängt die

Familie der *Cucurbitaceae*<sup>(132)</sup>. Blüten epigyn, eingeschlechtig; Kelch und Krone strahlig, unterwärts mit einander verwachsen; von den fünf Staubgefässen meist vier paarweise verwachsen, selten alle zu einer Säule vereinigt; Anthere zweifächerig; Fruchtknoten dreifächerig; Frucht beerenartig. — Kräuter ohne Milchsaft, meist mit Ranken kletternd (Fig. 655—658).

Die meisten Cucurbitaceen sind einjährige, jedoch stattliche, steifbehaarte saftige Kräuter mit langen, oft hohlen Stengeln, grossen, herzförmigen, oft gelappten Blättern und korkzieherartig gewundenen, neben den Blattstielen



Fig. 658. *Citrullus Colocynthis*. Nat. Gr. — Officinell.  
(Nach BERG und SCHMIDT.)

entspringenden Ranken. Die Blüten sind axillär, einzeln oder zu mehreren gruppirt, oft sehr gross. Kelch und Krone sind an der Basis zu einem Napfe verwachsen, von dessen Rande die schmalen Kelchzipfel sich frei erheben. Die Krone ist oberhalb des Napfes noch verwachsenblättrig, jedoch stets tief fünfflappig, glockig oder radförmig, von gelber oder weisser Farbe. Die Verwachsung und die zweifächerigen, d. h. gleichsam auf eine Hälfte reducirten, verbogenen Antheren verleihen dem Androeceum ein höchst charakteristisches Aussehen. Die drei Fächer des Fruchtknotens sind durch je eine winkelständige, viele Samen tragende fleischige Placenta beinahe vollständig ausgefüllt. Die Beere ist kugelig oder länglich, nicht selten riesengross. Ihr festes, zuweilen hartes Exocarp ist von einem meist saftigen, zum grössten Theile aus den Placenten hervorgehenden Mesocarp ausgefüllt. Die zahlreichen Samen sind flach oval, endospermlos.

**Geographische Verbreitung.** Die Cucurbitaceen sind vornehmlich Bewohner der warmen Zonen. Deutschland besitzt in wildem Zustande nur zwei Arten der Gattung *Bryonia*, Zaunrübe, *B. dioica* und *B. alba*, beide in Hecken nicht selten. Mehrere Arten werden ihrer Früchte halber cultivirt, namentlich der Kürbis, *Cucurbita Pepo*; die Gurke, *Cucumis sativus*, und die Melone, *C. Melo*.

**Giftig:** *Bryonia dioica* (Fig. 657) und *B. alba* sind rauhaarige Rankenpflanzen mit knolligen Wurzeln, gelappten Blättern, ziemlich kleinen, weisslichen Blüten und bei ersterer rothen, bei letzterer schwarzen Beeren. Sämmtliche Theile sind toxisch.

**Officinell:** *Citrullus Colocynthis*, ein gurkenähnliches Kraut der afrikanischen und arabischen Wüsten, liefert: Fructus Colocynthis (Pharm. germ., austr.).

### 10. Ordnung. Aggregatae.

Blüthe epigyn, strahlig oder zygomorph, nach der Formel  $K_5, C(5), A_5, G(2)$ . Kelch rudimentär; Androeceum der Krone angewachsen, die Antheren meist verklebt; Fruchtknoten einfächerig, mit einer Samenanlage. Schliessfrucht. — Inflorescenz ein Köpfchen mit Hüllkelch.

Charakteristisch ist für die Aggregaten in erster Linie das Köpfchen: Die erbreiterte, schüsselförmige oder convexe Inflorescenzachse ist am Rande von einer aus meist zahlreichen dichtgedrängten Hochblättern bestehenden Hülle, dem sogen. Hüllkelch, eingenommen, im Uebrigen aber von dicht-

stehenden, häufig aus der Achsel reducirter Deckblätter, der Spreublättchen, entspringenden kleinen Blüten bedeckt. Das Ganze ist für den Nichtkundigen eine „Blume“ und sieht allerdings einer Einzelblüthe nicht unähnlich, namentlich da, wo die peripheren Blüten grösser sind als die mittleren und um diese herum eine Art Krone bilden.

Durch die meist verklebten Antheren und den häufigen Besitz von Milchsaft in den gegliederten Röhren zeigen die Compositen Beziehungen zu den Campanulinen, während die Dipsacaceen durch Zwischenformen mit den Valerianaceen verknüpft zu sein scheinen.

Familie *Dipsacaceae*<sup>(133)</sup>. Blüthe mit Aussenkelch, meist zygomorph; Krone in der Knospe dachziegelig, vier- bis fünf-lappig; vier Staubgefässe mit freien Antheren; Griffel einfach; Samenanlage hängend; Same mit Endosperm. —

Blätter gegenständig (Fig. 659).

Die Dipsacaceen sind Kräuter mit einfachen oder fiedertheiligen Blättern und vielblüthigen, flachen oder convexen Köpfchen, deren peripherische Blüten häufig grösser sind als die mittleren. Der für die Familie charakteristische Aussenkelch der Einzelblüthe besteht aus verwachsenen Vorblättern. Der Kelch ist auf Zähne oder Borsten reducirt. Die häufige Vierzahl der Krone wird auf Verwachsung der beiden hinteren Abschnitte derselben, diejenige des Androeceum auf Abort des medianen Staubgefässes zurückgeführt. Die nussartige Frucht ist von dem persistirenden Aussenkelche umgeben.

Wichtigste Gattungen: a) Mit Spreublättern: *Dipsacus*, Karde, distel-

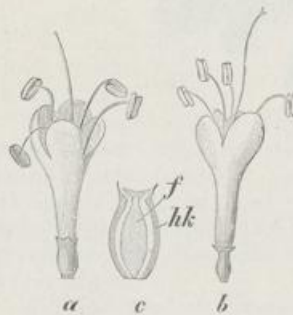


Fig. 659. *Succisa pratensis*. a Blüthe mit Aussenkelch, b ohne Aussenkelch. c Frucht im Längsschnitt. f Fruchtknoten. hk Aussenkelch.



artig, mit stechenden Hüll- und Spreublättern. Krone viertheilig. *Scabiosa*, Hülle krautig, Corolle fünftheilig. *Succisa*, Corolle viertheilig. b) Ohne Spreublätter: *Knautia*. — Geographische Verbreitung. Die Dipsacaceen bewohnen hauptsächlich sonnige Standorte in den Mittelmeerländern; sie sind jedoch auch bei uns durch einige Arten vertreten. — Die Köpfchen von *Dipsacus fullonum*, Weberkarde, finden zum Aufkratzen wollener Gewebe Verwendung.

Familie *Calyceraceae*. Blüthe ohne Aussenkelch. Corolle klappig; Staubfäden vereint; Griffel einfach; Samenanlage hängend; Same mit Endosperm. — Kleine südamerikanische Familie, die nur als Verbindungsglied zwischen Dipsacaceen und Compositen Interesse bietet.

Familie *Compositae*<sup>(134)</sup>. Blüthe ohne Aussenkelch, strahlig oder zygomorph. Krone in der Knospe klappig; fünf Staubgefäße mit verklebten Antheren; Griffel oberwärts gabelig; Samenanlage aufrecht; Same ohne Endosperm. — Blätter meist wechselständig (Fig. 659—667).

Die Compositen sind meist Kräuter, seltener, und meist nur in den Tropen, Sträucher, Lianen und Bäume, deren äusserst mannichfache vegetative Organe keine für die Familie charakteristischen Merkmale liefern, in chemischer Hinsicht jedoch durch den Besitz von Inulin in den unterirdischen Theilen ausgezeichnet sind. Dagegen sind dieselben in der Blütenregion, obwohl auch hier grosse Mannichfaltigkeit herrscht, vorzüglich ge-

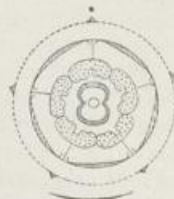


Fig. 660. Compositae. Diagramm. (Carduus.)

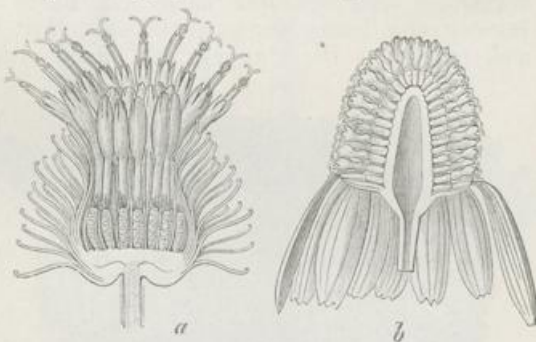


Fig. 661. a *Lappa major*. Köpfchen im Längsschnitt mit Spreublättern. b *Matricaria Chamomilla*, ohne Spreublättern, officinell. Vgr. (Nach BERG und SCHMIDT.)

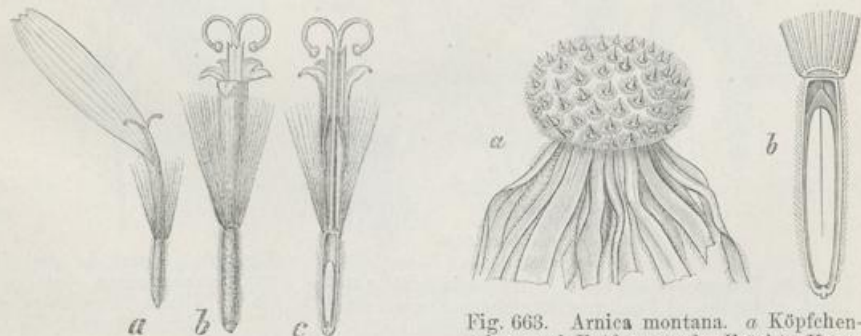


Fig. 663. *Arnica montana*. a Köpfchenachse, nach Entfernung der Früchte. Vgr. b Frucht im Längsschnitt; vom Pappus ist nur der untere Theil gezeichnet. Vgr. (Nach BERG und SCHMIDT.)

Fig. 662. *Arnica montana*. a Randblüthe. b Scheibenblüthe, c diese im Längsschnitt. Vgr. (Nach BERG und SCHMIDT.)

kennzeichnet. Die Köpfchen (Fig. 661) stehen entweder einzeln oder sind zu verschiedenartigen, oft trugdoldigen Gesamtblüthenständen vereinigt.

Ihr Hüllkelch ist äusserst verschiedenartig, bald krautig und grün, bald strohartig und dann oft lebhaft gefärbt, wie bei den Strohblumen (*Helichrysum* und andere Gattungen), wo er in Schneeweiss, Hochgelb oder Carminroth prangt, bald, wie bei vielen *Centaurea*-Arten, mit krausem Borstenrande versehen oder, wie bei den Disteln, stachelig. — Die Köpfchenachse ist schüsselförmig (Fig. 661*a*), oder wölbt sich zu einem bald flachen, bald hohen Kegel (Fig. 661*b*) empor. Sie ist bald nackt (Fig. 661*b*), bald behaart (Fig. 663*a*), bald von kleinen Spreublättern bedeckt (Fig. 661*a*), stets grubig (Fig. 663*a*), wie die Oberfläche eines Fingerhuts, indem jede Blüthe in einer Alveole sitzt. — Ein normaler, grüner Kelch ist nie vorhanden. Nur selten ist derselbe noch durch fünf farblose Schüppchen vertreten. Meist ist an dessen Stelle nur ein niedriger Saum vorhanden, auf welchem häufig ein Busch von Borsten oder Haaren, der sogen. Pappus (Fig. 662), sich erhebt. — Die Corolle ist häufig strahlig



Fig. 664. *Taraxacum officinale*. 1 Blühende Schäfte und Blatt. 2 Blüthe. 3 Frucht. 4 Köpfchenachse mit einer Frucht. — Officinell. (Nach WOSSIDLO.)



Fig. 665. *Artemisia maritima* var. *Stechmanniana*. — Officinell. (Nach SCHUMANN und ARTH. MEYER.)

und fünfklappig (Fig. 662*b*), wie bei den Disteln. Im Falle von Zygomorphie kann sie zweilippig sein, wie bei den südamerikanischen Mutisieen; häufiger ist sie einlippig (Fig. 662*a*), indem die Oberlippe verkümmert, wie u. a. in den Randblüthen der Kamille, oder zungenförmig, indem sie einseitig tief gespalten ist, wie bei *Taraxacum* (Fig. 664 2). Einlippige und zungen-

förmige Blüten sind einander sehr ähnlich, erstere jedoch drei-, letztere fünfzählig. — Vielfach ist die Peripherie des Köpfchens von einlippigen, die Mitte von strahligen, röhrenförmigen Blüten eingenommen, wie bei der Kamille. Man unterscheidet dann Rand- und Scheibenblüten. Erstere sind häufig rein weiblich, wie bei *Arnica*, *Inula*, *Matricaria* oder geschlechtslos, wie bei *Centaurea Cyanus*. Die Scheibenblüten sind zuweilen rein männlich, wie bei *Tussilago*. Gefüllt nennt man Gartenformen von Compositen mit nur einlippigen Blüten, während die wildwachsenden Stamm-



Fig. 666. *Lactuca virosa*.  $\frac{1}{2}$  nat. Gr. — Giftig und officinell. Fig. 667. *Arnica montana*. — Officinell.  $\frac{1}{2}$  nat. Gr. (Nach BERG und SCHMIDT.)

formen solche nur an der Peripherie besitzen (z. B. *Anthemis nobilis*). — Der Griffel ist an seiner Basis von einem Honig secernirenden Discus umgeben; er spaltet sich oberwärts, so dass die übrigens sehr vielgestaltige Narbe stets gabelig ist. — Die Frucht (Fig. 663 b), eine einsamige Schliessfrucht oder Achäne, ist vielfach von dem oben erwähnten, als Flugapparat dienenden Pappus gekrönt. Das lederige Pericarp ist vom öligen Samen meist vollständig ausgefüllt und häufig mit diesem verwachsen.

Unterfamilien, Triben und wichtigste Gattungen: 1) *Tubuliflorae*. Blüten strahlig oder die Randblüten einlippig; kein Milchsaft. a) *Cynareae*.

Blüthenstandachse mit borstigen Spreublättchen; Hüllblätter stachelig oder häutig; Blüthen meist alle strahlig oder zwittrig; Griffel unter der Narbe ringförmig angeschwollen. Früchte mit Pappus. *Carduus*, Distel, stacheliger Hüllkelch, Pappushaare federartig. *Cirsium*, wie vorige, aber Pappushaare einfach. *Cnicus*. *Lappa*, Hüllblattspitzen hakenförmig. *Centaurea*, Hüllblätter mit häutigem Rande oder Borsten, Randblüthen geschlechtslos. — b) *Eupatorieae*. Blüthe strahlig; Hüllkelch krautig; Köpfchenachse ohne Spreublätter; keine Anschwellung unter der Narbe. *Petasites*. *Tussilago*. *Eupatorium*. — c) *Astereae*. Randblüthen weiblich, meist zygomorph. α) *Anthemideae*. Ohne Pappus. *Anthemis* und *Achillea* mit Spreublättchen. *Matricaria* und *Chrysanthemum* ohne Spreublättchen. *Artemisia*, mit nur röhrigen Blüthen. β) *Heliantheae*. γ) *Calenduleae*. δ) *Senecioneae*. Haarförmiger Pappus. *Senecio*. *Arnica*. ε) *Astereae*. Pappus borstenförmig, häufig braun. *Aster*. *Erigeron*. *Inula*. *Gnaphalium*. *Antennaria* und *Helichrysum* mit strohartigem Hüllkelehe. ζ) *Ambrosiaceae*. Antheren frei. *Xanthium*. — 2) *Labiatiflorae*. Blüthen zweilippig. In Europa nicht vertreten. Die meisten sind südamerikanisch. — 3) *Liguliflorae*. Blüthen zungenförmig, gegliederte Milchröhren. *Taraxacum*, mit geschnabelter Frucht und Pappus aus einfachen Haaren. *Lactuca*. *Crepis*. *Hieracium*, mit bräunlichem Pappus aus einfachen Haaren. *Sonchus*. *Scorzonera* und *Tragopogon*, mit federförmigen Pappushaaren. *Leontodon*.

Geographische Verbreitung. Die Familie der C., mit ihren 10—12000 Arten, die grösste des Pflanzenreichs, ist auf der ganzen Erde verbreitet und spielt überall eine wesentliche Rolle in der Vegetation, jedoch weniger in den Waldgebieten, als in offenen Landschaften. Deutschland besitzt an 300 Arten an den verschiedensten Standorten. Wichtige Nahrungspflanzen sind u. a.: *Lactuca sativa*, Salat; *Cichorium Endivia*, Endivie; *C. Intybus*, Cichorie; *Cynara Scolymus*, Artischoke; *Scorzonera hispanica*, Schwarzwurzel; *Artemisia Dracunculus*, Estragon. — Zierpflanzen sind u. a.: *Dahlia variabilis*, Georgine; *Aster*-Arten; *Chrysanthemum*-Arten; *Helianthus annuus*, Sonnenblume; *Calendula officinalis*, Ringelblume.

Giftig: *Lactuca virosa*, Giftlattich (Fig. 666), ein nur in Süd- und Westdeutschland wachsendes, bis 1,50 m hohes, nur oberwärts verzweigtes, ganz unbehaartes Kraut, mit umfassenden, länglichen, am Rande und auf der Mittelrippe stachelig gezähnten Blättern und kleinen gelbblühenden Köpfchen in vielgliederiger Schirmrispe. Die schwarzen Achänen tragen einen weissen Pappus. Die ganze Pflanze ist reich an einem widrig riechenden weissen Milchsaft, der in Oesterreich als *Lactucarium* officinell ist. Die Toxicität der Pflanze ist nicht gross. Aehnlich und häufiger ist *Lactuca Scariola* mit nahezu verticalen, nicht wie bei voriger wagerechten Blättern und bräunlichen, nicht schwarzen Achänen; sie ist nicht giftig.

Officinell: *Arnica montana* liefert: Rad. Arnicae (Pharm. austr.), Flores Arnicae (Pharm. germ., austr.). — *Artemisia Absinthium*, Wermuth: Herba Absinthii (ibid.). — *Artemisia maritima* var. *Stechmanniana* in Turkestan: Flores Cinae (ibid.). — *Matricaria Chamomilla*, Kamille: Flores Chamomillae (ibid.). — *Cnicus benedictus* (Südeuropa): Herba Cardui benedicti (Pharm. germ.). — *Inula Helenium*: Radix Helenii (ibid.). — *Tussilago Farfara*, Huf-lattich: Folia Farfarae (ibid.). — *Achillea Millefolium*, Schafgarbe: Herba Millefolii (Pharm. austr.). — *Anthemis nobilis*: Flores Chamomillae romanae (ibid.). — *Spilanthes oleracea* (Südamerika): Herba Spilanthis (ibid.). — *Lappa vulgaris*, Klette: Rad. Bardanae (ibid.). — *Anacyclus Pyrethrum* (Südeuropa): Rad. Pyrethri (ibid.). — *Taraxacum officinale*, Löwenzahn: Rad. Taraxaci (Pharm. germ., austr.). Folia Taraxaci (Pharm. austr.). — *Lactuca virosa*, Giftlattich; *Lactucarium* (Pharm. austr.). — Vorderasiatische *Chrysanthemum*-Arten liefern das persische Insectenpulver.

## Litteraturnachweis.

### Einleitung und Morphologie.

(<sup>1</sup>) E. HAECKEL, Generelle Morphologie der Organismen 1866, S. 52. (<sup>2</sup>) FRITZ MÜLLER, Für DARWIN 1864. (<sup>3</sup>) On the origin of species by means of natural selection 1859. (<sup>4</sup>) Eine andere Auffassung vertritt K. GOEBEL, Organographie der Pflanzen 1898. (<sup>5</sup>) K. GOEBEL, Vergleichende Entwicklungsgeschichte der Pflanzenorgane 1883 und das zuvor citirte Werk; F. PAX, Allgemeine Morphologie der Pflanzen 1890. (<sup>6</sup>) A. W. EICHLER, Zur Entwicklungsgeschichte des Blattes 1865. (<sup>7</sup>) K. GOEBEL, Bot. Ztg. 1880, S. 753. (<sup>8</sup>) S. SCHWENDENER, Mechanische Theorie der Blattstellungen 1878. (<sup>9</sup>) A. F. W. SCHIMPER, Die epiphytische Vegetation Amerikas 1888. (<sup>10</sup>) K. GOEBEL, Organographie der Pflanzen 1898, S. 121. (<sup>11</sup>) Cytologische Studien aus dem Bonner botanischen Institut. Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. XXX, 1897, S. 155. (<sup>12</sup>) ALFRED FISCHER, Untersuchungen über den Bau der Cyanophyceen und Bakterien 1897. (<sup>13</sup>) ARTHUR MEYER, Flora, Ergänzungsband 1897, S. 185. (<sup>14</sup>) HUGO DE VRIES, Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. XVI, 1885, S. 465. (<sup>15</sup>) A. ZIMMERMANN, Morphologie und Physiologie des pflanzlichen Zellkerns 1896. (<sup>16</sup>) F. G. KOHL, Bot. Centralbl., Bd. LXXII, 1897, S. 168. (<sup>17</sup>) BELAJEFF, Drei Aufsätze über Spermatogenese in den Ber. d. deutsch. bot. Gesell. 1897, S. 337 ff. IKENO, Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. XXXII, 1898, S. 557. HIRASE, Journal of the College of Science Tokyo, Bd. XII, 1898, S. 105. HERBERT J. WEBBER, Botanical Gazette, Bd. XXIII, 1897, S. 453, Bd. XXIV, 1897, S. 16 und 225. (<sup>18</sup>) A. F. W. SCHIMPER, Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. XVI, 1885, S. 1 und Bot. Ztg. 1880, S. 886. (<sup>19</sup>) MONTEVERDE, Acta horti Petropol., Bd. XIII, 1893, S. 149. (<sup>20</sup>) TSCHIRCH, Unters. über das Chlorophyll 1884. (<sup>21</sup>) MARCHLEWSKI, Die Chemie des Chlorophylls 1895. (<sup>22</sup>) E. STRASBURGER, Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. XXXI, 1898, S. 511. (<sup>23</sup>) W. ROTHERT, Anzeiger der Akad. d. Wiss. in Krakau 1897, S. 11. (<sup>24</sup>) GILSON, La cristallisation de la cellulose in der Revue, La Cellule, Bd. IX, 1893, S. 397. (<sup>25</sup>) L. MANGIN, Journ. de Bot., Bd. VII, 1893, S. 37, 121, 325. (<sup>26</sup>) GILSON, Rech. chim. sur la Membrane cellulaire des Champignons, in der Revue, La Cellule, Bd. XI, 1894, S. 7. (<sup>27</sup>) FR. CZAPEK, Hoppe-Seyler's Zeitschrift f. physiol. Chemie, Bd. XXVII, 1899, S. 141. (<sup>28</sup>) VAN WISSELINGH, Verhandlungen Koninkl. Akad. Wetensch. Amsterdam 1892. (<sup>29</sup>) Z. KAMERLING, Bot. Centralbl., Bd. LXXII, 1897, S. 85. (<sup>30</sup>) KLEBS, Unters. aus dem bot. Inst. zu Tübingen, Bd. I, 1885, S. 582. (<sup>31</sup>) CARL NÄGELI, Die Stärkekörner 1858. (<sup>32</sup>) A. F. W. SCHIMPER, Bot. Zeitg. 1881, S. 223; ARTHUR MEYER, Unters. über die Stärkekörner 1895. (<sup>33</sup>) H. FISCHER, Beitr. z. Biol. d. Ph., Bd. VIII, 1898, S. 53. (<sup>34</sup>) W. PFEFFER, Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. VIII, 1872, S. 472. (<sup>35</sup>) A. ZIMMERMANN, Beitr. zur Morph. u. Phys. der Pflanzenzelle, Bd. I, 1891, S. 113. (<sup>36</sup>) L. KNY, Ber. d. deutsch. bot. Gesell. 1887, S. 387. (<sup>37</sup>) LÉO ERRERA, L'épithème des Ascomycetes 1882 und andere Aufsätze. (<sup>38</sup>) M. RACIBORSKI, Ber. d. deutsch. bot. Gesell. 1898, S. 52, 119 u. Flora 1898, S. 362. (<sup>39</sup>) WINOGRADSKY, Bot. Ztg. 1887, S. 493 und Beiträge zur Morph. und Phys. der Bakterien 1888. (<sup>40</sup>) Angewandte Pflanzenanatomie, Bd. I, 1889, S. 139. (<sup>41</sup>) Hierzu auf botanischem Gebiet die zahlreichen Arbeiten von E. STRASBURGER, L. GUIGNARD, BELAJEFF, J. BRETHER, FARMER, NEMEČ und Anderen. (<sup>42</sup>) Die auf die Reduction der Chromosomen bezüglichen Angaben sind in den Arbeiten der unter 41 genannten Autoren zu vergleichen. (<sup>43</sup>) HARPER, SWINGLE, STRASBURGER, Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. XXX, 1897, MOTTIER, Ber. d. deutsch. botan. Gesell. 1898, S. 124, MOORE, daselbst, S. 266. Hierzu auf botanischem Gebiet die Arbeiten von E. STRASBURGER, M. TREUB und Anderen. (<sup>44</sup>) R. A. HARPER, Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. XXX, 1897, S. 249. (<sup>45</sup>) Hierzu auf botanischem Gebiete zahlreiche Arbeiten, besonders von G. THURET, N. PRINGSHEIM, E. STRASBURGER, L. GUIGNARD und Anderen. (<sup>46</sup>) Besonders die Arbeiten von W. L. BELAJEFF, zuletzt in den Ber. d. deutsch. bot. Gesell. 1897, S. 337 ff. (<sup>47</sup>) Die unter 17 citirten Arbeiten von IKENO, HIRASE u. J. WEBBER. (<sup>48</sup>) NAWASCHIN, Bull. de l'acad. St. Petersb.

IX. 1898. GUIGNARD, *Revue gén. de Bot.*, Bd. XI. 1899, S. 129. <sup>(40)</sup> JUEL, *Bot. Centralbl.*, Bd. LXXIV. 1898, S. 369. <sup>(50)</sup> AL. BRAUN, *Abh. d. Berl. Akad.* 1856, S. 337, A. DE BARY, *Bot. Ztg.* 1875, S. 379. <sup>(51)</sup> Von der reichhaltigen Litteratur seien nur erwähnt die beiden letzten Arbeiten von ARTHUR MEYER, *Bot. Ztg.*, I. Abth. 1896, S. 187 und W. GARDINER, *Proc. of the Roy. Soc.*, Vol. LXII. 1897, S. 100. <sup>(52)</sup> A. DE BARY, *Vergl. Anat. d. Vegetationsorgane* 1877; G. HABERLANDT, *Physiolog. Pflanzenanat.* II. Aufl. 1896; H. SOLEREDER, *Syst. Anat. d. Dicotyledonen* 1899. <sup>(53)</sup> E. STRASBURGER, *Jahrb. f. wiss. Bot.*, Bd. V. 1866, S. 297. G. SCHWENDENER, *Monatsber. d. Berl. Akad. d. Wiss.* 1881, S. 883 und Andere. <sup>(54)</sup> G. HABERLANDT, *Phys. Pflanzenanatomie*, II. Aufl., S. 417, *Bot. Untersuch.*, SCHWENDENER dargebracht, S. 104. <sup>(55)</sup> in 54, S. 300. <sup>(56)</sup> ALFRED FISCHER, *Studien über die Siebröhren der Dicotylenblätter* 1885. E. STRASBURGER, *Ueber den Bau und die Verrichtung der Leitungsbahnen in den Pflanzen* 1891, S. 98, 297. <sup>(57)</sup> PH. VAN TIEGHEM, *Traité de Botanique*, II. Aufl. 1891, S. 737. E. STRASBURGER, das unter 56 citirte Werk. <sup>(58)</sup> P. ZENETTI, *Bot. Ztg.* 1895, I. Abth., S. 53. <sup>(59)</sup> G. HABERLANDT in 54, S. 236. <sup>(60)</sup> Besonders in dem unter 52 genannten Werke von DE BARY, S. 243 ff. <sup>(61)</sup> W. EICHLER, *Sitzber. d. Berl. Akad. d. Wiss.*, Bd. XXVIII. 1886, S. 501. <sup>(62)</sup> Im Besonderen das unter 52 genannte Werk von DE BARY, das unter 56 citirte Werk von E. STRASBURGER, das unter 52 citirte Werk von HABERLANDT und die Arbeiten von BURGERSTEIN, vorn. in den Schriften d. Wien. Akad. <sup>(63)</sup> H. MAYR, *Zeitschr. f. Forst- und Jagdwesen*, Jahrg. XXV. 1893, S. 313 u. A. <sup>(64)</sup> ALFRED FISCHER, *Jahrb. f. wiss. Bot.*, Bd. XXII. 1890, S. 73. E. STRASBURGER unter 56, S. 883 ff. <sup>(65)</sup> L. KNY, *Ber. d. deutsch. bot. Gesellsch.* 1890, S. 176 und E. STRASBURGER unter 56. <sup>(66)</sup> Besonders PH. VAN TIEGHEM, *Traité de Botanique*, II. Aufl. 1891, S. 719. <sup>(67)</sup> Besonders H. SCHENCK, *Beiträge zur Biologie und Anatomie der Lianen* 1892. <sup>(68)</sup> Nach Mittheilungen von BORZI. <sup>(69)</sup> A. B. FRANK, *Bot. Ztg.* 1864, S. 186; G. KRAUS, *Abh. d. naturf. Ges. zu Halle*, Bd. XVI. 1885, S. 365. E. STRASBURGER 56, S. 107. <sup>(70)</sup> Besonders DE BARY in 52, S. 560. <sup>(71)</sup> STAHL, *Bot. Ztg.* 1873, S. 561; im übrigen die Litteratur bei HABERLANDT in 52, S. 407. <sup>(72)</sup> TSCHIRCH, *Angewandte Pflanzenanatomie*, B. I. 1889, S. 275 ff., dort die Litteratur zu Trennungsschichten und Wundheilung. <sup>(73)</sup> H. LEITGEB, *Untersuchungen über die Lebermoose*, VI. Heft 1881. <sup>(74)</sup> *Théorie élémentaire de la Botanique*. <sup>(75)</sup> E. DE WILDEMAN, Bd. LIII der *Memoires couronnés etc. publiés par l'Acad. de science de Belgique* 1893. <sup>(76)</sup> H. LEITGEB in 73, Heft III. 1877, dort die übrige Litteratur. <sup>(77)</sup> W. HOFMEISTER, *Die Lehre von der Pflanzenzelle* 1867, S. 135; dort die ältere Litteratur; später im Besonderen zahlreiche Arbeiten von LEITGEB; für *Equisetum* vgl. auch E. STRASBURGER, *Bot. Practicum* III. Aufl., S. 295, dort die Litteratur. <sup>(78)</sup> J. SACHS, *Arbeiten des bot. Inst. in Würzburg*, Bd. II. 1878 und 1879, S. 46 und 185. <sup>(79)</sup> JOHANNES HANSTEIN, *Festschr. d. niederrh. Gesell. f. Natur- u. Heilkunde* 1868, S. 109. <sup>(80)</sup> L. ERRERA, *Bull. de la soc. Belge de Mikroskopie*, Bd. XIII, S. 12, 1886 und in 60. *Vers. deutsch. Naturforscher und Aerzte zu Wiesbaden*, *Biol. Centralbl.* 1887—88, S. 728, vergl. auch DE WILDEMAN in 75. <sup>(81)</sup> C. NÄGELI und LEITGEB, *Beitr. z. wiss. Bot. von C. NÄGELI*, IV. Heft 1868, S. 73. <sup>(82)</sup> Besonders E. v. JANCZEWSKI, *Ann. des sc. nat. Bot.* 5. Ser. Bd. XX. 1874, S. 162 und 208 und PH. VAN TIEGHEM, *Traité de Bot.*, II. Aufl. 1891, S. 694, dort die Litteratur. <sup>(83)</sup> *Jahrb. f. wiss. Bot.*, Bd. XXV. 1893, S. 380. <sup>(84)</sup> Besonders PH. VAN TIEGHEM in 82, S. 700, dort die Litteratur. <sup>(85)</sup> Besonders O. PENZIG, *Pflanzen-Teratologie* 1890, dort die Litteratur, und K. GOEBEL, *Organographie der Pflanzen* 1898, S. 152.

## Physiologie.

<sup>(1)</sup> MÜLLER-THURGAU, *Landwirthsch. Jahrb.* 1880. MOLISCH, *Sitz-Ber. k. Akad. d. Wiss. zu Wien* 1896. DALMER, *Flora* 1895. <sup>(2)</sup> PFEFFER, *Osmotische Untersuchungen* 1877. DE VRIES, *Jahrb. f. wiss. Bot.*, Bd. XVI. Ebda. Bd. XIV. <sup>(3)</sup> SCHWENDENER, *Das mechan. Princip im anatom. Bau der Monocotylen* 1879. HABERLANDT, *Physiolog. Pflanzenanatomie*, II. Aufl. 1896, S. 134 ff. <sup>(4)</sup> AMBRONN, *Jahrb. f. wiss. Bot.*, Bd. XII. <sup>(5)</sup> RUMM, *Ber. deutsch. Bot. Ges.* 1893 u. ebda. 1895. C. MÜLLER, *Zeitschr. f. Pflanzenkrankh.*, Bd. IV. <sup>(6)</sup> WINOGRADSKY, *Ann. de l'Inst. Pasteur* 1890, 1891. *Archiv p. sc. biol. Inst. imp. d. Méd. exper. à St. Pétersb.* 1892. *Centralbl. f. Bakteriol.* 1896. STUTZER, *Mittheil. d. Landw. Institute d. Univ. Breslau* 1898. <sup>(7)</sup> SCHIMPER, *Flora* 1890. <sup>(8)</sup> WIEGMANN und POLSTORFF, *Ueber die anorgan. Bestandtheile d. Pflanzen* 1842. — *Vergl. v. LIPPMANN*, in *Chemikerzeitung* 1894. <sup>(9)</sup> E. WOLFF, *Aschenanalysen von land- u. forstw. Produkten* 1871 u. 1880. <sup>(10)</sup> PFEFFER, *Landw. Jahrb.* 1876. *Osmotische Untersuchungen* 1877. *Zur Kenntniss d. Plasmahaut u. d. Vakuolen*, *Abh. math.-phys. Klasse Kgl. Sächs. Ges. d. Wiss.* 1890. *Ueber Aufnahme u. Ausgabe ungelöster Körper*. Ebda. u. *Pfl.-Phys.*, II. Aufl. Kap. IV. <sup>(11)</sup> SACHS, *Arb. Bot. Inst. Würzburg*, Bd. II. 1879.

- (12) G. SCHRÖDER, Ueber die Austrocknungsfähigkeit d. Pfl. Inaug.-Diss. Leipzig 1886. AL. BRAUN, Betrachtungen über die Verjüngung i. d. Natur 1850, S. 213. WOJNOVIC, Beitr. z. Anat. etc. von Selaginella lepidophylla. Inaug.-Diss. Breslau 1890. (13) FRITZ MÜLLER, Kosmos, Bd. XIII. 1883. u. Prometheus, Bd. IX. Heft 1. (14) KOCHS Biol. Centralbl. 1892. (15) THIEL, Landw. Centralbl. 1870. NOBBE, Versuchsstat. 1875. (16) HALES, Ess. of veg. Statics 1727. HOFMEISTER, Flora 1858. u. Ber. Sächs. Ges. d. Wiss. 1857. C. KRAUS, Flora 1882, u. Forschung a. d. Gebiet d. Agrikult. Phys. 1887. WIELER, COHN'S Beiträge z. Biol. d. Pfl. 1893. BARANETZKY, Abh. naturf. Ges. Halle 1873. PITRA, Jahrb. f. wiss. Bot. 1877. FIGDOR, Sitzber. Wien. Akad. d. Wiss. CVII. 1898. (17) MAC NAB, Transact. bot. Soc. Edinbgh. 1871, u. Transact. Irish Acad. 1874. PFITZER, Jahrb. f. wiss. Bot. 1877. SACHS, Arb. Bot. Inst. Würzburg, Bd. II. 1878. STRASBURGER, Bau u. Verrichtg. d. Leitbahnen 1891, S. 588. (18) STRASBURGER, Leitbahnen, S. 537. VON HÖHNEL, Ueber d. negat. Druck d. Gefäßluft. Inaug.-Diss. Strassb. 1876 u. Jahrb. wiss. Bot. 1879. NOLL, Sitzber. niederrh. Ges. Bonn 1897. STRASBURGER (Luftverdünnung) l. c. S. 712. BÖHM, Ber. D. Bot. Ges. 1889. SCHEIT, Jenaische Zeitschrift f. Naturwiss. 1885. DIXON and JOLY, Ann. of Bot. 1895. Report of a Discussion on the ascent of water. British Soc. Liverpool, Sept. 1896. ASKENASY, Verhandl. naturhist.-med. Vereins Heidelberg 1895 u. 1896. SACHS, Arb. Bot. Inst. Würzburg, Bd. II. u. Ges. Abhandl. I. 23. (19) KAMERLING, Bot. Centralbl. 1898. (20) BÖHM, Ber. D. Bot. Ges. 1889. ASKENASY, Verh. nat. med. Ver., Heidelberg 1896. (21) SCHWENDENER, Monatsber. Kgl. Akad. d. Wiss. Berlin, Juli 1881 u. Sitzgsber. d. Akad. d. Wiss. Berlin 1889. LEITGEB, Mitthlg. d. Bot. Inst. Graz 1886. STAHL, Bot. Ztg. 1894. KOHL, Bot. Beiblatt Leopoldina 1895. SACHS, Versuchsstat. 1859, Bd. I. FR. DARWIN, Phil. Transact. Roy. Soc. London Vol. 190 Ser. B. S. 531. (22) v. HÖHNEL, Mitthlg. a. d. forstl. Versuchswesen Oesterreichs 1879 u. Forsch. a. d. Gebiet d. Agrikult. Phys. 1881. HABERLANDT, Wiss.-prakt. Unters. a. d. Gebiete d. Pflanzenbaues 1877. BÜSGEN, Bau und Leben d. Waldbäume, 1897, S. 168. (23) TREUB, Ann. Jard. Bot. Buitenzorg 1889. v. LAGERHEIM, Ber. D. Bot. Ges. 1891. KRAUS, Flora, Bd. LXXXI. KOORDERS, Ann. Jard. Bot. Buitenzorg 1897. (24) GÖBEL, Flora 1897. GROOM, Ann. of Bot. 1897. HABERLANDT, Jahrb. f. wiss. Bot. 1897. (25) VOLKENS, Flora d. ägypt.-arab. Wüste 1887, S. 27. (26) NOLL, Flora 1893. (27) SCHIMPER, Die epiphytische Vegetation Amerikas, 1888 und Indo-malayische Strandflora, 1891, S. 28. GÖBEL, Pflanzenbiolog. Schilderungen I. KIHLMANN, Pflanzenbiolog. Untersuchungen in Russisch-Lapland 1891. (28) CREDNER, Elem. d. Geologie 1891. 7. Aufl. S. 464. (29) Vergl. PFEFFER, Pfl.-Physiol. II. Aufl. § 60. Den Angaben von KOHL, Ber. D. Bot. Ges. 1897, Heft 2, dass das Verhältniss wie 5:4 sei, liegt ein Rechenfehler zu Grund. (30) ENGELMANN, Bot. Ztg. 1884, 1887, 1888. Verh. Akad. Amst. 1894. REINKE, Bot. Ztg. 1886. (31) DETLEFSEN, Arb. Bot. Inst. Würzburg 1888, Bd. III. REINKE, (Ergrünen) Sitzgsber. u. Preuss. Akad. Berlin 1893. (32) Wenn eine englische Recension diese Gleichung beanstandete, weil die Zwischenprodukte daraus nicht hervorgingen, so liegt darin ein Verkennen des Charakters chemischer Gleichungen. (33) KREUSLER, Landw. Jahrb. 1885. GODLEWSKI, Arb. Bot. Inst. Würzburg, Bd. I, S. 343. (34) TREUB, (Pangium) Ann. Jard. Bot. Buitenzorg 1895. Im Uebrigen PFEFFER, Pfl.-Phys., II. Aufl., § 78—91. (35) SOLMS-LAUBACH, Bot. Ztg. 1874. Derselbe in ENGLER-PRANTL, Rafflesiaceae 1889, 35. Lfg. (36) L. KOCH, Jahrb. f. wiss. Bot. 1888, u. Ber. D. Bot. Ges. 1887. HEINRICHER, Jahrb. f. wiss. Bot. 1897, 1898. v. WETTSTEIN, Ebda. u. Oesterr. Bot. Ztschrift. 1897. (37) JOHOW, Jahrb. f. wiss. Bot. 1889. GROOM, Ann. of Bot. 1895 u. Linn. Journ. Bot., Vol. 31. (38) JANSE, Ann. Jard. Bot. Buitenzorg 1896. FRANK, Ber. D. Bot. Ges. 1885, 1887, 1888, 1891, Lehrbuch Bd. I. S. 259. KAMIENSKI, Bot. Ztg. 1881. PFEFFER, Landw. Jahrb. 1877. TREUB, Ann. Jard. Bot. Buitenzorg 1886. SARAUW, Bot. Tidsskrift Bd. XVIII p. 127. (39) FRANK, Landw. Jahrb. 1888, 1890, 1892, u. Bot. Ztg. 1893. HELLRIEGEL, Untersuch. über die Stickstoffnahrung der Gramineen u. Leguminosen 1888, und Bericht D. Bot. Ges. 1889. BEYERINCK, Bot. Zeitung 1888. NOBBE, Versuchsstation 1893, 1894, 1896. STUTZER, Centralbl. f. Bakteriol. 1895. ZINSSER, Jahrb. f. wiss. Bot. 1897. NOBBE u. HILTNER, Versuchsstat. XLV. (40) BEYERINCK, Kon. Akad. van Wetensch. Amsterdam 1898. (41) SACHS, Bot. Ztg. 1853. DE BARY, Die Erscheinung der Symbiose, Strassburg 1879. SCHWENDENER, NÄGELI'S Beiträge z. wiss. Bot. 1861, 1862, 1868, u. Flora 1872. Ueber Algentypen der Flechtengonidien, 1869. BORNET, Rech. sur les gonidies des lich. Ann. sc. nat. 5<sup>e</sup> sér. Tome XVII. STAHL, Beiträge z. Entwickl.-Gesch. d. Flechten, 1877 u. 1878. REESS, Monatsber. Berlin. Akad. d. Wissensch. 1871. STRASBURGER, Deutsch. Rundschau 1891. (42) STRASBURGER, Ueber Azolla, 1873. (43) BRANDT, Arch. f. Anat. u. Phys. (Phys. Abth.) 1882. SCHIMPER, Wechselbeziehungen zw. Pflanzen u. Ameisen, 1888. WARBURG, Biol. Centralbl. 1892. A. MÖLLER, Pilzgärten einiger süd-am. Ameisen, 1893. FAIRCHILD & COOK, Science 1898. HOLTERMANN, Festschrift für Schwendener 1899. (44) WORTMANN, Arb. Bot. Inst. Würzburg 1880. WILSON, Flora 1882. PFEFFER, Unters. Bot. Inst. Tübingen 1885. (45) WINOGRADSKY, s. u. Nr. 6 und

- Bot. Ztg. 1887, 1888. MOLISCH, Die Pflanze in ihrer Bez. z. Eisen, 1892. PFEFFER, Energetik, 1892. — (Die Zahlen 41 bis 45 sind irrtümlich doppelt verwandt.) —  
 (41) STAHL, Ber. D. Botan. Gesellsch. 1885. (42) NOLL, Arb. Bot. Inst. Würzburg, Bd. III. LEITGEB, Flora 1879, und Botan. Zeitung 1882. SACHS, Vorles. Nr. 31, 1. Aufl. PFEFFER, Unters. Bot. Inst. Tübingen, Bd. I. S. 528. (43) Briefl. Mitthlg. v. FRITZ MÜLLER. (44) VÖCHTING, Ueber Organbildg. im Pflanzenreich, 1878. SACHS, Arb. Bot. Inst. Würzburg, Bd. II. 1880 u. 1882. NOLL, Ebda. 1888. SACHS, Vorles. Nr. 31. 1882. (45) HARTING, Linnæa 1847. SACHS, Jahrb. f. wiss. Bot. 1860, u. Arb. Bot. Inst. Würzburg, Bd. I. 1874. STREHL, Unters. üb. d. Längenwachsthum etc. 1874. ASKENASY, Verh. Naturhist.-med. Ver. Heidelberg 1878. (46) NÄGELL Stärkekörner 1858. BÜTSCHLI, Ueber d. Bau quellbarer Körper etc. Verh. K. Ges. d. Wiss. Göttingen 1896. PFEFFER, Pfl.-Phys., II. Aufl. § 12. (47) ASKENASY, Verh. n. m. Ver. Heidelberg. 1878. PEITZER, Ebda. 1882. JANSE, Maandbl. v. Naturwetensch. 1887. CASPARY, Flora 1856. F. BE-NECKE, Ber. D. Bot. Ges. 1893. G. KRAUS, Ann. Jard. Bot. Buitenzorg, Vol. XII. S. 196. (48) PFEFFER, Pfl.-Phys., I. Aufl. 2 Thl. § 27. SACHS, Arb. Bot. Inst. Würzburg 1871. (49) PEDERSEN, Arb. Bot. Inst. Würzburg 1874. v. LIEBENBERG, Bot. Centralbl. 1884. PAMMER, Oesterr.-ungar. Ztschr. f. Zuckerind. u. Landw. 1892. (50) SACHS, Bot. Ztg. 1864. KRAUS, Ebda. 1876. BREFFELD, Ebda. 1877 u. Bot. Unters. üb. Schimmelpilze 1877, Hft. 3. VINES, Arb. Bot. Inst. Würzburg 1878, Bd. II. (51) KARSTEN, Bot. Ztg. 1888. ASKENASY, Ebda. 1870. H. SCHENCK, Biol. d. Wassergewächse, 1886. GÖBEL, Pflanzenbiol. Schilderungen II. Abschr. VI. (52) HEGLER, in COHN's Beitr. z. Biol. d. Pfl., Bd. VI. 1893. PFEFFER, Ueber Druck- und Arbeitsleistung durch wachs. Pflanzen. Abh. K. Sächs. Ges. d. Wiss. 1893, Bd. XX. (53) KNY, Ber. D. Bot. Ges. 1896. NEMEC, Flora 1899. (54) STRASBURGER, Deutsche Rundschau 1898. SACHS, Vorles. Nr. 43. 1882. WEISMANN, Kontinuität d. Keimplasmas, Jena 1885. (55) ENGELMANN, Bot. Ztg. 1881, 1883, 1886, 1887. PFEFFER, Untersuch. Bot. Inst. Tübingen, Bd. II. (56) KÜHNE, Ztschr. f. Biol. Bd. 35. N. F. 17. 1897. (57) ARTHUR, Annals of Bot. Vol. XI. 1897. (58) STEINBRINK in Ber. D. Bot. Ges. 1897, 1898, 1899, u. Schwendener-Festschr. 1899. KAMERLING, Flora 1898. Bot. Centralblatt 1898. Dagegen SCHWENDENER, Sitzgsber. Preuss. Akad. 1899. (59) SACHS, Arb. Bot. Inst. Würzburg 1878, Bd. II. VÖCHTING, Psychroklinie, Ber. D. Bot. Ges. 1898, S. 37. (60) NOLL, Naturwiss. Rundschau 1888 u. Heterogene Induktion 1892, S. 53. (61) CZAPEK, Jahrb. f. wiss. Bot. 1895. (62) NOLL, Flora 1893. (63) STAHL, Ueber sog. Kompasspflanzen. Jen. Ztschr. f. Naturw., 1881. ARTHUR, Bull. Purdue Univ. 1894. (64) OLTMANN'S, Flora 1892, 1897. (65) KNIGHT in OSTWALD'S Klas-sikern, Nr. 62, 1895. (66) NOLL, Arb. Bot. Inst. Würzburg, Bd. III. IX. u. XIII. SCHWEN-DENER u. KRABBE, Abh. Kgl. Pr. Akad. d. Wiss. Berlin 1892. NOLL, Flora 1892. MEISSNER, Bot. Centralbl. 1894. (67) BARANETZKY, Mém. Acad. imp. St. Pétersburg. II. Ser. T. 31. 1883. SCHWENDENER, Monatsber. Berlin. Akad. Dez. 1881. WORTMANN, Bot. Ztg. 1886. SACHS, Vorles. Nr. 38, 1882. H. SCHENCK, Beitr. z. Biol. der Lianen, 1892. NOLL, Heterog. Induktion 1892, S. 46. KOLKWITZ, Ber. D. Bot. Ges. 1895. (68) SACHS, l. c. Vorl. 38. NOLL, l. c. S. 48. (69) WORTMANN, Bot. Ztg. 1881. M. MIYOSHI, Bot. Ztg. 1894 u. Flora 1894. MOLISCH, Sitzgsber. Wien. Akad. 1893. STAHL, Bot. Ztg. 1880. WORTMANN, Bot. Ztg. 1883, 1885. J. AF KLERKER, Ofversigt Kongl. Vetensk. Acad. Förh. 1891. BRUNHORST, Bot. Centralbl. 1885, Bd. XXIII. HEGLER, Verh. Ges. Deutsch. Naturf. u. Aerzte 1891. (70) SACHS, Arb. Bot. Inst. Würzburg, Bd. II. 1882 (1879). (71) MAC DOUGAL, Ann. of Bot., Vol. X. 1896 u. Bot. Gazette 1892, 1893, auch Ber. D. Bot. Ges. 1896. CH. DARWIN, Climbing Plants 1876. O. MÜLLER, Ranken d. Cucurbitac. Inaug.-Diss. Breslau 1886. (COHN'S Beitr., Bd. IV. Heft 2.) (72) PFEFFER, Unters. Bot. Inst. Tübingen, Bd. I. (73) PFEFFER, Pflanzenphys. Unters. Leipzig 1871 u. Periodische Bewegungen etc. 1875. Oltmann's Bot. Ztg. 1895. Jost, Jahrb. wiss. Bot. 1898. (74) Siehe unter (73) JOST, u. SCHWENDENER, Sitzgsber. K. Preuss. Akad. d. Wiss. 1897 u. 1898. (75) A. FISCHER, Bot. Ztg. 1890. NOLL, Heterog. Indukt. 1892, S. 9. (76) SACHS, Flora 1863. KABSCH, Bot. Ztg. 1861, 1862. DARWIN, Bewegungsvermögen 1881, S. 271. PFEFFER, Pfl.-Physiol. 1881, II. Thl. § 59. SACHS, Vorles. Nr. 34, 1882. (77) PFEFFER, Physiol. Untersuchungen 1873. (78) JOST, Bot. Ztg. 1897. (79) MÖBIUS, Biol. Centralbl. 1891. (80) KLEBS, Biol. Centralbl. 1889 u. die Bedingungen der Fortpflanzung bei einigen Algen und Pilzen, 1896, u. Jahrb. wiss. Bot. 1898 (Sporodinia). (81) STRAS-BURGER, Ueber Polyembryonie. Jen. Ztschr. f. Naturwiss., Bd. XII. (82) TREUB, Ann. du Jard. Bot. Buitenzorg, XV, 1898. (83) AL. BRAUN, Abh. Kgl. Akad. d. Wiss. Berlin 1856. DE BARY, Bot. Ztg. 1875. JUEL, Bot. Centralbl. Bd. 74. 1898. (84) CHR. K. SPRENGEL, Das entdeckte Geheimniss d. Natur im Bau u. in der Befrucht. d. Blumen, 1793. (Auch in OSTWALD'S Klassikern Nr. 48—51.) DARWIN, Ges. Werke. Uebersetzg. v. V. CARUS 1877, Bd. IX. u. X. HERM. MÜLLER, Die Befruchtung der Blumen durch Insekten etc., 1873. F. HILDEBRAND, Die Geschlechtsvertheilung bei den Pflanzen etc., 1867. (85) H. SCHENCK, Die Biologie der Wassergewächse, 1886. (86) FR. JOHOW, Sitzgsber. K. Pr. Akad. d. Wiss. 1898. VOLKENS, in Schwendener-Festschrift 1899. (87) HILDEBRAND,



Ber. D. Bot. Ges. 1896. <sup>(88)</sup> KOELREUTER, Vorläufige Nachricht von einigen das Geschlecht der Pflanzen betreffenden Versuchen u. Beobachtungen. 1761, 1763, 1764, 1766. GÄRTNER, Versuche u. Beobacht. über Bastarderzeugung d. Pflanzen, 1849. <sup>(89)</sup> STRASBURGER, Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. XVII. <sup>(90)</sup> DINGLER, Ber. D. Bot. Ges. 1887, u. Flora 1887, u. Beweg. der pflanzl. Flugorgane 1889. <sup>(91)</sup> SCHIMPER, Indomalayische Strandflora, 1891, S. 158ff. <sup>(92)</sup> PETER, Nachricht. Götting. Ges. d. Wiss. 1893. SCHINDLER, Die Lehre vom Pflanzenbau auf phys. Grundlage, 1896, S. 36ff. <sup>(93)</sup> KLEBS, Unters. Bot. Inst. Tübingen, Bd. I. S. 536ff. <sup>(94)</sup> PFITZER, Ber. D. Bot. Ges. 1885. <sup>(95)</sup> DE VRIES, Landw. Jahrbücher 1880.

## Cryptogamen.

<sup>(1)</sup> ENGLER und PRANTL, Die natürl. Pflanzenfamilien I. Theil. <sup>(2)</sup> A. DE BARY, Vergl. Morphol. u. Biologie der Pilze, Mycetozoen u. Bacterien 1884. <sup>(3)</sup> W. ZOFF, Die Pilzthiere oder Schleimpilze 1885. A. LISTER, A monograph of the Mycetozoa 1894. <sup>(4)</sup> M. WORONIN, Jahrb. f. wiss. Bot. XI. 1878. <sup>(5)</sup> A. FISCHER, Vorlesungen über Bacterien, 1897. C. FLÜGGE, Die Mikroorganismen 1896. W. MIGULA, System der Bacterien I. 1897. <sup>(6)</sup> A. FISCHER, Unters. über den Bau der Cyanophyceen u. Bacterien 1897. H. KLEBAHN, Flora 1895. <sup>(7)</sup> W. SMITH, A Synopsis of the British Diatomaceae 1853—1856. H. VAN HEURCK, Synopsis des Diatomées 1880—1885. E. PFITZER in Bot. Abhand. von HANSTEIN I, 1871. H. KLEBAHN, Jahrb. f. wiss. Bot. XXIX. 1896. G. KARSTEN, Flora 1896—1897 u. Die Diatomeen der Kieler Bucht 1899. <sup>(8)</sup> F. SCHÜTT, Das Pflanzenleben der Hochsee 1893. <sup>(9)</sup> A. SCHILLING, Flora 1891 u. Ber. deutsch. bot. Ges. 1891. F. SCHÜTT, Die Peridineen der Planktonexpedition 1895. <sup>(10)</sup> A. DE BARY, Unt. über die Fam. der Conjugaten 1858. J. RALFS, The British Desmidiaceae 1848. H. KLEBAHN, Jahrb. f. wiss. Bot. XXII. 1890. <sup>(11)</sup> F. T. KÜTZING, Tabulae phycologicae. <sup>(12)</sup> G. SENN, Bot. Ztg. 1899. E. ASKENASY, Pediastrum, Ber. deutsch. bot. Ges. 1888. L. KLEIN, Volvox, Jahrb. f. wiss. Bot. XX. 1889 u. Ber. naturf. Ges. Freiburg i. B. 1890. A. MEYER, Bot. Ztg. 1896. <sup>(13)</sup> A. DODEL, Jahrb. f. wiss. Bot. X. 1876. <sup>(14)</sup> N. PRINGSHEIM, Jahrb. f. wiss. Bot. I. 1858. L. JURANYI, ibid. IX. 1873. H. KLEBAHN, ibid. XXIV. 1892. <sup>(15)</sup> G. KLEBS, Die Beding. der Fortpflanz. bei einigen Algen u. Pilzen 1896. <sup>(16)</sup> F. OLTMANN, Flora 1895. <sup>(17)</sup> A. POSTELS et F. J. RUPRECHT, Illustr. algarum Oceani pacifici. 1840. J. D. HOOKER, Flora antarctica I. 1844. J. REINKE, Atlas deutscher Meeresalgen 1889—1892. <sup>(18)</sup> G. BERTHOLD, Mitth. der zool. Station Neapel 1881, u. Flora 1897. OLTMANN, Flora 1897 u. 1899. C. SAUVAGEAU, Journ. de Bot. 1896—1897. A. CHURCH, Cutleria, Annals of bot. 1898. <sup>(19)</sup> G. THURET, Études phycologiques publ. par E. BORNET 1877. F. OLTMANN, Biblioth. botan. Heft 14. 1889. E. STRASBURGER, Jahrb. f. wiss. Bot. XXX. 1897. <sup>(20)</sup> J. L. WILLIAMS, Annals of Bot. XI. 1897. <sup>(21)</sup> F. OLTMANN, Bot. Ztg. 1898. SCHMIDLE, Bot. Ztg. 1899. <sup>(22)</sup> P. KUCKUCK, Choreocolax (= Harveyella), Sitzb. Akad. Wiss. Berlin 1894. H. STURCH, Annals of bot. XIII. 1899. <sup>(23)</sup> W. MIGULA, Rabenhorst, Kryptog. Flora von Deutschl. V. 1890. G. GÜTZ, Bot. Ztg. 1899. K. GIESENHAGEN, Flora, 1896, 1898. <sup>(24)</sup> O. BREFFELD, Bot. Untersuch. über Schimmelpilze, Untersuch. aus dem Gesamtgebiet der Mykologie 1872—1895. F. VON TAVEL, Vergl. Morphologie der Pilze 1892. <sup>(25)</sup> M. CORNU, Ann. sc. nat. 5. Sér. XV. 1872. R. THAXTER, Bot. Gaz. 1895. <sup>(26)</sup> A. DE BARY, Beitr. zur Morphol. u. Physiol. der Pilze IV. 1881. H. WAGER, Annals of bot. IV. 1889 u. 1891. A. N. BERLESE, Jahrb. f. wiss. Bot. XXI. 1897. <sup>(27)</sup> A. H. TROW, Annals of bot. IX. 1895, u. XIII. 1899. <sup>(28)</sup> L. B. et C. TULASNE, Selecta fungorum Carpologia I—III, 1861—65. <sup>(29)</sup> R. SADEBECK, Jahrb. der Hamburger wiss. Anstalten 1884, 1890, 1893. K. GIESENHAGEN, Flora, Ergzgb. 1895. <sup>(30)</sup> A. DE BARY, Beitr. z. Morph. u. Physiol. der Pilze III. 1870. R. HARPER, Ber. deutsch. bot. Ges. 1895 u. Jahrb. f. wiss. Bot. XXIX. 1895. <sup>(31)</sup> J. V. KROMBOLZ, Abbild. u. Beschreib. der Schwämme 1831—46. H. O. LENZ, Nützl. schädli. u. verdächtig. Schwämme 1890. S. SCHLITZBERGER, Pilzbuch. E. MICHAEL, Führer für Pilzfreunde 1895. <sup>(32)</sup> E. FISCHER, Tuberales in Rabenhorst, Kryptogamenflora von Deutschland I. 5. <sup>(33)</sup> R. HARTIG, Wichtige Krankheiten der Waldbäume 1874; Lehrbuch d. Baumkrankheiten 1889. <sup>(34)</sup> M. WORONIN, Verh. der naturf. Ges. Freiburg i. B. IV. 1867. <sup>(35)</sup> R. HARTIG, Der echte Hausschwamm 1885. <sup>(36)</sup> A. MÖLLER, Die Pilzgärten einiger südamerik. Ameisen 1893. K. HOLTERMANN, Pilzbauende Termiten. Schwendener-Festschrift 1899. <sup>(37)</sup> E. FISCHER, Denkschr. d. Schweiz. naturf. Ges. XXXII. 1890. <sup>(38)</sup> J. REINKE, Jahrb. f. wiss. Bot. 1894—1896. S. SCHWENDENER, Die Algentypen der Flechtengonidien 1869. E. STAHL, Beitr. z. Entwicklungsgesch. d. Flechten 1877. A. MÖLLER, Ueber die Cultur flechtenbildend. Ascomyceten ohne Algen 1887. G. BONNIER, Ann. sc. nat. 7. sér. IX. 1889. J. PEIRCE, Proceed. California Acad. Scienc. 1899. <sup>(39)</sup> G. KRABBE, Flechtengattung Cladonia 1891. <sup>(40)</sup> F. JOHOW, Jahrb. f.

wiss. Bot. 1884. A. MÖLLER, Flora 1893. <sup>(41)</sup> K. GÖBEL, Die Muscineen, SCHENK's Hdb. d. Bot. II. 1882; Organographie der Pflanzen II, 1898. <sup>(42)</sup> D. H. CAMPBELL, Mosses and Ferns 1895. <sup>(43)</sup> H. LEITGER, Untersuch. über die Lebermoose 1874—1882. <sup>(44)</sup> K. GÖBEL, Flora 1895. J. ANDREAS, Flora 1899. <sup>(45)</sup> P. G. LORENTZ, Jahrb. f. wiss. Bot. VI. 1867—1868. G. HABERLANDT, Jahrb. f. wiss. Bot. XVII. 1886. <sup>(46)</sup> PH. W. SCHIMPER, Versuch einer Entwicklungsgesch. der Torfmoose 1858. S. NAWASCHIN, Flora 1897. <sup>(47)</sup> G. LANTZIUS-BENINGA, Der innere Bau der ausgewachsenen Mooskapsel 1850. II. DIHM, Flora Ergzbd. 1894. K. GÖBEL, Flora 1895. C. STEINBRINCK, Flora Ergzbd. 1897. <sup>(48)</sup> R. SADEBECK, SCHENK's Hdb. d. Bot. I. 1882. H. CHRIST, Die Farnkräuter der Erde 1897. HOOKER, Synopsis Filicum 1883. BAKER, Fern Allies 1887. <sup>(49)</sup> E. STRASBURGER, Jahrb. f. wiss. Bot. VII. 1869—1870. <sup>(50)</sup> A. DE BARY, Bot. Ztg. 1878. F. O. BOWER, Transact. of Linn. Soc. 1887. W. LANG and G. CLARK, Bot. Centralbl. Bd. 74. 1898. <sup>(51)</sup> N. PRINGSHEIM, Jahrb. f. wiss. Bot. III. 1863. W. BELAJEFF, Bot. Ztg. 1898. <sup>(52)</sup> E. STRASBURGER, Ueber Azolla 1873. <sup>(53)</sup> J. DUVAL-ROUVE, Histoire naturelle des Equisetum de France 1864. <sup>(54)</sup> K. GÖBEL, Bot. Ztg. 1887. M. TREUB, Ann. du Jard. Bot. Buitenzorg 1884—1890. H. BRUCHMANN, Ueber die Prothallen und Keimpfl. europ. Lycopodiën 1898. W. H. LANG, Annals of bot. XIII. 1899. <sup>(55)</sup> W. PFEFFER, Bot. Abh. von HANSTEIN 1871. W. BELAJEFF, Bot. Ztg. 1885. H. BRUCHMANN, Unt. über Selaginella spinulosa 1897. <sup>(56)</sup> B. FARMER, Annals of bot. V. 1890.

## Phanerogamen.

<sup>(1)</sup> WARMING, HANSTEIN's Botan. Abhandl. Bd. II. STRASBURGER, Ueber den Bau u. das Wachstum der Zellhäute S. 86 u. f. <sup>(2)</sup> WARMING, Ann. des sciences naturelles. Botanique, 1878. STRASBURGER, Die Angiospermen und die Gymnospermen. <sup>(3)</sup> STRASBURGER, Die Coniferen und die Gnetaceen. Ders., Angiospermen u. Gymnospermen. Ders., Ueber das Verhalten des Pollens und die Befruchtungsvorgänge bei den Gymnospermen. HIRASE, Journal of the college of science. Imperial Univ. of Japan. Bd. VIII. u. XII. WEBBER, Bot. Gazette Bd. XXIII. u. XXIV. IKENO, Untersuchungen über die Entwickl. der Geschlechtsorgane und den Vorgang der Befruchtg. bei Cycas revoluta. PRINGSHEIM's Jahrb. Bd. 32. 1898. BELAJEFF, Ber. d. deutsch. bot. Ges. 1891 u. 1893. BOWER, The germination and embryogeny of Gnetum Gneumon. Quarterly Journal of microscopical science. Vol. XXII. New Ser. G. KARSTEN, Beitr. zur Entwicklungsgeschichte einiger Gnetum-Arten. Bot. Ztg. 1892. G. KARSTEN, Zur Entwicklungsgeschichte der Gattung Gnetum. COHN's Beiträge zur Biologie der Pflanzen. Bd. VI. J. P. LOTSY, Contributions to the life-history of the Genus Gnetum. <sup>(4)</sup> EICHLER in ENGLER u. PRANTL, Die nat. Pflanzenfam. II. 1. S. 6. TREUB, Recherches sur les Cycadées. Ann. du Jardin de Buitenzorg Vol. II. u. III. <sup>(5)</sup> STRASBURGER, Die Coniferen u. d. Gnetaceen u. Flora 1873. EICHLER, Blüthendiagramme I. Ders., Flora 1873. Ders., Nat. Pflanzenfam. II. 1. HEMPEL u. WILHELM, Bäume u. Sträucher d. Waldes, Bd. I. Nutzpflanzen, namentl. officinelle Gewächse: K. SCHUMANN u. ARTHUR MEYER, Atlas d. officinellen Gewächse (2. Aufl. v. BERG u. SCHMIDT). ZIPPEL, Ausländische Culturpflanzen. 4. Aufl. TSCHIRCH, Indische Nutzpflanzen. <sup>(6)</sup> J. D. HOOKER, On Welwitschia, a new Genus of Gnetaceae. Transact. of the Linnean Society. Vol. XXIV. STRASBURGER, Coniferen u. Gnetaceen. EICHLER, in ENGLER, Nat. Pflanzenfam. Theil II. 1. Vergl. auch u. 3. <sup>(7)</sup> STRASBURGER, Angiospermen u. Gymnospermen. EICHLER, Blüthendiagramme. ENGLER, Die nat. Pflanzenfam. Theil II. u. f. BAILLON, Histoire des plantes. <sup>(8)</sup> PAX, Allgemeine Morphologie der Pflanzen, mit besonderer Berücksichtigung der Blüthenmorphol. K. SCHUMANN, Untersuch. üb. d. Blütenanschluss. Ders., Blütenmorpholog. Studien. PRINGSHEIM's Jahrb. Bd. XX. Ders., Aestivation d. Blüten. Ber. d. deutsch. bot. Ges. 1886. NOLL, Normale Stellung zygomorpher Blüten und ihre Orientirungsbewegungen. I. u. II. Arb. des bot. Inst. in Würzburg. Bd. III. VÖCHTING, Zygomorphie u. ihre Ursachen. PRINGSHEIM's Jahrb. Bd. XVII. PAYER, Traité d'organogénie de la fleur 1857. EICHLER, Blüthendiagramme. GÖBEL, Vergleichende Entwicklungsgeschichte der Vegetationsorgane. VÖCHTING, Ueber Blütenanomalien. PRINGSHEIM's Jahrb. Bd. XXX. <sup>(9)</sup> EICHLER, Blüthendiagramme. <sup>(10)</sup> STRASBURGER, Angiospermen u. Gymnospermen. Ders., Neue Untersuch. üb. d. Befruchtungsvorgang bei d. Phanerogamen. GIGNARD, Nouvelles études sur la fécondation. Annales des sciences nat. 7<sup>e</sup> série. Tome 14. DALMER, Ueber die Leitung der Pollenschläuche bei den Angiosp. Jen. Zeitsch. f. Naturw. Bd. XIV. CAPUS, Anatomie du Tissu conducteur. Thèse. Paris 1879. TREUB, Sur les Casuarinées et leur place dans le système naturel. Ann. du jardin de Buitenzorg. Vol. X. MYOSHI, Ueber Reizbewegungen der Pollenschläuche. Flora Bd. 78. S. NAWASCHIN, Ueber das Verhalten des Pollenschlauches bei der Ulme. Bullet. de l'Acad. des sciences de St. Pétersbourg. Tome VIII. 1898.

Ders., Ueber die gemeine Birke. Mém. de l'Acad. des sciences de St. Pétersb. VII<sup>e</sup> sér. Tome 42. Ders., Ein neues Beispiel der Chalazogamie. Bot. Centralbl. Bd. LXIII. ZINGGER, Beitr. zur Entwicklungsgesch. des Hanfs. Travaux de la société impér. des natural. de St. Pétersbg. Tome XXVII. Ders., Beitr. z. Morpholog. d. Fam. d. Cannabineae. Ibid. Comptes rendus 1896. <sup>(11)</sup> HANSTEIN, Entwicklungsgeschichte des Keims der Monocotylen und Dicotylen. Botan. Abhandl. I. HEGELMAIER, Vergl. Untersuch. über die Entwicklung dicotyler Keime. <sup>(12)</sup> SOLMS-LAUBACH, Bot. Ztg. 1878. <sup>(13)</sup> STRASBURGER, Jenaische Zeitschrift für Naturwiss. Bd. XII. <sup>(14)</sup> GÄRTNER, De fructibus et seminibus Plantarum. <sup>(15)</sup> WARMING, Rech. sur la ramific. des Phanérog. GÖBEL, Grundzüge d. Systematik. <sup>(16-20)</sup> ENGLER u. PRANTL, Natürl. Pflanzenfam. Bd. II. <sup>(21)</sup> Ibid. II. 3. MARTIUS, Histor. nat. Palmarum. BLUME, Rumphia, Bd. III. u. IV. DRUDE, in Flora brasil. III. 2. <sup>(22)</sup> Natürl. Pflanzenfam. II. 3. Flora brasil. III. 2. SCHOTT, Icones Aroidearum. <sup>(23)</sup> Nat. Pflanzenfam. II. 3. HEGELMAIER, Monogr. d. Lemnaceen. <sup>(24-32)</sup> Natürl. Pflanzenfam. Bd. II. L. CELAKOVSKY, Ueber den Aehrenbau der brasilianischen Graspattung Streptochaeta Schrad. Sitzb. der Kgl. böhm. Ges. d. Wiss. 1889. Ders., Das Reductionsgesetz d. Blüthen etc. Sitzb. d. Kgl. böhm. Ges. d. Wiss. Mathem.-naturwiss. Klasse. 1894. GÖBEL, Flora 1895. Ergzbd. S. 17. <sup>(33)</sup> FEITZER in natürl. Pflanzenfam. Bd. II. u. Grundzüge einer vergleich. Morphologie der Orchideen. <sup>(34-36)</sup> Nat. Pflanzenfam. III. 1. HEMPEL u. WILHELM, Bäume u. Sträucher des Waldes. II. <sup>(37)</sup> Nat. Pflanzenfam. III. 1. TREUB, Annales de Buitenzorg. Vol. X. <sup>(38-42)</sup> Nat. Pflanzenfam. III. 1. <sup>(43)</sup> Nat. Pflanzenfam. III. 1 a. Rheum: PRZEWALSKI in Gartenflora 1875 u. 1882. <sup>(44-46)</sup> Nat. Pflanzenfam. III. 1 a. <sup>(47-49)</sup> Ibid. III. 2. <sup>(50)</sup> Ibid. III. 2. WARBURG, Die Muskatnuss. <sup>(51-58)</sup> Nat. Pflanzenfam. III. 2. <sup>(59-64)</sup> Ibid. III. 6. <sup>(65-66)</sup> Ibid. III. 6 a. <sup>(67)</sup> Ibid. III. 6 a. SCHUMANN, Gesammtbeschreibung der Cacteen. ENGELMANN, Synopsis of the Cactaceae of the Un. States. Proceed. Americ. Acad. III. GÖBEL, Succulenten in Pflanzenbiolog. Schilderung. I. <sup>(68-70)</sup> Nat. Pflanzenfam. III. 6. <sup>(71-81)</sup> Ibid. III. 4. <sup>(82-87)</sup> Ibid. III. 5. <sup>(88)</sup> Ibid. III. 6 a. <sup>(89)</sup> Ibid. III. 5. <sup>(90)</sup> Ibid. III. 8. <sup>(91)</sup> Ibid. III. 8. <sup>(92)</sup> Ibid. III. 8. <sup>(93-95)</sup> Ibid. III. 2 a. <sup>(96-99)</sup> Ibid. III. 3. <sup>(100-104)</sup> Ibid. III. 7. <sup>(105-106)</sup> Ibid. III. 1. <sup>(107)</sup> Ibid. III. 1. TREUB, Annales du jardin de Buitenzorg, II. u. III. <sup>(108-113)</sup> Nat. Pflanzenfam. IV. 1. <sup>(114-118)</sup> Ibid. IV. 2. <sup>(119-120)</sup> Ibid. IV. 3 a. <sup>(121-124)</sup> Ibid. IV. 3 b. <sup>(125-126)</sup> Ibid. IV. 3 a. <sup>(127-133)</sup> Ibid. IV. 4. <sup>(134)</sup> Ibid. IV. 5.

Systematisches Verzeichniss  
der  
officinellen und giftigen Gewächse.

○ officinell, + giftig, ⊕ officinell und giftig, A ○ in Oesterreich, nicht in Deutschland officinell.)

Thallophyta.

- *Laminaria digitata*, Forma *Cloustoni* 293. \*294. 298.
- *Chondrus crispus*, Carrageen \*298. 301.
- *Gigartina mammillosa*, Carrageen \*298. 301.
- ⊕ *Claviceps purpurea*, *Secale cornutum*, Mutterkorn \*79. \*318.
- *Polyporus fomentarius*, Feuerschwamm 332.
- + *Boletus Satanas*, Satanspilz \*332.
- + *Amanita muscaria*, Fliegenschwamm \*333. 334.
- + *Amanita bulbosa*, Knollenblätterschwamm 334.
- + *Lactarius torminosus*, Giftreizker 334.
- + *Russula emetica*, Speiteufel 334.
- + *Scleroderma vulgare*, Hartbovist 334. \*335.
- *Cetraria islandica*, Isländisches Moos \*338. 341.

Pteridophyta.

- *Aspidium filix mas*, Wurmfarne \*356. \*360. 364.
- *Lycopodium clavatum*, Bärlapp 372. \*373. 374.

Gymnospermae.

- + *Taxus baccata*, Eibe \*392. \*394.
- ⊕ *Juniperus Sabina*, Sadebaum \*397.
- — *communis*, Wachholder \*392. 397.
- A ○ — *oxycedrus* 397.
- *Agathis Dammara* 397.
- *Larix europaea*, Lärche 397.
- — *sibirica* 397.
- *Pinus silvestris*, Kiefer 397.
- — *Pumilio*, Krummholzkiefer 397.
- — *australis* 397.
- — *Laricio* 397.
- — *Taeda* 397.
- — *Pinaster* 397.
- *Abies alba*, Weisstanne \*395. 397.

Liliiflorae.

- ⊕ *Colchicum autumnale*, Herbstzeitlose \*420. \*421. 422. 423.
- ⊕ *Veratrum album*, Niesswurz 422. 423.
- *Sabadilla officinarum* 423.
- Aloë-Arten \*422. 423.
- *Urginea maritima*, Meeresschwabe \*423.
- + *Paris quadrifolia*, Einbeere \*421. 422.
- *Iris germanica*, blaue Schwertlilie 424.
- — *florentina* \*424.
- — *pallida* 424.
- *Crocus sativus*, Safran 424.

Spadiciflorae.

- *Areca Catechu* 427.
- *Cocos nucifera*, Cocospalme \*426. 427.
- + *Arum maculatum* \*427. 428.
- + *Calla palustris* 428.
- *Acorus Calamus*, Kalmus \*428.

Glumiflorae.

- + *Lolium temulentum*, Taumelloch \*434.
- *Saccharum officinarum*, Zuckerrohr \*433. 434.
- A ○ *Hordeum vulgare*, Gerste 434.
- *Agropyrum repens*, Quecke 434.
- *Triticum vulgare*, Weizen 434.

Scitamineae.

- *Zingiber officinale*, Ingwer 436. \*437.
- *Curcuma Zedoaria*, Zittwer 437.
- *Alpinia officinarum*, Galgant 437.
- *Elettaria Cardamomum*, Cardamome 437.
- A ○ *Maranta arundinacea*, Arrowroot 438.

Gynandrae.

- *Vanilla planifolia*, Vanille \*440. 441.
- Orchis-Arten, Knabenkraut \*439. 441.

## Amentaceae.

- A ○ Salix alba, Weide 444.  
 ○ Quercus pedunculata, Stieleiche 445.  
 \*446.  
 ○ — sessiliflora, Traubeneiche 445. 446.  
 ○ — lusitanica var. infectoria 446.  
 ○ Juglans regia, Wallnuss \*448.

## Urticinae.

- A ○ Morus nigra, Maulbeere 450.  
 ○ Cannabis sativa var. indica, indischer Hanf \*451. 452.  
 A ○ Humulus Lupulus, Hopfen \*451. 452.

## Polygoninae.

- Piper Cubeba, Cubebenpfeffer \*453.  
 ○ Rheum officinale, Rhabarber \*454. \*455.  
 ○ — palmatum var. tanguticum 453.

## Centrospermae.

- Beta vulgaris, Zuckerrübe \*456.

## Polycarpicae.

- ⊕ Aconitum Napellus, blauer Eisenhut \*460. 461. \*462.  
 + — Lycoctonum, gelber Eisenhut \*460.  
 + — variegatum 462.  
 + — Stoerckeanum 462.  
 + Ranunculus acris, Hahnenfuss \*462.  
 + — sceleratus \*461. 462.  
 + Caltha palustris, Butterblume \*460. 462.  
 + Helleborus foetidus, stinkende Nieswurz \*460. 462.  
 + — niger, schwarze Nieswurz oder Weihnachtsrose 462.  
 + — viridis, grüne Nieswurz 462.  
 ○ Hydrastis canadensis 462.  
 + Adonis vernalis 462.  
 + Anemone Pulsatilla, Küchenschelle \*461. 462.  
 + — nemorosa, Osterblume 462.  
 + Clematis-Arten 462.  
 + Delphinium-Arten, Rittersporn 462.  
 ○ Myristica moschata, Muskatnuss \*463. \*464. 465.  
 ○ Jatrochiza Calumba \*464. 466.  
 ○ Cinnamomum Camphora, Kampher \*465. 467.  
 ○ — Cassia, Zimmt 467.  
 ○ Podophyllum peltatum 466.  
 ○ Laurus nobilis, Lorbeer \*466. 467.  
 ○ Sassafras officinale 467.

## Rhoeadinae.

- Brassica nigra, Schwarzer Senf 469.  
 ○ Cochlearia officinalis, Löffelkraut 469.  
 ⊕ Papaver officinale, Mohn \*470. 471.

## Cistiflorae.

- Viola tricolor, Stiefmütterchen \*473.  
 ⊕ Garcinia Hanburyi, Guttibaum 474.

Strasburger, Lehrbuch der Botanik. 4. Aufl.

- ⊕ Garcinia Morella, Guttibaum 474.  
 A ○ Thea chinensis, Thee \*473. 474.  
 ○ Hopea-Arten 474.

## Columniferae.

- Tilia parvifolia, Winterlinde \*476. 477.  
 ○ — grandifolia, Sommerlinde 477.  
 ○ Theobroma Cacao, Cacaobaum \*477. \*478.  
 ○ Althaea officinalis, Eibisch \*478.  
 ○ Malva silvestris, Malve \*479.  
 ○ — vulgaris 479.  
 ○ Gossypium-Arten, Baumwollsträucher \*479.

## Grinales.

- Linum usitatissimum, Flachs \*481.  
 ○ Erythroxylum Coca, Cocastrauch \*481. 482.  
 ○ Polygala Senega \*481. \*482.

## Terebinthinae.

- + Ruta graveolens, Raute 484.  
 ○ Citrus vulgaris, Pomeranze \*482. 484.  
 ○ — Limonum, Limone (Citrone) 484.  
 ○ Pilocarpus pennatifolius \*483. 484.  
 ○ Commiphora abyssinica, Myrrhe 484.  
 ○ Boswellia Cartesii, Weihrauchbaum 485.  
 ○ — Bhau-Dajiana, Weihrauchbaum 483.  
 A ○ Canarium sp. 485.  
 ○ Picraena excelsa 485.  
 ○ Quassia amara, Bitterholz \*484.  
 + Rhus-Arten 485.  
 A ○ Pistacia Lentiscus, Mastixstrauch 485.  
 ○ Guajacum officinale, Poekholz 485.

## Frangulinae.

- + Evonymus europaea, Pfaffenhütchen \*486. 487.  
 ○ Vitis vinifera, Weinstock \*487.  
 ○ Rhamnus cathartica, Kreuzdorn \*487. 488.  
 ○ — Frangula, Faulbaum \*487. 488.  
 ○ — Purshiana 488.  
 + Buxus sempervirens, Buchs 488.

## Thymelaeinae.

- + Daphne Mezereum, Seidelbast \*488. 489.  
 + — Cneorum 489.  
 + — striata 489.  
 + — Laureola 489.

## Tricoccae.

- + Hippomane Mancinella 491.  
 + Euphorbia-Arten, Wolfsmilch \*489. \*490. 491.  
 ⊕ — resinifera \*490. 491.  
 ○ Croton Eluteria 491.  
 ○ — Tiglium 491.  
 + Mercurialis annua, Bingelkraut 491. \*492.

- *Mallotus philippinensis* 491.  
 ⊕ *Ricinus communis*, Wunderbaum \*491.  
 492.

#### Umbelliflorae.

- + *Hedera Helix*, Ephen \*493. 494.  
 ○ *Carum Carvi*, Kümmel \*494.  
 ○ *Foeniculum officinale*, Fenchel \*494.  
 498.  
 ○ *Pimpinella Anisum*, Anis \*494.  
 ○ — *magna*, grosse Bibernelle 498.  
 ○ — *Saxifraga*, kleine Bibernelle 498.  
 ⊕ *Conium maculatum*, Schierling \*494.  
 \*495. 498.  
 A ○ *Coriandrum sativum*, Coriander \*494.  
 498.  
 + *Cicuta virosa*, Wasserschieferling \*495.  
 498.  
 + *Sium latifolium*, Merk \*497. 498.  
 + *Berula angustifolia*, Berle 498.  
 + *Aethusa Cynapium*, Hundspetersilie  
 \*497. 498.  
 + *Oenanthe*-Arten, Pferdesaat 498.  
 ○ *Archangelica officinalis*, Engelwurz 498.  
 ○ *Dorema Ammoniacum* 498.  
 ○ *Ferula galbaniflua* 498.  
 ○ — *rubricaulis* 498.  
 ○ — *Narthex* 498.  
 ○ — *Scorodosma* 498.

#### Saxifraginae.

- A ○ *Ribes rubrum*, Johannisbeere 499.

#### Rosiflorae.

- *Hagenia abyssinica* \*503. \*504.  
 A ⊕ *Prunus Laurocerasus*, Kirschlorbeer  
 504.  
 A ○ *Cydonia vulgaris*, Quitte 504.  
 ○ *Rosa centifolia*, Gartenrose 504.  
 ○ — *damascena*, Damaskrose 504.  
 ○ *Rubus idaeus*, Himbeere 504.  
 ○ *Prunus Amygdalus*, Mandel 504.  
 A ○ — *domestica*, Pflaume 504.  
 ○ *Quillaja Saponaria* \*503. 504.

#### Leguminosae.

- *Acacia Catechu* \*505. 509.  
 ○ — *Suma* 509.  
 ○ — *Senegal* \*506. 509.  
 ○ *Tamarindus indica*, Tamarinde \*506.  
 507. 510.  
 ○ *Krameria triandra* \*507. 510.  
 ○ *Cassia acutifolia*, Senne \*507. 510.  
 ○ — *angustifolia* 510.  
 ○ *Copaifera Langsdorffii* u. a. A. \*508. 510.  
 A ○ *Haematoxylon campechianum*, Blau-  
 holz 510.  
 ○ *Toluiifera Pereirae* \*510. \*514. 515.  
 ○ — *Balsamum* 515.  
 ○ *Glycyrrhiza glabra*, Süßholz \*511. 514.  
 ○ — — *var. glandulifera*, russ. Süßholz  
 514.

- *Astragalus gummifer* u. a. A., Traganth-  
 strauch \*512. 514.  
 + *Cytisus Laburnum*, Goldregen \*513.  
 + — *alpinus* 514.  
 + — *Weldini* 514.  
 + — *purpureus* 514.  
 + — *biflorus* 514.  
 + *Coronilla varia*, bunte Kronwicke \*510.  
 514.  
 ○ *Melilotus officinalis*, Steinklee 514.  
 — *altissimus* 514.  
 ○ *Ononis spinosa*, Hauhechel 514.  
 + *Wistaria sinensis*, Glycine 514.  
 ⊕ *Physostigma venenosum*, Gottesgerichts-  
 bohne 514.  
 ○ *Andira Araroba* 514.  
 A ○ *Pterocarpus santalinus* 514.

#### Myrtiflorae.

- *Punica Granatum*, Granatbaum \*515. \*516.  
 ○ *Eugenia caryophyllata*, Nelkenbaum  
 \*517. \*518.

#### Hysterophyta.

- + *Viscum album*, Mistel \*519.  
 A ○ *Santalum album*, Sandelholz 519.

#### Ericinae.

- + *Rhododendron*-Arten 521.  
 + *Azalea*-Arten 521.  
 + *Ledum palustre*, Mottenkraut 521.  
 ○ *Arctostaphylos Uva ursi*, Bärentraube  
 \*520. 521.

#### Diospyrinae.

- *Palaquium Gutta* u. a. A. \*521. 522.  
 ○ *Styrax Benzoin* 522.

#### Primulinae.

- + *Cyclamen europaeum*, Alpenveilchen  
 \*522. 523.  
 + *Anagallis arvensis*, rothe Miere \*523.  
 + — *coerulea*, blaue Miere 523.

#### Contortae.

- *Fraxinus Ornus*, Mannaesche \*524. \*525.  
 526.  
 ○ *Olea europaea*, Oelbaum \*524. \*525. 526.  
 ⊕ *Strychnos nux vomica*, Brechnuss \*526.  
 ○ *Gentiana lutea*, gelber Enzian \*527.  
 ○ — *pannonica* 527.  
 ○ — *purpurea* 527.  
 ○ — *punctata* 527.  
 ○ *Erythraea Centaurium*, Tausendgülden-  
 kraut \*527.  
 + *Menyanthes trifoliata*, Bitterklee 527.  
 + *Nerium Oleander*, Oleander \*528.  
 ⊕ *Strophantus*-Arten 528. \*529.  
 + *Vincetoxicum officinale* \*528. 530.  
 ○ *Gonolobus Condurango* 530.

## Tubiflorae.

- Ipomoea Purga 531.

## Personatae.

- ⊕ Nicotiana Tabacum, Tabak \*532. \*534.  
535. 536.  
+ — rustica, Bauerntabak 536.  
+ Lycopersicum esculentum, Tomate 535.  
A ⊕ Solanum Dulcamara, Bitterstüss \*533.  
— tuberosum, Kartoffel 535.  
— nigrum, Nachtschatten 535.  
⊕ Hyoscyamus niger, Bilsenkraut \*534. 536.  
⊕ Atropa Belladonna, Tollkirsche \*534.  
⊕ Datura Stramonium, Stechapfel \*535.  
536.  
○ Capsicum annuum, Cayennepfeffer 536.  
○ Digitalis purpurea, rother Fingerhut  
\*535. \*536. 537.  
○ Verbascum thapsiforme, Wollkraut \*536.  
537.  
○ — phlomoides 537.  
+ Gratiola officinalis, Gnadenkraut 537.

## Labiatiflorae.

- Mentha piperita, Pfefferminze \*539. 541.  
A ○ — crispa, Krausminze 541.  
○ Melissa officinalis, Melisse \*540. 541.  
A ○ Galeopsis ochroleuca, Daun \*540. 541.  
○ Lavandula vera, Lavendel 540.  
○ Salvia officinalis, Salbei 540.  
○ Thymus serpyllum, Quendel 540.  
○ — vulgaris, Thymian 541.  
○ Rosmarinus officinalis, Rosmarin 541.  
A ○ Origanum vulgare, Dost. 541.

## Rubiinae.

- Coffea arabica, Kaffee \*541. 543. 544.  
○ Cephaelis Ipecacuanha, Brechwurzel  
\*543. 544.  
○ Cinchona succirubra u. a. A., China-  
baum \*542. 543. \*544.  
○ Uncaria Gambir 544.  
○ Sambucus nigra, Holunder \*544. 545.  
○ Valeriana officinalis, Baldrian \*545.

## Campanulinae.

- Lobelia inflata 547.  
○ Citrullus Colocynthis, Bittergurke \*547.  
548.  
+ Bryonia dioica, B. alba, Zaurrübe \*546.  
548.

## Aggregatae.

- Arnica montana \*551. 552.  
○ Artemisia Absinthium, Wermuth 552.  
○ — maritima var. Stechmanniana \*550.  
552.  
○ Matricaria Chamomilla, Kamille \*549.  
552.  
○ Cnicus benedictus, Karbobenedikten-  
kraut 552.  
○ Inula Helenium, Engelwurz 552.  
○ Tussilago Farfara, Huflattich 552.  
A ○ Achillea Millefolium, Schafgarbe 552.  
A ○ Anthemis nobilis, römische Kamille 552.  
A ○ Spilanthes oleracea 552.  
A ○ Lappa vulgaris, Klette \*549. 552.  
A ○ Anacyclus Pyrethrum 552.  
○ Taraxacum officinale, Löwenzahn \*550.  
552.  
A ⊕ Lactuca virosa, Gifflattich 552.

## Register.

- A**asblüthen 254.  
Abies \*395.  
Absorptionskraft des Bodens 155.  
Absynthin 177.  
Acacia \*505. \*506. 509. — Jugendform  
Phyllodien \*42. — Ameisenpflanze \*185.  
Acer, Aceraceae \*485.  
Acetabularia \*292.  
Achaene, Achaenium \*413. 414.  
Achsel sprosse 15.  
Achsenfigurationen 404.  
Aconitum \*459. \*460. \*462.  
Aconitin 178.  
Acorus \*428. — Gefäßbündel der Wurzel  
\*92.  
Acrocomia, Austrittsstelle des Keimlings  
\*264.  
Actinomorph 12. 406.  
Acyelisch 405.  
Adlerfarn s. Pteris 362.  
Adonis \*459.  
Adventiv-Sprosse 16. — -Wurzeln 37. —  
-Knospen- und Maserbildung 122. —  
-Bildungen 197. — Keime \*250. \*411.  
Aecidiosporen 326.  
Aecidium 326. 328.  
Aehren \*431. \*432.  
Aehre \*415.  
Äpfelsäure 66. 177. — Farnsamenfäden  
anlockend 215.  
Ärobe, Ärobionten 192.  
Ärotropismus 235. 252.  
Aesculin 66. 177.  
Aesculus (Rosskastanie) 486.  
Aestivation 30. 400.  
Aethalium 270.  
Aetherische Oele 65. 178.  
Aethusa \*497. 498.  
Aetzfiguren der Wurzeln 155.  
Agar-Agar 301.  
Agaricineen 331.  
Agaricus 334. — vielkernige Hyphe \*50.  
Agathis 395. 397.  
Agave 423.  
Aggregatae 548.  
Agropyrum 434.  
Agrostemma \*457.  
Agrostis 432.  
Ahorn 485.  
Aira 432.  
Akazien s. Acacia.  
Akropetal 8.  
Alae 511.  
Alaria 298.  
Albuminate 48.  
Aleuron 63. 177.  
Alexine 184.  
Algen (Algae) 268.  
Algenpilze 306.  
Alisma, Alismaceae \*411. \*435.  
Alkaloide 48. 60. 66. 177.  
Alkohol-Gährung 183.  
Allantoin 174.  
Allium 422. — Centraleylinder der Wurzel  
\*97.  
Alnus 445. \*447.  
Aloë \*122. 423. — Epidermis und Spalt-  
öffnung \*85.  
Aloin 177.  
Alopecurus 432.  
Alpenrose s. Rhododendron.  
Alpenveilchen 523.  
Alpinia 437.  
Alsophila 359. \*361. \*362.  
Alter von Pflanzen 211.  
Althaea \*478. 479.  
Aluminium in Pflanzen 148.  
Alveolarplasma 49.  
Amanita \*333. 334.  
Amarantaceae, Amaranthus 456.  
Amaryllidaceae \*423.  
Ameisenpflanzen \*186.  
Amentaceae 442.  
Amentum 417.  
Amicia, Schlafbewegungen \*242.  
Amide 48. 66. 145. 174.  
Ammoniacum 498.  
Ammoniak als Nährstoff 145.  
Amöben bei Myxomyceten 46. 270. —  
-Bewegung \*215.  
Amorphophallus 428.  
Ampelopsis \*487. — Ranken \*20. \*238.



- Ampfer 454.  
 Amphigastrien 349.  
 Amphibische Pflanzen 209.  
 Amygdalae 504.  
 Amygdalin 66. 177.  
 Amylodextrin 63.  
 Amyloid 59. 63.  
 Amylum Triticum 434. — Marantae 438.  
 Amylumheerde \*50.  
 Anabaena 185. 277.  
 Anacardiaceae 485.  
 Anacyclus 552.  
 Anaërobe, Anaërobionten 192.  
 Anagallis 523.  
 Analog 6.  
 Ananassa 424.  
 Anaphasen 70.  
 Anaptychia \*340.  
 Anatomie 7. 42.  
 Anatrope Samenanlage 382.  
 Andira 514.  
 Andraea, Andraeaceen \*352.  
 Androceum 380. 400. \*402.  
 Androgynisch 256.  
 Andropogon 434.  
 Androsporen 289.  
 Ancyra \*362.  
 Anemone \*459.  
 Anemophile Pflanzen 253.  
 Anethum 498.  
 Angiopteris 362.  
 Angiospermen 399. — Befruchtung \*75.  
 Anisotropie 222.  
 Annuelle Pflanzen 23.  
 Annulus inferus 333. — superus 334. —  
 an Farnsporangien 361.  
 Anthela 417.  
 Anthemis 552.  
 Anthere 400. 401.  
 Antheridien 283. 342. 363.  
 Anthoceros, Anthocerotaceen \*348.  
 Anthocyan 66.  
 Anthriscus 498.  
 Antiklinen 127.  
 Antipoden 407.  
 Antirrhinum 537.  
 Antitoxine 184.  
 Apfel 503.  
 Apfelsäure s. Aepfelsäure.  
 Apfelsine 484.  
 Apium 498.  
 Aplanosporen 291.  
 Apocarp 402.  
 Apocynaceae \*527.  
 Apogamie 251. 364.  
 Apophyse 354.  
 Aposporie 260. 364.  
 Apothecium 319. 339.  
 Appositionswachsthum 54. 203.  
 Aprikose 503.  
 Aqua Laurocerasi 504.  
 Aquifoliaceae \*487.  
 Aquilegia \*459.  
 Araceen \*427. \*428.  
 Araliaceae 493.  
 Araroba 514.  
 Araucaria 395. 397.  
 Archangelica 498.  
 Archegoniaten 342.  
 Archegonium, der Bryophyten \*342. —  
 von Polypodium \*363. — der Gymno-  
 spermen 387. \*388.  
 Archiplasma 49.  
 Arctostaphylos \*520. 521.  
 Areyria \*271.  
 Areca 427.  
 Arillus 383. \*412.  
 Aristolochia, Aristolochiaceae \*518. —  
 Stengelquerschnitt \*96. \*104. — Cam-  
 biumring \*105.  
 Armeria \*323.  
 Armillaria \*330.  
 Armleuchtergewächse 301  
 Arnica \*549. \*551. 552.  
 Aroideen s. Araceen.  
 Arrowroot 438.  
 Artemisia \*550. 552.  
 Arthrosporen 276.  
 Artischoke 552.  
 Artocarpus 450.  
 Arum \*427. 428.  
 Asa foetida 498.  
 Asarum \*519.  
 Aschenbestandtheile 144 ff.  
 Asclepiadaceae, Asclepias \*528. 529.  
 Ascogon 306.  
 Ascolichenen 339.  
 Ascomyceten 306. 313.  
 Ascus 305.  
 Asparagin 48. 66. 174.  
 Asparagus 422. — medeoloides \*233.  
 Aspergillus \*316. — fumigatus 184. [ ]  
 Asperula \*541. 543.  
 Aspidium \*356. 359. \*360. 362.  
 Asplenium, Brutknospen \*250.  
 Assimilate, Verwerthung 173. — Wande-  
 rung 174. — Speicherung 176.  
 Assimilation 167 ff.  
 Aster 552.  
 Astragalus 513. 514.  
 Asymmetrische Blüthen 496.  
 Atavismus 130. 248.  
 Athemböhle 85.  
 Athemwurzeln 39. 228.  
 Athmung 188 ff.  
 Atropa \*534.  
 Atrope Samenanlagen 382.  
 Atropin 177.  
 Attractionssphären \*44.  
 Aufrechte Samenanlage \*403.  
 Augentrost 537.  
 Auricularia, Auricularieen 329.  
 Ausdauernde Pflanzen 23.  
 Ausläufer 20.  
 Auslösungen 136.  
 Aussenwendigkeit 230.  
 Autobasidien 324.  
 Autobasidiomycetes 325.  
 Autonome Krümmungen 221. 241.  
 Autotropismus 236.  
 Auxanometer \*204.  
 Auxosporen 279.

- Avena 432. 434. — Stärke \*61.  
 Axiales Holz 117.  
 Azalea 521.  
 Azolla 365. 368.  
 Azygosporen 311.
- B**acca 414.  
 Bacillus 272. \*273. \*275. — radicularis \*182.  
 Bakterien \*8. 272. — Methode Engelman's 215.  
 Bakterium 272.  
 Bakterioïden 182.  
 Bärlappgewächse 372.  
 Bäume 23.  
 Balanophora Apogamie 250.  
 Balanophoraceae 518.  
 Balgfrucht 413.  
 Balsaminaceae 482.  
 Balsamm Copaiva 510. — peruvianum 515. — toltanum 515.  
 Bambus, Tabaschir 148.  
 Bambusa 433. 434.  
 Banane 436.  
 Banyan 450.  
 Bartflechte 338.  
 Basidien 306. \*325.  
 Basidiomyceten 306. 324.  
 Basilicum 540.  
 Bast 105. 113.  
 Bastarde 258 ff.  
 Bastfasern 113.  
 Bastparenchym 113.  
 Baststränge 105.  
 Bastzone 105.  
 Batrachospermum 298. \*300.  
 Bauchpilze 334.  
 Baumfarne 359. 362.  
 Baumwolle \*86. 479.  
 Becherflechte 340.  
 Becherrost s. Aecidium.  
 Beere \*414.  
 Befruchtung 40. 252. — der Gymnospermen 387. — der Angiospermen \*75. 407. \*408.  
 Beggiatoa 274.  
 Begonia, Begoniaceae 474.  
 Beiknospen, Beispresse 15.  
 Benzoë 522.  
 Berberidaceae, Berberis 466.  
 Bernstein 80.  
 Berula 498.  
 Berührungsreize 197. 216. 236.  
 Besenstrauch s. Spartium.  
 Bestäubung 252 ff.  
 Beta \*456.  
 Betaïn 174.  
 Betula 445. 446. \*447.  
 Betulin 121.  
 Bewegungserscheinungen 213 ff.  
 Bicollaterale Gefäßbündel 91.  
 Bicornes 520.  
 Biegungsfeste Construction 142. \*143.  
 Bienne 23.  
 Bierhefe \*7. 313.  
 Bignonia, Stammquerschnitt \*117. — Flügelsame \*261.
- Bilateral 12.  
 Bildungsabweichungen 130.  
 Bilsenkraut 536.  
 Binsen s. Juncus, Juncaceen.  
 Biologie 134.  
 Birke 445. 446.  
 Birkenwein 157.  
 Birne 503.  
 Bisymmetrisch 12.  
 Bittergurke 548.  
 Bitterklee 527.  
 Bitterstoffe 66. 177.  
 Bittersüß 535.  
 Blätterschwämme 333.  
 Blasenrost 329.  
 Blasantang \*296.  
 Blasia \*10. 349.  
 Blatt (s. auch Laubblätter) 10. — Wasser- und Luftblatt 209.  
 Blattaderung 26.  
 Blattanlage 14. 24.  
 Blattdornen 36.  
 Blattfall s. Blattwurf.  
 Blattgelenke s. Blattpolster.  
 Blattgrund 24. 28.  
 Blattkissen 25.  
 Blattmetamorphose 34.  
 Blattnarbe 30.  
 Blattpolster 25. 234. 251.  
 Blattranken 34. \*238.  
 Blattscheide 24. 28.  
 Blattschneiderameisen 186.  
 Blattspreite 25.  
 Blattspuren, Blattspurstränge 101.  
 Blattstecklinge 16.  
 Blattstellung \*12. 30.  
 Blattstiel 25.  
 Blattstiel-Ranker \*238.  
 Blattstruktur 99.  
 Blattwurf 121. 212.  
 Blaugrüne Algen 275.  
 Blauholz 510.  
 Blausäure 178.  
 Blendlinge 258.  
 Blüthe 22. 380.  
 Blütenachse 403. 404.  
 Blütenblätter 25. 30.  
 Blütenboden 403.  
 Blüthendiagramme \*32. 407.  
 Blütenfarbstoffe 66. 178.  
 Blütenformel 407.  
 Blütenkuchen 417.  
 Blüthenspross 22.  
 Blütenstand 14. \*415. \*416.  
 Blütenstaub s. Pollen.  
 Blume 399.  
 Blumenblätter s. Blütenblätter.  
 Blüten 157.  
 Blutungssaft 157. — Druck 156. 157.  
 Bodenabsorption 155.  
 Bodenbakterien, Thätigkeit 145. 155.  
 Bogrebe 199.  
 Bohne 513.  
 Bohnenkraut 540.  
 Boletus \*332. — Hyphengewebe \*79.  
 Boraginaceae, Borago \*531. 532.

- Boretsch 532.  
 Borke 120.  
 Borsten 87.  
 Boswellia 485.  
 Bostryx 417.  
 Botrychium \*362. 363.  
 Botrydium \*290.  
 Botrys 415.  
 Botrytis 319.  
 Botrytische Blütenstände 415.  
 Bovista 335.  
 Brachsenkraut 377.  
 Bracteen 29.  
 Brandpilze 322. — Brandsporen 322.  
 Branntweinhefe 313.  
 Brasilin 107.  
 Brassica 469.  
 Braunalgen 293.  
 Braunkohle 167.  
 Brennhaare 87.  
 Brennessel s. Urtica.  
 Brodbaum 450.  
 Brombeere s. Rubus.  
 Bromeliaceen 424.  
 Bromus 432.  
 Brucin 177.  
 Brunnenfaden 274.  
 Brunnenkresse 469.  
 Brutbecher von Marchantia 346.  
 Brutknospen 18. 346.  
 Brutzwiebeln 249.  
 Bryinae 353.  
 Bryonia \*546. 548.  
 Bryophyten 10. 268. 341.  
 Bryopsis 292.  
 Buche 445.  
 Buchs 488.  
 Buchweizen 455.  
 Bulbillen 18. 249.  
 Bulbochaete \*289.  
 Bulbus 19.  
 Bulbus scillae 423.  
 Burmanniaceae 441.  
 Burseraceae 484.  
 Butterblume 462.  
 Buxaceae, Buxus 488.  
 Cacao 477.  
 Caetaceae \*475.  
 Caesalpinia, Caesalpinaceae \*506. 509.  
 510.  
 Calamagrostis 432.  
 Calamarien 104.  
 Calamus 425. 427.  
 Calcium in Pflanzen s. Kalk.  
 Calciumcarbonat 59. 85. 108.  
 Calciummalat 60.  
 Calciumoxalat 59. 61. 64. 174.  
 Calciumpectat 81.  
 Calendula 552.  
 Calla 428.  
 Callithamnion \*299.  
 Callitrichaceae 492.  
 Callose 58.  
 Calluna 520. — -Pollen \*381.  
 Callus 121. 200.  
 Callusplatten 78.  
 Calocera 329.  
 Caloritropismus 234.  
 Caltha 459. \*460. 462.  
 Calyceraceae 549.  
 Calycifloren 401.  
 Calycinisch 400.  
 Calyptra 11. 36. 352. 353.  
 Cambium 93. 104.  
 Camellia 474.  
 Campanula, Campanulaceen \*546.  
 Campanulinae 545.  
 Camphora 467.  
 Campylotrope Samenanlage \*382.  
 Canarium 485.  
 Canna, Cannaceae 437. \*438.  
 Cannabinaceae, Cannabis \*451. 452.  
 Cantharellus 334.  
 Capillarität beim Saftsteigen 159.  
 Capillitium 270. 335.  
 Capitulum 417.  
 Capparis, Capparidaceae 469. \*470.  
 Caprifoliaceae \*544.  
 Capsicum 536.  
 Capsella \*410. — Samen \*383.  
 Capsula s. Kapsel.  
 Cardamome 437.  
 Cardinalpunkte 137. 207.  
 Carduus 552.  
 Carex 429. \*430. 431.  
 Carica, Caricaceae 474.  
 Carnivore Pflanzen \*186. \*187. \*188.  
 Carotin 51.  
 Carotten s. Daucus.  
 Carpell, Carpid 379.  
 Carpinus 445. \*447. — Keimpflanze \*41.  
 \*154.  
 Carpoasci 313.  
 Carpogon 300.  
 Carpophor 496.  
 Carposporen 300.  
 Carrageen 301.  
 Carum \*494. 498.  
 Carnecula \*412.  
 Caryophyllaceae \*456.  
 Caryophylli 518.  
 Caryopse (Caryopsis) 414.  
 Cascara sagrada 488.  
 Cassava 491.  
 Cassia \*507. 510.  
 Cassytha 467.  
 Castanea 445.  
 Casuarina, Befruchtung 409.  
 Casuarinaceae 448.  
 Catechu 509. 544.  
 Caulerpa \*292.  
 Caules Dulcamarae 536.  
 Cauliflorie 478. 510.  
 Cecidien 131.  
 Cecropia 186.  
 Ceder 397.  
 Cedrate 484.  
 Cedrus 397.  
 Celastraceae \*486.  
 Cellulose 57.  
 Celtis 450.

- Centaurea, reizbare Staubfäden \*244.  
 Centralcylinder 96.  
 Centranthus 545.  
 Centrifugalkraft, Wirkung auf Pflanzen 227.  
 Centrosom 44. 50. \*70.  
 Centrospermae 455.  
 Cephaelis \*543. 544.  
 Cephalotus, Thierfang 188.  
 Ceratiomyxa 270.  
 Ceratophyllaceae, Ceratophyllum 464.  
 Cercis 510.  
 Cetraria \*338. 339.  
 Chaetocladium 312.  
 Chalaza 382.  
 Chalazogamie 408.  
 Chamaerops 426.  
 Champignon 333. 334.  
 Chara \*302. \*303. — Spermatozoid \*75.  
 Characeen 301. — Plasmaströmung 217.  
 Chemosynthese 170.  
 Chemotaxis bei Sexualzellen 215. 252.  
 Chemotropismus 235. — bei Sexualzellen 252.  
 Chenopodiaceae, Chenopodium 456.  
 Chinabaum, Chinarinde 543.  
 Chinin 178.  
 Chitin 58.  
 Chlamydosporen 306.  
 Chlor in Pflanzen 144. 147.  
 Chlorella, Symbiose 185. 284.  
 Chlorophyceae 283.  
 Chlorophyll 51. 168 ff. — Spectrum \*52.  
 Chlorophyllkörner, -Körper 51. \*76. — Function 168. — wechselnde Anordnung \*217.  
 Chloroplasten 51. \*76.  
 Chlorose 147.  
 Choanephora 311.  
 Choiromyces 322.  
 Cholera vibrio \*275.  
 Chondrioderma \*46. 270.  
 Chondrus \*298. 301.  
 Choripetal 400.  
 Choripetalae 442.  
 Chromatin 48. 50. 67.  
 Chromatophoren 44. 51. 76.  
 Chromoplasten 51. 53.  
 Chromosome 67. \*69.  
 Chroococcaceen 276.  
 Chroococcus 276.  
 Chroolepideen, Chroolepus 287.  
 Chrysanthemum 552.  
 Chrysarobinum 514.  
 Chytridieen 309.  
 Cichorie, Cichorium 552.  
 Cicuta 417.  
 Cicutia 498.  
 Cilienbewegung 45. 214.  
 Cinchona \*542. 543. \*544.  
 Cinnamomum 465. \*466. 467.  
 Circulation des Protoplasmas 49. 217.  
 Circumnutationen 221.  
 Cistaceae, Cistiflorae 471. \*472.  
 Citrone 484.  
 Citrullus \*547. 548.  
 Citrus 482. 483.  
 Cladodien 20.  
 Cladonia \*340.  
 Cladophora \*287. 288. — Gestalt 8. \*9. — vielkernig \*50. — Zelltheilung \*72.  
 Cladostephus 8. \*9. 293. \*295.  
 Cladotrix \*273.  
 Clavaria, Clavariaceen \*331.  
 Claviceps \*79. \*318.  
 Cleistocarpae 353.  
 Clematis, Markzellen \*54.  
 Closterium \*282.  
 Clusiaceae 473.  
 Cnicus 552.  
 Cobaea 531.  
 Cocaïn 178. 482.  
 Coccen 272.  
 Cocconeis 279.  
 Cochlearia 469.  
 Cocos \*426. 427. — -nuss \*427.  
 Codeïn 178.  
 Codium 292.  
 Coelebogyne, Adventivkeime 250.  
 Coenobien 286.  
 Coffea \*541. 543.  
 Coffein 178. 544.  
 Cohäsion des Wassers 159. 160. 219.  
 Cohäsionsmechanismen 219. 220.  
 Colchicin 178. \*420. \*421.  
 Colchicum \*420. \*421. 422. 423.  
 Coleosporium 329.  
 Collema 337.  
 Collenchym 56. \*57. 94. 143.  
 Colleteren 88.  
 Colophon 397.  
 Columella 271. 310. 344. 348. 351. 354.  
 Columniferae 475.  
 Commelinaceae 425.  
 Commiphora 484.  
 Compositae \*549. — Reizbare Staubfäden \*244. 245.  
 Confervoideen 286.  
 Conidien 305.  
 Coniferae 391.  
 Coniferin 58. 66. 177.  
 Coniin 178.  
 Conium \*496. 498.  
 Conjugatae 286.  
 Connectiv 401.  
 Contactreize für Organbildung 197. — bei Krümmungsbewegungen 216. 236.  
 Contagium fluidum 184.  
 Continuität der embryonalen Substanz 212.  
 Contortae 523.  
 Convallaria 422. — Habitus \*25.  
 Convolvulaceae, Convolvulus \*530. 531.  
 Copaifera \*508. 510.  
 Coprinus 330.  
 Copulation 74. 269.  
 Copuliren 200. \*201.  
 Cora 338. \*340. 341.  
 Corallina, Corallinaceen 299. 301.  
 Coralliorrhiza, Rhizom \*18.  
 Cordia 186.  
 Cordiaceae 532.  
 Cordylone, Dickenzuwachs \*118.

- Cordyceps 319.  
 Coriandrum 494. 498.  
 Cormophyten 10.  
 Cornus 10.  
 Cornaceae, Cornus \*493.  
 Coronilla \*510. 514.  
 Corolle 400.  
 Corollifloren 401.  
 Correlationen 179. 198 ff.  
 Corrosion der Stärke \*175.  
 Cortex Cascarillae 491. — Chinae 544. —  
 Cinnamomi 467. — Condurango 530. —  
 Frangulae 488. — Fruct. Aurant. 484. —  
 Fr. Citri 484. — Granati 517. — Quer-  
 cus 446. — Quillajae 504. — Rhamni  
 Purshianae 488. — Salicis 444.  
 Corylus 445. \*447.  
 Corymbus 417.  
 Cosmarium \*282.  
 Cotyledonen 41. 410. — s. auch Keim-  
 blätter.  
 Crassula, Crassulaceae \*499.  
 Crataegus 503. — Blattnervatur \*163. —  
 Chromoplasten \*53.  
 Crenothrix 274.  
 Cribralparenchym 91. 113.  
 Cribralprimanen 93.  
 Cribraltheil 90.  
 Cribraria \*271.  
 Cribrovasalbündel, Cribrovasalstränge 90.  
 Crocus 423. 424.  
 Cronartium 329.  
 Croton 491.  
 Cruciferae \*467.  
 Cryptogamen 267.  
 Cryptospora \*317.  
 Cubebae \*453.  
 Cudbear 340.  
 Cucumis 548.  
 Cucurbita 547. — Pollenkorn \*57. 381. —  
 Siebröhren \*77.  
 Cucurbitaceae \*546. — Ranken \*237.  
 Cupressus 395.  
 Cupula 444.  
 Cnpuliferae 444.  
 Curare 526.  
 Curcuma 437.  
 Cuscuta (Teufelszwirn) 179. \*180. 239.  
 531.  
 Cuticula 82.  
 Cutin 58. 82.  
 Cutinisirte Membranen 58. 82.  
 Cutleriaceae 297.  
 Cyanophyceen 275.  
 Cyathea, Cyatheaceen 359. 362.  
 Cyathium \*489. 490.  
 Cycadaceae, Cycas \*390. \*391. — Sper-  
 matozoen \*387. 388.  
 Cyclamen \*522. 523.  
 Cyclisch \*405.  
 Cycelus 33.  
 Cydonia 503. 504.  
 Cymöse Blütenstände 415. 417.  
 Cynara 552.  
 Cyperaceae \*429. 430. — Cyperus 431.  
 Cypresse 395.  
 Cyripedium 440.  
 Cystiden 329.  
 Cystocarp 300.  
 Cystococcus 338.  
 Cystolithen 56. \*57. 59.  
 Cystopus 308. \*309.  
 Cytisus 513.  
 Cytoplasma 44. 48.  
**D**acryomycetes 329.  
 Dahlia 552. — Wurzelknollen \*37.  
 Daphne \*488. 489.  
 Darlingtonia, Thierfang 188.  
 Dattel \*426.  
 Datura \*535. 536.  
 Daucus 498. — Farbkörper \*53.  
 Dauergewebe 82.  
 Deckblatt 15. 29. 417.  
 Deckelkapsel \*413.  
 Deckschuppe \*387. 394. \*395.  
 Deckspezle \*431.  
 Decussirte Blattstellung \*12. 31.  
 Delesseria 299.  
 Delphinium 462.  
 Dentaria, Brutzwiebeln \*18.  
 Dermatogen 128.  
 Descendenzlehre 1.  
 Desmidiaceen 282.  
 Deutzia 500.  
 Dextrin 63.  
 Dextrose 57.  
 Diageotropismus 230.  
 Diagramm \*12. \*32. — der Blüte 405.  
 407.  
 Dialypetal 400. — -sepal 400.  
 Dianthus 457.  
 Diastase 48. 175.  
 Diatomeen \*8. 278. — Diatomin 279.  
 Diatropische Reizbewegungen 223.  
 Dicentra 470.  
 Dichasium 416. 417.  
 Dichogamie 256.  
 Dichotomie \*13. \*15. \*125.  
 Dickenwachstum der Wurzel 115. —  
 Anomalien 116. — des Stammes 104. —  
 durch Grundgewebsvergrößerung 103.  
 — der Monocotylen 117.  
 Dicotylen 410. 441.  
 Dictyonema 341.  
 Dictyota, Dictyotaceen \*9. 10. 293. 297.  
 — Scheitelzelle \*125.  
 Digestionsdrüsen 88. \*89.  
 Digitalin 177.  
 Digitalis \*535. \*536. 537.  
 Diklinisch 380.  
 Dill 498.  
 Dimorphe Heterostylie \*257.  
 Dinoflagellatae 280.  
 Dütsch 256. 380.  
 Dionaea 187.  
 Dioscoreaceae 424.  
 Diosmose 139. 149.  
 Diospyrinae 521.  
 Diplocaulisch 22.  
 Diplostemon 405.  
 Dipsacaceae, Dipsacus \*548. 559.

- Dipterocarpaceae 474.  
 Dischidia Rafflesiana, Urnenblätter 167.  
 Discolichenen 339.  
 Discomyceten 319.  
 Discus 404. \*405.  
 Divergenz 32.  
 Dolde \*416. 417.  
 Dolichos 513.  
 Doppelbrechung organ. Substanzen 203.  
 Dorema 498.  
 Dornen \*21. 36. — s. Blatt-, Stamm- oder Wurzel-dornen.  
 Dorsiventral 12. 99.  
 Dorsiventrale Sprosse 34.  
 Dracaena 421. — Raphiden \*65. — Dickenzuwachs \*118.  
 Drachenbaum von Orotava, Alter 212.  
 Drachenbäume s. Dracaena.  
 Drehmoos 355.  
 Drehungen s. Torsionen.  
 Dreiachsrig 22.  
 Drosera 472. — Digestionsdrüsen \*89. 165. — Blatt \*186. — Droseraceae 472.  
 Druckfeste Construction 143.  
 Drüsenflächen 83.  
 Drüsenhaare 88.  
 Drüsenzotten 88. 89.  
 Drupa 414.  
 Dunkelstarre 244.  
 Durchlässigkeit des Plasmas 139. 149. — der Membran 149.  
 Durchlassstreifen 98.  
 Durchlasszellen 99.  
 Durchlüftung von Pflanzen \*194.  
  
**E**  
 Echium \*531.  
 Echte Scheidewand 402.  
 Ectocarpus 293. \*295. \*297.  
 Edelreis \*201.  
 Edeltanne 395.  
 Ehrenpreis 537.  
 Ei 74. 76. 269. 283.  
 Eiapparat \*407.  
 Eibe 392.  
 Eiche 445. 446.  
 Eichen 381.  
 Eierschwamm 334.  
 Eikern 76.  
 Eiknospen der Characeen 302.  
 Einachsrig 22.  
 Eingeschlechtige Blüten 256. 380.  
 Eingraben der Früchte und Samen 220. 234. 263.  
 Einhäusige 256.  
 Einjährige Pflanzen 23.  
 Einkorn 433.  
 Einwirkungen, äussere 137. — auf den Ort der Neubildungen 197. — auf das Wachstum 207. 221.  
 Eisbildung 137.  
 Eisen in Pflanzen 145. 147.  
 Eisenbakterien 192.  
 Eiweiss, Synthese 173. — Ferntransport in Siebröhren 174.  
 Eiweisskrystalle 63. 64.  
  
 Eiweisslösende Fermente s. peptonisierende Fermente.  
 Eiweissstoffe 47.  
 Eizelle der Phanerogamen 407.  
 Elaeagnaceae 489.  
 Elaeis 427.  
 Elaphomyces 322.  
 Elasticität der Pflanzen 138 ff.  
 Elateren 220. 262. 344. 348.  
 Elatinaceae 474.  
 Elektrotropismus 235.  
 Elemi 485.  
 Elettaria 437. — Samen \*384.  
 Elfenbein, vegetabilisches 427.  
 Elodea 435.  
 Embryo 39. 383.  
 Embryologie 39.  
 Embryonale Anlage der Organe 196. — Substanz, Continuität ders. 212.  
 Embryophyta zoidiogama 357. — siphonogama 383.  
 Embryosack 252. 260. 382. — Vielzellbildung \*73.  
 Embryoträger 374. 377.  
 Emergenzen 36. 88.  
 Emmer 433.  
 Empetraceae 488.  
 Empusa 309.  
 Emulsin 61.  
 Enantioblastae 425.  
 Endivie 552.  
 Endocarp 413.  
 Endocarpion 341.  
 Endodermis 96. 98.  
 Endogen 16. 37.  
 Endosperm 383. \*387. 409.  
 Endosporen 272. 305.  
 Endophyllum, Basidie \*325.  
 Engelsüss 359.  
 Entomophthoreen 309.  
 Entomophilie 254.  
 Entwicklungsperioden 210.  
 Enzian 527.  
 Enzyme s. u. Fermente.  
 Ephebe 337.  
 Ephedra 398.  
 Ephemerum \*355.  
 Epheu 494.  
 Epidermis 82. 95.  
 Epigäische s. oberirdische Keimblätter 264. 412.  
 Epigyn \*404.  
 Epimedium 466.  
 Epinastie 221. 236.  
 Epipactis, Zellheilung \*71.  
 Epiphyten 166. 440. — Luftwurzeln 38. 166.  
 Epitheme 101.  
 Equisetinae 369.  
 Equisetum \*369. \*370. \*371. — Gefässbündelverlauf \*101. — Scheitelzelle \*126.  
 Erbse 513.  
 Erdbeere 503.  
 Erdbrod 339.  
 Erdkohlrabi 469.

Erdstern 336.  
 Erfrieren 137.  
 Erica, Ericaceae, Ericinae \*520.  
 Eriophorum 431.  
 Erle 445.  
 Ernährung 144 ff. 178.  
 Erodium, gruinum, hygroskopische Fröchtchen \*219. 220.  
 Ersatzbastfasern 114.  
 Ersatzfasern 111.  
 Ervum 513.  
 Erysiphe 315. — Sporenbildung \*74.  
 Erysipheen 315.  
 Erythraea \*527.  
 Erythroxyloaceae, Erythroxyllum \*481. 482.  
 Esche 525.  
 Estragon 552.  
 Etiolent \*206. 208.  
 Eucalyptus 518.  
 Eucheuma 301.  
 Eudorina 235.  
 Eugenia \*517. \*518.  
 Eumycetes 304.  
 Euphorbia \*489. \*490. 491. — globosa, succulent \*166. — Euphorbiaceae 489.  
 Euphorbium 491.  
 Eurotium 315. \*316.  
 Eusporangiate Farne 362.  
 Evonymus \*486. 487. — Vegetations-scheitel \*24.  
 Exine 358. 381. — der Pollenkörner 381.  
 Exoasci, Exoascus 313. 314.  
 Exobasidium 330. \*331.  
 Exocarp 413.  
 Exodermis 99.  
 Exogen 16.  
 Exosporen 305.  
 Extropismus 230.  
 Extraflorale Schauapparate 254.  
 Extrors 401.

**F**adenpilze 304.  
 Fadenplasma 49.  
 Färbungsmethoden 47.  
 Fäulnis 183.  
 Fagus \*145. — Winterknospen \*17. — Blattquerschnitt \*100.  
 Fallverzögerung der Samen 261.  
 Falsche Scheidewand 402.  
 Farbhölzer 107.  
 Farbstoffe in Pflanzen 178.  
 Farbträger 44.  
 Farne 359.  
 Farnpflanzen 356.  
 Fasertracheiden \*60. 110.  
 Faulbaum 488.  
 Federharze 178.  
 Feige 450.  
 Feigengallwespe 186.  
 Feldbohne s. Vicia.  
 Fermente 48. 175. 177. 180. 183. 187.  
 Ferula 498.  
 Festigung des Pflanzenkörpers 138 ff.  
 Festuca 432.  
 Fette 60. 65. — als Reservestoffe 177.  
 Feuerschwamm 332.

Fibröse Zellschicht, Function 220.  
 Fibrovasalbündel 90.  
 Fichte s. Picea.  
 Fichtenspargel 521.  
 Ficus 450. — Cystolith \*57.  
 Fieberbaum s. Eucalyptus.  
 Filament 401.  
 Filarplasma 49. 70.  
 Filices, Filicinae 359.  
 Fingerhut 537.  
 Fixierungsmittel 47.  
 Flachs 481. — neuseeländischer s. Phormium.  
 Flachsprosse \*20.  
 Flachseide s. Cuscuta.  
 Flaschenkork nach Hooke \*43.  
 Flechten 336. — Symbiose 182.  
 Flieder 525.  
 Fliegenschwamm \*333. 334.  
 Flores Arnicae 552. — Chamomillae 552 — Ch. romanae 552. — Cinae 552. — Koso 504. — Lavandulae 540. — Malvae 479. — Rosae 504. — Sambuci 545. — Tiliae 477. — Verbasci 537.  
 Florideen 298.  
 Flügelsamen und -Fröchte \*261.  
 Fluorescenz von Meeresalgen 195.  
 Fluthende Bewegung des Protoplasma 218.  
 Foeniculum 498.  
 Folgermisteme 82.  
 Folia Althaeae 479. — Aurantii 484. — Belladonnae 536. — Coca 482. — Digitalis 537. — Farfarae 552. — Jaborandi 484. — Juglandis 448. — Malvae 479. — Melissaе 540. — Menthae crispae 541. — M. piperitae 541. — Nicotianae 536. — Rosmarini 541. — Salviae 540. — Sennae 510. — Stramonii 536. — Taraxaci 552. — Theae 474. — Trifolii fibrini 527. — Uvae ursi 521.  
 Folliculus 413.  
 Fontinalis 356.  
 Formentwicklung 7.  
 Forsythia 525.  
 Fortleitung von Reizen 223. 244.  
 Fortpflanzung 245 ff.  
 Fortschleudern der Samen und Sporen 220. 262.  
 Fovea 377.  
 Fragaria 503.  
 Fragmentation \*71.  
 Frangulinae 486.  
 Fraxinus \*524. \*525. 526  
 Freie Windungen 233.  
 Frost 137. 210. 212.  
 Frucht 384. 412.  
 Fruchtbecher 444.  
 Fruchtblätter 30. 379.  
 Fröchtchen 412.  
 Fruchtknoten 402. \*403.  
 Fruchtstand 415.  
 Fruchtwand 413.  
 Fructus Anisi 498. — Aurantii immaturi 484. — Capsici 536. — Carvi 498. — Colocynthidis 548. — Coriandri 498. — Cardamomi 437. — Foeniculi 498. —

- Juniperi 397. — Lauri 467. — Papaveris 471. — Rhamni cathart. 488. —  
 Vanillae 441.  
 Frühholz, Frühlingsholz 106.  
 Frullania 167. \*349.  
 Fucaceen 293. 297.  
 Fuchsia \*515.  
 Fucus 294. \*296. — Zellkern \*40. \*70.  
 Fucus amylaceus 301.  
 Fuligo 270.  
 Fumaria, Fumariaceae 469. \*470.  
 Funaria \*343. 350. 355. — Blattzellen \*51.  
 — Chlorophyllkörner \*76.  
 Fungi 268.  
 Funiculus 382.  
 Funkia, Adventivkeime \*250.  
  
**G**ährung 183. 192. 313.  
 Galanthus 423.  
 Galbanum 498.  
 Galeopsis 540. 541.  
 Galgant 437.  
 Galium 542.  
 Gallae 446. — Gallen 131. 197. 446.  
 Gallertflechten 337.  
 Gallertthüllen der Samen 263.  
 Galmeipflanzen 145.  
 Gambir 544.  
 Gametangien 283.  
 Gameten 74. 269. 283. — Vereinigung  
 252.  
 Gametophyt 269. 301. 356.  
 Gamopetal 400. — -sepal 400.  
 Garcinia 474.  
 Gardenia 543.  
 Gartenkresse 469.  
 Gasteromyceten 334.  
 Gasbewegung in Pflanzen 193.  
 Gaswechsel in Pflanzen 169. 188. 193.  
 Geaster 336.  
 Gefässbündel 90.  
 Gefässbündelendung 94.  
 Gefässbündelsystem 90.  
 Gefässbündelverlauf 101.  
 Gefässe \*56. \*78. 110.  
 Gefässcryptogamen 357.  
 Gefässpflanzen 124. 268.  
 Gefässstheil 90.  
 Gefässstracheiden \*60. 78.  
 Gegenflüsslerinnen 407.  
 Gehüllfinnen 407.  
 Geisblatt s. Lonicera.  
 Geisselbewegung 45. 214.  
 Geleitzellen 91. 113.  
 Generatio spontanea 4.  
 Generationswechsel 40. 260. 269. 343. 382.  
 Genista (Ginster) 512.  
 Gentiana, Gentianaceae 526. \*527.  
 Georgine 552.  
 Geotropismus 227 ff.  
 Geraniaceae, Geranium \*480.  
 Gerbstoffe 59. 60. 65. 66. 107. 177.  
 Germer 422.  
 Gerste 433.  
 Gesneraceae 538.  
  
 Getreidebrand 323.  
 Getreiderost 327.  
 Gewebe 79.  
 Gewebearten 81.  
 Gewebelehre 79.  
 Gewebespannung 141 ff.  
 Gewebesysteme 82.  
 Gewebevertheilung 95.  
 Gewürznelken 518.  
 Gichtmorchel 336.  
 Giesskannenschimmel 315.  
 Giftlatich 552.  
 Giftreizker 334.  
 Gigartina \*298. 301.  
 Gingko 392. \*393. — Spermatozoen 388.  
 Githago 458.  
 Gitterrost 329.  
 Gladiolus 423.  
 Gleba 334.  
 Gleditschia 510. — Stammdornen \*21.  
 Gliederschote 468.  
 Globoide 63.  
 Gloeocapsa \*7. \*275. 276.  
 Gloeotrichia 277.  
 Gloxinia 538.  
 Glucogen 65.  
 Glucosen im Zellsaft 66. 171. 173 ff.  
 Glucoside 66. 177.  
 Gluma 431.  
 Glumiflorae 429.  
 Glutamin 48. 66. 174.  
 Glycine 514.  
 Glycyrrhiza 511. 514.  
 Gnadenkraut 537.  
 Gnetaceae, Gnetinae, Gnetum \*398.  
 Goldlack 469.  
 Goldregen 513.  
 Gonidien der Flechten 337.  
 Gonolobus 530.  
 Gossypium \*479. — Samenhaare \*86.  
 Gracilaria 301.  
 Gradzeilen 32.  
 Gräser 431.  
 Gramineae \*431. \*432. — Knoten \*234.  
 — Blattscheide \*28.  
 Grana 51.  
 Granatbaum 516.  
 Graphis 339.  
 Grasknoten, geotropisches Verhalten \*234.  
 Grasnelke 523.  
 Gratiola 537.  
 Gravitation, Wirkung auf Pflanzen 197.  
 227.  
 Griffel \*402.  
 Grünalgen 283.  
 Grunales 479.  
 Grundform 6. 11.  
 Grundspirale 33.  
 Grundgewebesystem 94.  
 Guajacum 485.  
 Guava 518.  
 Gummi 59. 60. 81. 178.  
 Gummi arabicum 509.  
 Gummibaum s. Ficus elastica.  
 Gummigutt 474.  
 Gummiharze 60.



- Gummihöhlen 81.  
 Gummosis 59.  
 Gurke 548.  
 Guttapercha 65. 178. 522.  
 Gutti 474.  
 Gymnodinium 280.  
 Gymnospermae \*386 u. f.  
 Gymnosporangium 329.  
 Gynandrae 436.  
 Gynandrisch 256.  
 Gynoeceum 380. \*402.  
 Gynophor 474.  
 Gynostemium 439.  
 Gyromitra 320.  
  
**H**aare 86. — der Wurzel \*154.  
 Habichtschwamm 331.  
 Habitus 23. 222.  
 Hadrom 90.  
 Hadromal 58.  
 Haematococcus 285.  
 Haematoxylin 107.  
 Haematoxylon 510.  
 Haemoglobin 52.  
 Hafer 434.  
 Haftscheiben an Ranken \*238.  
 Haftwurzeln 38. 226.  
 Hagenia \*503. \*504.  
 Haidekraut 520.  
 Hainbuche \*154. 445.  
 HALES' Versuch der Wasserleitung \*158.  
 Halimeda 293.  
 Hallimasch 330.  
 Haloragidaceae 516.  
 Hamamelidaceae 500.  
 Hanf 451.  
 Hängende Samenanlage \*403.  
 Haplocaulisch 22.  
 Haplostemon 405.  
 Hartbovist 334.  
 Harveyella 301.  
 Harz 60. 65.  
 Harzdrüsen 80.  
 Harzcanäle 80. \*108.  
 Harzgallen 80.  
 Hasel 445.  
 Haube 353.  
 Hauptwurzel 38.  
 Hausschwamm 333.  
 Haustorien 39. \*180.  
 Hautgewebesystem 82.  
 Hautschicht 48. — Function bei Osmose  
 149. — Sitz reizbarer Structuren 223.  
 Hedera Helix (Epheu) 494.  
 Hefe s. Saccharomyces 313.  
 Hefeconidien 312.  
 Hefesprossung 312.  
 Hefezellen \*7.  
 Heidelbeere s. Vaccinium.  
 Helianthemum \*472.  
 Helianthus 552.  
 Heliotaktische Bewegungen 215.  
 Heliotropismus 223 ff.  
 Helleborus \*460. 462. — Blattbildung \*29.  
 Helobiae 434.  
 Helvellaceen 320.  
  
 Hemiasci 312.  
 Hemibasidii 322.  
 Hemileia 329.  
 Hepaticae 345. — Gestalt 10.  
 Herba Absinthii 552. — Cannabis 452. —  
 Cardui benedicti 552. — Centaurii 527.  
 — Cochleariae 469. — Conii 498. —  
 Galeopsidis 541. — Hyoscyami 536.  
 — Lobeliae 547. — Millefolii 552. —  
 Meliloti 514. — Origani 541. — Sabiniae  
 397. — Serpylli 540. — Spilanthi 552.  
 — Thymi 541. — Violae tricoloris 473.  
 Herbstholz 106.  
 Herbstzeitlose s. Colchicum.  
 Herkogamie 257.  
 Hermaphrodite 256.  
 Hesperidin 66.  
 Heterobasidien 332.  
 Heterocysten 277.  
 Heteromer 337.  
 Heterophyllie 27.  
 Heterospor 358.  
 Heterostylie \*257.  
 Heubacillus 274.  
 Hexenbesen 314.  
 Hexenei 336.  
 Hexennehl 374.  
 Hexenringe 330.  
 Hibernakeln 249.  
 Hibiscus 479.  
 Hieracium 552.  
 Hildebrandtia 298.  
 Hilus \*412.  
 Himbeere 503.  
 Hippomane 491.  
 Hippuris, Vegetationspunkt \*126.  
 Hirschschwamm 331.  
 Hirschzunge 359.  
 Histogene 129.  
 Histologie 7. 43.  
 Hochblätter 25. 29.  
 Hoftüpfel \*55.  
 Hollunderschwamm 329.  
 Holz 105.  
 Holzfarbstoffe 107.  
 Holzfaser 111.  
 Holzkörper 105.  
 Holzparenchym 111.  
 Holzparenchymatische Gewebeart 110.  
 \*111.  
 Holzstoff 58.  
 Holzstränge 105.  
 Holztheil 90.  
 Homoeomer 337.  
 Homolog 6.  
 Homospor 358.  
 Honigthau des Getreides 318.  
 Hopea 474.  
 Hopfen 451.  
 Hopfenbitter 452.  
 Hordeum 433. 434. — Wurzelscheitel \*128.  
 Hormogonien 277.  
 Hortensie 500.  
 Hosta, Adventivkeime \*250.  
 Huflattich 552.  
 Hülspeize 431.

- Hülse 413.  
 Hülsenfrüchte s. Leguminosen.  
 Humulus \*451. — Drüsenhaare \*87.  
 Humusbewohner 39. 182.  
 Humussäuren im Boden 155.  
 Humustheorie 167.  
 Hundspetersilie 498.  
 Hura crepitans 262.  
 Hyacinthus 422.  
 Hyaloplasma 48.  
 Hybride 258 ff.  
 Hydathoden 88. 101. 165.  
 Hydneen, Hydnum 331. \*333.  
 Hydrangea 500.  
 Hydrastis 462.  
 Hydrocharitaceae 435.  
 Hydrolapathum 299. — \*Gestalt \*9. 10.  
 Hydrophyllaceae 532.  
 Hydropteriden 364.  
 Hydrophile 253.  
 Hydrotropismus 234. 252.  
 Hygroskopische Krümmungen \*219. 220. 262.  
 Hylocomium 356.  
 Hymenium 306. 329.  
 Hymenogastreen 334.  
 Hymenolichenen 341.  
 Hymenomyceten 329.  
 Hymenophyllaceen 362.  
 Hyoscyamus \*384. \*534. 536.  
 Hypericaceae, Hypericum \*473.  
 Hyphaene 425.  
 Hyphen 304. — vielkernig 50. — Verschmelzung 79.  
 Hyphomycetes 304.  
 Hypnum \*355. 356.  
 Hypocotyl 41.  
 Hypoderma 96.  
 Hypogäisch 264. \*412.  
 Hypogyn \*404.  
 Hyponastie 221. 236.  
 Hypothecium 320.  
 Hysterophyta 518.  
  
**I**dioblasten 61. 95.  
 Ilex \*487.  
 Imbibition 149. 203. 219.  
 Imbibitionskrümmungen 219.  
 Imbibitionstheorie 160.  
 Immergrün 528.  
 Impatiens \*482. — Collenchym \*57. — Epidermis \*84. — Gefäßbündel-Endigung \*94.  
 Indigo, Indigofera 513. — rother 340.  
 Indusium 361.  
 Infektionskrankheiten 184.  
 Inflorescenz \*415. \*416.  
 Infusorienerde 279.  
 Ingwer 436.  
 Innovations spross 22.  
 Insecten als Befruchtungsvermittler 254.  
 Insectenblüthige 254.  
 Insectenpulver 552.  
 Insectivoren \*34. \*186. \*187.  
 Integumente 382.  
 Intercalares Wachsthum 17. 206.  
 Intercellularräume 80. 193.  
 Intercellularsubstanz 81.  
 Interfasciculare cambium 104.  
 Internodien 17.  
 Intine 358. 381.  
 Intramoleculare Athmung 184. 191.  
 Intrors 401.  
 Intussusceptions-Wachsthum 54. 203.  
 Inula 552.  
 Inulin 66. 177.  
 Invertin 48.  
 Invertirende Fermente 175. 184.  
 Inzucht 255.  
 Ipomoea 531.  
 Iridaceae, Iris 423. \*424. — Diagramm \*32. — Wurzelcentralcylinder \*98.  
 Irisiren von Algen 195.  
 Irländisches Moos 301.  
 Isatis 469.  
 Isländisches Moos 339.  
 Isoetaceae, Isoetes \*377.  
 Isogamie 269. 283.  
  
**J**ahresperiode 210.  
 Jahresringe 106.  
 Jasminum 525.  
 Jatrorrhiza \*464. 466.  
 Jod, in Meeresalgen 150. 298.  
 Jodprobe \*171.  
 Johannisbeere 500.  
 Johannisbrodbaum s. Ceratonia.  
 Judasbaum 510.  
 Judasohr 329.  
 Jugendformen 42.  
 Juglandaceae, Juglans \*446. 448.  
 Juncaceae, Juncus \*419. 420.  
 Juncaginaceae 435.  
 Jungermanniaceen 348.  
 Juniperus (Wachholder) \*392. 394. \*397.  
  
**K**ältestarre 244.  
 Kaffee 543.  
 Kaffeeblätter-Pilz 329.  
 Kahlhaut 273. 313.  
 Kahlpilz 313.  
 Kaiserkrone 422.  
 Kalipflanzen 148.  
 Kalium in Pflanzen 145 ff. 173.  
 Kaliumoxalat 66.  
 Kalk in Pflanzen 145 ff. 173.  
 Kalkschüppchen der Steinbrecharten 85. 165.  
 Kalmus 428.  
 Kalyptrogen 129.  
 Kamala 491.  
 Kamille 552.  
 Kampf ums Dasein 2.  
 Kampfer 65. 467.  
 Kappern 469.  
 Kapsel \*413.  
 Kapuzinerkresse 480.  
 Kartoffel 535.  
 Kartoffelpilz 308.  
 Karyokinese 67.  
 Kastanie 445.  
 Kätzchen 417.

- Kautschuk 60. 65. 178. 450.  
 Keim 39. — der Phanerogamen 383. —  
   Entwicklung bei den Angiospermen  
   \*410.\*411. — bei Gymnospermen \*388 u. f.  
 Keimblätter 41.  
 Keimfähigkeit der Samen 263.  
 Keimkanäle der Samen \*264.  
 Keimung 39. 263. 384. 412.  
 Kelch 400.  
 Kelchblätter 30.  
 Kelp 298.  
 Kerbelkraut 498.  
 Kern s. Zellkern 44. 107.  
 Kernfaden 67.  
 Kerngummi 107.  
 Kernhölzer 107.  
 Kernkörperchen 50. 67. — s. Nucleoli.  
 Kernpilze 317.  
 Kernplatte 67.  
 Kernsaft 50.  
 Kernsegmente 67.  
 Kernspindel 67. \*68. \*69.  
 Kerntheilung 67. — mitotische 67. \*68.  
   — directe amitotische \*71. — freie  
   Kerntheilung 73.  
 Kernwand 50.  
 Kerria 503.  
 Kiefer 395.  
 Kieselalgen 278.  
 Kieselgühr 147. 279.  
 Kieselkörper 64. 148.  
 Kieselsäure 59. 108. 147 ff.  
 Kiesel skelet 147.  
 Kinoplasma 49.  
 Kirsche 503.  
 Kirschlorbeer 504.  
 Klapper, Klappertopf 537.  
 Klauen 539.  
 Klebermehl 63.  
 Klee 513.  
 Kleeseide \*180. — s. Cuscuta.  
 Kleistogame Blüten 208. 255.  
 Klette 552.  
 Kletterpflanzen 231. 236.  
 Klinostat 235.  
 KNIGHT's geotropische Versuche 227.  
 Knoblauch 422.  
 Knollen 19.  
 Knollenblätterschwamm 334.  
 Knospe 14.  
 Knospendeckung 30.  
 Knospenlage 30.  
 Knospenschuppen \*17. 29.  
 Knospenvariationen 131.  
 Knoten 17.  
 Knöterich 454.  
 Kobaltprobe 164.  
 Kochsalz in Pflanzen 147. 150. 167.  
 Königsfarn 362.  
 Köpfchen 417.  
 Körnerplasma 48.  
 Kohl 469.  
 Kohlehydrate 66. 171.  
 Kohlenoxydgas 172.  
 Kohlensäure-Assimilation 167 ff. — als  
   Athmungsproduct 189 ff.  
 Kohlenstoff in Pflanzen 144. 167. 179.  
 Kohlhernie 271.  
 Kohlrabi 469.  
 Kola 478.  
 Kolben 417.  
 Kommabacillus \*275.  
 Kompasspflanzen 226.  
 Kopfschimmel 310.  
 Korinthen 488.  
 Kork 119.  
 Korkeambium s. Phellogen 118.  
 Korkeiche 446.  
 Korkrinde 120.  
 Korkstoff 58.  
 Kornelkirsche 493.  
 Kornrade 458.  
 Kräuter 23.  
 Krameria \*507. 510.  
 Krankheiten 131. 184.  
 Kreisende Bewegung der Schlingpflanzen  
   221. 231.  
 Kresse s. Nasturtium.  
 Kreuzdorn 488.  
 Kreuzung 255 ff.  
 Kreuzungseinrichtungen 255 ff.  
 Krone 400.  
 Kronblätter 30.  
 Krummholzkiefer 396.  
 Krümmungsbewegungen 218 ff.  
 Krystalldrüsen 64.  
 Küchenschelle 402.  
 Küchenzwiebel 422.  
 Kürbis 548.  
 Kugeltriebe 18.  
 Kupferwirkung auf Pflanzen 145.  
 Kurztriebe 16.  
 Labellum 436. 438. \*439.  
 Labiatae, Labiatiflorae \*538. 539.  
 Lachnea \*320.  
 Lackmus 339.  
 Lactarius 334.  
 Lactuca \*551. 552.  
 Lactucarium 552.  
 Lärche 396.  
 Lamina 25.  
 Laminaria, Laminariaceen 293. \*294.  
 Lamium 540.  
 Langtriebe 17.  
 Lappa \*549. 552.  
 Larix 396.  
 Lateral-Geotropismus 231.  
 Lathraea 538.  
 Lathyrus, Blattranke \*35.  
 Lattich s. Lactuca.  
 Laubblatt \*12. 25. — Metamorphose 34.  
   — Bau \*100.  
 Laubfall 212.  
 Laubmoose 349. — Leitbündel 90. \*124.  
 Laubspross 22.  
 Laudatea 341.  
 Lauraceae, Laurus \*465. \*466. 467.  
 Lavendula, Lavendel 540. 541.  
 Lebensbaum 395.  
 Lebensbedingungen 134 ff.  
 Lebensdauer 23. 210.

- Lebenserscheinungen 134 ff.  
 Lebenskraft 5. 136. 148. 192.  
 Lebensperioden 210.  
 Lebermoose 345. — Gestalt 10. — Struktur 123.  
 Ledum 521.  
 Legumen 413.  
 Leguminosae 505.  
 Leimzotten s. Colleteren 88.  
 Lein s. Linum.  
 Leindotter 469.  
 Leitbündel der Laubmoose 90. \*124.  
 Leitscheiden 176.  
 Lemanea 298.  
 Lemna, Lemnaceae 428. \*429.  
 Lenticellen 121.  
 Leocarpus \*271.  
 Leontodon. Öffnen und Schliessen der Blütenköpfechen \*239.  
 Lepidium 469.  
 Lepiota 334.  
 Leptom 90.  
 Leptomin 65. 174.  
 Leptosporangiate Farne 362.  
 Leptothrix \*8. 272.  
 Lessonia 293.  
 Leuchten von Pflanzen 194.  
 Leuchtmoos 195. 355.  
 Leucin 174.  
 Leucobryum 350.  
 Leucojum 423.  
 Leuconostoc \*274.  
 Leucoplasten 51. 52. 62.  
 Levisticum 498.  
 Levkoje 469.  
 Lianen, Gefässlänge 79. — Grösse der Markstrahlen 111. — Dickenzuwachs 116.  
 Libriformfaser 111.  
 Lichen islandicus \*338. 341.  
 Lichenes 336. — s. Flechten.  
 Licht als Lebensbedingung 137. — die Assimilation bedingend 169. — die Bildung von Chlorophyll bedingend 170. — Einfluss auf Adventivbildungen 197. — -Wachstum 207. — Cilienbewegung beeinflussend 215. — als Ursache des Heliotropismus 223.  
 Lichtwechsel als Bewegungsreiz 239. — Geotropismus verändernd 234.  
 Licmophora \*278.  
 Lignin 58.  
 Lignum Guajaci 485. — Haematoxyli 510. — Juniperi 397. — Quassiae 485. — Santali rubrum 514. — Sassafras 467.  
 Ligula der Gräser 28. 431. — von Selaginella 377. — von Isoetes 377.  
 Ligustrum 525.  
 Liliaceae \*420. \*421. \*422. \*423.  
 Lilie 422.  
 Liliiflorae 419.  
 Lilium 422. — Kernspindel \*69. — Befruchtung 408. — Plasmaverbindungen \*77.  
 Limone 484.  
 Linaceae \*481.  
 Linaria 537. — cymbalaria 227. 263.  
 Linde 477.  
 Linin 50. 67.  
 Linkswinder 232. \*233.  
 LINNÉisches System 266.  
 Linse 513.  
 Linum (Lein) \*481.  
 Liquidambar 500.  
 Liriodendron 464.  
 Lobelia, Lobeliaceae 546. 547. — Blüten-drehung 230.  
 Loculicid \*413.  
 Lodiculae 431.  
 Löcherschwämme 332.  
 Löwenmaul 537.  
 Loganiaceae \*526.  
 Lohblüthe 270.  
 Lolium \*434.  
 Lonicera 544.  
 Lophospermum. Blattstielranken \*238.  
 Lorantheaceae, Loranthus 181. \*519.  
 Lorbeer 467.  
 Lorchel 320.  
 Lotosblume 464.  
 Luftspalten 85, s. auch Spaltöffnungen. — Anzahl 161. — Weite 161. — Function 161 ff.  
 Luftverdünnung im Holzkörper 159.  
 Luftwurzeln 36. 38. 89.  
 Lungenkraut 532.  
 Lupulin 88. — Lupulinum 452.  
 Luxurirender Wuchs bei Bastarden 259.  
 Lycoperdon 335.  
 Lycopersicum 535.  
 Lycopodiaceen 372. — Verzweigung \*15.  
 Lycopodinen 372.  
 Lycopodium 372. \*373. \*374. — Stengelquerschnitt \*97.  
 Lysigene Intercellularen 80.  
 Lythraceae, Lythrum 518.  
  
**M**aceration 81.  
 Macis 465.  
 Macrocystis 293. \*294.  
 Macrosporangium 358. 381.  
 Macrosporen 358.  
 Magnesium in Pflanzen 145 ff. 173.  
 Magnolia, Magnoliaceae 464.  
 Mahonia 466.  
 Maiglöckchen s. Convallaria.  
 Mairan 540.  
 Mais 434.  
 Maisbrand 323.  
 Majanthemum 422.  
 Malacophilie 255.  
 Mallotus 491.  
 Maltum (Malz) 434.  
 Malva, Malvaceae \*478. \*479.  
 Mammuthbaum 396.  
 Mandel 503.  
 Mangan in Pflanzen 148.  
 Mangrove 39.  
 Manihot, Mandiok 491.  
 Manna 526.  
 Mannit 298.

- Maranta, Marantaceae 438.  
 Marattia, Marattiaceen \*362.  
 Marchantia \*123. \*342. \*346. \*347.  
 Marchantiaceen 345.  
 Mark 95. 96. 99.  
 Markkronen 106.  
 Markstrahlen 96. 105. 114.  
 Marsilia, Marsiliaceen 364. \*365. 369.  
 Maser, Maserbildung 122.  
 Massula 368.  
 Mastix 485.  
 Mate 487.  
 Matricaria \*549. 552.  
 Maulbeerbaum 450.  
 Maximum 137. 207.  
 Mechanische Zellen 60. — Gewebe 142.  
 \*143 — Reize 197. 216. 236.  
 Medicago 513. — Wollläuse 262.  
 Meerrettig 469.  
 Meersalat 286.  
 Mehlthau 315.  
 Melandryum \*457.  
 Melastomaceae 517.  
 Melilotus 514.  
 Melissa \*540. 541.  
 Melone 548.  
 Melonenbaum 474.  
 Melosira 279.  
 Membran 53. — -Stoffe 57.  
 Menispermaceae 466.  
 Mentha \*539. 540. 541.  
 Menyanthes 527.  
 Mercurialis \*490. 491. \*492. — Epidermis  
 \*84.  
 Mericarpium 496.  
 Merismopedia 276.  
 Meristeme 82. 125.  
 Merocarpisch \*414.  
 Merulius 333.  
 Mesocarpiceen 282.  
 Mesophyll 99.  
 Mespilus 503.  
 Mestom 90.  
 Metamorphose 6. 11.  
 Metaphasen 70.  
 Metaplasma 48.  
 Metzgeria 348. — Scheitelzelle \*125.  
 Micelle 204.  
 Micrasterias \*282.  
 Micrococcus \*8. \*275.  
 Microcyste 270.  
 Microsporangium 358. 381.  
 Microsporen 358.  
 Mikropyle 382.  
 Mikrosomen 48.  
 Milch-Röhren \*60. 178.  
 Milchgefäße 76. \*78.  
 Milchsaft 60. 76. 178.  
 MILLON'sches Reagens 47.  
 Milzbrand-Bacillus \*275.  
 Mimosa 508. — Bewegungen 243.  
 Mimosaceae 506.  
 Mineralstoffe im Plasma 48. — in Pflan-  
 zen 145. 151 ff. — bei Eiweissynthese  
 173.  
 Minimum 137. 207.
- Minze 540.  
 Mispel 503.  
 Missbildungen 131.  
 Mistel 519.  
 Mittellamelle 81.  
 Mittelständige Fruchtknoten \*404.  
 Mitose 67.  
 Mniun \*353. 354. — Stengelquerschnitt  
 \*124.  
 Möhre 498. — s. Daucus.  
 Mohn 471.  
 Mohrhirse 434.  
 Molecularstruktur 203.  
 Monadelphisch (verwachsenblütl. Androe-  
 ceum) 401. \*402.  
 Mondraute \*362.  
 Monoblepharis, Monoblepharidaceen \*307.  
 Monochasium 417.  
 Monocotylen, Monocotyledones 410. 417.  
 — Uebersicht 385.  
 Monöcisch 256. 380.  
 Monopodiale Verzweigung \*13.—Blüthen-  
 stände 415.  
 Monopodium \*13.  
 Monosymmetrisch 12. 406.  
 Monotropa 521.  
 Monstera 428.  
 Monstrositäten 131.  
 Mooskapsel 344.  
 Moospflanzen 341.  
 Moraceae 450.  
 Morchella \*313. \*320.  
 Morchelpilze 320.  
 Morin 107.  
 Morphin 178.  
 Morphologie 6.  
 Morus 450.  
 Mosaikbastarde 259.  
 Mucor \*310. \*311.  
 Mucuna, Stammquerschnitt \*116.  
 Multilateral 11.  
 Mumienweizen 151.  
 Musa, Musaceae 436.  
 Muscardine 319.  
 Muscari 422.  
 Muscarin 177.  
 Musci 349.  
 Muscus helminthochortus 301.  
 Muskatnuss 465.  
 Mutterkorn 319.  
 Mycelium 304.  
 Mycetozoa 269.  
 Mykorrhiza 182.  
 Myosotis 532.  
 Myrica, Myricaceae 448.  
 Myristica, Myristicaceae \*463. \*464.  
 465.  
 Myrmecodia 186.  
 Myrmecophyten 186.  
 Myrosin 61.  
 Myrrha 484.  
 Myrsiphyllum, Rechtswinder \*233.  
 Myrtaceae, Myrtiflorae 515. \*517. \*518.  
 Myrtus, Myrte 518.  
 Myxoamöben \*46. 270.  
 Myxomyceten 269. — Plasmodien \*46.

- N**abel \*412.  
 Nachtstellung der Blätter 240. 241. \*242.  
 Nachwirkungen 228. 240. 242.  
 Nackte Blüthe 380.  
 Nadelhölzer s. Coniferen.  
 Nährgewebe 383. \*411. 412.  
 Nährlösungen 147.  
 Nährstoffe 145 ff.  
 Nährwasser 152.  
 Najadaceae, Najas 436.  
 Narbe \*402.  
 Narbenfeuchtigkeit 165.  
 Narcissus 423.  
 Nasturtium 469.  
 Natrium in Pflanzen 147.  
 Natriumoxalat 66.  
 Natterkopf 532.  
 Navicula \*279.  
 Nebenblätter 24. 28.  
 Nebenzellen 84. — Function 162.  
 Neckera 356.  
 Nectria 318.  
 Negative Reizbewegungen 223 ff.  
 Nektarien 83. 89. 165. 404. — an Ameisen-  
 pflanzen 185. 186.  
 Nelke 457.  
 Nelkenpfeffer 518.  
 Nelumbium 464.  
 Nepenthes \*34. — Thierfang \*188.  
 Nerium \*528.  
 Nervatur 26. \*163. 418. 442.  
 Nessel 452.  
 Netzgefäß 78.  
 Neubildungen 197.  
 Nicotiana \*532. 533. \*534. 535.  
 Nicotin 178.  
 Niederblätter 25. 29.  
 Niesswurz 422. 462.  
 Nitella 302. — Turgordehnung \*140.  
 Nitratbakterien 145. 170. 192. 275.  
 Nitrate im Zellsaft 66. — bei Eiweiss-  
 synthese 173. 174.  
 Nitrification 145.  
 Nitritbakterien 145. 170. 192. 275.  
 Nodi 17.  
 Nolanaceae 533.  
 Nostoc \*277. — endophytisch 185. 348. 366.  
 Nostocaceen 276.  
 Nucellarembryonen \*250.  
 Nucellus 382.  
 Nucleine 47. 173.  
 Nucleoli 50. 67.  
 Nucleus 44. — s. Zellkern.  
 Nuphar 462.  
 Nuss \*413. 414.  
 Nutationen 221.  
 Nux 414.  
 Nyktitropische Bewegungen 239. 240. 241.  
 \*242.  
 Nymphaea, Nymphaeaceae \*462. \*463.  
  
**O**bdiplostemon \*405.  
 Oberblatt 24.  
 Oberhaut 82. 95. — s. Epidermis.  
 Oberständig 404.  
 Ochrea 29. \*453.  
 Ochrolechia 339.  
 Oculiren \*201.  
 Oecologie 134.  
 Oedogonium \*289.  
 Oelbaum 525.  
 Oele 65. — ätherische 65. 178. — Vgl. auch  
 Oleum.  
 Oelgänge 80.  
 Oelkörper bei Lebermoosen 124. 346.  
 Oelpalme 427.  
 Oenanthe 498.  
 Oidium 315.  
 Olea, Oleaceae \*524. \*525.  
 Oleander s. Nerium.  
 Oleum Aurantii florum 484. — Cacao  
 478. — cadinum 397. — Cocos 427. —  
 Crotonis 491. — Macidis 465. — Oli-  
 varum 526. — Pini Pumilionis 397. —  
 Ricini 492. — Rosae 504. — Rosmarini  
 541. — Santali 519. — Terebinthinae  
 397.  
 Olibanum 485.  
 Olive 525.  
 Onagraceae \*515.  
 Onoclea, Spermatozoid \*75.  
 Ononis 514.  
 Ontogenie 1. 6. 39. 67. 124.  
 Oogamie 269. 283.  
 Oogonien 283.  
 Oomyceten 307.  
 Oosphäre 269. 283.  
 Oospore 269.  
 Opalisiren 195.  
 Ophioglossaceen, Ophioglossum 363.  
 Ophrys 440.  
 Opium 178. 471.  
 Optimum 137. 207.  
 Opuntia, Opuntinae 475. — Flachsprosse  
 \*20.  
 Orange s. Citrus.  
 Orchidaceae \*438. \*439. \*440.  
 Orchis \*439. — Knolle \*38.  
 Organographie 7.  
 Orientierungsbewegungen des Plasmas 217.  
 Orientierungstorsionen 230.  
 Origanum 540. 541.  
 Ornithogalum 422. — Endosperm \*56.  
 Ornithophil 254.  
 Orobanche 181. 538.  
 Orseille 339.  
 Orthostichen 32.  
 Orthotrop 222.  
 Oryza \*433. 434.  
 Oscillaria \*276. — Bewegung 216.  
 Osmose s. Diosmose.  
 Osmunda, Osmundaceen \*362.  
 Osterblume 462.  
 Ovulum 381.  
 Oxalidaceae, Oxalis 480.  
 Oxalsäure bei Eiweissbildung 174.  
 Oxalsaurer Kalk 59. 61. 64. 174.  
 Oxalsaurer Kali 66. 174.  
  
**P**aenonia \*380. 459. — Blüthe \*29.  
 Palaquium \*521.  
 Palea 360. 431.

- Palissadenparenchym, Palissadenzellen 100.  
 Palmae (Palmen) 425. \*426. 427.  
 Palmellastadium 288.  
 Palmentypus der Gefäßbündel \*103.  
 Palmöl 427.  
 Palmwein 157.  
 Pandanaceae 429.  
 Pangium edule, Blausäure 178.  
 Panicula 417.  
 Papaveraceae, Papaver (Mohn) \*470. 471.  
 Papilionaceae \*509. 510.  
 Papillen 86.  
 Pappel 444.  
 Pappus 551.  
 Papyrus 431.  
 Paraguaythee 487.  
 Paranuss s. Bertholletia.  
 Paraphysen von Fucus 297. — der Fadenpilze 306. 329. — — Laubmoose 351.  
 Parasiten 21. 39. 178 ff. \*180. — Einfluss auf Gestaltung 131.  
 Parasolschwamm 334.  
 Parastichen 32.  
 Paratonische Krümmungen 222. 241.  
 Parenchym 81.  
 Paris \*421. 422.  
 Parthenogenesis 76. 251. 304.  
 Passiflora, Passifloraceae \*474.  
 Paulownia 537.  
 Pectinstoffe 58. 81.  
 Pediastrum \*284.  
 Pelargonium 480.  
 Pellia 348.  
 Pelorie 407.  
 Penicillium \*316.  
 Pepsin 48.  
 Pepton 145.  
 Peptonisierende Fermente 175. — — in Milchsäften 60. 178. — — bei Insectivoren 187.  
 Perennierende Pflanzen 23.  
 Perianth 400.  
 Periaxiales Holz 117.  
 Periblem 128.  
 Pericambium 96. 99.  
 Pericarp 413.  
 Perichaetium 351.  
 Pericykel 96. 99. 116. 117.  
 Periderma 118.  
 Peridermium 328. 329.  
 Peridie 270. 326. 334.  
 Peridineae, Peridinium \*280.  
 Perigon 400.  
 Perigyn \*404.  
 Periklinen 127.  
 Perinium 358.  
 Periplasma 309. 358.  
 Perisperm 383.  
 Perisporiaceen, Perisporieen 314. 315.  
 Peristom 220. 354.  
 Perithecium 317.  
 Permeabilität 139. 149.  
 Pernambukholz 510.  
 Peronosporieen, Peronospora 307. \*309.  
 Persio 340.  
 Personatae 532.  
 Petala 400.  
 Petersilie 498.  
 Petiolus 25.  
 Petroselinum 498.  
 Peziza \*319.  
 Pfaffenhütchen 487.  
 Pfahlwurzel 38.  
 Pfeffer 453.  
 Pfeilgift 526.  
 Pfifferling 334.  
 Pfirsich 503.  
 Pflaume 503.  
 Pfropfen \*201.  
 Pfropfhybride 200. 260.  
 Phaeophyceen 293.  
 Phaeosporieen 295.  
 Phajus, Stärke, Leucoplasten \*61.  
 Phalloideen, Phallus \*335. 336.  
 Phanerogamen 266. 379. — Befruchtung \*75.  
 Pharbitis, linkswindend \*233.  
 Phascaceae, Phascum \*343. 353.  
 Phasen des Wachstums 196.  
 Phaseolus 513. — Stärke \*61.  
 Pheloderma 120.  
 Phellogen 118.  
 Phellonsäure 58.  
 Philadelphus 500.  
 Phileum 432.  
 Phloëm 90.  
 Phloeoterma 96.  
 Phlox 531.  
 Phoenix \*426.  
 Phormium, Blattquerschnitt \*143.  
 Phosphate im Zellsaft 66. — bei Eiweiss-synthese 173.  
 Phosphor in Pflanzen 146 ff. — in Eiweiss-körpern 173.  
 Phosphoresirenden von Pflanzen 195.  
 Photometrie 227.  
 Photosynthese 169.  
 Phototaktische Bewegungen 215.  
 Phycoecyan 52. 275.  
 Phycoerythrin 52. 299.  
 Phycomyceten 306.  
 Phycophaein 52. 294.  
 Phyllocladien \*20. \*233.  
 Phyllocladien 36. \*42. 166. 226.  
 Phylogenie 1. 122.  
 Physikalische Eigenschaften 134. 219.  
 Physiologie 5. 133.  
 Physoden 48.  
 Physostigma, Physostigminum 514.  
 Phytelephas, veget. Elfenbein 59. 177. \*411. 427.  
 Phytophthora \*308.  
 Phytoteratologie 131.  
 Phytotomie 7.  
 Picea \*388. \*389. 395.  
 Piceaena 485.  
 Pilaere 329.  
 Pilobolus 312. — Sporangien abschleudernd 224. 262.  
 Pilocarpin 172. 178.  
 Pilocarpus \*481. 482. 484.

- Pilostyles, Schmarotzerthum 181.  
 Pilularia \*365. 369.  
 Pilze 268. — Nährstoffe 145. — Ernährung 179 ff. — bei Mykorrhiza 182. — Leuchten 195. — Pilzgärten 186.  
 Pilzthiere 269. — s. Myxomycetes.  
 Piment 518.  
 Pimpinella 498.  
 Pinaceae 394.  
 Pinguicula 538. — Thierfang 187.  
 Pinnularia \*8.  
 Pinselschimmel 316.  
 Pinus \*386. 395. \*396. — Hoftüpfel \*55. — Siebröhren \*56. — Bast \*110. — Holz \*106. \*108. \*109.  
 Piper, Piperaceae 452. \*453.  
 Pirola, Pirolaceae 521.  
 Pirus 503. — Peridermbildung \*119.  
 Pistacia 485.  
 Pistill 402.  
 Pisum (Erbsen) 513. — Blattranken \*35.  
 Pix liquida 397.  
 Placenta, Placentation \*403.  
 Plagiochila \*10. 349.  
 Plagiotrop 222.  
 Plankton 279. 280.  
 Planogameten 283.  
 Plantaginaceae, Plantago \*537. 538. — Protogynie \*256.  
 Plasma s. Protoplasma 44.  
 Plasmodiophora 271.  
 Plasmodium \*46. 79. 269. — Bewegung 214.  
 Plasmolyse \*140.  
 Plasmopara 308.  
 Platanaceae, Platanus 500.  
 Pleiochasium 417.  
 Plerom 128.  
 Pleurocarpae 356.  
 Pleurosigma 280.  
 Plumbaginaceae, Plumbago \*523.  
 Poa 432.  
 Podetien 340.  
 Podophyllum, Podophyllum 466.  
 Podospora \*317.  
 Polarität 198.  
 Polemoniaceae, Polemonium 531.  
 Pollen 381. — Uebertragung 253 ff.  
 Pollenkammer 391.  
 Pollenkörner \*57. 381.  
 Pollenmutterzelle 381.  
 Pollensack 381.  
 Pollinium = Pollinarium \*439.  
 Polyarch 99.  
 Polycarpicae 458.  
 Polycarpum, Kleistogamie 255.  
 Polyembryonie \*250. 411.  
 Polygala, Polygalaceae \*481. \*482.  
 Polygam 380.  
 Polygonaceae 452. \*453. 454. 455.  
 Polygonatum 422. — Rhizom \*18. — Blattnervatur \*418.  
 Polygoninae 452.  
 Polygonum 454.  
 Polypodiaceae 361. \*Polypodium 359. \*362. \*363.  
 Polyporeen 332.  
 Polyporus \*332.  
 Polytomie 13.  
 Polytrichum 350. \*355.  
 Pomeranze 484.  
 Populus \*443. 444. — Knospe \*31.  
 Poricid \*413.  
 Positive Reizbewegungen 223 ff.  
 Potamogeton \*435.  
 Potentilla 503.  
 Prähaustorien 180.  
 Preisselbeere s. Vaccinium.  
 Primordialblatt 24.  
 Primordialschlauch 45.  
 Primel s. Primula.  
 Primula 523. — Drüsenhaare \*87. — Heterostylie \*257.  
 Primulaceae, Primulinae 522. 523.  
 Procambiumstränge 92.  
 Profilstellung 217.  
 Promycel 325.  
 Prophasen 70.  
 Prosenchyme 81.  
 Protandrie 256. \*258.  
 Proteaceae 489.  
 Proteinsubstanzen, -Krystalle 177. — Synthese 173.  
 Proterandrisch 256. \*258.  
 Proterogyn 256.  
 Prothallium 356. 387. \*388. 407. \*408.  
 Protobasidien 324.  
 Protobasidiomycetes 325.  
 Protococcoideae 284.  
 Protogynie \*256.  
 Protomyces \*312.  
 Protonema \*343.  
 Protophloem 93.  
 Protoplasma 44. 45. 48. 134. 214.  
 Protoplast 44.  
 Protosiphon \*290.  
 Protoxylem 93.  
 Prunus \*502. 503. \*504. — Knospenschuppen, Blatt \*28.  
 Psalliota \*333. 334.  
 Pseudoparenchym 304.  
 Pseudopodium 352. 353.  
 Psidium 518.  
 Pteridophyten 356. — Gefäßbündel 91. 98. — sekundäre Gewebe 104. — Scheitelzellen 126.  
 Pteris \*357. 362. — Treppengefäß \*78. — Gefäßbündelcylinder \*93. — Rhizom \*97. — Vegetationspunkt der Wurzel \*127.  
 Pterocarpus 514.  
 Puccinia \*326. \*327. \*328.  
 Pulpa prunorum 504. — Tamarindorum 510.  
 Pulque 157.  
 Punica, Punicaceae \*515. \*516. 517.  
 Pykniden, Pyknosporen, Pyknoconidien \*317. 326. \*328. \*340.  
 Pyramidenpappel 444.  
 Pyrenoide 281.  
 Pyrenolichenen 341.  
 Pyrenomyceten 317.  
 Pyxidium \*413.



- Quassia** \*484. 485.  
 Quellstifte 298.  
 Quellung 149. 203.  
 Quellungskrümmungen 219.  
 Quendel 540.  
**Quercus** (Eiche) 445. \*446. — Borke \*120.  
**Quillaja** \*503. 504.  
 Quirl 31.  
 Quitte 503.
- Racemös** 415.  
 Radiär 12. 406.  
 Radicula 41.  
**Radix** Althaeae 479. — Angelicae 498. —  
 Arnicae 552. — Bardanae 552. — Bella-  
 donnae 536. — Colombo 466. — Gen-  
 tianae 527. — Helenii 552. — Ipeca-  
 cuanhae 544. — Levistici 498. — Li-  
 quiritiæ 514. — Ononidis 514. —  
 Pimpinellae 498. — Pyrethri 552. —  
 Ratanhiae 510. — Rhei 455. — Sarsa-  
 parillae 428. — Sassafras 423. — Sene-  
 gae 482. — Taraxaci 552. — Valeria-  
 nae 545.  
**Rafflesia**, Rafflesiaceae 518.  
 Ranken 21. 34. 236. \*237. \*238.  
 Rankenplatterbse s. Lathyrus.  
**Ranunculaceae**, \*Ranunculus \*458. \*459.  
 \*460. \*461. \*462. — Fluitans, Hetero-  
 phyllie \*26. — Gefäßbündel \*92.  
**Raphanus** \*468.  
 Raphe 278. 382.  
 Raphiden 61. 64. \*65.  
 Raps 469.  
 Raute 484.  
 Raygras 434.  
 Receptaculum 361. 403.  
 Rechtswinder 232. \*233.  
 Rectipetal 236.  
 Reducirt 7.  
 Regenerationen 198.  
 Reis 434.  
 Reizbare Strukturen 136. 223. 233. —  
 Pflanzen 243 ff.  
 Reizbarkeit 4. 135. 223. 243.  
 Reizbewegungen s. Paratonische Bew.  
 Reize 135. — Leitung 223. 244.  
 Reizker 334.  
 Reizwirkungen s. Reizbarkeit.  
 Rennthierflechte 340.  
**Resedaceae**, Reseda 471. — Vielzellbil-  
 dung \*73.  
 Reservestoffe 61. 176.  
 Resina Dammar 397. 474.  
 Rettig 469.  
 Rhabarber 454. 455.  
 Rhabdonema 279.  
**Rhamnaceae**, Rhamnus \*487. 488.  
 Rheotaxis 216.  
 Rheotropismus 235.  
 Rheum \*454. \*455.  
 Rhizinen 339.  
 Rhizobium \*182. 275.  
 Rhizocarpeen 264.  
 Rhizoiden 11. 351.  
 Rhizom \*18.
- Rhizoma Calami 428. — Filicis 359. 364. —  
 Galangae 437. — Graminis 434. —  
 Hydrastis 462. — Iridis 424. — Veratri  
 423. — Zedoariae 437. — Zingiberis  
 437.  
 Rhizomorpha 330. — Leuchten 194.  
 Rhizophora, Keimlinge 263.  
 Rhizopus, futhende Bewegung 218.  
 Rhododendron 521.  
 Rhodomela 301.  
 Rhodophyceen s. Rothalgen 10. 290.  
 Rhoeadinae 467.  
 Ribes \*499. 500.  
 Riccia, Ricciaceen \*10. \*345.  
 Richardia 428.  
 Richtungsbewegungen 214 ff.  
 Ricinus communis \*491. 492. — Aleuron,  
 Oel \*63.  
 Riedgräser s. Cyperaceen.  
 Rinde, primäre 95. — secundäre 113.  
 Rindensporen s. Lenticellen.  
 Ringelborke 120.  
 Ringelblume 552.  
 Ringelschnitt 175.  
 Rispe \*416. 417.  
 Robinia, Blattdornen \*35. — Thyllen \*107.  
 Roccella 339.  
 Roestelia 328. 329.  
 Roggen 443.  
 Rohr, spanisches 427.  
 Rohrzucker 66. 456.  
 Rosa (Rose) 503. 504.  
**Rosaceae**, Rosiflorae \*500.  
 Rosmarinus 540. 541.  
 Rosskastanie 486.  
 Rostellum \*439  
 Rostpilze 325.  
 Rotang 427.  
 Rotation des Protoplasmas 49. 217.  
 Rothalgen 298. — Gestalt \*9. 10.  
 Rothblättrige Pflanzen 169.  
 Rothbuche s. Fagus.  
 Rother Schnee 285.  
 Rothanne s. Tanne.  
 Rotirende Bewegung der Schlingpflanzen  
 231. 236.  
 Rozites 186. 334.  
**Rubiaceae**, Rubiinae 541.  
 Rubus (Brombeere) 502. 503. 504.  
 Rudimentär 7.  
 Rübe, Rübsen 469.  
 Rückschlag 130. 248.  
 Rüster 449.  
 Ruheperioden 210 ff. — der Samen 263.  
 Rumex 454.  
 Runkelrübe 456.  
 Ruscus, Flachsprosse, Cladodien \*20.  
 Russula \*330. 334.  
 Ruta 484.  
**Rutaceae** 483.
- Sabadilla** 422.  
 Saccamina, Pollen verzehrend 253.  
 Saccharomyces 313. — Gestalt \*7. — Er-  
 nährungsweise 183.  
 Saccharose 66.

- Saccharum \*433. 434. 456. — Wachsüberzug \*83.  
 Sadebaum 397.  
 Säulenfestigkeit 143.  
 Säuren im Zellsaft 66. — organische 177.  
 Safran s. Crocus.  
 Saftfäden, Saftschläuche 297. 306.  
 Safttraum 44. 66. 202.  
 Saftsteigen 157 ff.  
 Salat 552.  
 Salbei 540.  
 Salep 441.  
 Salicaceae 444.  
 Salisburia s. Ginkgo.  
 Salix (Weide) \*443. 444.  
 Salomonsiegel s. Polygonatum.  
 Salpetersäure im Boden 145.  
 Salvia 540. — Bestäubung \*258.  
 Salvinia, Salviniaceen 365. \*366. \*367. \*368.  
 Salze im Zellsaft 66. 139.  
 Salzpflanzen 147. 167.  
 Sambucus \*544. 545. — Lenticelle \*119.  
 Samen 40. 383. 409. \*412. — Verbreitung 260 ff. — Keimung 263. — Ruhe 263.  
 Samenanlage 381. 402. \*403.  
 Samenfäden, chemotaktische Bewegungen 215.  
 Samenknospe s. Samenanlage.  
 Samenlose Früchte 198.  
 Samenmantel 383.  
 Samennah 382.  
 Samenpflanzen 267. 383.  
 Samenschale 383. 412.  
 Samolus, Verschiebung der Deckblätter \*16.  
 Santalaceae, Santalum 518. 519.  
 Santelholz, Santalin 107. 519. — s. a. Lignum Santali.  
 Sapindaceae, Sapindinae 485.  
 Saponaria 458.  
 Saponin 66.  
 Sapotaceae 522.  
 Saprolegnien 309.  
 Saprophyten 178 ff.  
 Sarcina 274.  
 Sargassum 294.  
 Sarracenia, Thierfang 188.  
 Sassafras 467.  
 Satanspilz \*332.  
 Satureja 540.  
 Saubohne 513.  
 Sauerampfer 455.  
 Sauerdorn s. Berberis.  
 Sauerkirsche 503.  
 Sauerklee 480.  
 Sauerstoff in Pflanzen 144. — bei Athmung verbraucht 190. — als Nebenproduct der Assimilation \*172.  
 Saugkraft transpirirender Sprosse 160.  
 Saugscheibenranken \*288.  
 Saugwurzeln 39. \*180.  
 Saxifraga, Saxifragaceae, Saxifraginae 498. 499. 500.  
 Scabiosa 549.  
 Seenedesmus \*284.  
 Schachtelhalme 369. — s. Equisetum.  
 Schafgarbe 552.  
 Schalotte 422.  
 Schattenblätter 208.  
 Schattenpflanzen 137.  
 Schauapparate 254.  
 Scheibenpilze 319.  
 Scheidewände d. Fruchtknotens 402.  
 Scheinähre 417.  
 Scheinparenchym 304.  
 Scheinrispe 417. — -Traube 417.  
 Scheitelwachsthum 14. — von Blättern 24.  
 Scheitelzellen 125.  
 Schiefblätter s. Begonia.  
 Schierling 498.  
 Schirmrispe 417.  
 Schistostega \*355. — Protonema 195.  
 Schizaeaceen 362.  
 Schizocarpae 352.  
 Schizocarpium 414.  
 Schizogene Intercellularen 80.  
 Schizomycetes 272.  
 Schizonema 279.  
 Schizophyceen 276.  
 Schizophyta 276.  
 Schlafbewegungen 239 ff. \*242.  
 Schlauchalgen 289. — s. Siphonien.  
 Schlauchpilze s. Ascomyceten.  
 Schlehdorn s. Prunus spinosa.  
 Schleier 361.  
 Schleim 59. 65. 88. 123.  
 Schleimhüllen der Samen 263.  
 Schleimpilze 269. — s. Myxomyceten.  
 Schleudern s. Elateren.  
 Schliessfrucht \*413. 414.  
 Schliesshaut 55.  
 Schliesszellen 84. — Function 161 ff. \*162.  
 Schlingpflanzen 231. \*233.  
 Schmarotzer s. Parasiten.  
 Schnecken als Befruchtungsvermittler 254.  
 Schneckenklee 513.  
 Schneeball 545.  
 Schnittlauch 422.  
 Schöllkraut s. Chelidonium.  
 Schote 413. 467. 468. — Schötchen 468.  
 Schrägzeilen 32.  
 Schraubel \*13. 416. 417.  
 Schraubengefäss 78.  
 Schriftflechte 339.  
 Schuppenborke 120.  
 Schuppenwurz s. Lathraea.  
 Schutzgummi 107. 121.  
 Schwämme 305.  
 Schwammparenchym 100.  
 Schwärmsporen 45. 74. 215. 251. 283. — Bewegung 215.  
 Schwarzdorn s. Prunus spinosa.  
 Schwarzwurzel 552.  
 Schwefel in Bacterien 66. — in Pflanzen 145 ff. — in Eiweisskörpern 173.  
 Schwefelbacterien 192. 274.  
 Schwefelregen 253.  
 Schweissdrüsen s. Hydathoden.  
 Schwellwasser 202.  
 Schwerkraft als Reiz 197. 227.

- Schwertlilien s. Iris, Irideen.  
 Schwimmgewebe von Früchten 262.  
 Scilla 422.  
 Scirpus 431.  
 Scitamineae 436.  
 Sclerenchym s. Sklerenchym.  
 Scleroderma vulgare 334. \*335.  
 Sclerotinia 320.  
 Sclerotium 47. 270. 304. 319. 320.  
 Scelopendrium 359. 361.  
 Scorzonera 552. — Milchsaftegefäße \*78.  
 Scrophularia, Scrophulariaceae 536.  
 Scutellum 264. 432.  
 Seytonema 341.  
 Secale 433.  
 Secale cornutum 319.  
 Secretbehälter 80. 95.  
 Seegras 436.  
 Seidelbast 489.  
 Seidenraupenpilz 319.  
 Seifenkraut 458.  
 Selaginella 374. \*375. \*376. — lepidophylla 151. 220.  
 Selaginellaceen 374.  
 Selbstbefruchtung 255.  
 Selbstbestäubung 255.  
 Selbstentzündung 184.  
 Selbststerile Blüten 255.  
 Selectionstheorie 2.  
 Sellerie 498.  
 Semen Arecae 427. — Calabar 514. — Colchici 423. — Cydoniae 504. — Lini 481. — Myristicae 465. — Papaveris 471. — Quercus 446. — Sinapis 469. — Strophanthi 528. — Strychni 526.  
 Senf 469.  
 Sepala 400.  
 Septeid 413.  
 Sequoia 395. 396. — Alter 212.  
 Serjania, Dickenwachstum \*117.  
 Seta 353.  
 Sexualität 246. 251 ff.  
 Sexualsystem 266.  
 Sexualzellen, Vereinigung 252.  
 Sexuelle Affinität 259. — Fortpflanzung 246. 251 ff.  
 Shepherdia 489.  
 Sicyos, Ranke \*237.  
 Siebplatten 55. 76.  
 Siebröhren 76. \*77. 91. 113. — Eiweiss-transport 174.  
 Siebtheil 90.  
 Siebtüpfel 55. 76.  
 Sigillarien 104.  
 Silicium in Pflanzen s. Kieselsäure.  
 Silicula, Siliqua 413. 468.  
 Silphium laciniatum, Kompasspflanze 226.  
 Simarubaceae 485.  
 Sinapis 469.  
 Sinnpflanze 508.  
 Siphonöen 289. — Umkehrung der Polarität 199.  
 Siphonogamen 383.  
 Sirosiphon 337.  
 Sinn \*497. 498.  
 Skelete von Pflanzentheilen 101.  
 Skeletgewebe 142. \*143.  
 Sklereiden 61. 95.  
 Sklerenchym, als mechan. Gewebe 142. \*143. 209.  
 Sklerenchymfasern \*60. 95.  
 Smilax 422. 423.  
 Soja 513.  
 Solanaceae \*532. \*533. 535.  
 Solanin 66. 177.  
 Solanum \*532. \*533. 535. — Knollen \*19. — Stärke \*61.  
 Sommerlinde 477.  
 Sonnenblume, Sonnenrose 552.  
 Sonnenröschen s. Helianthemum.  
 Sonnentau 472.  
 Soredien 339.  
 Sorgho 434.  
 Sorus 361.  
 Spadiciflorae 425.  
 Spadix 417.  
 Spätholz 106.  
 Spalier-Bäume 199.  
 Spaltalgen 376.  
 Spaltfrucht \*413. 414.  
 Spaltöffnungen \*84. \*85. \*162. — Function 161 ff. 166. 193.  
 Spaltpflanzen 276. — s. Schizophyten.  
 Spaltpilze s. Bacterien 276.  
 Sparassis 331.  
 Sparganiaceae, Sparganium 429.  
 Spargel 422.  
 Spathodea, Wasserkerle 165.  
 Speicherung von Stoffen 150. 176.  
 Speiteufel 334.  
 Spelt 433.  
 Spelzen 429.  
 Spermakern 76.  
 Spermaphyten 267. 383.  
 Spermastien der Rothalgen 300. — der Uredineen 326. — der Flechten 341.  
 Spermatozoiden 252. \*387. — chemotaktisch reizbar 74. 215. 269. 283.  
 Spermogonien 326. 341.  
 Sphacelia 319.  
 Sphaerella \*285.  
 Sphaeria 318.  
 Sphaerite 62.  
 Sphaerokrystalle 62.  
 Sphaerothallia 339.  
 Sphaerotheca \*315.  
 Sphagnaceen, Sphagnum \*350. \*351. 352.  
 Spica 415.  
 Spilanthes 552.  
 Spinacia, Spinat 456.  
 Spindelfasern 68.  
 Spiraea 503.  
 Spiralige Blüte 405.  
 Spiraltheorie 33.  
 Spirillum \*8. 272.  
 Spirochaete \*8. 272.  
 Spirodela 428.  
 Spirogyra \*281. — Zelltheilung \*72.  
 Spirre 417.  
 Splachnum 354.  
 Splint, Splinthölzer 107.

- Spontane Bewegungen 221. 241.  
 Sporangien 251. 270. 283. 305. 358. —  
 Oeffnen 220.  
 Sporen 45. 251. 267. 269. — Ausstreuung  
 220.  
 Sporenpflanzen 267.  
 Sporenschlauch 305. 313.  
 Sporidien 325.  
 Sporocarpium 364.  
 Sporogon 344.  
 Sporophyll 30. 358. 379.  
 Sporophyt 269. 301. 357.  
 Sporophyten 267.  
 Spreuschuppen 88. 360.  
 Spross 14.  
 Sprossanlagen 14. 129.  
 Sprossfolge 22.  
 Sprosspol 199.  
 Sprossscheitel \*14.  
 Sprossung 249  
 Stacheln 36. 88.  
 Stachelbeere s. Ribes.  
 Stachelschwämme 331.  
 Stärke 61. 171 ff. — Lösung \*175.  
 Stärkebildner 62.  
 Stärkescheide 96.  
 Stäubling 335.  
 Stamen, Stamina 379. 401.  
 Staminodien 401.  
 Stamm 10.  
 Stammdornen \*21.  
 Staphylococcus 275.  
 Starrezustände 244.  
 Staubblätter 30. 379. — Variations-  
 bewegungen 240 ff.  
 Staubbeutel, Oeffnen 220.  
 Staubblatt 379.  
 Staubbrand 323.  
 Staubfaden, Staubgefäß \*401.  
 Stauden 18. 23.  
 Stechapfel 536.  
 Stechpalme 487.  
 Stecklinge 200.  
 Stegocarpae 353.  
 Steinbrech 500.  
 Steinfrucht \*414.  
 Steinkohle 167. 169.  
 Steinpilz 332.  
 Steinzellen 61. 143.  
 Stelen 96.  
 Stelzwurzeln 39.  
 Stemonitis \*271.  
 Stempel 402.  
 Sterculiaceae \*477.  
 Stereiden 60.  
 Stereome 142. \*143.  
 Stereotaxis 216.  
 Stereum 331.  
 Sterigmen 306.  
 Sterile Früchte und Samen 198.  
 Stickstoff in Pflanzen 145. 183. — in Ei-  
 weisskörpern 173.  
 Stiefmütterchen 473.  
 Stieleiche 445.  
 Stigma \*402.  
 Stinkbrand 323.  
 Stinkmorchel 336.  
 Stipulae 24. 28.  
 Stockrose 479.  
 Stockausschlag 16.  
 Stoffaufnahme in Pflanzen 149.  
 Stoffumwandlungen 150. 176.  
 Stoffwanderung 174.  
 Stolonen 20.  
 Stomata s. Spaltöffnungen 84. \*162.  
 Stoppelschwamm 332.  
 Stossreize 236. 243.  
 Sträucher 23.  
 Strahlige Blüte 406.  
 Straussfarn 361.  
 Streckung der Organe 201 ff.  
 Streptochaeta 432.  
 Streptococcus \*275.  
 Strickeria, Pyknide \*317.  
 Strohlume 550.  
 Stroma 317.  
 Strophanthus 528. \*529.  
 Struthiopteris 361.  
 Strychnin 177.  
 Strychnos 526.  
 Stützblatt 15.  
 Stylus 402.  
 Styracaceae, Styrax 522. — liquidus 500.  
 Suberin 58.  
 Succulente \*166. — Gaswechsel 191.  
 Succulenz \*166.  
 Sulfate 66.  
 Sultaninen 198.  
 Summitates Sabinae 397.  
 Sumpfgewächse, Gaswechsel 194.  
 Süßholz s. Rad. Liquiritiae.  
 Süßkartoffel 531.  
 Suspensor 374. 377. 409.  
 Symbionten 182. 184 ff.  
 Symbiose 182 ff.  
 Symmetrisch 12. 402.  
 Symmetrieverhältnisse 11.  
 Sympetal 400.  
 Sympetalae 519.  
 Sympodiale Blütenstände 415.  
 Sympodium \*13.  
 Syncarp 402.  
 Synergiden 407.  
 Syringa 525.  
 Syrupus Mororum 450. — Ribium 500.  
 — Rubi idaei 504.  
 Systeme 266.  
 Tabak 535.  
 Tabaschir 148.  
 Tagesperiode des Wachstums 210. —  
 der nyktitropischen Organe 242.  
 Tagesstellung der Blätter 241 ff.  
 Tamaricaceae, Tamarix 474.  
 Tamarindus \*507. \*509. 510.  
 Tamus 424. — Plasmaverbindungen \*77.  
 Tanne (Weiss-, Rothtanne) 395.  
 Taphrina \*314.  
 Tapioka 491.  
 Taraxacum 550. 552.  
 Taubnessel 540.  
 Taumelloch 434.

- Tausendgüldenkraut 527.  
 Taxaceae 392.  
 Taxodiaceae, Taxodium 395.  
 Taxus \*393. \*394. — Gefäßbündelverlauf \*102.  
 Teak 539.  
 Tectona 539.  
 Teleosporen 325.  
 Tentakeln 88.  
 Temperatur, Einfluss auf Wachstum 137. 207.  
 Temperaturwechsel als Bewegungsreiz 239.  
 Tepala 400.  
 Terebinthina 397.  
 Terebinthinae 482.  
 Termiten als Pilzzüchter 186.  
 Ternstroemiaceae 474.  
 Tetrasporen 299.  
 Teufelsei 336.  
 Teufelszwirn \*180. 531.  
 Thalamiflorae 401.  
 Thallophyten 268. — Gestalt 10.  
 Thallus 7. 10.  
 Thamnidium 311.  
 Thea (Thee) \*473. 474.  
 Theca 401.  
 Thein 178.  
 Theilcylinder 98.  
 Thelephora, Thelephoreen 331. 341.  
 Theobroma \*477. \*478.  
 Theobromin 178.  
 Thermotropismus 234.  
 Thiere, gallbildend 131. 197. — in Symbiose 185. — als Befruchtungsvermittler 254.  
 Thierfangende Pflanzen \*186. \*187.  
 Thigmotaxis 216.  
 Thonerde in Pflanzen 148.  
 Thränen 157.  
 Thuja \*384. 395. 397. — Keimung \*40.  
 Thyllen 108.  
 Thymelaea, -aceae, -aceinae \*488.  
 Thymus, Thymian 540. 541.  
 Tilia \*176. — Structur des Holzes und Bastes \*112. \*113. — Pollen \*381.  
 Tiliaceae 476.  
 Tilletia, Tilletien 323. \*324.  
 Tollkirsche 536.  
 Toluifera \*510. 515.  
 Tolypellopsis 304.  
 Tomate 535.  
 Tomentella \*325.  
 Tonoplast 48.  
 Topinambur s. Helianthus.  
 Torf 167.  
 Torfmoose s. Sphagnaceae 352.  
 Torsionen, hygroskopische \*219. 220. — geotropisch-exotropische 230. — der Schlingpflanzen 232. — der Ranken 237.  
 Torus 55. 403.  
 Tracheale Gewebeart 110.  
 Tracheen \*78. 90. \*110.  
 Tracheiden \*56. \*60. 90. 108. \*110.  
 Tradescantia, Plasmaströmung in Haaren \*49. 217. — Fragmentation der Kerne \*71. — Epidermis und Spaltöffnungen \*85.  
 Tragacantha, Traganthgummi 513. 514.  
 Tragblatt 15.  
 Trajectorien 128.  
 Trama 334.  
 Transitorische Stärke 176.  
 Transpiration 152. 161.  
 Transpirationsstrom 157 ff.  
 Transversalgeotropismus 230.  
 Transversalheliotropismus 224. 226.  
 Transversalstellungen 223.  
 Traube \*415.  
 Traubeneiche 445.  
 Traubenhändling 331.  
 Traubenzucker 66.  
 Trauerbäume, Polarität 199.  
 Trauerweide 444.  
 Tremella, Tremellineen \*325. 329.  
 Trennungsschichten 121.  
 Trentepohlia 287.  
 Treppengefäß \*78.  
 Trichia \*271.  
 Trichiten 62.  
 Trichogyn 300.  
 Trichomanes 363.  
 Trichome s. Haare 86.  
 Tricoceae 489.  
 Trifolium 513.  
 Trimorphe Heterostylie 257.  
 Triplocaulisch 22.  
 Triticum 432. 433. 434. — Kornquerschnitt \*63.  
 Trockensubstanz 144.  
 Trockenstarre 244.  
 Tropaeolaceae, Tropaeolum (Kapuzinerkresse) 480. — Chromatophoren \*53. — Wasserspalte \*86. — Tropfenausscheidung \*164.  
 Tropfenausscheidung \*164. 165.  
 Trophoplasma 49.  
 Tropismen, verschiedene 223.  
 Trüffeln 321.  
 Tsuga, Knospe \*31.  
 Tuber, Tuberaeen \*321.  
 Tubera 19. — Aeoniti 462. — Jalapae 531. — Salep 441.  
 Tuberkelbacillus \*275.  
 Tubiflorae 530.  
 Tüpfel 55.  
 Tüpfelgefäß 78.  
 Tulipa, Tulpe 422. — Zwiebel \*19.  
 Turgor 138 ff. — in Schliesszellen 161. — -schwankung als Bewegungsursache 240 ff.  
 Tussilago 552.  
 Typha, Typhaceae 429.  
 Typhusbacillus \*275.  
 Tyrosin 174.  
 Uebergangszellen 94.  
 Ueberwallungen 122.  
 Ulmaceae \*449. — Blattentwicklung \*24. — Samenanlage \*409.  
 Ulmus, Ulme \*449.

- Ulothrix \*287. — Schwärmsporen, Game-  
 ten \*75.  
 Ulva 286. — Gestalt \*8.  
 Umbella 417.  
 Umbelliferae 494.  
 Umbelliflorae 492.  
 Umständige Blüthe \*404.  
 Umstimmung der Reizbarkeit 215. 226.  
 231. 234.  
 Uncaria 544.  
 Ungeschlechtliche Fortpflanzung 246. 248.  
 Unterständig \*404.  
 Uredineen 325.  
 Uredo, Uredosporen 326. 328.  
 Urginea 422. \*423.  
 Urmeristeme 82.  
 Urocystis 324.  
 Uromyces 328.  
 Urtica 452. — Brennhaare \*87. 178.  
 Urticaceae \*451. 452.  
 Urzeugung 4.  
 Usnea \*338.  
 Ustilago, Ustilagineen \*323.  
 Utricularia 538. — Blasen an den Blättern  
 \*35. — Thierfang 187.  
 Utriculariaceae 537.  
  
**V**  
 Vaccinium 520.  
 Vacuolen 44. 45. 48. 66. — -Bildung 202.  
 — Haut 149.  
 Vagina 24.  
 Valeriana, Valerianaceae \*545.  
 Vanilla \*440. 441.  
 Vanillin, Darstellung 177.  
 Vasec 298.  
 Variabilität 2.  
 Variation 131. — der Nachkommen 245.  
 248. 259.  
 Variationsbewegungen 240 ff.  
 Varietäten 131.  
 Varietätenbildung bei Bastarden 259.  
 Vasalparenchym 91.  
 Vasalprimanen 93.  
 Vasaltheil 90. — s. auch Gefäßtheil.  
 Vaucheria \*290. \*291.  
 Vegetabilisches Elfenbein 59. \*411.  
 Vegetationskegel s. Vegetationspunkt.  
 Vegetationspunkt 8. \*14. 125. 197. — Le-  
 bensdauer 210.  
 Vegetationsruhe 210.  
 Vegetationsscheitel s. Vegetationspunkt.  
 Vegetative Fortpflanzung 246. 248.  
 Veilchen 473.  
 Veilchenstein 287.  
 Velamen 89. 166.  
 Velum 333.  
 Venusfliegenfalle \*187.  
 Veratrin 177. 423.  
 Veratrum 422. 423.  
 Verbascum \*536. 537.  
 Verbena, Verbenaceae \*538. 539.  
 Verbreitung der Samen 220. 260 ff.  
 Verdauungsdrüsen 165. \*186. 187.  
 Verdunstung s. Transpiration.  
 Veredlung 200. \*201.  
 Vergeilung \*206. 207.  
  
 Vergissmeinnicht 532.  
 Verholzung 58.  
 Verjüngung 55. 246.  
 Verkohlung 167.  
 Verkorkung 58.  
 Verkürzung durch Turgor 242. 265.  
 Vermehrung 245 ff. — künstliche 200. —  
 s. auch Fortpflanzung.  
 Vernatio 30.  
 Veronica 537.  
 Verrucaria 341.  
 Verschiedengriffeligkeit \*257.  
 Versteifung der Organe 138 ff.  
 Verwachsung, künstliche 200.  
 Verzweigungssysteme \*13.  
 Vibrio 272. \*275.  
 Viburnum 545.  
 Vicia 513.  
 Victoria 464.  
 Vielzellbildung 73.  
 Vinca \*527. 528. — Sklerenchymfaser  
 \*54.  
 Vincetoxicum \*528. 530.  
 Vinum 488.  
 Viola \*472. \*473. — Blumenblattepidermis  
 \*86. — Drüsenzotte \*88.  
 Violaceae \*472.  
 Viscum \*519.  
 Vitaceae 487.  
 Vitale Eigenschaften 134 ff. 141. 155.  
 Vitis (Weinstock) \*487.  
 Vittae 80.  
 Vogelblüthige 254.  
 Vollzellbildung 55.  
 Volva 333.  
 Volvocaceen, Volvox 285. \*286.  
 Vorblatt 417.  
 Vorspelze 431.  
  
**W**  
 Wabenplasma 49.  
 Wabenstructur organ. Subst. 204.  
 Wachholder 394. 395.  
 Wachs 60. 65. 83.  
 Wachstum 195 ff. — ungleichseitiges  
 221. 225. 228.  
 Wachstumsbewegungen 214. 221.  
 Wachstumsrelationen 198.  
 Wachstumskrümmungen 221 ff.  
 Wachstumsmesser \*204.  
 Wachstumsperiode, grosse 202 ff.  
 Wahlvermögen 150. 152.  
 Waldmeister 543.  
 Walnuss 448.  
 Wanderung der Assimilate 174.  
 Wärme, Bedingung zum Leben 137. —  
 -Entwicklung bei Fäulnis und Gäh-  
 rung 184. — bei Athmung 193. — Ein-  
 fluss auf Wachstum 207.  
 Wärmestarre 244.  
 Wasser in Pflanzen 138. 144. 150 ff. —  
 Imbibitions- 149. — Functionen des-  
 selben 151. — Constitutionswasser 151.  
 172. — Aufnahme des Wassers 152. —  
 Nähr- 152. — Ausscheidung \*156. 161 ff.  
 — Verbrauch bei Assimilation 172. —  
 als Athmungsproduct 190. — Schwell-

138. 202. — bei Pollenübertragung 253.  
— bei Samenverbreitung 262.  
Wasserbahnen der Pflanze 157 ff.  
Wasserbewegung in der Pflanze 155 ff.  
Wasserblüthe 277.  
Wasserblüthige Pflanzen 253.  
Wasserfarne 364.  
Wassergewebe 84.  
Wasserhahnenfuss s. Ranunculus.  
Wasserculturen 146.  
Wasserlianen 487.  
Wasserlinse 428.  
Wasserpest 435.  
Wasserpflanzen, Sauerstoffausscheidung  
im Licht 171. \*172. — Intercellular-  
räume 193. — Befruchtung 253.  
Wasserreservoir 84. 166.  
Wasserschierling 498.  
Wasserspalt 85. — Function 164.  
Wasserstoff in Pflanzen 145.  
Wasserverbrauch von Pflanzen 163.  
Wasserversorgung, besondere Einrich-  
tungen 165.  
Weberkarde 549.  
Wegerich s. Plantago.  
Weide 444.  
Weihrauch 485.  
Weinhefe 313.  
Weinstock 487.  
Weissbuche s. Carpinus.  
Weissdorn s. Crataegus.  
Weisstanne 395.  
Weizen 433.  
Welken 140.  
Welwitschia 398.  
Wermuth 552.  
Weymouthskiefer 397.  
Wicke s. Vicia.  
Wickel \*13. 416. 417.  
Widerthon 350.  
Wilder Wein 487.  
Wildling 200. \*201.  
Windblüthige 253.  
Winde 531.  
Windepflanzen s. Schlingpflanzen.  
Wintergrüne Pflanzen 212.  
Winterknospen \*17. 29. — von Wasser-  
pflanzen 249.  
Winterlinde 477.  
Winterruhe 210. 211.  
Wirtelig 405.  
Wistaria 514.  
Wolfia 428. \*429.  
Wolfsmilch 490. 491.  
Wollhaare 86.  
Wollkraut 537.  
Wollläuse 262.  
Würger 181.  
Würzelchen des Keimlings 41.  
Wüstenpflanzen 166. — Wurzelsystem  
153.  
Wundenheilung 121. 178.  
Wunderbaum 492.  
Wundgummi 178.  
Wundholz 122.  
Wundkork 121.
- Wurmfarn 359.  
Wurmmoos 301.  
Wurzel 11. 36. — Structur 98. — Dicken-  
wachsthum \*115. — Vegetationsscheitel  
128. — Verzweigung 37. — zugfeste  
Construction 142. \*143. — zur Boden-  
befestigung 153. — Säureausscheidung  
155. — Verkürzung 242. 265.  
Wurzelbrut 16.  
Wurzeldornen 38.  
Wurzeldruck 155 ff. \*156. 164.  
Wurzelhaare 37. 86. \*154.  
Wurzelhaube 11. 36. 128.  
Wurzelhülle s. Velamen 99.  
Wurzelknöllchen \*182.  
Wurzelknollen 38.  
Wurzelpol 199.  
Wurzelstock 18.  
Wurzeltaschen 36.
- Xantheïn 67.  
Xanthophyll 51.  
Xanthoria \*337. 338. 339.  
Xylaria 318.  
Xylem 90.  
Xylochrome 107.
- Yucca 422. — -Motte 186.
- Zamia, -Befruchtung \*387. \*388.  
Zantedeschia vgl. Richardia.  
Zapfen der Coniferen 394.  
Zaunrübe 548.  
Zea (Mais) 434. — Gefässbündel \*90. \*91.  
— Stengelquerschnitt \*95.  
Zellbildung, freie \*74. — durch Copula-  
tion \*75.  
Zelle 42. \*43. \*45.  
Zellenlehre 42.  
Zellenpflanzen 124. 268.  
Zellfäden 124.  
Zellfamilien 284.  
Zellflächen 124.  
Zellfusionen 76.  
Zellhaut 53.  
Zellkern \*44. 49.  
Zellkörper 125.  
Zellmembran 53.  
Zellplasma 44.  
Zellplatte 72.  
Zellräume 45.  
Zellsaft 66.  
Zellsprossung 74.  
Zelltheilung \*68. 71.  
Zellverschmelzungen 76.  
Zzeugung, sexuelle 246. 251. — vegetative  
246. 248.  
Ziegenbart 331.  
Zimmt, Zimstkassie 467.  
Zingiber, Zingiberaceae \*436. \*437.  
Zink in Galmeipflanzen 145.  
Zirbelkiefer 396.  
Zitterpappel 444.  
Zitterpilze 329.  
Zittwer 437.

- |                                  |                           |
|----------------------------------|---------------------------|
| Zoogloea 272.                    | Zwergpalme 426.           |
| Zoosporen 283.                   | Zwergwachholder 397.      |
| Zostera 436.                     | Zwetsche 503.             |
| Zuchtwahl 2.                     | Zwiebel 19.               |
| Zucker 66.                       | Zwiebelbrut 249.          |
| Zuckerahorn 157. 486.            | Zwischenzellräume 80.     |
| Zuckerrohr 434.                  | Zwitter 256. 380.         |
| Zuckerrübe 456.                  | Zygnema, Zygnemaceen 281. |
| Zuckertang 293.                  | Zygomorph 12. 406.        |
| Zugfeste Construction 142. *143. | Zygomycetes 310.          |
| Zunderschwamm 332.               | Zygophyllaceae 485.       |
| Zweiachsig 22.                   | Zygospore 269. 310. 311.  |
| Zweihäusige 256.                 | Zygote 269.               |
| Zwergmännchen 289.               | Zymase 175.               |

*In den Registern bedeuten die Sternchen vor den Seitenzahlen, dass Abbildungen der betreffenden Objecte auf den bezeichneten Seiten sich befinden.*



